С. Н. ИВАНОВ

ТЕХНОЛОГИЯ БУМАГИ

Допущено Министерством высшего образования СССР
в качестве учебного пособия для технологических
вузов и факультетов

ГЛБИ

ГОСЛЕСБУМИЗДАТ

Москва 1960 Ленинград

ПРЕДИСЛОВИЕ

Успешное осуществление грандиозного плана дальнейшего развития всех отраслей народного хозяйства и, в частности, целлюлозно-бумажной промышленности, намеченное решением XXI съезда КПСС, немыслимо без квалифицированных инженерно-технических кадров в целлюлозно-бумажной промышленности, подготовке которых должна способствовать настоящая книга.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для студентов технологических вузов целлюлозно-бумажной специальности при прохождении ими курса: «Бумажное производство». В ней освещаются основные вопросы производства бумаги, начиная от подготовки бумажной массы и кончая отделкой бумаги. Книга написана в соответствии с программой указанного выше курса, однако несколько шире, чем он читается в вузах для студентов-технологов. Это продиктовано желанием дать студентам более глубокие и обширные знания по их будущей специальности, лучше подготовить молодых специалистов к их будущей деятельности, а также сделать книгу полезной для широкого круга инженеров и техников, работающих в промышленности.

При написании книги автор использовал свой практический опыт работы в промышленности и опыт длительного преподавания курса «Бумажное производство» на химико-технологическом факультете Ленинградской лесотехнической академии им. С. М. Кирова. В книге приводится обширный материал по отдельным вопросам производства, собранный автором на предприятиях и обобщенный в виде таблиц и графиков.

При изложении материала автор сознательно опустил освещение таких вопросов, как переработка макулатуры, тряпично-полумассное производство, специальная обработка и переработка бумаги, так как изложение этих вопросов потребовало бы значительного увеличения объема книги. К тому же первые два вопроса достаточно хорошо изложены в известных книгах Д. С. Соколовского и С. А. Фомина, освещению же двух других вопросов следует посвятить специальную книгу.

Глава книги «Привод бумагоделательной машины» написана по просьбе автора кандидатом техн. наук И. Я. Эйдлиным. Она дана в сокращенном объеме, поскольку по этому вопросу имеется достаточно обширная литература.

При написании книги учтены ценные указания редактора Д. М. Фляте, официальных рецензентов — сотрудников кафедры целлюлозно-бумажного производства Ленинградского технологического института во главе с Н. П. Перекальским и В. И. Мудрика, а также группы товарищей, специалистов в области целлюлозно-бумажного производства, которым автор приносит свою глубокую благодарность.

ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ И ПОДГОТОВКА БУМАЖНОЙ МАССЫ

ГЛАВА 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Бумагой называется материал, состоящий в основном из растительных волокон, соответствующим образом обработанных и беспорядочно соединенных в тонкий лист, в котором волокна связаны между собой поверхностными силами сцепления. Соединение мелких волокон в бумажное полотно производится обычно методом осаждения и фильтрации на сетке бумагоделательной машины волокон из сильно разбавленной в воде волокнистой суспензии с последующим прессованием, сушкой и отделкой полученной бумаги. Для придания бумаге нужных свойств к волокнистому материалу добавляют проклеивающие материалы и минеральные наполнители.

В последнее время, кроме обычного метода изготовления бумаги, находит все большее применение так называемый «сухой» способ, при котором соединение волокон в лист бумаги производится методами текстильного производства при отсутствии воды. Все большее практическое значение для изготовления специальных видов бумаги приобретает также применение различных искусственных волокон взамен растительных. Независимо от способа производства волокна в бумажном листе связаны между собой силами сцепления, что отличает бумагу от текстильного материала.

При изучении свойств бумажного листа всегда следует иметь в виду, что бумага является упруго-пластическим, капиллярно-пористым материалом.

Изобретение бумаги обычно связывают с именем китайца Цай-Луня и относят к 105 г. н. э. Однако, как показали последние исследования, бумага была изобретена в Китае значительно раньше и первое упоминание о ней относится к 12 г. н. э., а в 76 г. н. э. бумагу применяли уже для книг. Китайский вельможа Цай-Лунь обобщил предшествующий опыт и усовершенствовал способ изготовления бумаги, чем содействовал развитию бумажного производства. Первоначальным сырьем для бумаги служили волокна животного происхождения (шелк-сырец), а затем постепенно перешли

к использованию волокон растительного происхождения (кора, костра, тряпье и др.).

Наиболее близким материалом, применяемым в древние времена взамен бумаги для письма, был папирус — материал, который изготовляли в Египте из растения Cyperus Papyrus, произраставшего в низовьях Нила. Стебель этого растения, имеющий трехгранную форму в сечении, разрезали на куски и потом расщепляли на пластинки, которые затем склеивали между собой клеем. Так получали лист папируса, который затем уплотняли ударами деревянных молотков, сушили на солнце, разглаживали гладким камнем и склеивали в длинные полосы.

Хотя по своему внешнему виду и составу папирус близок к бумаге, однако технология его изготовления совершенно отличается от технологии изготовления бумаги. Производство папируса возникло не менее чем 5500 лет тому назад, так как сохранились свитки папируса, насчитывающие около 5450 лет.

В ряде европейских стран бумага получила свое название от корня слова «папирус»: das Papier (по-немецки), le papier (по-французски), the paper (по-английски) и т. д.

Создание технологии производства бумаги наряду с книгопечатанием является величайшим открытием человечества.

На протяжении семнадцати столетий, с момента изобретения технологического процесса производства, бумага изготовлялась исключительно ручным, кустарным способом, и метод ее выработки был мало усовершенствован. Громадным толчком к развитию производства бумаги послужило изобретение книгопечатания Иоганном Гутенбергом в 1453 г.

В XVII веке в Голландии был применен новый, более производительный размалывающий аппарат — ролл, заменивший устаревшую и малопроизводительную толчею, а конец XVIII века ознаменовался изобретением самочерпки — машины, заменившей ручной труд рабочих-черпальщиков, изготовлявших бумагу. Изобретение самочерпки, или бумагоделательной машины, французом Луи Робером (1799 г.) положило начало стремительному росту бумажной промышленности и в немалой степени содействовало всеобщему росту культуры и прогрессу человечества.

Рост бумажного производства, последовавший вслед за изобретением бумагоделательной машины, натолкнулся на острый недостаток волокнистого сырья, так как тряпья, из которого вырабатывалась бумага, было недостаточно уже и при старом, кустарном производстве бумаги. Наступил сырьевой голод, заставивший основательно заняться поисками новых источников сырья для производства бумаги взамен тряпья. Эти поиски увенчались полным успехом с изобретением способов производства волокнистых полуфабрикатов из древесины. В середине прошлого столетия были открыты способы производства сначала древесной массы, затем натронной и сульфитной целлюлозы и, наконец, сульфатной целлю-

лозы. С этого момента бумажное производство получило неисчерпаемые источники сырья и стало развиваться быстрыми темпами. За полтораста лет своего существования, с момента введения машинного производства бумаги, бумажная промышленность проделала громадный путь развития и превратилась в одну из передовых и высокооснащенных техникой отраслей промышленности.

Первая бумагоделательная машина, сконструированная Луи Робером и работавшая некоторое время на бумажной мануфактуре в городе Эссоне во Франции, была очень примитивна (рис. 1). Она

Рис. 1. Бумагоделательная машина Луи Робера:
1 — сетка; *2* — валики; *3* — черпальный бассейн; *4* — черпальное колесо; *5* — отражательный щит; *6* — накат

состояла из бесконечной сетки *1*, натянутой на двух деревянных валиках *2*, которые располагались над деревянным черпальным бассейном *3*, и приводилась в движение вручную вращением валика от рукоятки. Над черпальным бассейном вращалось черпальное колесо *4*, изготовленное из тонких медных полос, которое зачерпывало разбавленную водой волокнистую массу из чана, отбрасывало на отражательный щит *5* и выливало ее на движущуюся сетку. Сырая бумага наматывалась на накат *6*, откуда периодически снималась. Длина медной сетки 3,4 м, ширина 0,64 м. Машина была далеко не совершенной и по своей производительности лишь ненамного превосходила ручную выработку. Тем не менее сам принцип, заложенный в конструкцию машины, — непрерывный отлив бумажной массы на движущейся сетке оказался вполне правильным и был использован в последующих конструкциях бумагоделательных машин, созданных братьями Фурдринье и Донкиным. Поэтому имя Луи Робера вполне заслуженно почитается как имя изобретателя машины, сыгравшей в истории техники такую же огромную роль, как типографский станок или паровая машина.

Луи Робер не смог создать промышленной установки бумагоделательной машины. Это сделали конструкторы англичане Сили и Генри Фурдринье, а также заводчик Бриан Донкин, купивший совместно с французским промышленником Дидо патент у Луи Робера за 24 700 франков. Технические знания и опыт в машиностроении помогли им значительно усовершенствовать первоначальную конструкцию машины Робера и создать бумагоделательную машину, нашедшую широкое промышленное применение. Первая бумагоделательная машина Донкина была установлена в Англии в городе Фрогморе в 1804 г., а в 1805 г. была установлена вторая

Рис. 2. Первая бумагоделательная машина Донкина:
1 — черпальный чан; *2* — лоток; *3* — сетка; *4* — декельный ремень; *5* — гауч-пресс; *6* и *7* — прессы; *8* — накат

такая же машина в городе Гартфордшайре. С этого времени бумагоделательные машины стали быстро входить в практику бумажной промышленности, они появляются, кроме Англии, во Франции, Германии и в России.

Первые машины Донкина (рис. 2) не имели сушильной части, и сырое полотно бумаги, снятое с машины, развешивалось для просушки на открытом воздухе. Сама машина состояла из сеточной, прессовой частей и наката. Вначале отсутствовали даже отсасывающие ящики. Сушильная часть машины была введена только в 1823 г., причем вначале сушильные цилиндры были открытыми и обогревались изнутри жаровнями с помощью угля. Применение пара для обогрева сушильных цилиндров было осуществлено несколько позже. В 1826 г. французом Кансоном был применен вакуум-насос для отсасывающих ящиков сеточной части, что резко повысило эффективность обезвоживания бумажного полотна на сетке и позволило повысить скорость машины. Из дальнейших усовершенствований бумагоделательной машины отметим изобретение эгутера (равнителя), позволившего получать бумагу с водяными знаками (Маршалл, 1826), введение сначала плоских (1830), а затем цилиндрических узлоловителей для очистки массы (Франке, 1856), песочницы (Берг, 1838) и ряд других усовершенствований, которые сделали бумагоделательную машину одним из наиболее совер-

шенных агрегатов в промышленности. Это дало основание Карлу Марксу в своем труде «Капитал»[1] упомянуть бумагоделательную машину в качестве образца механизированного непрерывнодействующего агрегата.

Наряду с усовершенствованием длинносеточной столовой машины в первой половине XIX столетия были сделаны и другие важные изобретения по созданию новых типов бумагоделательных машин. Так, в 1805 г. Иосиф Брама сконструировал круглосеточную машину, в 1827 г. Эдельхейзер разработал конструкцию самосъемочной машины. В этот же период было предложено несколько типов бумагоделательных машин для выработки бумаги листами.

В конце XIX и в XX столетии были сделаны дальнейшие усовершенствования бумагоделательной машины, которые дали возможность значительно повысить ее скорость, увеличить выработку бумаги и почти полностью автоматизировать процесс работы машины. В результате этого были созданы машины гигантских масштабов, производительностью 200—400 т бумаги и до 1000 т картона в сутки.

Этим успехам содействовали следующие основные усовершенствования:

1) создание многодвигательного электрического привода бумагоделательной машины, заменившего громоздкий групповой привод с ременной передачей (1908 г.);

2) замена простых линеек для напуска массы на сетку напорным ящиком высокого давления (1911 г.);

3) замена гауч-пресса отсасывающим валом (1908 г.) и внедрение отсасывающих валов в прессовой части машины;

4) создание накатов барабанного типа, заменивших неудобные фрикционные накаты, тормозившие повышение скорости бумагоделательной машины;

5) автоматизация управления отдельными частями машины и процессами ее работы: управление движением сеток и сукон, натяжение сукон, заправка бумаги, ведение процесса сушки бумаги, регулирование концентрации массы, ее температуры, кислотности среды, веса 1 м^2 бумаги и т. п.

Наряду с этим были созданы более совершенные аппараты для очистки массы перед машиной: центрифуги, вихревые очистители, центриклинеры и селектифайеры, новые типы высокопроизводительных узлоловителей. За последнее время значительно усовершенствована конструкция напорного ящика. Создан напорный ящик закрытого типа; он обеспечивает надлежащее формование бумаги на высокой скорости бумагоделательной машины, превышающей 750 м в минуту. Значительно усовершенствованы сеточная, прессовая, сушильная части машины и системы вентиляции. Широкое применение получили вентиляционные установки с использованием отработанного тепла.

---

[1] К. Маркс, Капитал, 1949, т. I, стр. 387.

Все эти усовершенствования и многие другие, о которых будет сказано далее, привели к созданию современной бумагоделательной машины (рис. 3).

Чтобы оценить путь развития, который проделала бумагоделательная машина за полтора века существования, сравним первую

Рис. 3. Современная бумагоделательная машина

машину Луи Робера и современную бумагоделательную машину (табл. 1).

Таблица 1

Показатели машины Луи Робера и современной машины для выработки крафт-мешочной бумаги

Наименование показателей	Машина Луи Робера	Современная машина для выработки крафт-мешочной бумаги
Производительность машины в т в сутки	0,5	400
Рабочая скорость в м/мин	10—12	600
Ширина сетки в м	0,64	6,5
Длина сетки в м	3,4	37
Число сушильных цилиндров	Нет	80
Мощность двигателей переменной части в квт	»	≈2000
Вес машины в т	<1	≈2000

Прибавим к этому, что машина Робера была установлена в небольшой комнате, тогда как современная бумагоделательная машина

требует для своей установки громадного зала длиной свыше 100 м, шириной около 20 м и высотой около 15 м. Несмотря на гигантские размеры, эта машина обслуживается штатом рабочих в 5 человек, т. е. примерно таким же, как и машина Робера.

Одновременно с развитием конструкции бумагоделательной машины совершенствовалась и технология бумажного производства, создавалось новое оборудование для размола, проклейки и наполнения массы, отделки бумаги и других операций. В 1858 г. Иосифом Жорданом была сконструирована коническая мельница, которая впоследствии превратилась в один из основных размалывающих аппаратов непрерывного действия. В 1862 г. в Германии завод Гаубольд выпустил многовальный суперкаландр для отделки бумаги. В 1870 г. француз Верни создает саморезку гильотинного типа для разрезания бумаги на листы. Позже появились продольно-резательные станки и ротационные саморезки, обладающие высокой производительностью. Создавались новые конструкции станков, внедрялись новые методы отделки бумаги. Бумага стала находить все большее применение в промышленности и в быту.

С введением машинного способа производства ручной отлив бумаги при помощи черпания специальными черпальными формами, который был единственным способом производства бумаги на протяжении 17 веков, утратил свое значение и начал исчезать. В настоящее время ручное черпание является редкостью. Оно сохранилось только для производства некоторых специальных видов бумаги: чертежного ватмана, документных бумаг с локальным знаком и т. п. Серьезного промышленного значения этот способ выработки не имеет.

Возникновение бумажного производства в России относится к XVI веку. Но о существовании первой бумажной мельницы на реке Уче в Московском уезде нам мало что известно. Более определенные сведения имеются о постройке в 1655 г. и работе бумажной мельницы на реке Пахре в слободе Зеленой, Московской губернии.

Основное развитие производства бумаги в России произошло при Петре I, по указу которого было выстроено несколько бумажных мельниц под Москвой и около Петербурга. Благодаря заботам Петра бумажная промышленность в России по своему уровню не уступала заграничной. Появились такие крупнейшие бумажные мануфактуры, как Полотнянозаводская (1720 г.) и Ярославская; на каждой из них работало около 500 рабочих.

Первая бумагоделательная машина в России была установлена на Петергофской гранильной фабрике в 1817 г. Постройкой руководил англичанин Вестингаузен, представитель фирмы Донкина. Однако постройка велась русскими мастеровыми и многие части машины были изготовлены на Петербургском чугунолитейном заводе. С этого времени в России получает развитие машинный способ производства бумаги. Тем не менее в старой царской России, несмотря на большие сырьевые возможности, бумажная про-

мышленность не получила развития. Развитие ее началось только после Великой Октябрьской социалистической революции.

В годы первых пятилеток бумажная промышленность Советского Союза была реконструирована и оснащена первоклассной техникой. Было построено несколько новых современных целлюлозно-бумажных комбинатов, была впервые создана машиностроительная база для бумажной промышленности, организованы научно-исследовательские институты и лаборатории, разрабатывающие научные проблемы бумажного производства, организованы проектные институты. Советский Союз по объему производства бумаги вышел на одно из ведущих мест среди стран, производящих бумагу.

ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ

Общая технологическая схема бумажного производства в упрощенном виде представлена ниже.

Волокнистые материалы подвергаются размолу в присутствии воды в размалывающих аппаратах периодического или непрерывного действия. Далее они смешиваются в определенной пропорции друг с другом, если бумага имеет сложную композицию. В волокнистую массу вводят наполняющие, клеящие и окрашивающие вещества. Подготовленную таким образом бумажную массу регулируют по концентрации и аккумулируют в мешальном бассейне перед отливом.

Готовая бумажная масса подвергается далее сильному разбавлению оборотной водой, пропускается через очистную аппаратуру с целью удаления из нее посторонних загрязнений и посредством специальных регулирующих устройств непрерывным потоком выпускается на бесконечную движущуюся сетку бумагоделательной машины. Здесь из разбавленной волокнистой суспензии на сетке осаждаются волокна с образованием бумажного полотна, которое бесконечной лентой проходит через всю машину, подвергаясь прессованию, сушке, охлаждению, увлажнению, машинной отделке в каландре и, наконец, наматывается в рулон на накате.

Изготовленная на машине бумага, в зависимости от требований, после специального увлажнения подвергается каландрированию на суперкаландре.

Далее бумага подвергается разрезанию на рулоны или на листы. Ролевую бумагу упаковывают и в виде рулонов отправляют на склад готовой продукции. Некоторые виды бумаги разрезают на узкие ленты и наматывают в виде узких катушек — бобин (телеграфная лента, кассовая лента, мундштучная бумага и др.).

Листовая бумага направляется в сортировочный цех, где она подвергается рассортировке и счету. Здесь ее упаковывают в кипы и отправляют на склад.

Отходящая на бумагоделательной машине вода, содержащая волокно, наполнители и клей, используется снова в производстве.

Общая технологическая схема бумажного производства

Неиспользованные отходящие воды перед сбросом их в сток направляют в улавливающую аппаратуру для улавливания волокна и наполнителей, которые затем используют в производстве.

Бумажный брак, образующийся в производстве в виде срывов или обрезков, снова превращают в массу на специальных размалывающих аппаратах и перерабатывают в бумагу. Такова принципиальная схема изготовления бумаги.

Готовая бумага может подвергаться дальнейшей специальной обработке: тиснению, крепированию, гофрированию, окраске с поверхности, пропитке различными веществами и растворами, на бумагу могут наноситься различные покрытия, эмульсии и т. п. Такая обработка значительно расширяет ассортимент бумажной продукции и позволяет придавать различным видам бумаги самые разнообразные свойства.

Бумага часто служит также сырьём для получения продукции, в которой сами волокна претерпевают существенные физико-химические изменения. К таким методам переработки можно отнести, например, производство растительного пергамента и фибры. Специальная обработка и переработка бумаги иногда осуществляются в системе бумажного предприятия, но чаще всего эти операции проводятся на отдельных специализированных фабриках.

ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В БУМАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Для производства бумаги находят широкое применение различные растительные волокнистые полуфабрикаты: сульфитная древесная целлюлоза; сульфатная и натронная древесная целлюлоза; древесная масса — белая, бурая и химическая; полуцеллюлоза и целлюлоза с высоким выходом; облагороженная целлюлоза; целлюлоза из соломы злаков и других однолетних растений; тряпичная полумасса из тряпья, хлопка, льна, пеньки и линтера; макулатура (старая бумага и обрезки).

Наряду с растительными волокнистыми материалами для специальных видов бумаги находит применение также шерсть, асбестовое волокно и искусственные волокнистые материалы. Ниже дана краткая характеристика основных волокнистых материалов, применяемых в бумажном производстве.

Сульфитная целлюлоза изготовляется в СССР обычно из древесины ели и пихты, реже из древесины лиственных пород. Она выпускается как в небеленом, так и в беленом виде. В зависимости от степени провара небеленая сульфитная целлюлоза выпускается трех марок: мягкая (жесткостью до 65° Бьеркмана), средняя (жесткостью 65—90°) и жесткая (выше 90°). Первая применяется для производства видов бумаги, не требующих высокой прочности, но обладающих мягкостью; вторая и третья — для видов бумаги, идущих на удовлетворение промышленных и культурно-просвети-

ельных нужд, а также не требующих высокой белизны (газетная, писчая и печатная № 3, мундштучная, обойная и др.).

Беленая сульфитная целлюлоза также выпускается различных марок в зависимости от степени белизны, сорности и прочности.

Марки ВО (высшая отборная) и О (отборная) используются при выработке различных видов картографической, документной, чертежной бумаги и фотоподложки.

Целлюлоза марки А применяется для изготовления рисовальной, писчей и печатной бумаги № 1.

Беленая целлюлоза марок Б и В используется при выработке писчей и печатной бумаги № 2 в композиции с белой древесной массой и для изготовления цветных видов бумаги.

Сульфитная беленая целлюлоза обладает средней длиной волокна 2—2,5 мм при толщине 35—40 микрон. Это волокно обладает сравнительно широким каналом. В зависимости от степени провара, степени полимеризации целлюлозы и содержания гемицеллюлоз способность к размолу и листообразующие свойства сульфитной целлюлозы весьма разнообразны.

Сульфатная целлюлоза выпускается как в небеленом, так и в беленом виде. Небеленая сульфатная целлюлоза выпускается четырех основных видов: крафт-целлюлоза, изоляционная, марки КН и белимая.

Первая представляет собой очень жесткую целлюлозу (до 140° по Бьеркману) и применяется для изготовления крафт-упаковочных и крафт-мешочных видов бумаги, вторая тоже достаточно жесткая (105—125° по Бьеркману), но более чистая целлюлоза с меньшей жесткостью применяется для производства электроизоляционных видов бумаги — кабельной, телефонной, намоточной и некоторых технических. Целлюлоза марки КН обладает еще более низкой жесткостью и более высокой чистотой и применяется в производстве конденсаторной бумаги. Белимая же целлюлоза с жесткостью 60—[illegible] предназначается для отбелки, а с более низкой жесткостью — для изготовления пропиточных видов бумаги.

Беленая сульфатная целлюлоза многоступенчатой отбелки применяется как заменитель тряпичной полумассы и беленой сульфитной целлюлозы в производстве бумаги, к которой предъявляется требование повышенной прочности, а также применяется для выработки некоторых промышленных и оберточных видов бумаги.

Сульфатная целлюлоза чаще всего изготовляется из сосновой древесины. Средняя длина волокон у нее 2,2—3,2 мм, толщина 40—[illegible] микрон.

Натронная целлюлоза, получаемая чаще всего из древесины лиственных древесных пород, обычно выпускается в беленом виде применяется для выработки пухлых и впитывающих видов бумаги, [illegible]ается в композицию печатной бумаги для улучшения печатных свойств. Отличается высокой белизной и хорошей впитывающей способностью, однако прочность волокна невысокая.

Облагороженная целлюлоза изготовляется как из сульфатной, так и из сульфитной целлюлозы. В зависимости от метода облагораживания, температуры и концентрации щелочи, а также режима облагораживания, изготовляют целлюлозу с различным содержанием α-целлюлозы и гемицеллюлоз. Целлюлоза горячего облагораживания с содержанием α-целлюлозы до 93% и пентозанов 5—6% применяется как заменитель тряпичной полумассы в производстве прочных и долговечных видов бумаги, а также в производстве фибры и пергамента. Целлюлоза с содержанием α-целлюлозы 94—95% и пентозанов 3—4% применяется как заменитель тряпичной полумассы в производстве менее прочных видов бумаги с малой деформацией и с хорошей впитывающей способностью (фильтровальная, фотоподложка, основа пергамента и др.). Целлюлоза холодного облагораживания с содержанием α-целлюлозы выше 96% применяется только для химической переработки и для изготовления бумаги не пригодна.

Древесная масса изготовляется трех видов: белая, бурая и химическая. Наибольшее применение имеет белая древесная масса. Она изготовляется в СССР преимущественно из еловой древесины и в зависимости от метода и режима дефибрирования имеет различные свойства.

Обычно древесная масса, применяемая в бумажном производстве, имеет степень помола по ШР от 50 до 80°, разрывную длину 2000—3500 м и сопротивление излому 0,5—3 двойных перегиба. Средневзвешенная длина волокна белой древесной массы колеблется в пределах 0,3—0,5 мм. Ввиду малого сопротивления излому древесной массы этот полуфабрикат один для изготовления бумаги не применяется и используется лишь в композиции с более прочным волокнистым материалом — сульфитной целлюлозой.

Белая древесная масса обладает сравнительно невысокой белизной (около 60%), но она легко белится гидросульфитом цинка и перекисями и повышает при этом свою белизну до 70%. Такая беленая древесная масса с успехом применяется для выработки печатных видов бумаги улучшенного качества.

Бурая древесная масса изготовляется путем дефибрирования предварительно пропаренной древесины. Она отличается длинным волокном (1,5—2 мм) и темным цветом. Из бурой древесной массы можно изготовлять бумагу без добавок в композицию целлюлозы. Однако бурый цвет ограничивает ее область применения оберточными видами бумаги и некоторыми картонами.

Химическая древесная масса получается обычно из лиственных пород древесины, предварительно подвергнутой вакуум-пропитке и варке в котлах с раствором моносульфита натрия и бикарбоната натрия с последующим дефибрированием древесины обычным способом в дефибрерах.

Химическая древесная масса применяется в композиции газетной бумаги и некоторых видов картона

Химическая древесная масса получается также и из щепы путем двухступенчатого размола на дисковых рафинерах после предварительной варки в котлах или аппаратах непрерывного действия с раствором моносульфита натрия и бикарбоната натрия с последующим измельчением на пресс-файнерах. Полученный этим способом продукт приближается по своим свойствам к полуцеллюлозе и отличается от нее лишь более высоким выходом (75—90%), вместо 65—75%, характерных для полуцеллюлозы.

Тряпичная полумасса вырабатывается из холщевого и хлопчатобумажного тряпья. К тряпичной полумассе примыкает полумасса, получаемая из сырцовых волокон хлопка, линтера, льна и пеньки. Последняя отличается от первой обычно большей механической прочностью, поскольку волокна в старом, ношеном тряпье могут в известной мере деструктироваться.

Волокна в хлопчатобумажной хлопковой и линтерной полумассе представляют по своему химическому составу почти чистую α-целлюлозу с очень малым содержанием гемицеллюлозы, имеют малую зольность и отличаются высокой степенью белизны. Волокна хлопка отличаются большой длиной, ленточной формой клетки, широким каналом и сравнительно тонкой стенкой. Фибриллы расположены в клеточной стенке с большим наклоном к оси волокна. Вследствие таких структурных особенностей и химического состава хлопковые волокна трудно поддаются размолу, плохо расщепляются на фибриллы и с трудом ужирняются. Применяются они для изготовления высокосортных видов бумаги в композиции с беленой целлюлозой, а также для выработки впитывающих видов бумаги.

Холщевая полумасса и полумасса из льна и пеньки обладают волокнами с толстыми стенками и узким каналом. Фибриллы в клеточной стенке расположены параллельно оси волокна. По своему химическому составу эти волокна представляют собой менее чистую целлюлозу. Наряду с α-целлюлозой здесь содержится значительное количество гемицеллюлозных спутников. Благодаря этим особенностям волокна холщевой, льняной и пеньковой полумассы легко расщепляются при размоле с образованием массы жирного помола. Цвет полумассы значительно ниже, чем у хлопковой. Применяется она в производстве высокосортных видов бумаги в композиции с беленой целлюлозой и в производстве тонких папиросных, копировальных и конденсаторных видов бумаги.

Целлюлоза из соломы злаков и других однолетних растений вырабатывается по сульфитному, сульфатному и хлорно-щелочному методам. Выпускается главным образом в беленом виде. Она отличается мелким и тонким волокном (1,1—1,2 мм), неспособным расщепляться при размоле и обладающим высоким содержанием гемицеллюлозы и, в частности, пентозанов. Благодаря этому соломенная целлюлоза дает при размоле сравнительно жесткую бумагу. Применяется она в производстве писчих и почтовых видов бумаги в композиции с беленой сульфитной целлюлозой. Соломенная

масса изготовляется путем размола соломы, предварительно обработанной щелочью. Находит применение в производстве низкосортных оберточных видов бумаги и некоторых видов картона.

Полуцеллюлоза — волокнистый полуфабрикат, занимающий промежуточное место между целлюлозой и химической древесной массой. Она получается различными методами, главным образом из лиственных древесных пород, путем варки измельченной в щепу древесины с щелочными растворами соды, едкого натра или сульфита натрия с последующим размолом на рафинерах. Отличается от химической древесной массы меньшим выходом, более длинным волокном и лучшей белимостью.

Полуцеллюлоза находит широкое применение в производстве картонов и древесно-волокнистых плит, но может также применяться и в производстве бумаги. Некоторые виды полуцеллюлозы хорошо белятся и после отбелки пригодны для выработки беленых видов бумаги.

Макулатура — старая бумага и бумажные обрезки из типографий, которые являются важным источником сырья для бумажной и в особенности для картонной промышленности. При надлежащей постановке сбора макулатуры можно вернуть на бумажные фабрики до 30—35% волокнистого сырья и тем самым сократить потребление свежего волокна. Макулатура находит применение для изготовления многих массовых видов бумаги и картона.

Белая незагрязненная типографской краской макулатура в виде обрезков не требует особой обработки для превращения в массу. Бумага же с печатью, а также загрязненная макулатура требуют во многих случаях специальной очистки от посторонних примесей, загрязнений и типографской краски.

Наряду с указанными выше волокнистыми материалами применяются также целлюлоза из бамбука, багассы (стеблей сахарного тростника), эспарто, тростника и некоторых других растений. Однако они пока не получили в СССР широкого промышленного применения.

КЛАССИФИКАЦИЯ И СВОЙСТВА БУМАГИ

В зависимости от назначения бумага характеризуется различными показателями: весом 1 м^2, толщиной, механическими свойствами, степенью проклейки, зольностью, влажностью, цветом, белизной, гладкостью, впитывающей способностью, воздухо-, паро-, жиронепроницаемостью, диэлектрическими и другими свойствами.

Ниже приводится перечень показателей свойств различных видов бумаги, по которым производятся испытания с целью установления качества бумаги и выполнения требований государственного стандарта:

1) структурно-размерные показатели: формат, вес 1 м^2, толщина, объемный вес, гладкость и пористость;

2) к о м п о з и ц и я: состав по волокну, зольность, влажность, ние тех или иных компонентов в бумаге;

3) м е х а н и ч е с к и е и у п р у г о - п л а с т и ч е с к и е о й с т в а: разрывная длина, сопротивления излому, разрыву, авливанию, надрыву, истиранию, удлинение при разрыве тяжимость), сжимаемость, мягкость и жесткость, скручиваемость, упругость и др.;

4) о п т и ч е с к и е с в о й с т в а: цвет, белизна, оттенок, к, прозрачность, светонепроницаемость, характер просвета;

5) г и д р о ф о б н ы е и л и г и д р о ф и л ь н ы е с в о й н а: степень проклейки, впитывающая способность, водопоглощение, промокаемость, гигроскопичность, влажность;

6) х и м и ч е с к а я ч и с т о т а: щелочность, кислотность, наличие минеральных вкраплений, наличие катионов (Fe, Cu) и анионов (Cl, SO_4);

7) с п е ц и а л ь н ы е с в о й с т в а: жиро-, воздухо-, пароводонепроницаемость, влагопрочность, термостойкость, долговечность, негорючесть, фильтрующая способность, деформация при увлажнении и остаточная, электропробивной градиент, количество электропроводящих частиц, образование пузырей при намокании в щелочном растворе, пылимость и др.

Само собой разумеется, что бумага испытывается только по тем показателям, которые характеризуют ее потребительские свойства и которые нормированы ГОСТ или техническими условиями. Это обычно пять-шесть показателей. Бумага, удовлетворяющая установленным нормам по всем показателям для данного вида продукции, считается доброкачественной. Бумага, не удовлетворяющая предъявляемым требованиям по тому или иному показателю, в зависимости от допусков в ГОСТ относится ко второму сорту или бракуется. В последнем случае бумага снова перерабатывается, как оборотный брак, или идет на изделия широкого потребления. В некоторых случаях такая бумага переводится в более низкие виды бумажной продукции. В настоящее время выпускается несколько сотен различных видов бумаги. По принятой в СССР классификации разные виды бумаги делятся на 11 классов.

1. Б у м а г а д л я п е ч а т и: типографская, офсетная, литографская, для глубокой печати, документная, мелованная, картографическая и др. Большинство из этих видов бумаги отличается высокой гладкостью и белизной, хорошей восприимчивостью печатной краски. Некоторые из них вырабатываются с большим содержанием наполнителей и низкой степенью проклейки, например типографская и бумага для глубокой печати. Другие вырабатываются с меньшим содержанием наполнителя и хорошо проклеиваются (офсетная, литографская, картографическая). К этому же классу относится и газетная бумага, изготовляемая из более дешевых волокнистых материалов без проклейки и наполнителей или с низким содержанием последних.

2. Бумага для письма: писчая, почтовая, конвертная, для конторских книг, для карточек и др. Эти виды бумаги отличаются хорошей проклейкой, малой впитывающей способностью и высокой гладкостью.

Бумага первых двух классов выпускается различного состава по волокну: небеленая, полубеленая, беленая и высшего качества с применением тряпичной полумассы.

3. Чертежно-рисовальные виды бумаги: рисовальная, чертежная обыкновенная, чертежная высшая, чертежная прозрачная, чертежная калька и др. Вырабатываются обычно без наполнителя или с небольшим содержанием последнего, хорошо проклеиваются, а для достижения прозрачности некоторые из них сильно увлажняются и каландрируются при высоком давлении валов.

4. Электроизоляционные виды бумаги: конденсаторная, кабельная, телефонная, изоляционно-намоточная и др. Изготовляются преимущественно из сульфатной небеленой целлюлозы с малой зольностью и высокой чистотой без наполнителей и проклеивающих веществ. Отличаются высокой механической прочностью, хорошими диэлектрическими свойствами и чистотой. Все они, кроме конденсаторной, обычно вырабатываются на двухсеточных столовых бумагоделательных машинах.

5. Папиросные виды бумаги: мундштучная, папиросная, курительная и др. По своей композиции, свойствам и технологии изготовления эти виды бумаги весьма различны между собой.

6. Впитывающие виды бумаги: фильтровальная, выпускаемая обычно трех марок с различной скоростью фильтрации осадков, промокательная, пропиточная, основа для фибры, основа для пергамента и др. Изготовляются из тряпичной полумассы и беленой целлюлозы без проклейки. Отличаются пухлостью, пористостью и хорошей впитывающей способностью.

7. Бумага для аппаратов: телеграфная лента, лента Крида, перфокарточная и др.

8. Светочувствительные (основы) виды бумаги: фотоподложка, идущая для изготовления фотографической бумаги, светочувствительная для светокопий и др. Эти виды бумаги отличаются высокой механической прочностью, чистотой, хорошей проклейкой и рядом специальных свойств.

9. Переводные (основы): копировальная, переводная и др.

10. Оберточные виды бумаги: весьма обширный класс бумаги, применяемой для упаковки пищевых продуктов и разнообразных промышленных товаров. Оберточные бумаги изготовляются из прочных волокнистых материалов и отходов производства. Некоторые виды оберточной бумаги подвергают специальной обработке: битумированию, парафинированию, ламинированию

и т. п. К оберточным видам бумаги относятся: мешочная, чайная, свечная, фруктовая, бутылочная, растительный пергамент, светонепроницаемая, основа для парафинирования, для расфасовочно-упаковочных автоматов пищевой промышленности и др.

II. Бумага промышленно-техническая разного назначения. Это наиболее обширный класс бумаги; сюда относятся: патронная, наждачная, шпульная, диффузорная, для звукозаписи, вердоль, для пряжи и многие другие. К этому классу следует добавить весьма обширную группу так называемых длинноволокнистых видов бумаги, которые изготовляются из хлопкового волокна, асбеста и искусственных волокон, как обычным способом бумажного производства, так и «сухим» способом. Эта бумага отличается высокой эластичностью и механической прочностью, в особенности по сопротивлению излому и раздиранию. К этим видам бумаги относятся: шелковка, заменитель гранитоля, микалентная, слюдяная, асбестовая, стеклянная и др.

Из указанного далеко не полного перечня видно, каким разнообразием свойств отличаются разные виды бумаги, вырабатываемые бумажной промышленностью. Каким же образом можно сообщить бумаге различные потребительские свойства? Это достигается выбором волокнистых материалов и их свойствами; характером размола волокнистых материалов; введением в бумажную массу проклеивающих веществ и минеральных наполнителей; окраской; режимом отлива, прессования и сушки при выработке на бумагоделательной машине; операциями каландирования и окончательной отделки бумаги. Таким образом, свойства бумаги обусловливаются как композицией, так и режимом обработки на каждой стадии изготовления бумаги. Отсюда видно, какое большое значение для производства бумаги имеет правильная организация технологического процесса, обеспечивающего получение бумаги с заданными свойствами.

ГЛАВА 2

МАССНЫЙ РАЗМОЛ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Размол является весьма важной операцией бумажного производства, от которой в значительной степени зависят многие свойства бумаги. Лист бумаги, отлитый из неразмолотых волокнистых материалов, получается неудовлетворительным по своему строению, внешнему виду и физико-механическим свойствам. Он обладает неравномерным, облачным просветом, большой пористостью, пухлостью и малой прочностью. Это происходит потому, что сравнительно длинные и грубые волокна сплетаются в хлопья и, оседая на сетке, дают неоднородный по структуре лист. Неразмолотые волокна обладают малой пластичностью, слабо развитой поверхностью и мало гидратированы, вследствие чего такие волокна плохо связываются друг с другом в бумажном листе.

Главной целью размола волокнистых материалов является:

1) придать волокнистому материалу определенную структуру в отношении размеров по длине и толщине, а также по фракционному составу, чтобы обеспечить желаемое строение и плотность бумажного листа;

2) сообщить волокнистому материалу определенную степень гидратации — развитие поверхности, пластичности и других свойств, от которых зависит создание в бумаге межволоконных сил связи и многие свойства бумаги: механическая прочность, объемный вес, впитывающая способность, воздухопроницаемость, прозрачность и другие.

Размол волокнистых материалов в бумажную массу производится на размалывающих аппаратах периодического и непрерывного действия — роллах, конических мельницах, рафинерах и других — в присутствии воды при концентрации от 2 до 8%. Независимо от типа размалывающего аппарата принцип размола волокна везде один и тот же Он заключается в том, что волокнистая суспензия непрерывным потоком поступает к ножам рабочего органа аппарата, состоящего из неподвижно закрепленных ножей (статора, или планки) и вращающихся ножей, расположенных на барабане, конусе или диске (роторе). Проходя между ножами ротора и статора, зазор между которыми может регулироваться, волокна подвергаются

режущему действию кромок ножей и укорачиваются или расщепляются в продольном направлении, раздавливаются торцовыми поверхностями ножей, расчесываются и фибриллируются с поверхности.

Характер воздействия ножей размалывающей гарнитуры аппарата в первую очередь зависит от расстояния между ножами и ряда других факторов, которые будут рассмотрены далее более подробно. Размалывающее действие ножей размалывающего аппарата схематично показано на рис. 4. На верхнем рисунке (*А*) показано укорачивающее действие аппарата при малом зазоре между ножами барабана и планки, на среднем рисунке (*В*) показано расчесывающее и раздавливающее действие при большем расстоянии между ножами, а на нижнем рисунке (*С*) показано образование волокнистой наслойки на кромках ножей вращающегося барабана и завихрение массы в ячейках между ножами, что способствует покрытию режущих кромок ножей волокном.

Рис. 4. Схема действия ножей ролла:
А — укорочение волокон; *В* — расчес и расщепление волокон; *С* — образование волокнистых наслоек на кромках ножей

Наряду с режущим, раздавливающим и расчесывающим действием ножей волокно испытывает также ударное действие ножей, гидравлическое сжатие и трение волокон о стенки аппарата и друг о друга. Отсюда видно, что при размоле волокна испытывают многообразные воздействия.

ТЕОРИЯ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА

В результате механических воздействий при размоле в присутствии воды волокна претерпевают значительные изменения, как в отношении размеров и структуры, так и в отношении свойств.

Волокна становятся более гибкими, пластичными и жирными на ощупь, они труднее отдают воду на сетке бумагоделательной машины при обезвоживании. Полученный из размолотой массы лист бумаги обладает большей прочностью, меньшей пористостью и большей прозрачностью.

Эти качественные изменения, происходящие в свойствах волокнистой массы и полученного из нее листа, настолько значительны, что трудно было объяснить причину этого явления только одним механическим измельчением волокон. Поэтому не удивительно, что первыми теориями размола были химические теории. Авторы их (Кросс и Бивен) считали, что во время размола вода вступает в реакцию с веществом целлюлозы, образуя желатинообразный гидрат. Отсюда и произошел термин «гидратация при размоле», применяемый в бумажном производстве в настоящее время, хотя в это слово вкладывают теперь несколько иное содержание.

Другие исследователи (Швальбе) полагали, что при размоле могут получаться окси- и гидроцеллюлозы, образующие слизь, которая и склеивает волокна в бумажном листе после сушки.

Химические теории размола пользовались успехом до двадцатых годов настоящего столетия. Сторонники этих теорий пытались найти такой клей, прибавление которого к массе могло бы сделать бумагу прочной и устранить частично или полностью дорогостоящую операцию размола. Для этой цели предлагали применять вискозу, желатин, крахмал и другие вещества. Все эти и некоторые другие добавки, конечно, не могут устранить операцию размола, но могут лишь ускорить ее и повысить прочность бумаги.

Последующие исследования, посвященные выяснению химических и физических изменений волокна при размоле, показали несостоятельность химической теории размола. Исследованиями Кресса и Бьялковского, Керрена, Симондса и Янга, а также некоторых других было установлено, что химический состав волокна и его рентгенограмма до и после размола не изменяются. Происходит лишь небольшое изменение степени полимеризации целлюлозы при длительном размоле, увеличиваются растворимость в щелочах и гидролизное число. Все эти изменения объясняются измельчением волокна и увеличением его наружной поверхности.

На смену химической теории пришла физическая теория размола. Авторы этой теории Стрейчен (1926) и Кемпбелл (1932) пытались объяснить свойства, приобретаемые массой при размоле, а также прочность готового листа бумаги измельчением волокон. При этом Стрейчен придавал большое значение процессу фибриллирования, объясняя связь между волокнами в бумажном листе механическим переплетением фибрилл. По мнению Кемпбелла, лучший контакт между волокнами, дающий прочность бумажному листу, достигается благодаря силам поверхностного натяжения воды, под влиянием которых волокна сближаются во время сушки.

Физические теории размола не могли удовлетворительно объяснить причину появления межволоконных связей в бумажном листе и потерю прочности бумаги после ее увлажнения. Чтобы объяснить эти явления, Кемпбелл позже выдвинул гипотезу, согласно которой волокна склеиваются между собой в результате «частичной растворимости» целлюлозы в воде и «рекристаллизации» целлюлозных цепей при сушке бумаги.

Позже, в 1943 г., Кларк создал объединенную теорию размола, в которой он попытался объединить взгляды Стрейчена и Кемпбелла. У первого он взял его теорию фибрилляции волокна при размоле, которая к этому времени была подтверждена исследованиями с помощью электронного микроскопа, а у второго — идею частичной растворимости целлюлозы в воде.

Кларк утверждал, что природное целлюлозное волокно защищено первичной оболочкой, проницаемой для воды, но совершенно в ней нерастворимой. В немолотом состоянии целлюлоза покрыта этой оболочкой и защищена от слипания при сушке. По мнению Кларка, оболочка разрушается уже на первой стадии размола, обнажая фибриллы вторичной клеточной стенки. При этом происходит фибрилляция поверхности волокна. Одновременно происходит усиленное набухание волокна и адсорбция воды с образованием двухмолекулярной коллоидной пленки целлюлозы на поверхности вторичной стенки. По мнению Кларка, растворяется якобы только часть молекулы целлюлозы, в то время как другая ее часть остается закрепленной у клеточной стенки. В дальнейшем при отливе и последующей сушке эти «частично растворенные» молекулы целлюлозы стягивают волокна в плотный и прочный лист бумаги.

Теория Кларка также не обошлась без сомнительной концепции «частичной растворимости» целлюлозы, а потому ее нельзя признать удовлетворительной.

Более простое и правильное толкование явлений, происходящих при размоле, дал еще в 1941 г. Я. Г. Хинчин. Он высказал предположение, что при размоле волокна происходит освобождение полярных гидроксилов макромолекул целлюлозы, находящихся на поверхности микрофибрилл наружных стенок волокна, благодаря чему повышается адсорбция воды поверхностью волокон и гидратация. При испарении воды во время сушки полярные гидроксилы макромолекул соседних волокон взаимно связываются между собой, что и служит причиной прочности бумаги.

В 1943 г. Эллисом и Бассом было установлено, что межмолекулярное взаимодействие в целлюлозе осуществляется за счет водородной связи через гидроксильные группы. В дальнейшем этот вид связи в целлюлозных материалах был изучен В. Н. Никитиным и другими исследователями.

Водородная связь — особый вид межмолекулярного взаимодействия, осуществляемого атомами водорода между двумя другими электроотрицательными атомами, например кислородом, фтором,

азотом или хлором. Энергия этой связи составляет 6—8 тыс. кал/моль. Она выше, чем энергия связи Ван-дер-Ваальса, но много ниже, чем энергия химического взаимодействия.

Водородная связь через кислород типа OH . . . . O возникает при расстоянии между атомами 2,55—2,75 Å. Согласно работам указанных выше исследователей, между соседними цепочками макромолекул целлюлозы в ориентированных участках гидроксильные группы включены в водородную связь.

Схематичное изображение целлюлозных цепей, соединенных поперечными водородными связями (*A*) и воды, связанной в тонких межмицеллярных пространствах (*B*), приведено ниже:

При намокании целлюлозы в воде последняя может проникнуть в отдельные, доступные ей участки и, раздвинув цепочки, нарушить установившуюся водородную связь.

Открытие водородной связи в целлюлозе сыграло важную роль в развитии современной теории размола. В основу ее положена гипотеза, что межволоконная связь в бумаге по своей природе близка к межмолекулярным связям между цепочками макромолекул целлюлозы. Исходя из этой гипотезы, мы можем дать следующее толкование процессу размола.

При размоле в воде волокна подвергаются измельчению. Этот процесс сопровождается набуханием, последнее же способствует размолу, в особенности продольному расщеплению и фибриллированию волокна, при котором от клеточной стенки отделяются тончайшие микрофибриллы. При этом происходит рост активной поверхности волокна, на которой освобождаются свободные гидроксильные группы, способные адсорбировать воду.

Процесс фибриллирования поверхности волокон, который можно назвать коллоидным процессом поверхностной дисперсии целлюлозы, сопровождается адсорбционными процессами поглощения воды, в результате чего на поверхности сильно размолотого волокна образуется коллоидная пленка из геля целлюлозы. Этот процесс становится возможным после разрушения первичной оболочки и освобождения вторичных фибриллярных слоев волокна. Как показал Кларк, первичная оболочка волокна повреждается уже в первой стадии размола и потому фибриллирование поверхности волокна прогрессирует в процессе размола.

Коллоидные процессы фибриллирования (поверхностной дисперсии), набухания и адсорбции воды поверхностью волокна условно именуются «гидратацией при размоле». Термин «гидратация» в данном случае применяется не в смысле химического, а в смысле коллоиднофизического взаимодействия целлюлозы с водой.

В результате протекания указанных выше процессов при размоле волокна становятся гибкими и пластичными, что способствует лучшему формованию бумаги и контакту волокон между собой. При образовании бумажного полотна на сетке бумагоделательной машины и мокром прессовании бумаги в прессах благодаря наличию гидратированной поверхности волокон устанавливается связь между свободными гидроксильными группами волокон, соприкасающихся в бумажном полотне, через воду. Это способствует ориентации гидроксилов и после удаления воды испарением при сушке облегчает возникновение водородных связей в тех местах контакта между микрофибриллами соседних волокон, где будет достигнуто необходимое расстояние в 2,55—2,75 Å. Сближению волокон при сушке способствует пластичность размолотого волокна, его фибриллирование и силы поверхностного натяжения воды, величина которых, как показал Кемпбелл, весьма значительна. В результате действия этих сил бумага при сушке подвергается значительной усадке и при длительном размоле приобретает прозрачность и более плотную структуру.

Таким образом, механические процессы измельчения волокна обусловливают главным образом структуру бумажного листа, а коллоиднофизические процессы — образование межволоконных связей в бумаге. Благодаря межволоконным связям бумага приобретает прочность и плотность, пухлость и пористость ее снижаются. В зависимости от развития межволоконных связей в бумажном листе и структуры волокон свойства бумаги могут быть весьма различны. Регулируя степень и характер измельчения волокна, а также степень гидратации при размоле, мы можем изменять свойства бумаги.

Природа межволоконных связей в бумаге, по-видимому, различна. Наряду с водородными связями, которые характерны для бумаги, изготовленной из хорошо гидратированных целлюлозных

материалов, имеют место и чисто механические силы сцепления в результате трения сопряженных поверхностей волокон. Однако последние значительно менее прочны, чем первые. Эти механические связи характерны для волокон древесной массы, содержащих большое количество лигнина, который блокирует гидроксильные группы целлюлозы. Наряду с этими связями не исключена возможность действия также и сил Ван-дер-Ваальса между волокнами. Однако действие последних, по-видимому, очень мало и не может обеспечить надлежащей прочности бумаги.

Рис. 5. Влияние дегидратации спиртом на силы связи между волокнами и прочность бумаги из беленой сульфитной целлюлозы: *I* — нормальная бумажная масса; *II* — дегидратированная спиртом; *III* — бумага, изготовленная из дегидратированной массы после вымочки в воде и последующей сушки

Современная теория размола позволяет нам понимать и правильно объяснять многие явления при изготовлении бумаги. Так, резкое снижение прочности бумаги при намокании в воде объясняется разрушением водородных связей между волокнами. При введении наполнителей и других веществ органического и неорганического происхождения, если эти вещества не образуют связей с целлюлозой, прочность бумаги падает из-за разъединения волокон, нарушения контакта между ними и уменьшения сил связей. Прочность бумаги при проклейке крахмальным клеем повышается, поскольку крахмал обладает теми же самыми функциональными группами OH, что и целлюлоза, и образует дополнительные связи между волокнами через свои гидроксильные группы, включенные в водородную связь с волокном. Увеличение прочности бумаги во влажном состоянии при проклейке мочевино- и меламино-формальдегидными смолами объясняется образованием более прочных, не разрушаемых водой связей этих веществ с волокном.

Современная гипотеза размола дает удовлетворительное объяснение причин малой прочности бумаги, изготовленной из шерсти, асбеста и дегидратированного целлюлозного волокна.

Бумага, изготовленная из шерсти, обладает очень малой прочностью так же, как и асбестовая бумага. Шерсть не фибриллируется

и не образует водородных связей между волокнами. Асбестовое волокно, хотя и фибриллируется и дает очень жирную массу при размоле, также не способно давать прочные межволоконные связи через водород. Поэтому прочность бумаги, изготовленной из этих материалов, обусловливается только механическими силами связи и силами Ван-дер-Ваальса. Эти же связи не могут обеспечить надлежащей прочности асбестовой и шерстяной бумаги.

Если взять хорошо размолотое в воде целлюлозное волокно, подвергнуть его дегидратации этиловым спиртом и затем отлить из него лист бумаги в спиртовой среде, то полученный таким образом лист после прессования и сушки будет отличаться очень малой прочностью. Если же его снова погрузить в воду, отпрессовать и высушить, то прочность листа сильно возрастет, хотя она и не достигнет прочности бумаги, отлитой нормальным образом в водной среде из того же волокна. Это объясняется тем, что после дегидратации размолотого волокна спиртом в бумаге не образуется водородных связей между волокнами и прочность ее обусловлена только механическими силами трения. Даже очень сильное прессование влажного листа в этом случае не дает эффекта, так как с удалением воды гидроксильные группы лишаются предварительной ориентации через водяной мостик и не способны в дальнейшем образовать водородную связь. Влияние дегидратации спиртом на силы связи и прочность бумаги показано на рис. 5.

ФАКТОРЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ СИЛЫ СВЯЗИ В БУМАЖНОМ ЛИСТЕ

Межволоконные связи в бумажном листе обусловливают прочность и в той или иной степени почти все остальные свойства бумаги. Поэтому важно выяснить величину этих сил и факторы, влияющие на их развитие при изготовлении бумаги.

В 1946 г. автором книги был разработан метод определения величины межволоконных связей в бумажном листе путем разрыва образца двуслойной бумаги в плоскости соприкосновения слоев. Аналогичный метод был разработан и Кларком. Этим методом были получены данные о величине межволоконных связей в бумажном листе и выяснены факторы, влияющие на их развитие. К таким факторам следует отнести в первую очередь характер процессов размола и прессования мокрого листа, влажность бумаги, природу волокна, а также наличие в бумаге проклеивающих веществ и наполнителей.

Главным фактором развития сил связи в бумажном листе является размол волокна и его фибриллирование. Как видно из рис. 6, силы связи в процессе размола целлюлозы непрерывно возрастают, сначала быстро, а затем постепенно затухают, достигая предельной величины 0,18—0,20 кг/мм^2. Из диаграммы видно, что не подвергнутое размолу волокно обладает очень малыми силами связи, меньше 0,01 кг/мм^2, и что в первой стадии размола, примерно до

30° ШР, они достигают 0,125 кг/мм² и выше, т. е. увеличиваются больше чем в 10 раз.

Характер кривых развития межволоконных сил связи при размоле различных волокнистых материалов сходен между собой, однако величина сил различна и зависит от природы волокна, его строения и химического состава, наличия гемицеллюлозных спут-

Рис. 6. Развитие межволоконных сил связи в бумаге из сульфитной целлюлозы в процессе размола

Рис. 7. Влияние мокрого прессования на величину межволоконных сил связи и прочность бумаги из сульфатной целлюлозы:

I — давление прессования 0; *II* — давление прессования 5 кг/см²; *III* — давление прессования 40 кг/см²

ников: пентозанов, гексозанов и полиуронидов. Различные виды гемицеллюлозы, обладая более короткими цепями по сравнению с целлюлозой и большей гидрофильностью, способствуют фибриллированию волокна при размоле и образованию коллоидного геля на поверхности волокон. Поэтому развитие межволоконных сил связи в бумаге из облагороженной древесной целлюлозы происходит при размоле в меньшей степени, чем в бумаге из сульфитной и сульфатной целлюлозы. Наиболее быстро эти связи развиваются при размоле холоцеллюлозы, содержащей, как известно, большое количество гемицеллюлоз. В этом случае силы связи достигают 0,25 кг/мм² и выше.

Природа сил связи у волокнистых материалов, как мы уже указывали, также различна. В частности, у хлопчатобумажной и хлопковой полумассы имеет большое значение и чисто механиче-

ская связь, а у древесно-массного волокна она преобладает над водородной. О величине механических сил связи можно судить по разности показателей, полученных при испытании на сопротивление относительному сдвигу для обычной бумаги и бумаги, полученной из дегидратированного волокна.

Прессование влажного бумажного листа является также существенным фактором повышения прочности межволоконных связей. Это влияние показано на рис. 7. Как видно из графиков, величина межволоконных сил связи повышается с увеличением давления прессования, но в значительно меньшей степени, чем при размоле.

Очень большое влияние на межволоконные силы связи оказывает влажность бумаги. Эта зависимость показана на рис. 8. Из рисунка видно, что силы связи резко снижаются при увеличении влажности бумаги и что при полном насыщении волокон водой и при 100%-ной относительной влажности воздуха эти силы связи стремятся к нулю.

Рис. 8. Влияние влажности на силы связи в бумаге из сульфатной целлюлозы:

I — степень помола 71° ШР; *II* — степень помола 27° ШР; *III* — степень помола 14° ШР (неразмолотая целлюлоза); *IV* — влажность бумаги

На развитие сил связи между волокнами оказывает существенное влияние также режим сушки бумаги на машине. Максимальное развитие этих сил происходит при осторожной сушке бумаги, при форсированной же сушке пары воды, прорываясь через толщу бумаги, разрыхляют ее структуру, и сцепление волокон ухудшается.

КОНТРОЛЬ ЗА ПРОЦЕССОМ РАЗМОЛА

Для оценки качества массы при размоле применяют различные приборы для определения степени помола или скорости обезвоживания на сетке, определяют среднюю длину волокна посредством специального аппарата или микроскопа, производят визуальную оценку структуры волокна при помощи микроскопа или микропроекционного аппарата.

Оценка степени помола массы в большинстве стран Европы и в Советском Союзе производится при помощи аппарата Шоппер-Риглера, в Америке и Англии применяются аналогичные аппа-

раты: Канадский стандартный прибор, прибор Грина, прибор Вильямса и некоторые другие. Все эти приборы определяют способность бумажной массы пропускать через себя воду и характеризуют суммарно как степень измельчения волокон, так и их гидратационные свойства. Однако по степени помола, определенной на этих приборах, нельзя получить представления о средней длине волокна в массе.

Рис. 9. Аппарат Шоппер-Риглера:
1 — съемный цилиндр; 2 — конус; 3 — сетка; 4 — узкое отверстие в нижней трубке; 5, 6 — боковая широкая трубка; 7 — мерный литровый цилиндр; 8 — конический клапан

Аппарат Шоппер-Риглера представлен на рис. 9. Он состоит из полого цилиндра, на дно которого натянута сетка № 100, и конуса с двумя трубками, на который ставится цилиндр. Нижняя трубка имеет тонкое отверстие, а верхняя — широкое.

Перед началом испытания сетка в цилиндре прикрыта массивным металлическим клапаном с резиновой прокладкой.

Испытание проводится следующим образом: берут 2 г абсолютно сухой массы, разбавляют ее 1 л воды и размешивают путем переливания из кружки в кружку до устранения комочков. После этого волокнистую суспензию выливают в сетчатый цилиндр и удаляют клапан. Количество воды W, вылившейся через боковую широкую трубку, служит мерой степени помола массы. За степень помола по ШР принимают условно разность между количеством воды, взятой для анализа волокнистой суспензии, и количеством воды, вытекшей через боковую трубку, т. е. $(1000 - W)$ при этом 10 см^3 воды соответствует 1° ШР. Степень помола нужно определять при температуре воды 20°С. В случае отклонений от нормальной температуры следует вводить поправку в показания прибора. При повышении температуры воды сверх нормальной на 1°С степень помола снижается на 0,46° ШР и, наоборот, повышается на такую же величину при понижении температуры воды.

Аппарат Шоппер-Риглера мало чувствителен в низкой области

помола массы, от 8 до 20° ШР, а также в высокой области помола свыше 85—90° ШР. Поэтому он мало пригоден для анализа массы, применяемой для изготовления древесно-волокнистых плит, а также массы для конденсаторной бумаги.

Характерное развитие кривой степени помола по Шоппер-Риглеру в процессе размола показано на рис. 10. Кривая графика имеет типичную сигмоидную форму с медленным подъемом в начале размола и с затуханием в высокой области размола. Форма кривой зависит от характеристики прибора [1].

Рис. 10. Изменение степени помола по ШР и средней длины волокна в процессе размола целлюлозы:
I — степень помола по ШР; *II* — средняя длина волокна

Для оценки структуры волокна при размоле массы пользуются микроскопом или микропроекционным аппаратом, который устанавливают в темной комнате и направляют изображение на большой экран, разграфленный на квадраты, масштаб которых позволяет оценивать волокна по длине. Однако определение средней длины волокна посредством микроскопа все-таки сложно, требует опыта от работников и занимает много времени.

Различают среднеарифметическую длину волокна, определяемую по формуле

$$L_а = \frac{\Sigma l}{n}; \qquad (1)$$

и средневзвешенную, определяемую по формуле

$$L_в = \frac{l_1 \cdot p_1}{100} + \frac{l_2 \cdot p_2}{100} + \ldots \frac{l_n p_n}{100}. \qquad (2)$$

В этих формулах:

$L_а$, $L_в$ — соответственно среднеарифметическая и средневзвешенная длина волокна;

n — число волокон;

Σl — суммарная длина волокон в мм;

l_1, l_2 . . . l_n — средняя длина волокна каждой фракции в мм;

p_1, p_2 . . . p_n — весовой процент каждой фракции в образце (при одинаковой толщине волокон пропорционален их длине).

---

[1] Численные данные для перевода показаний аппарата Шоппер-Риглера и показания других соответствующих приборов см. в «Справочнике бумажника-технолога», т. II, кн. 1, стр. 77, Гослесбумиздат, 1956.

Среднеарифметическая длина волокна менее показательна, так как она не учитывает весового содержания отдельных фракций волокон по длине. Кроме того, в зависимости от степени точности определения и учета коротковолокнистых фракций результаты определений могут быть различны. В этом отношении средневзвешенная длина волокна дает более правильное представление об истинной длине волокна. Исследования Греффа показывают, что среднеарифметическая длина волокна обычно бывает в 1,5—2 раза меньше, чем средневзвешенная. Учитывая сказанное, следует отдать предпочтение второму показателю, которым и надлежит пользоваться для контроля при размоле и при проведении исследовательских работ.

Рис. 11. Аппарат Иванова для определения средней длины волокна в массе: *1* — рамка; *2* — воронкообразный сосуд; *3* — откидной клапан; *4* — кружка; *5* — рычажные весы

В 1946 г. автором книги были разработаны метод и аппарат для быстрого определения средневзвешенной длины волокна в бумажной массе. Этот прибор в настоящее время выпускается Украинским научно-исследовательским институтом бумаги и применяется на многих фабриках и в научных учреждениях. Общий вид прибора показан на рис. 11.

Аналогичный метод определения средней длины волокна был разработан в 1946 г. Монтинги и Зборовским, которые приспособили для этой цели стандартный Британский листоотливной аппарат [1]. Этот способ, однако, не нашел промышленного применения и используется только при проведении исследовательской работы, так как требует длительного времени для определения.

Прибор состоит из воронкообразного сосуда с нижним отверстием диаметром 40 мм, закрываемым откидным клапаном. Между конической и цилиндрической частями воронки помещается проволочное горизонтально установленное кольцо, на которое ставится рамка — основной рабочий орган прибора. Рамка представляет собой решетку, набранную из тонких металлических лезвий обтекаемой формы и имеющую стержень с крючком, с помощью которого она может взвешиваться на рычажных весах. Нормальная рамка имеет раз-

[1] Pulp and Pap. Mag. of Canada, № 3, т. 47, 1946.

меры 100 × 100 мм при расстоянии между лезвиями 10 мм. Для облегчения стока воды рамке придана форма двускатной кровли. При испытании массы, используемой для изготовления конденсаторной бумаги, применяется рамка с расстояниями между лезвиями 5 мм.

Определение производится следующим образом. Берут 6 г абсолютно сухого волокна, разбавляют 2 л воды и после соответствующего перемешивания до устранения комочков выливают в сосуд при закрытом клапане. Затем в сосуд ставят на кольцо рамку и открывают клапан. Волокнистую суспензию спускают в кружку, а рамку вместе с волокнами, которые задержались на лезвиях, переносят на рычажные весы и взвешивают. Вес сырых волокон, выраженный в дециграммах, дает так называемый «в е с о в о й п о к а з а т е л ь», который характеризует длину волокна. По соответствующей таблице этот весовой показатель можно перевести в средневзвешенную длину волокна.

Зависимость между длиной волокна и весовым показателем для сульфитной целлюлозы приведена в табл. 2.

Таблица 2

Зависимость длины волокна от весового показателя

Весовой показатель в дг	Длина волокон в мм	Весовой показатель в дг	Длина волокон в мм
8	0,5	73	1,6
14	0,6	79	1,7
21	0,7	84	1,8
26	0,8	90	1,9
32	0,9	97	2,0
38	1,0	104	2,1
44	1,1	112	2,2
50	1,2	124	2,3
56	1,3	140	2,4
62	1,4	167	2,5
67	1,5		

Прибор Иванова для определения средней длины волокна в массе мало пригоден для оценки немолотых волокнистых материалов при степени помола массы ниже 15—18° ШР ввиду сильного хлопьеобразования и оседания волокон на рамке сплошной массой. Для получения более достоверных данных при анализе слаборазмолотой массы следует понижать концентрацию суспензии, уменьшив навеску волокна вдвое.

Обычная рамка может применяться с успехом для любой массы в пределах помола от 15—18° до 90° ШР. При анализах более густой массы нужно применять вторую рамку с более частым расположением лезвий и увеличивать навеску до 12 г, т. е. вдвое против обычной.

Характерное изменение средней длины волокна в процессе размола представлено на рис. 10.

Основные параметры бумажной массы для разных видов бумаги, по данным автора, даны в табл. 3.

Таблица 3

Основные параметры бумажной массы для разных видов бумаги

Вид бумаги	Вес в г/м²	Степень помола в °ШР	Средневзвешенная длина волокна в мм
Конденсаторная	7—14	95—98	0,5—0,8
Тонкие разные	14—30	70—90	0,8—1,5
Жиронепроницаемые	40—60	70—90	0,7—1,2
Впитывающие	50—70	24—40	1,0—2,2
Из сульфитной целлюлозы с высоким весом 1 м²	90—200	24—40	1,4—2,0
Электроизоляционные из сульфатной целлюлозы	40—110	25—50	1,8—2,4
Писчие и печатные № 1	70—80	35—40	1,2—1,6
То же № 2	65	45—50	1,2—1,4
То же № 3	60	50—55	1,0—1,3
Газетная	51	60—65	0,8—1,0

НАПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА

Как уже указывалось выше, по показаниям аппарата Шопper-Риглера нельзя судить о размерах волокон, так как показания этого прибора зависят не только от размеров волокон и пор между ними, но и от степени гидратации и фибриллирования, а также от гибкости и пластичности волокон. Поэтому, чтобы судить наиболее полно о процессе размола массы, необходимо контролировать не только степень помола, но и длину волокна. Соотношение в изменении этих двух показателей, называемое нами коэффициентом ужирнения K, позволяет судить о направлении процесса размола: направлен ли процесс в сторону гидратации (ужирнения), или он идет в направлении механического укорочения волокон.

Этот коэффициент мы определяем как отношение прироста степени помола (Δg) к укорочению волокна (Δl), выраженному в процентах от исходного

$$K = \frac{\Delta g}{\Delta l} = \operatorname{tg}\alpha. \qquad (3)$$

Если мы будем откладывать величину степени помола в показателях ШР по оси абсцисс, а длину волокна по оси ординат, то сможем графически изобразить ход процесса размола. Допустим, что точка A на рис. 12 характеризует начальные параметры массы до размола, а точки B и C — конечные параметры размолотой массы. Линии AB и AC характеризуют направление процесса размола. В данном слу-

чае отношение прироста степени помола к сокращению длины волокна при размоле, как это видно из графика, является тангенсом угла наклона этих линий к оси ординат.

Таким образом, чем больше наклон этой линии, т. е. меньше tg α, тем больше процесс размола направлен в сторону укорочения волокон, а чем меньше наклон (больше tg α), тем больше процесс идет в направлении гидратации.

Можно считать, что практически при коэффициенте ужирнения $K < 1{,}1$ масса имеет очень садкий характер, пригодный для изготовления впитывающих видов бумаги; при $K = 1{,}1—1{,}3$ имеем помол средней жирности, используемый для производства печатных видов бумаги; при $K = 1{,}3—1{,}5$ наблюдается жирный помол массы, применяемый для получения прочных видов бумаги, и при $K > 1{,}6$ можно получить при работе на базальтовой гарнитуре очень жирный помол массы.

Рис. 12. Характеристика направления процесса размола параметрами: степень помола и средняя длина волокна

Эти значения коэффициентов следует рассматривать лишь как ориентировочные, поскольку степень помола по Шоппер-Риглеру изменяется в процессе размола не по закону прямой линии. При выработке конденсаторной бумаги с тонким расщеплением волокон на продольные элементы (пучки фибрилл) указанное выше выражение для определения коэффициента K не применимо.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ БУМАГИ В ПРОЦЕССЕ РАЗМОЛА МАССЫ

Изменение основных свойств бумаги, происходящее в процессе размола используемой бумажной массы, показано на рис. 13. На графике представлены кривые свойств бумаги из сульфитной беленой целлюлозы, размол которой производился при удельном давлении 1—2 кг/см^2 в ролле периодического действия РМВ-5 с весовым устройством.

Как видно из графиков, разрывная длина и сопротивление излому готовой бумаги растут в процессе размола исходного волокна сначала быстро, а затем медленно и при увеличении давления размола, достигнув максимума, начинает снижаться. Впитывающая способность и воздухопроницаемость бумаги снижаются в процессе размола исходного волокнистого материала, причем первая сравни-

тельно медленно, а вторая гораздо быстрее. Сопротивление раздиранию бумаги на первом этапе размола массы растет, а затем начинает снижаться, следуя за изменением средней длины волокна.

При размоле массы с большим удельным давлением сопротивление готовой бумаги разрыву, излому и раздиранию было гораздо меньшим, чем при размоле исходного волокна при меньшем удельном давлении. Причина этого заключается в том, что в первом случае процесс размола направлен больше в сторону укорочения

Рис. 13. Изменение свойств бумаги из сульфитной беленой целлюлозы в процессе размола:

1 — разрывная длина; *2* — средняя длина волокна; *3* — сопротивление излому; *4* — сопротивление раздиранию; *5* — впитывающая способность; *6* — воздухопроницаемость (удельное давление 1 кг/см². Пунктиром показаны результаты размола при уд. давлении 2 кг/см²)

волокна, а во втором — в сторону гидратации. Об этом можно судить по кривой изменения средней длины волокна при размоле и по коэффициенту ужирнения.

При размоле сульфатной целлюлозы наблюдаются те же закономерности, однако бумага получается при этом с большим сопротивлением разрыву, раздиранию и излому; само волокно является более длинным и приходится применять более высокое удельное давление размола.

Рассмотрим типичное развитие основных свойств готовой бумаги, происходящее в процессе размола исходной целлюлозы, и выясним закономерности, обусловливающие развитие этих свойств.

Остановимся сначала на показателях механической прочности бумаги. Типичное развитие сопротивления бумаги разрыву (разрывная длина), излому и раздиранию показано на рис. 14. На этом же рисунке нанесены для сравнения кривые изменения средневзвешенной длины волокна и сил связи между волокнами в процессе размола.

На рисунке показано, что разрывная длина бумаги быстро растет соответственно изменению свойств исходной целлюлозы в первой стадии ее размола, достигает максимума при помоле около 60—70° ШР, а затем начинает снижаться. Примерно также изменяется и кривая сопротивления бумаги излому, но обычно эта кривая достигает максимума несколько раньше, т. е. соответственно несколько меньшей степени помола исходной целлюлозы, чем кривая

Рис. 14. Типичное изменение основных свойств бумаги в процессе размола массы:

1 — разрывная длина; *2* — сопротивление излому; *3* — сопротивление раздиранию; *4* — средняя длина волокна; *5* — сила связи между волокнами; *6* — впитывающая способность; *7* — воздухопроницаемость; *8* — деформация; *9* — объемный вес

разрывной длины. Кривая сопротивления раздиранию также имеет переломную точку, но она достигается быстро в первой стадии размола целлюлозы, а далее кривая неизменно снижается, следуя за изменением длины волокна при размоле.

Развитие всех этих кривых механической прочности бумаги объясняется развитием сил связи между волокнами и изменением средней длины волокна при размоле. На первой стадии размола силы связи между волокнами растут более интенсивно, чем уменьшается средняя длина волокна. Поэтому все показатели механической прочности возрастают. Точка перегиба в кривых прочности достигается тогда, когда дальнейшее развитие сил связи уже не может компенсировать падения прочности за счет снижения средней длины волокна в бумаге.

Таким образом, первый участок кривой до точки перегиба характеризует преобладающее влияние на этот показатель сил связи

между волокнами, а второй участок после переломной точки — преобладающее влияние средней длины волокна. Следовательно, на показатель разрывной длины бумаги наибольшее влияние имеют силы связи между волокнами, на показатель сопротивления излому эти силы связи влияют несколько меньше, а на показатель сопротивления раздиранию преобладающее влияние оказывает длина волокна.

Положение точки перегиба в кривых прочности может изменяться в зависимости от применяемого удельного давления при размоле и исходной прочности самого волокна. Чем осторожнее процесс размола и прочнее исходное волокно, тем больше смещается точка перегиба в сторону более высокой степени помола.

Исходя из анализа факторов прочности бумаги, можно предложить следующую схематичную формулу прочности P бумаги на разрыв:

$$P = S \cdot F + k \cdot p, \tag{4}$$

где:

S — силы связи между волокнами в кг/мм^2;

F — поверхность волокон, на которой действуют межволоконные силы связи в мм^2 (имеется в виду геометрическая поверхность структурных единиц бумаги без поверхностных микрофибрилл);

p — прочность (сопротивление разрыву) исходных волокон в кг/мм^2;

k — коэффициент, определяющий относительное количество волокон в бумаге, работающих на разрыв (может быть определен как отношение площади сечения разорвавшихся волокон к общей площади поперечного сечения разорвавшейся полоски бумаги).

Учитывая последнее замечание, формулу прочности на разрыв можно представить несколько иначе:

$$P = S \cdot F + p \cdot f, \tag{5}$$

где f — поперечное сечение разорвавшихся волокон.

Эта формула хотя и не имеет практического значения, тем не менее дает возможность лучше уяснить механизм прочности бумаги.

По данным автора, наибольшее влияние на прочность бумаги оказывает первая часть формулы, вторая же обычно не превышает 20—30% от общей суммарной прочности бумаги.

На показатель сопротивления бумаги излому оказывает большое влияние, кроме сил связи между волокнами и длины волокна, еще фактор эластичности волокна, который зависит главным образом от степени влажности волокон. Поэтому с повышением влажности бумаги до определенного предела, пока еще силы связи между волок-

нами остаются сравнительно прочными, сопротивление излому растет, а затем начинает снижаться.

Развитие некоторых других свойств готовой бумаги в процессе размола исходной целлюлозы: впитывающей способности, воздухопроницаемости, объемного веса и деформации при увлажнении показано на рис. 14.

Из этого рисунка видно, что растяжимость бумаги и ее объемный вес возрастают по мере размола исходной целлюлозы, а впитывающая способность и воздухопроницаемость бумаги снижаются по затухающей кривой. При этом кривая впитывающей способности только приближается к оси абсцисс, но не касается ее, а кривая воздухопроницаемости касается ее в области помола 70—90° по ШР в зависимости от вида исходного волокнистого материала и наличия в нем гемицеллюлозных спутников.

Показатели объемного веса бумаги, впитывающей способности и воздухопроницаемости зависят главным образом от сил связи между волокнами. Кривая изменения впитывающей способности бумаги в процессе изменения размола целлюлозы является как бы обратным изображением кривой соответствующего развития межволоконных связей в бумаге. По мере того как эти силы связи растут, волокна сближаются между собой, поры в бумаге уменьшаются, что и приводит к понижению впитывающей способности.

Зависимость деформации бумаги после увлажнения от степени помола исходной целлюлозы носит линейный характер и увеличивается соответственно увеличению степени помола целлюлозы. На этот показатель, кроме сил связи, влияют и другие факторы: ориентация волокон, факторы отлива и сушки бумажного полотна и прочее.

Из приведенных данных видно, что процесс размола целлюлозы оказывает большое влияние на основные свойства готовой бумаги. Главными определяющими факторами при этом являются изменение размеров волокон и величины межволоконных связей в бумаге.

ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА

К факторам, определяющим процесс размола волокнистых материалов, его скорость, экономичность и направление, относятся: продолжительность размола; удельное давление при размоле; концентрация массы при размоле; род размалывающей гарнитуры; окружная скорость размалывающих органов; кислотность и температура массы при размоле; способность различных волокнистых материалов размалываться; влияние гидрофильных добавок.

Из этих факторов главными и притом управляемыми факторами процесса являются первые два, т. е. время размола и удельное давление при размоле. Концентрация массы является вспомогательным управляемым фактором. Остальные факторы практически являются постоянными и не управляемыми.

Продолжительность размола. Это важный фактор, от которого зависят степень помола массы, укорочение и расщепление волокон, а также развитие межволоконных сил связи. В роллах периодического действия размол массы между рабочими органами гарнитуры чередуется с длительным перерывом, когда волокна проходят через обратный канал ванны ролла. Поэтому сам процесс размола растягивается на несколько часов, тогда как при размоле в аппаратах непрерывного действия этот процесс протекает значительно быстрее и исчисляется секундами. Однако и при размоле массы в аппаратах непрерывного действия время размола или пребывания массы непосредственно в аппарате является не менее важным фактором, позволяющим регулировать процесс. Увеличение времени обработки материалов в аппаратах непрерывного действия обычно достигается путем дросселирования массы на выходе из размалывающего аппарата при помощи задвижки или путем увеличения коэффициента рециркуляции. Это будет изложено подробнее в разделе о непрерывном размоле массы.

Продолжительность размола массы в роллах периодического действия зависит от требуемых параметров массы, которые должны обеспечить необходимые свойства бумаги, от конструкции ролла и типа применяемой гарнитуры, от удельного давления при размоле, свойств самого волокнистого материала и некоторых других технологических факторов. Продолжительность размола может колебаться в пределах от 0,5—1 часа при размоле целлюлозы для разных видов бумаги с садким помолом до 18—24 часов при производстве тончайших конденсаторных видов бумаги.

При увеличении продолжительности размола пропускная способность любого размалывающего аппарата понижается, при этом между пропускной способностью и временем обработки наблюдается обратно пропорциональная зависимость. Соответственно повышается эффект обработки, выражаемый увеличением степени помола массы или изменением средней длины волокна.

Время размола массы для различных видов бумаги указано в табл. 14 (см. стр. 83).

Удельное давление при размоле. Изменение удельного давления приводит к изменению направления процесса размола.

Если при размоле какого-либо материала постепенно увеличивать удельное давление от нуля до высокого давления (например 10 кг/см^2), то вначале волокнистый материал будет подвергаться действию гидратации без укорочения, затем расчесу и расщеплению в продольном направлении при значительной гидратации, далее укорочению, расщеплению и раздавливанию при меньшей степени гидратации и, наконец, рубке волокон при минимальной их гидратации.

Таким образом, при увеличении удельного давления действие гидратации уменьшается, а чисто механическое воздействие на них, приводящее к укорочению волокон, увеличивается. При

этом прочность бумаги на разрыв, излом и раздирание будет снижаться, а пухлость и пористость бумаги в условиях одинаковой степени помола массы будут увеличиваться.

Удельное давление при размоле неразрывно связано с величиной зазора между размалывающими поверхностями рабочей части аппарата. При наличии роллов, имеющих весовое устройство или пневматическую присадку рольного барабана, величина зазора является функцией удельного давления, концентрации массы и свойств волокна. Между ножами размалывающих органов образуется волокнистая прослойка, толщина которой тем меньше, чем выше удельное давление, ниже концентрация, мельче и пластичнее волокнистый материал.

Таким образом, при работе с постоянным давлением зазор между ножами устанавливается автоматически и определяется степенью сжатия волокнистой прослойки. При размоле, по мере того как волокна измельчаются, гидратируются и становятся более пластичными, величина зазора между размалывающими поверхностями аппарата постепенно уменьшается. Совершенно другое наблюдается при размоле в роллах старой конструкции, не имеющих весового устройства, когда рольный барабан жестко закреплен в определенном положении посредством винтового присадочного устройства и сохраняет постоянный зазор между ножами. В этом случае по мере измельчения волокна и изменения свойств волокнистой прослойки размалывающий эффект постепенно ослабевает. Поэтому приходится применять постепенную, ступенчатую присадку рольного барабана.

Расстояние между ножами рольного барабана при работе ролла обычно находится в пределах от нуля до 1 мм. Величина зазора при расчесе волокна составляет обычно от 0,5 до 0,8 мм, при легком размоле, при котором волокна будут не только расчесываться, но и расщепляться по длине волокна, она находится в пределах 0,2—0,4 мм, при средней интенсивности процесса размола — 0,1—0,2 мм и при сильном размоле с высоким удельным давлением — меньше 0,1 мм.

Иногда роллы снабжаются указателями величины зазора между ножами, однако, как показала практика, подобные устройства обычно плохо работают, так как величина зазора очень мала и на показания прибора влияют другие факторы, например степень износа ножей, величина люфта в подшипниках рольного барабана и др.

Более надежным показателем является удельное давление при размоле в аппаратах, имеющих весовое или пневматическое присадочное устройство.

Аппараты непрерывного действия обычно работают с постоянным зазором между размалывающими органами, и зазор этот не подвержен значительным изменениям, поскольку характер волокнистой массы при размоле остается неизменным. Конические мель-

ницы Жордана обычно работают с меньшей, а гидрофайнеры с большей величиной зазора (около 0,2—0,5 мм) между ножами.

Величина удельного давления должна выбираться в зависимости от требуемых параметров процесса размола и свойств вырабатываемой бумаги, типа размалывающего аппарата и применяемой аппаратуры, а также прочности исходного волокна. При рубке волокон, сопровождающейся их укорачиванием применяют более высокое давление, при продольном расщеплении волокон без существенного их укорачивания — низкое удельное давление. При размоле более прочного волокнистого материала требуется более высокое удельное давление, чем при размоле менее прочного материала.

В табл. 4 указана величина удельного давления при размоле волокнистого материала в роллах.

Таблица 4

Удельное давление при размоле массы в роллах

Наименование волокнистого материала	Вид бумаги	Удельное давление в кг/см²
Сульфитная беленая целлюлоза	Папиросная и копировальная бумага . . .	0,5—2
То же	Писчая и печатная № 1, чертежная, рисовальная и др.	2—4
»	Впитывающие	5—10
Сульфитная небеленая целлюлоза	Тонкие	1—3
То же	Писчие и печатные № 2 и 3	3—5
»	С древесной массой и целлюлозные повышенного веса 1 м² . .	5—7
Сульфатная небеленая целлюлоза	Электроизоляционные	4—8
То же	Крафт-мешочные и упаковочные	8—10
»	Тонкие типа основы для парафинирования	4—6
»	Конденсаторные	0,25—2
Тряпичная полумасса	Впитывающие	10—20
То же	Документные и другие аналогичные	3—8
»	Тонкие	0,5—3

Размол с повышенным удельным давлением протекает быстрее и более эффективен в смысле расхода энергии, однако готовая бумага при этом получается менее прочной. Поэтому следует всегда стремиться работать с возможно большим удельным давлением, но при условии, чтобы были выдержаны требуемые показатели качества бумаги.

Влияние удельного давления при размоле на скорость процесса, его эффективность и прочность бумаги показано на рис. 15 и в табл. 5. Данные табл. 5 относятся к размолу сульфатной небеленой целлюлозы в роллах РМВ-5 со смешанной полубазальтовой гарнитурой.

Если удельное давление нетрудно подсчитать для ролла с весовым или поршневым присадочным устройством, то для конической мельницы это сделать значительно сложнее, так как, кроме внешнего

Рис. 15. Влияние удельного давления на результаты размола сульфатной целлюлозы:

I — удельное давление 3,2 кг/см²; *II* — удельное давление 8 кг/см²; *III* — удельное давление 9,6 кг/см²

давления присадочного механизма на конический барабан, на последний оказывает воздействие еще и внутреннее гидравлическое давление жидкой массы, которая давит как на торцовые поверхности конуса (притом неодинаковой площади), так и на боковую его

Таблица 5

Влияние удельного давления при размоле сульфатной небеленой целлюлозы

Наименование показателей	Величина показателей при удельном давлении в кг/см²			
	3,2	4,8	8,0	9,6
Коэффициент ужирнения *K*	1,22	1,12	1,05	1,02
Время размола в часах	5	5	4	3
Степень помола по ШР	75	77	76	65
Средняя длина волокна в мм	1,28	1,11	1,05	1,28
Разрывная длина бумаги в м	7305	7000	5870	5130
Удельный расход энергии на размол в квт-ч/т	1124	884	825	664

поверхность. Поэтому при размоле в конических мельницах мы не знаем точного удельного давления, при котором работает аппарат, а можем судить о нем лишь по затрачиваемой мощности и по аналогии с работой ролла.

Концентрация массы при размоле. Каждый размалывающий аппарат для экономичной работы должен осуществлять размол при оптимальной концентрации массы, на которую он рассчитан. Наиболее типичной концентрацией массы, размалываемой в роллах периодического действия, является 5—6%, в конических мельницах типа Жордана и рафинерах — 2,5—3,5%, в гидрофайнерах — 4—5%, в крестовых мельницах — 3—5%.

В практике работы нередко отступают от этих оптимальных концентраций с тем, чтобы легче достигнуть требуемого характера помола. Так, при желании получить более жирный помол с меньшим укорочением волокна, используют массу более высокой концентрации, а при желании получить садкий помол с сильным укорочением волокна применяют массу низкой концентрации. Например, при размоле целлюлозы или тряпичной полумассы для фильтровальных и впитывающих видов бумаги часто применяют массу концентрацией в роллах от 2,5 до 4%, а при выработке жиронепроницаемых видов бумаги — концентрацией 7%.

Понижение концентрации массы при размоле приводит к уменьшению толщины волокнистой прослойки между ножами размалывающего аппарата, вследствие чего отдельные волокна испытывают большее режущее действие ножей. В результате этого в большей степени наблюдается укорочение волокон при меньшей их гидратации. Понижение концентрации массы при размоле соответствует повышению удельного давления при той же концентрации массы.

При размоле сульфатной небеленой целлюлозы с удельным давлением 5 кг/см^2 при концентрации массы 6 и 4%, в опытах автора, скорость размола во втором случае возросла на 20—25%, однако производительность ролла снизилась на 25—30%, а расход энергии повысился на 10—15%, так как загрузка ролла уменьшилась на 50%. Происходящие при этом изменения средней длины волокна и разрывной длины бумаги показаны на рис. 16.

Отсюда видно, что размол при низкой концентрации массы в роллах невыгоден и прибегать к понижению концентрации массы при размоле следует лишь в том случае, если нельзя достигнуть желаемых результатов путем повышения удельного давления.

При размоле массы в конических мельницах Жордана также имеется определенная оптимальная концентрация, при которой мельница работает наиболее экономично и дает максимальную производительность на данном волокнистом материале. Так, по данным Сайма, таким оптимумом применительно к одной из конических мельниц, подвергнутых испытанию при размоле сульфатной небеленой целлюлозы, была концентрация 2,2%; при увеличении

и снижении концентрации массы производительность мельницы снижалась.

Для мельницы типа Миами, по данным Центрального научно-исследовательского института бумаги (ЦНИИБ), при размоле беленой сульфитной целлюлозы такой оптимальной концентрацией была концентрация в пределах 3,2—3,7%. Изменение концентрации за эти пределы вызывало не только понижение производитель-

Рис. 16. Влияние концентрации массы при размоле сульфатной целлюлозы на среднюю длину волокна (пунктир) и разрывную длину бумаги:

I — концентрация массы 6%; *II* — концентрация массы 4%

ности мельницы, но и увеличение удельного расхода энергии на размол.

Иногда в практической работе при наличии у размалывающего аппарата широких ножей и недостаточно мощного двигателя не удается получить требуемое режущее действие при размоле и поэтому приходится прибегать к понижению концентрации массы. Таким образом, концентрация массы является вспомогательным фактором для регулирования процесса размола. Основными же факторами, которыми управляется процесс размола, являются: время размола и удельное давление (или зазор между ножами). Автоматические устройства для регулирования процесса размола обычно используют эти два фактора и осуществляют присадку рольного барабана по заданному графику во времени.

Размалывающая гарнитура. Гарнитура размалывающих аппаратов может быть нескольких типов: металлическая, базальтовая и комбинированная.

Металлическая гарнитура может быть цельнометаллической и может состоять из отдельных ножей. Первая характерна для гидрофайнеров и двухдисковых рафинеров, вторая — для роллов и конических мельниц Жордана.

Базальтовая гарнитура применяется в роллах и в крестовых мельницах в тех случаях, когда требуется жирный помол массы. Конические мельницы реже снабжают базальтовой гарнитурой.

Комбинированная гарнитура применяется в роллах и иногда в конических мельницах.

Тип размалывающей гарнитуры следует выбирать с учетом характера требуемого размола и свойств вырабатываемой бумаги. При помощи металлической гарнитуры, в отличие от базальтовой, можно получить массу любых свойств, изменяя удельное давление при размоле.

Однако процесс размола с использованием этой гарнитуры не всегда экономичен. Металлическая гарнитура эффективна в тех случаях, когда требуется укорочение волокна. Однако когда нужно расщепление волокон и получение длинноволокнистой, хорошо гидратированной массы или получение очень жирной массы, целесообразнее применять базальтовую гарнитуру. С другой стороны, базальтовая гарнитура совершенно непригодна для получения массы, где требуется укорочение волокна при малом его ужирнении.

Применение комбинированной гарнитуры из базальта и металлических ножей расширяет возможности более эффективного осуществления процесса размола.

При использовании металлической гарнитуры в роллах и конических мельницах большое значение имеет правильный выбор толщины ножей, так как от этого зависит эффективность работы аппарата и характер помола массы.

Толщина ножей может изменяться в пределах от 4 до 12 мм и даже выше. Тонкие ножи толщиной от 4 до 6 мм применяют для выработки бумаги с очень садким помолом массы; средние по толщине ножи (7—8 мм) используют для большинства массовых видов бумаги; ножи толщиной 10—12 мм служат для получения жирного помола массы и в случаях, когда желательна сильная гидратация волокон без существенного их укорочения.

У роллов на планке обычно ставят ножи на 2—3 мм тоньше, чем на барабане. Это делается для того, чтобы ножи на барабане служили дольше, так как их труднее менять, чем на планках. У конических мельниц толщина ножей на статоре и роторе обычно одинакова.

Лучшим материалом для изготовления ножей является нержавеющая сталь. Кроме нее, применяют также углеродистые высококачественные стали разных марок и бронзу.

В табл. 6 указан тип рекомендуемой размалывающей гарнитуры.

Таблица 6

Рекомендуемая размалывающая гарнитура

Вид бумаги	Материал ножей	Толщина ножей в мм	
		на барабане (роторе)	на планке (статоре)
Металлическая гарнитура для роллов			
Впитывающие	Сталь	4—5	3—4
Из беленой целлюлозы	Нержавеющая сталь	6—8	4—6
Массовые с содержанием древесной массы	Сталь	8—10	6—7
Электроизоляционные и упаковочные из сульфатной целлюлозы	Сталь	10—12	8—10
Документные и другие из целлюлозы с тряпичной полумассой	Бронза или нержавеющая сталь	6—7	4—5
Тонкие из тряпичной полумассы	Бронза	8—10	6—8
Комбинированная гарнитура для роллов			
Целлюлозные среднего веса, а также с тряпичной полумассой	Сталь (на барабане), базальт (на планках)	6—8	—
Массовые с содержанием древесной массы, жиронепроницаемые, электроизоляционные	Сталь (на барабане), базальт (на планках)	8—10	—
Базальтовая гарнитура для роллов			
Жиронепроницаемые, электроизоляционные, конденсаторные	Базальт	—	—
Металлическая гарнитура для конических мельниц и трехдисковых рафинеров			
Из беленой целлюлозы	Нержавеющая сталь	5—8	5—8
Массовые с содержанием древесной массы, электроизоляционные и крафт-мешочные	То же	9—10	9—10

Цельнометаллическая гарнитура используется для гидрофайнеров и двухдисковых рафинеров при размоле целлюлозы в первой ступени перед коническими мельницами Жордана. Материалом для ножей является нержавеющая сталь. Толщина ножей на роторе и на статоре 10—16 мм.

В силу большой размалывающей поверхности, пористой структуры базальта и наличия большого количества режущих кромок базальтовая гарнитура создает значительное истирающее действие и потому она весьма эффективна при жирном размоле массы. Применение же в роллах и конических мельницах Жордана ножей со значительной толщиной для получения массы жирного помола нельзя признать эффективным. Более эффективно применение таких ножей в скоростных конических мельницах — гидрофайнерах, в которых действие гидратации усиливается эффектом гидроразмола за счет ударного действия гарнитуры при высоких скоростях вращения ротора. Поэтому наиболее рационально и эффективно осуществление двухступенчатого размола, при котором действие гидратации достигается в одних аппаратах, приспособленных для этой цели, а укорочение волокон до требуемых размеров производится в аппаратах с тонкими ножами. В табл. 7 приводятся данные, полученные автором при испытании роллов с различной гарнитурой при размоле беленой сульфитной целлюлозы для пергамина и небеленой сульфатной целлюлозы (бумага-основа для парафинирования).

Таблица 7

Результаты опытов размола целлюлозы в роллах с различной гарнитурой

Размалывающая гарнитура	Удельное давление в кг/см²	Степень помола в °ШР	Время размола в часах	Средняя длина волокон в мм	Удельный расход энергии в квт-ч/т на размол до достижения 75° ШР	Разрывная длина в м	Сопротивление излому (число двойных перегибов)
Беленая сульфитная целлюлоза							
Стальная	1	60	5	0,92	1050	3060	52
Базальтовая	0,4	85	3	1,28	625	4260	158
Небеленая сульфатная целлюлоза							
Стальная	6,2	76	8	1,35	1230	7050	—
Комбинированная с базальтовой планкой	4,8	77	5	1,1	980	7000	—

Данные табл. 7 показывают эффективность применения базальтовой и комбинированной гарнитур для получения прочной бумаги с жирным помолом массы.

Для работы конических мельниц имеет значение не только материал гарнитуры и толщина ножей, но и конусность ротора, а также расположение ножей. При расположении ножей в одиночку, с равными промежутками между ними, достигается большее режущее действие ножей, при групповом же их расположении повышается действие гидратации при размоле. Увеличение конусности ротора конической мельницы приводит к меньшему режущему действию аппарата.

Окружная скорость размалывающих органов. Окружная скорость рольного барабана у роллов периодического действия составляет обычно 10—12 м/сек, у конических мельниц типа Жордана — от 11 до 17 м/сек по среднему диаметру ротора, у гидрофайнеров — 24 м/сек, у роллов «Виктори» — до 20 м/сек, у мельниц Бауэра — 45 м/сек и у мельниц Нобль-Вуд — 60 м/сек.

Окружная скорость обычно не регулируется в процессе работы размалывающего аппарата и потому этот фактор является постоянно действующим. С повышением окружной скорости ротора в аппаратах непрерывного действия при всех прочих равных условиях увеличивается действие гидратации при размоле и снижается укорачивание волокон. Это происходит, по-видимому, в результате возрастания эффекта гидроразмола за счет ударного действия ножей о массу, так как ударное действие ножей, зависящее от живой силы, растет пропорционально квадрату скорости.

По этой причине скоростные размалывающие аппараты — гидрофайнеры, двухдисковые рафинеры, мельница Нобль-Вуд — гидратируют и расчесывают волокна без существенного укорочения. Это действие усиливается еще установкой ножей повышенной толщины. В более тихоходных аппаратах — роллах, конических мельницах Жордана и трехдисковых рафинерах, снабженных к тому же более тонкими ножами, в большей мере имеет место укорочение волокнистой массы.

Конические мельницы Жордана с большей окружной скоростью (типа Миами) по этой причине, как показали опыты ЦНИИБ, вызывают меньшее укорачивание волокон и большую их гидратацию, чем более тихоходные мельницы Жордана.

Кислотность и температура массы при размоле. Изменение кислотности среды в пределах pH 5—8,5 не оказывает существенного влияния на скорость процесса размола и на результаты размола. Добавление щелочи в бумажную массу до pH 9—10 приводит к ускорению размола, однако вредно сказывается на механической прочности бумаги. П. С. Симигин нашел, что добавка к бумажной массе при размоле в роллах 2% от веса волокна белого (щелочного) клея или небольшого количества NaOH (0,01—0,05% от веса волокна) несколько уменьшает продолжительность размола, снижает потребление энергии и повышает механическую прочность готовой бумаги, тогда как увеличение количества белого клея или щелочи выше указанных значений приводит к снижению прочности бумаги.

В этом отношении температура массы при размоле оказывает большее влияние на процесс, однако она трудно поддается регулированию и практически остается в большинстве случаев неуправляемым фактором процесса размола.

Температура массы при размоле неизменно повышается и при длительном размоле может достигнуть высоких значений (60—70°). Повышение температуры массы неблагоприятно отражается на процессе размола: нарастание градуса помола по ШР замедляется,

укорочение волокон при размоле увеличивается. Одновременно при этом наблюдается меньшая степень гидратации волокон. Это происходит потому, что набухание целлюлозы с повышением температуры снижается, вследствие чего волокна становятся менее пластичными и больше повреждаются режущими кромками ножей при размоле.

Рис. 17. Влияние температуры на процесс размола беленой сульфитной целлюлозы:
а — нарастание степени помола во времени; *б* — изменение механической прочности бумаги; *I* — температура при размоле 20°; *II* — то же 40°; *III* — то же 60°

По данным Н. В. Рюхина, объемное набухание сульфитной беленой целлюлозы при повышении температуры с 20 до 60° снижается с 48 до 41%, а сульфатной небеленой целлюлозы со 100 до 86%.

Так как с повышением температуры массы имеет место заметное укорочение волокон, прочность бумаги по сопротивлениям разрыву и излому снижается, впитывающая же способность, пухлость и пористость бумаги увеличиваются.

Влияние температуры массы при размоле беленой сульфитной целлюлозы на скорость процесса размола, определяемую нарастанием степени помола по ШР, а также на показатели качества бумаги приведено на рис. 17.

Из графиков видно, что при одинаковой степени помола массы, полученной при разных температурах размола, прочность бумаги весьма различна. Это является результатом снижения гидратации массы при размоле с повышенной температурой.

По данным Нолля, при увеличении температуры массы в процессе размола от 20 до 50° при одинаковом времени размола и достижении степени помола 60—70° ШР наблюдается уменьшение во втором случае степени помола на 5—10° ШР, а механической прочности готовой бумаги по сопротивлениям разрыву и продавливанию на 20%. Способность бумаги к пергаментации в первом слу-

чае, т. е. при более низкой температуре размола, проявляется при помоле 65—70° ШР, а во втором случае — только при 75—80° ШР. Расход энергии на размол горячей массы повышается.

Повышение температуры массы при размоле способствует также коагуляции и выпадению смолы, вследствие чего смоляные затруднения в производстве бумаги возрастают.

Во избежание вредного действия температурного фактора процесс размола следует проводить так, чтобы предотвратить сильное нагревание массы. В некоторых, правда, редких случаях массу охлаждают в роллах при помощи холодной воды, циркулирующей в полых стенках ванны. В других случаях, наоборот, массу в роллах при размоле нагревают при помощи добавки горячей воды (конденсата). Это делают иногда для получения более высокого показателя впитывающей способности бумаги, если этот показатель трудно достигается другими средствами.

Низкие температуры, при которых размолотая или неразмолотая масса замерзает, также оказывают существенное влияние на ее листообразующие и физико-химические свойства.

Замороженная масса при последующем оттаивании становится более садкой, и бумага, изготовленная из нее, отличается большей пухлостью, пористостью, впитывающей способностью и гигроскопичностью, а также меньшей прочностью.

Действие замораживания больше проявляется у мягких волокнистых материалов (хлопковая и натронная лиственная целлюлоза) и меньше у жестких (льняная и древесная сульфатная целлюлоза). Действие замораживания сильнее проявляется при садком характере помола.

При помоле массы до 60—70° ШР после замораживания степень помола снижается на 10—20° ШР; при этом разрывная длина бумаги понижается на 20—40%, сопротивление излому снижается в несколько раз, впитывающая же способность и воздухопроницаемость бумаги значительно повышаются. Влияние замораживания размолотой беленой сульфитной целлюлозы на свойства бумаги (по данным автора) показано на рис. 18.

Действие замораживания объясняется появлением кристалликов льда в микропорах клеточных стенок и разрыхлением структуры волокна. Работами Н. И. Никитина и Н. И. Кленковой установлено, что при замораживании происходят даже более глубокие изменения в целлюлозе — разрывы цепей главных валентностей, что приводит к уменьшению степени полимеризации целлюлозы.

Способность различных волокнистых материалов размалываться. Волокнистые материалы обладают различной способностью размалываться: одни из них размалываются быстрее, другие медленнее; одни образуют при этом более прочную, а другие менее прочную бумагу; некоторые волокнистые материалы легко, а другие с трудом расщепляются на продольные волоконца, третьи же совсем не способны расщепляться. Такое различное поведение волокон при

размоле зависит от степени полимеризации целлюлозы, наличия высоко- и низкомолекулярных фракций, содержания гемицеллюлоз, а также от анатомического строения волокна.

Указанные выше факторы не только определяют способность волокнистых материалов размалываться, но и свойства изготовленной из них бумаги: ее механическую прочность, пухлость и пористость, мягкость, впитывающую способность, деформацию и др.

Рис. 18. Влияние замораживания на свойства массы и бумаги из сульфитной целлюлозы:
I — контрольная масса; *II* — мороженая масса

Это всегда необходимо учитывать при выборе волокнистого материала для изготовления того или иного вида бумаги.

Строение волокна и в особенности строение его клеточной стенки влияет на характер размола бумажной массы и в значительной степени обусловливают структуру бумажного листа и его показателей — объемного веса, впитывающей способности, воздухопроницаемости, механической прочности и других.

Легче всего в продольном направлении расщепляются при размоле льняные и пеньковые волокна, у которых фибриллы в клеточных стенках расположены параллельно оси волокна; значительно труднее расщепляются волокна древесной целлюлозы и еще труднее хлопковое волокно с косым расположением фибрилл в клеточной стенке. Благодаря своему строению хлопковое волокно при размоле преимущественно подвергается укорачиванию, а так как волокно хлопка к тому же обладает еще широким каналом и изогнутой лен-

точной формой, то из полученной бумажной массы образуется пухлый и пористый лист бумаги, обладающий высокой впитывающей способностью, но сравнительно небольшой прочностью. Поэтому хлопковое волокно наиболее пригодно для получения впитывающих и фильтровальных видов бумаги; льняные же и пеньковые волокна более пригодны для выработки прочных, плотных и тонких видов бумаги.

Древесная целлюлоза является более универсальным волокнистым материалом, и различные виды ее могут применяться для весьма широкого ассортимента бумаги, в том числе и для самой тонкой конденсаторной бумаги. Используя различные породы древесины с разным анатомическим строением волокна и применяя разные способы очистки, получают волокнистые материалы с самыми различными свойствами.

Решающее влияние на скорость процесса размола и прочность получаемой бумаги оказывает степень полимеризации целлюлозы и содержание у нее высоко- и низкомолекулярных фракций. Первые обусловливают прочность исходного волокнистого материала и его более трудную размалываемость, вторые же ускоряют размол и в значительной мере способствуют гидратации массы при размоле, а также образованию межволоконных связей в бумаге.

Как показал Л. Е. Аким, одним из важных свойств целлюлозы является ее полимолекулярность или неоднородность фракционного состава по длине молекулярных цепей в техническом продукте [1]. Он установил, что различные виды целлюлозы в зависимости от природы волокна и метода очистки обладают разным фракционным составом и что целлюлоза, содержащая большее количество высокомолекулярных фракций, отличается более высокой прочностью, труднее размалывается и из нее обычно получается более прочная бумага. Так, обследованные им более прочные образцы сульфатной целлюлозы имели от 58 до 74% высокомолекулярных фракций со степенью полимеризации (СП) выше 800, тогда как менее прочные образцы сульфитной целлюлозы имели таких фракций только 15,8—24,8%.

В табл. 8 приводятся данные Л. Е. Акима о влиянии высокомолекулярных фракций целлюлозы на скорость размола в мельнице Нокро.

Зависимость скорости размола от наличия высокомолекулярных фракций еще нагляднее видна из рис. 19, на котором показана скорость размола различных образцов хлопковой полумассы с разным фракционным составом.

При длительном размоле целлюлозы наблюдается изменение фракционного состава по длине цепей. При этом количество высоко-

[1] Фракционный состав целлюлозы можно определить, например, последовательным растворением целлюлозы в фосфорной кислоте различной концентрации, в результате чего в раствор перейдут фракции целлюлозы с различной степенью полимеризации.

Таблица 8

Влияние высокомолекулярных фракций на скорость размола целлюлозы

Наименование целлюлозы	Завод-изготовитель целлюлозы	Содержание фракций в %		Продолжительность размола до 62—64° ШР в мин.
		СП до 200	СП > 1200 и выше	
Сульфатная небеленая	Питкяранта	7,71	18,93	240
Сульфитная беленая	Приозерский	12,54	13,10	210
То же	Сясьский	11,80	7,53	180
» »	Приозерский	9,35	5,18	150
» »	Сясьский	10,82	7,18	138

молекулярных фракций уменьшается, а средне- и низкомолекулярных — увеличивается. Эта зависимость для сульфитной и сульфатной целлюлозы показана на рис. 20.

Рис. 19. Продолжительность размола хлопкового волокна в зависимости от наличия высокомолекулярных фракций со СП > 1200 (по данным Л. Е. Акима), выраженных в %

Низкомолекулярная фракция целлюлозы со степенью полимеризации ниже 200 является также весьма важной для листообразующих свойств целлюлозы. Кроме деструктированных целлюлозных цепей, образовавшихся в результате интенсивной варки, отбелки и частично размола, в эту фракцию входят природные гемицеллюлозы, присутствующие в неочищенном волокне: пентозаны, гексозаны и полиурониды. Обладая большой гидрофильностью, высокой способностью к набуханию и малыми размерами молекулярных

цепей, эти вещества пластифицируют целлюлозу, облегчают ее фибриллирование и способствуют таким образом гидратации целлюлозы при размоле и образованию межволоконных связей в бумаге через гидроксильные группы.

Не все гемицеллюлозы, по-видимому, равноценны. По этому вопросу мнения различных исследователей расходятся. Так, Коттрол, а также Н. П. Перекальский считают, что наибольшее значение для размола и создания межволоконных сил связи имеет γ-целлюлоза. Оберманс придает большое значение гексозанам, Вурц —

Рис. 20. Изменение содержания низко- и высокомолекулярных фракций при размоле сульфатной беленой (сплошные линии) и сульфитной беленой (пунктирные линии) целлюлозы

полиуронидам, а Я. Г. Хинчин — пентозанам. Сейчас, однако, уже установлено, что между содержанием пентозанов и скоростью размола, а также прочностью бумаги прямой связи нет. Последняя наблюдается только в том случае, если исходная целлюлоза подвергается облагораживанию щелочью. В этом случае содержание пентозанов служит лишь косвенным показателем степени удаления из целлюлозы гемицеллюлозных спутников.

В табл. 9 показано влияние степени удаления гемицеллюлозной фракции при облагораживании сульфитной целлюлозы на свойства бумаги и способность целлюлозы размалываться.

Из данных табл. 9 видно, что по мере удаления из целлюлозы гемицеллюлозной фракции гидратация волокон при размоле уменьшается и повышается их склонность к укорачиванию. Одновременно с этим прочность бумаги на разрыв и излом понижается, а впитывающая способность и воздухопроницаемость возрастают. Эти изменения связаны с уменьшением величины межволоконных сил связи. Целлюлоза холодного облагораживания, у которой гемицеллюлозная часть удалена почти полностью, вообще не поддается размолу даже при очень длительной обработке в мельнице Иокро (3 часа) и полученный из этого полуфабриката лист бумаги отличается очень

Таблица 9

Влияние химического состава целлюлозы на ее способность размалываться и на свойства получаемой бумаги

Наименование показателей	Величина показателей образцов исходных целлюлоз							
	полубеленой	беленой	беленой	облагороженной горячим способом			облагороженной холодным способом	
Химический состав целлюлозы:								
Содержание α-целлюлозы в %	86,7	87,7	88,6	91,4	93,7	94,9	97,7	97,7
Содержание β и γ-целлюлозы в %	13,3	12,3	11,4	8,6	6,3	5,1	2,3	2,3
Содержание в том числе пентозанов в %	6,9	5,8	4,7	3,3	2,3	3,0	0,8	0,8
Жесткость по Бьеркману	24,0	19,0	9,0	1,3	1,0	0,4	0,4	0,4
Параметры бумажной массы:								
Степень помола по ШР	72	72	69	68	65	62	14	15
Средняя длина волокна в мм	1,1	1,05	0,95	0,70	0,70	0,78	1,66	0,94
Время размола в мин	70	70	70	70	70	70	70	180
Свойства готовой бумаги:								
Разрывная длина в м	8510	8520	7470	6815	5440	5450	165	822
Сопротивление излому (число двойных перегибов)	3000	3000	3000	582	405	731	0	1
Впитывающая способность в мм	10	8	10	19	23	21	164	120
Воздухопроницаемость в см³	13	9	6	20	32	86	5000	5000
Силы связи в кг/мм²	0,165	0,159	0,152	0,124	0,096	0,10	0	0,035

большой пухлостью и малой механической прочностью. Межволоконные силы связи в таком листе развиты крайне слабо, несмотря на сильное прессование его в процессе изготовления.

Таким образом, для листообразующих свойств волокна важно наличие в нем определенного количества низкомолекулярной гемицеллюлозной фракции, при недостатке которой невозможно получение прочной бумаги.

Лигнин, содержащийся в волокне, также оказывает влияние на процесс размола и свойства получаемой бумаги. Он придает волокну жесткость и снижает его пластичные свойства. По-видимому, лигнин блокирует гидроксильные группы в целлюлозном волокне и препятствует образованию водородных межволоконных связей в бумаге. В результате этого лигнин ухудшает бумагообразующие

свойства целлюлозы и снижает прочность бумаги на разрыв и в особенности на излом (табл. 10).

Таблица 10

Влияние лигнина на свойства бумаги (по данным Джайме)

Наименование показателей бумаги	Величина показателей бумаги при содержании лигнина в %			
	0,5	2,4	5,1	15,6
Степень помола массы по ШР	62	62	60	60
Разрывная длина в м	9686	8395	6500	4345
Сопротивление раздиранию в г	112	88	146	90
» излому (число двойных перегибов)	2622	2183	165	18
Сопротивление продавливанию в кг/см²	5,2	4,1	3,2	2,0

Данные табл. 10 на первый взгляд противоречат данным практики, так как известно, что более жесткая небеленая целлюлоза дает обычно более прочную бумагу, чем мягкая целлюлоза, содержащая меньше лигнина. Однако последнее объясняется не содержанием лигнина, а большей деструкцией целлюлозы при варке мягкой целлюлозы.

Влияние гидрофильных добавок на процесс размола и свойства бумаги. Гидрофильные спутники целлюлозы — гемицеллюлозы, присутствующие в волокне, оказывают благоприятное влияние на размол волокнистых материалов и прочность бумаги. Адсорбируясь на волокнах, они пластифицируют целлюлозу, способствуют фибриллированию волокон и их гидратации при размоле и увеличивают взаимное сцепление волокон в бумаге. Они являются, таким образом, своеобразным склеивающим веществом.

Клеящее действие гемицеллюлоз основано на наличии у них активных гидроксильных групп, посредством которых осуществляется связь между волокнами. Целлюлоза гидрофильна по своей природе, но при наличии длинных цепей и упорядоченного строения она трудно поддается гидратации при размоле, так как ее гидроксилы мало доступны воде и замкнуты в жесткую структуру.

Как показали исследования Оберманса, при введении искусственных препаратов ксилана, маннана и галактана ускоряется процесс размола и повышается прочность бумаги. Однако действие этих веществ различно. Лучшие результаты были получены при введении препаратов маннана.

Коттрол нашел, что наиболее благоприятное действие на размол оказывает γ-целлюлоза, в которую входят гемицеллюлозы со степенью полимеризации 10—140. Так как маннан и ксилан при варке могут разрушаться, они могут входить как в β-, так и в γ фракции целлюлозы.

Джайме и Лохмюллер показали, что существует определенный оптимум в содержании гемицеллюлоз и что при чрезмерном количестве их в волокне прочность бумаги начинает понижаться. В опытах этих исследователей с холоцеллюлозой оптимальное содержание гемицеллюлоз в волокне составляло 18%. Повышенное содержание гемицеллюлоз в волокне приводит к снижению степени полимеризации целлюлозы и создает ненужную для прочности бумаги толстую «клеевую» пленку.

Аналогичное действие на процесс размола бумажной массы и прочность бумаги оказывают другие гидрофильные добавки в массу — животный клей, крахмал, карбоксиметилцеллюлоза, метилцеллюлоза, вискоза и некоторые другие.

Как показал Н. П. Перекальский, такое же благоприятное влияние на процесс размола и свойства бумаги оказывает и волокнистая добавка целлюлозы, размолотой до высокой степени жирности (94—95° ШР). По данным этого автора, лучшие результаты дает добавка 6% от веса волокна жирноразмолотой моносульфитной целлюлозы, содержащей большое количество гемицеллюлоз. В качестве волокнистой добавки можно применять также и прочную сульфатную целлюлозу, однако с меньшим эффектом.

Влияние добавок моносульфитной целлюлозы на свойства массы и бумаги, по данным Н. П. Перекальского, приводится в табл. 11.

Таблица 11

Влияние добавок моносульфитной целлюлозы на свойства массы и бумаги (по данным Н. П. Перекальского)

Количество волокнистой добавки в % к волокну беленой сульфитной целлюлозы	Степень помола массы по ШР	Разрывная длина бумаги в м	Сопротивление бумаги излому (число двойных перегибов)
0	48	4430	37
2	52	4520	52
4	58	5050	88
10	62	5600	89

Исследования показывают, что наиболее эффективна добавка жирно размолотой целлюлозы в первой стадии размола бумажной массы при невысоком градусе помола.

Введение в бумажную массу гидрофобных веществ (дубильная кислота и некоторые поверхностно активные вещества, например дюпоноль), как показал Диксон, приводит к ухудшению процесса размола и значительному снижению прочности бумаги.

РАЗМАЛЫВАЮЩИЕ АППАРАТЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Основным типом размалывающего аппарата периодического действия в бумажном производстве является ролл, который был изобретен и стал применяться в XVII веке в Голландии. Ролл

пришел на смену малопроизводительной толчее, которая до того времени применялась для размола волокнистых материалов, главным образом тряпья, и по сравнению с толчеей представлял значительно более совершенную и экономичную машину.

На протяжении более двух с половиной столетий ролл периодического действия сохранял значение основного размалывающего аппарата в бумажном производстве, однако за последнее время он потерял свое былое значение и начинает вытесняться размалывающими аппаратами непрерывного действия: коническими мельницами, рафинерами и др. Современные предприятия теперь редко устанавливают роллы и чаще всего применяют размалывающие аппараты непрерывного действия, особенно при выработке массовых видов бумаги.

Роллы периодического действия в настоящее время устанавливают при производстве тонких видов бумаги (конденсаторные, папиросные), требующих длительного размола, а также при изготовлении бумаги, в композицию которой входит тряпичная полумасса. Кроме того, роллы и теперь могут с успехом применяться в тех случаях, когда на одной и той же машине приходиться вырабатывать весьма разнообразный ассортимент бумаги, так как в этом случае организация непрерывного размола затруднена.

На протяжении более двух с половиной веков было создано очень большое количество разнообразных конструкций роллов периодического действия. В одной только Германии было взято свыше 500 патентов на различные конструкции роллов. Это неизменно было вызвано стремлением создать более совершенную размалывающую машину, поскольку ролл обладал малым коэффициентом полезного действия и был не экономичен.

В настоящее время на наших старых предприятиях бумажной промышленности можно встретить самые разнообразные конструкции роллов, однако все они имеют много общего, отличаясь друг от друга лишь отдельными деталями. Поэтому нет необходимости описывать многочисленные конструкции роллов. Опишем лишь типичную конструкцию ролла периодического действия с открытой ванной и несколько конструкций современных роллов (системы РМ, Баннинга, Бертрам-Джонса и Виктори).

Конструктивное устройство ролла

Как видно из рис. 21, ролл состоит из железобетонной ванны овальной формы, разделенной перегородкой на два канала. В одном из них находится размалывающий барабан, приводимый в движение от электродвигателя через ременную или клиноременную передачу. Размалывающий барабан располагается обычно в центре канала или несколько смещен в сторону движения массы. Он закрыт сверху щитком, а внизу под барабаном установлены одна или две пачки неподвижных ножей, так называемые планки. Дно ванны имеет

Рис. 21. Ролл периодического действия РМВ-5:

1 — ванна; *2* — размалывающий барабан; *3* — шкив; *4* — весовое присадочное устройство; *5* — маховичок; *6* — планка; *7* — выпуск массы; *8* — грязевик; *9* — колпак

уклон по направлению к рольному барабану, а за рольным барабаном расположена горка.

Бумажная масса при концентрации 5—7% проходит между ножами вращающегося рольного барабана и неподвижными ножами планок, размалывается при этом и перебрасывается ножами рольного барабана через горку. Затем масса движется по обратному каналу ванны снова к рольному барабану. Таким образом, масса в процессе размола проходит между ножами рольного барабана и планки многократно, а сам барабан выполняет не только функцию размола, но также и функцию циркуляционного устройства, перемешивающего волокнистую массу и продвигающего ее по обратному каналу ванны снова к барабану.

Чтобы масса не перебрасывалась через барабан, под колпаком установлен шабер, положение которого можно регулировать. Ванна снабжена выпускным клапаном для спуска готовой массы и грязевым — для спуска грязных промывных вод в канализацию. К ванне ролла подводят обычно трубопроводы с оборотной и свежей водой и массопровод для загрузки ролла жидкими полуфабрикатами.

Положение рольного барабана относительно планки можно регулировать при помощи присадочного устройства. Типы присадочного устройства описаны ниже. Изменяя положение рольного барабана относительно планок, можно регулировать расстояние между ножами и удельное давление при размоле.

Процесс размола в ролле периодического действия заключается в том, что волокнистый материал при наличии поднятого барабана загружается в присутствии воды в ванну, разбавляется водой до требуемой концентрации и размалывается в условиях опущенного барабана при определенном удельном давлении между ножами. После достижения требуемых параметров по степени помола и длине волокна барабан ролла приподнимается и размолотая масса выпускается через спускной клапан в мешальный бассейн. Этим и заканчивается цикл, или период, работы ролла. Время, требующееся на совершение одного такого цикла подготовки массы, называют оборотом ролла. Как уже было указано, время размола, а следовательно, и полный оборот ролла, включающий также и время, необходимое на загрузку и выпуск массы, могут быть весьма различными и зависят от характера помола массы, вида волокнистых материалов, конструкции ролла и применяемой гарнитуры.

Рассмотрим отдельные конструктивные элементы ролла.

Ванна ролла. Ванну ролла обычно изготовляют из железобетона и внутри облицовывают железом или выстилают глазурованными плитками, реже делают из чугуна. Емкость ванны может меняться от 3 до 18 м^3, что соответствует загрузке от 180 до 1080 кг абсолютно сухого волокна при концентрации массы в ролле [illegible]. Ванна имеет овальную форму при отношении длины к ши[illegible] от 1,5—1,8 до 2,2—2,4. Высота ванны в зависимости от ее

объема колеблется от 0,8 до 1,42 м. Дну ванны придается уклон до 7° по ходу массы для облегчения ее движения к барабану. Закругления ванны и средней перегородки должны иметь обтекаемую форму, чтобы не тормозить движение массы.

Горку выполняют из того же материала, что и ванну. Высоту ее делают выше центра вала рольного барабана на 70—250 мм. Часть горки, непосредственно примыкающая к рольному барабану, называется седловиной горки. Эта седловина охватывает рольный барабан на дуге около 90°. При этом расстояние между седловиной и ножами барабана составляет 5—10 мм. Вершина горки отходит от ножей рольного барабана на 100—250 мм.

Форма горки и ее высота оказывают существенное влияние на движение массы в ванне, расход энергии на переброс массы и циркуляцию, поэтому выбору этих конструктивных элементов придается большое значение.

Размалывающий барабан. Рольный барабан наряду с планками является размалывающим органом ролла. Он имеет цилиндрическую форму, насажен на массивный стальной вал и приводится во вращение от привода с окружной скоростью 10—12 м/сек.

Ножи на барабане располагаются обычно параллельно оси с расстояниями между центрами ножей 35—40 мм, реже с наклоном 8—15° к образующей барабана. В конструкции Бертрам-Джонса это расстояние снижено до 27 мм, а у ролла «Виктори» даже до 18—20 мм.

Рольный барабан состоит из массивного стального вала, на нем закреплены две, три или четыре чугунные шайбы с пазами по окружности, в которые вставляются металлические ножи. Между ножами устанавливаются деревянные бруски из сухого дуба, которые после замочки барабана в воде набухают, увеличиваются в размере и плотно зажимают ножи. С торцов барабана в выемки ножей надевают в горячем состоянии железные кольца, которые после остывания садятся и плотно удерживают ножи на барабане.

Подготовленный таким образом рольный барабан подвергают замочке в воде и, после того как дерево набухнет, протачивают на большом токарном станке, чтобы получить правильную цилиндрическую форму. После этого барабан устанавливается на свое место в ванну ролла. Новые планки перед установкой также рекомендуется проточить на строгальном станке по шаблону, чтобы поверхность всех ножей планки точно соответствовала поверхности ножей рольного барабана. Если этого не сделать, то приходится долго «прициковывать» (пришлифовывать) ножи барабана перед пуском ролла в работу.

Прициковка ножей рольного барабана производится при помощи песка, который засыпается в пространство между рольным барабаном и планками, для чего перед барабаном устанавливается деревянная перегородка, заливается вода, опускается и пускается в ход рольный барабан. Во время вращения барабана ножи постепенно

прирабатываются друг к другу, и барабан следует время от времени опускать. Прициковку барабана можно считать оконченной тогда, когда при работе не слышно уже отдельных ударов ножей о планку. Если ножи на барабане и планке не были проточены в механической мастерской перед установкой барабана на место, то прициковка ножей с песком продолжается довольно долго (обычно несколько смен), при этом расходуется много электрической энергии. Если же ножи были предварительно обточены перед установкой, как было указано выше, прициковки ножей с песком не требуется. В этом случае достаточно, чтобы рольный барабан поработал несколько часов с водой при присаженном барабане.

Ножи на рольном барабане могут размещаться с равными промежутками между ними или группами. По длине нож должен соответствовать длине барабана, высота ножа делается с таким расчетом, чтобы свободный выступ ножа над поверхностью рольного барабана составлял 25—45 мм, толщина же ножа находится в пределах от 3 до 12 мм. При износе ножей скорость движения массы в ролле снижается, и ролл начинает работать менее интенсивно. Когда высота ножей над поверхностью барабана достигнет 10—15 мм, ролл останавливают и скалывают деревянные прокладки между ножами. После этого рольный барабан может еще работать достаточно долго и только после того, как высота ножей над поверхностью барабана вновь достигла 10—15 мм и деревянные прокладки больше уже нельзя уменьшать по толщине без риска ослабления посадки ножей на барабане, приходится останавливать ролл на ремонт и перебирать барабан, заменяя ножи на новые.

Рольный барабан покоится на двух массивных подшипниках скольжения с кольцевой смазкой, которые установлены на подвижных рычагах, один конец которых закреплен шарнирно на стойках, а другой может перемещаться в вертикальном направлении посредством присадочного устройства. Присадочное приспособление располагается обычно со стороны рольного барабана, а приводной шкив насажен на вал с противоположной стороны ванны ролла.

Планки. Рольная планка представляет собой пачку ножей, устанавливаемую неподвижно под рольным барабаном так, чтобы угол между ножами барабана и планки составлял от 3 до 7°. Это делается для того, чтобы ножи барабана не западали между ножами планки и работали по принципу среза. Планка состоит обычно из 15—25 ножей, которые стянуты болтами в одну пачку. Между ножами ставят прокладки толщиной 8—12 мм. Планку вставляют в чугунную коробку и заклинивают в ней двумя деревянными клиньями.

У старых роллов планки располагались под барабаном центрально. У современных конструкций они сдвигаются по ходу массы и располагаются на седловине горки так, что первый нож планки совпадает с вертикальной линией, проходящей через ось барабана. У большинства конструкций роллов ставят две планки, которые

охватывают рольный барабан по дуге около 40—45°. У ролла Бертрам-Джонса имеется три планки, которые охватывают барабан на дуге 75°.

Базальтовая гарнитура. Для размола волокнистых материалов с целью получения жирного помола часто применяют базальтовые барабаны и планки. Барабан из базальтовой лавы изготовляется из отдельных сегментов, укрепленных на чугунном полом барабане при помощи своих призматических концов, которые входят в пазы барабана и залиты цементом.

У некоторых барабанов поверхность сегментов обтачивается в виде ножей шириной 25—30 мм, с такими же промежутками между ними. В этом случае не требуется особой насечки на поверхности сегментов. У других барабанов ширина отдельного бруска (ножа) составляет 100—120 мм, а ширина паза между ними 80—100 мм при глубине паза 40—80 мм. В этом случае на поверхности базальтовых брусков наносят канавки шириной около 15 мм и примерно такой же глубиной. Канавки не доходят до краев барабана и расположены параллельно оси барабана или под углом 20—30° с промежутками между ними 30 мм.

Базальтовые планки изготовляются из целого бруска и имеют такую же поверхность, как и базальтовые сегменты.

В производстве тонких конденсаторных видов бумаги требуется тонкое расщепление целлюлозы без излишнего зажирнения массы. Поэтому в данном случае применяется твердый базальт с более пористой структурой камня. В производстве же жиронепроницаемых видов бумаги требуется быстрое получение жирного помола массы со слизью. Для этого используется менее пористая базальтовая гарнитура.

Для изготовления базальтовой гарнитуры у нас применяются каменные породы: базальт, андезит и андезито-базальт, которые добываются в Бакурианском месторождении в Грузинской ССР. Твердость породы по шкале твердости не ниже 5, объемный вес выше 2 г/см^3, пористость 17—30%.

Срок работы размалывающей гарнитуры. Срок службы размалывающей стальной и базальтовой гарнитуры на барабане и на планке различен и зависит от толщины ножей, материала гарнитуры, удельного давления, концентрации массы, кислотности среды, а также числа оборотов барабана.

При износе ножей на барабане обычно скалывают древесные прокладки между ножами, а при износе ножей планок осуществляют также и подъем ножей в чугунной коробке. Очень часто ножи выходят из строя преждевременно вследствие попадания в них металлических посторонних предметов. Чтобы этого не случилось, необходимо тщательно следить за состоянием мешальной гарнитуры в бассейнах, из которых поступают в роллы жидкие волокнистые материалы. Иногда для отделения случайных металлических предметов на массопроводах устанавливают электромагнитные

сепараторы, задерживающие посторонние металлические предметы.

Ориентировочный срок службы металлической и базальтовой гарнитуры в роллах (при pH 7) указан в табл. 12.

Таблица 12

Срок службы металлической и базальтовой гарнитуры в роллах

Наименование гарнитуры	Марка металла	Срок службы (в годах) гарнитуры при удельном давлении во время размола		
		ниже 2 кг/см²	3—6 кг/см²	выше 8 кг/см²
Ножи на барабане	Ст. 5	5—6	3—4	1—2
То же	Нержавеющая Ст. Я-2	12—15	8—10	4—5
» »	Оловянно-фосфористая бронза . . .	12—15	12—15	—
Ножи планки	Ст. 5	2—3	1—2	0,4—0,8
То же	Нержавеющая Ст. Я-2	4—5	3—4	1—2
» »	Оловянно-фосфористая бронза . . .	4—5	3—4	1—2
Базальтовые барабаны		12—15	8—10	—
» планки		5—6	3—4	

Примечание. При работе с пониженной концентрацией массы срок службы базальтовой гарнитуры резко сокращается.

При проклейке непосредственно в роллах, когда сернокислый глинозем загружается в роллы, срок службы металлических ножей из простой углеродистой стали резко сокращается. Наблюдается также более короткий срок службы ножей на барабане у роллов Бантинга, что объясняется малым диаметром и большим числом оборотов барабана в ролле этой системы.

Присадочное устройство барабана. Для возможности регулирования величины зазора между ножами барабана и планки и создания необходимого давления при размоле рольный барабан снабжается присадочным приспособлением. Различают следующие виды устройства: 1) винтовое, жесткое присадочное устройство, 2) весовое и 3) пневматическое или гидравлическое устройство для поднятия и опускания рольного барабана. В некоторых конструкциях роллов (Торсена, «Виктори») перемещается не рольный барабан, а планки.

Винтовое присадочное устройство можно встретить только у роллов устаревшей конструкции. В этой системе один конец коромысла, на котором размещается в своих подшипниках рольный барабан, вращается шарнирно, а другой подвешен в головках винтов с прямоугольной нарезкой. Гайки винтов лежат на шариковых опорах и выполнены в виде червячных шестерен, сцепленных с червячной передачей. Вращая при помощи маховичка червячный

вал, можно поднимать или опускать рольный барабан. Некоторые устройства имеют еще рычажный противовес для уменьшения действующего давления рольного барабана.

Посредством присадочного устройства можно регулировать только величину зазора между ножами, величина же удельного давления при размоле остается неизвестной.

При наличии в е с о в о г о присадочного устройства рольный барабан также размещается на двух массивных коромыслах, один

Рис. 22. Принципиальная схема весового присадочного устройства:

A — подвижной груз; *Д* — добавочный груз; *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* — плечи рычагов; *O*, O_1, O_2 — точки вращения рычагов; *M* — ручной маховичок; Q_1, Q_2, Q_3 —вылегчивающие усилия; *R*, R_1, R_2, R_3, R_4—рычаги

конец которых вращается в подвижном шарнире, а второй перемещается в вертикальном направлении через систему рычагов и тяг при помощи подвижного груза, перемещаемого на рычаге. Последний вылегчивает рольный барабан и создает необходимое давление при размоле.

На рис. 22 приведена принципиальная схема весового устройства ролла РМВ-5 завода им. Рошаля. Здесь *A* — подвижной груз весом 78 кг, передвигаемый по рычагу *R*. *Д* — добавочный груз весом 120 кг, применяемый в том случае, если требуется очень высокое давление при размоле, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* — плечи рычагов весового устройства. При некотором крайнем положении подвижного груза *A* система находится в равновесии и груз *A* полностью уравновешивает рольный барабан вместе со шкивом и передаточными рычагами. Следовательно, моменты сил относительно точки вращения *O* будут равны между собой:

$$Aa + \frac{Ql}{2} = Q_1 b, \qquad (6)$$

где $\frac{Ql}{2}$ — момент от собственного веса рычага *R*.

Должны быть равны также и моменты сил относительно точек вращения O_1 и O_2

$$Q_1c=Q_2d;$$

$$Q_2e=Q_3f,$$

где Q_1 и Q_2 — вылегчивающие усилия, действующие в точках R_2 и R_4.

Из этих трех уравнений определяем вылегчивающее усилие Q_3, действующее на рольный барабан

$$Aa+\frac{Ql}{2}=Q_3\frac{bdf}{ce}, \tag{7}$$

откуда

$$Q_3=\frac{(Aa+\frac{Ql}{2})ce}{bdf}. \tag{8}$$

Обозначим момент рычага R, равный $\frac{Ql}{2}$, через M, а соотношение рычагов $\frac{ce}{bdf}$ через n, тогда формула примет вид:

$$Q_3=(Aa+M)\cdot n=Aan+Mn. \tag{9}$$

Таким образом, мы можем определить усилие Q_3, с которым подвижной груз вылегчивает ножевой барабан при полном равновесии системы. Это усилие составляет для ролла РМВ-5 около 8500 кг. При передвижении груза в крайнее левое положение вылегчивающий момент уменьшается и на эту величину возрастает давление рольного барабана на планку. Максимальное давление барабана на планку при передвижении подвижного груза в крайнее положение составляет у этого ролла 5,5 т.

Последней формулой можно пользоваться для нанесения шкалы рычага R. Например, если нужно получить давление барабана на планку в 1000 кг, то вылегчивающее усилие Q_3 должно снизиться на 1000 кг, и новое положение подвижного груза можно определить из формулы

$$Q_3-1000=Aan+Mn, \tag{10}$$

отсюда:

$$a=\frac{Q_3-1000-Mn}{An}. \tag{11}$$

Точно так же можно определить положение груза для давления 2, 3, 4 и 5 т. Обычно разметка шкал делается в тоннах с точностью до 0,1 т. От общего давления P нетрудно перейти и к удельному давлению p при размоле, зная поверхность соприкосновения между ножами барабана и планки F. Оно равно

$$p=\frac{P}{F}\ \text{кг/см}^2. \tag{12}$$

Работа на ролле с весовым устройством очень проста и облегчает труд рольщика, так как подъем барабана производится путем простого нажатия рукой на рычаг и установки его на предохранитель после передвижения груза в нулевое положение. Вся настройка присадки осуществляется только при помощи передвижения груза.

Рис. 23. Схема регулятора присадки рольного барабана:

1 — трубка; *2* — дроссель; *3* — сопло; *4* — заслонка; *5* — ролик; *6* — программный кулачок; *7* — цилиндр; *8* — шток; *9* — трубка, соединяющая клапан с цилиндром; *10* — трубка, соединяющая цилиндр с атмосферой; *11* — клапан; *12* — трубка; *13* — магистральная трубка; *14* — мембранная камера; *15* — клапан; *16* — сильфон; *17* — камера

Необходимо следить, чтобы оси и шарниры работали без заедания и не происходило заклинивания весовой системы.

Третья система присадочного устройства — пневматическая или гидравлическая является наиболее простой и вместе с тем наиболее совершенной. В этой системе свободные концы коромысел, на которых располагаются подшипники рольного барабана перемещаются посредством пневматических или гидравлических поршней. Эта система позволяет легко контролировать и регулировать давление барабана на планку.

Некоторые роллы снабжаются программным регулятором, который регулирует давление присадки барабана во времени по заданному графику.

Принципиальная схема регулятора для автоматической присадки рольного барабана по заданному графику во времени представлена на рис. 23.

Регулятор состоит из кулачка заданного профиля, вращающегося от часового механизма или от вала рольного барабана (в последнем случае приходится ставить редуктор с очень большим передаточным числом), системы рычагов и камеры давления, связанной посредством мембраны с указанными выше рычагами.

Чистая, фильтрованная вода под постоянным давлением подается на поршни подъемного приспособления рольного барабана через камеру давления регулятора. Давление в камере устанавливается программным кулачком, который посредством системы рычагов

и пружины воздействует на клапан, прикрывающий сопло, через которое из камеры давления может сбрасываться часть воды. Таким образом, давление воды в камере регулятора, а следовательно, и под поршнями подъемного механизма рольного барабана зависит только от профиля программного кулачка и его положения относительно ролика, передающего импульс клапану через систему рычагов.

Применение автоматов для присадки рольных барабанов целесообразно при специализации роллов на определенный режим размола и при использовании постоянных по показателям качества волокнистых материалов.

Колпак. Колпак устанавливается над рольным барабаном и задней частью ванны, за горкой. Его назначение — предотвратить разбрызгивание массы. Обычно колпак изготовляют из дерева и реже — при выработке высокосортных видов бумаги — из листовой меди. Для удобства снятия при ремонтах рольного барабана колпак снабжают ручками или кольцами. Со стороны выхода массы из-под барабана, над горкой, в колпаке устанавливается шабер-отражатель для того, чтобы предотвратить излишний переброс массы через барабан. Положение шабера относительно барабана можно регулировать при помощи винтов.

Для устранения разбрызгивания массы спереди и сзади к колпаку прибивают суконные или резиновые фартуки. Иногда спереди перед рольным барабаном устанавливается подпрудный щиток, который понижает уровень массы перед барабаном и тем самым несколько уменьшает расход энергии, потребляемой роллом. Подпрудный щиток является как бы продолжением колпака, однако конструкция его должна допускать возможность перестановки щитка по высоте, с тем, чтобы можно было регулировать степень его погружения в массу.

Системы роллов

Как уже указывалось, ролл является одним из основных потребителей энергии в бумажном производстве. При этом коэффициент полезного действия ролла весьма не велик и редко превышает 40%. Поэтому конструкторы и технологи стремились создать более экономичную размольную машину. Этим объясняется большое количество конструкций роллов, имеющихся в промышленности.

На работу по размолу массы в ролле тратится лишь относительно небольшое количество энергии, остальная же часть энергии расходуется на циркуляцию массы и трение. Операция передвижения массы и ее перемешивания производится рольным барабаном недостаточно экономично, поэтому во многих конструкциях роллов пытались передать выполнение этих операций специальным приспособлениям в виде гонного колеса, шнека или насоса. Однако эти устройства не получили распространения. Для той же цели были

созданы роллы так называемого закрытого типа с вертикальной циркуляцией массы (например, ролл Умферстона).

С целью увеличения производительности роллов создавались конструкции с двумя и даже с четырьмя барабанами в одной ванне. Из таких конструкций отметим роллы Хофсюммера и Маркса. Эти конструкции также не получили широкого распространения. Практика показала, что выгоднее и проще создавать роллы с одним, более крупным размалывающим барабаном, чем с несколькими малыми. Поэтому в современных конструкциях роллов устанавливают один большой барабан за счет сужения обратного канала ванны, увеличивают горку и размещают на ней большее количество планочных ножей.

В некоторых конструкциях (ролл Горна, ролл Баннинга) для усиления циркуляции массы использован способ переброса массы через рольный барабан. В других конструкциях (ролл Торсена, ролл «Виктори») рольный барабан не имеет присадочного устройства. Присадка же производится перемещением планки.

В ряде конструкций роллов размалывающий барабан заменен дисковым рафинером. Эти так называемые планшайбные роллы, представляющие собой комбинацию дискового ножевого рафинера с ванной ролла, применяются до сих пор (ролл Вортекс).

Присадка размалывающего барабана у старых систем роллов производилась посредством винтового устройства, у более новых при помощи весового устройства, а у современных роллов при помощи пневматического (или гидравлического) присадочного устройства. Последнее снабжается иногда автоматами для присадки барабана по заданному графику.

Ролл РМВ. Роллы РМВ-5 и РМВ-8 отечественного машиностроения выпускаются двух основных размеров: емкостью 5 и 8 м^3. Эти роллы обладают сравнительно большим барабаном и ванной обтекаемой формы с крутым уклоном. Барабан смещен относительно центра ванны по ходу массы. Присадка барабана производится весовым устройством, описанным выше. Общий вид ролла показан на рис. 21. Основные размеры роллов приводятся в табл. 13.

Ролл Баннинга. Ролл Баннинга, а также его современная модификация ролл «Урсус» являются роллами с перебросом массы через барабан. Их предшественниками является ролл Горна с симметричным расположением барабана относительно ванны. Благодаря глубокому погружению рольного барабана в массу ролл Горна затрачивал большое количество энергии на передвижение массы и был не экономичен. В конструкции Баннинга рольный барабан располагается так же, как и в конструкции ролла Горна, в конце ванны, но форма ванны не симметричная, а сам рольный барабан приподнят и менее погружен в массу, чем у ролла Горна. Благодаря этим особенностям ролл Баннинга работает более экономично и меньше тратит энергии на передвижение массы, допуская работу при концентрации массы до 8—9%. Масса, пройдя между ножами

барабана и двух планок, которые установлены вертикально в торцовой стенке ванны на уровне вала, перебрасывается барабаном в желоб и оттуда стекает в обратный канал. Ролл Баннинга снабжен весовым присадочным устройством с передвижением груза посредством цепной передачи.

Роллы Баннинга выпускаются трех основных размеров с ванной емкостью 5, 6 и 8 м³. Все эти роллы отличаются только размерами ванны, размер же рольных барабанов у них одинаков — диаметр

Рис. 24. Ролл Бертрам-Джонса

800 мм, ширина 2000 мм при числе оборотов 240 в минуту. Число ножей на барабане 64 и на двух планках 28. Мощность двигателя у всех роллов одинакова и составляет 90 квт.

Таблица 13

Характеристика роллов РМВ-5 и РМВ-8

Наименование показателей	Показатели роллов марки	
	РМВ-5	РМВ-8
Емкость ванны в м³	5	8
Загрузка в кг при 6% концентрации	300	480
Диаметр барабана в мм	1300	1500
Ширина барабана » »	1300	1700
Число ножей на барабане	90	96
» » » планке	20×2	20×2
» оборотов барабана в минуту	155	133
Мощность двигателя в квт	65	85
Габариты в мм	4500×2900	5200×3500

Ролл Бертрам-Джонса. Ролл Бертрам-Джонса представлен на рис. 24. Он обладает большим размалывающим барабаном с частым расположением ножей и высокой горкой, на которой располагаются три планки, охватывающие рольный барабан по дуге 75°. Расстояние между ножами на барабане 27 мм, толщина же ножей обычно 6 мм,

при этом очень часто ножи имеют еще и фаску. Благодаря большим размерам рольного барабана, более частому расположению ножей и трем планкам роллы этой конструкции наиболее эффективны из роллов периодического действия и успешно конкурируют в настоящее время с размалывающими аппаратами непрерывного действия.

Высокая горка и форма колпака способствуют хорошему перемешиванию массы и быстрому ее гону. Рольный барабан снабжен гидравлическим присадочным устройством с автоматической присадкой по заданному графику. Привод рольного барабана осуществляется через клиноременную передачу от электродвигателя, расположенного над колпаком ролла на площадке.

В последнее время фирма Бертрам-Джонса стала выпускать также роллы непрерывного действия, при этом несколько таких размалывающих барабанов устанавливается последовательно без ванны.

Роллы периодического действия Бертрам-Джонса выпускаются трех величин с ванной емкостью 7,5; 11,25 и 15 м^3 и рассчитаны на загрузку 0,5; 0,75 и 1 т воздушно сухих волокнистых материалов при концентрации 6%. Число ножей на барабане соответственно 156, 192, и 192 и на планках 60, 126 и 126. Мощность двигателя соответственно 150, 200 и 250 л. с.

Ролл «Виктори». Массный ролл «Виктори», конструкция которого была разработана после Великой Отечественной войны, представляет собой размалывающий барабан с тремя планками, расположенными под барабаном центрально и прижимающимися к нему при помощи гидравлических поршней — по два поршня на каждую планку.

Рольный барабан вынесен из ванны и освобожден от функции подачи массы к ножам и ее циркуляции. Для этой цели имеется специальный бассейн с циркуляционным устройством в виде гонного колеса. Подача массы к ножам размалывающего барабана осуществляется при помощи специального насоса и напускного устройства. Масса, прошедшая между ножами, снова возвращается в бассейн.

Размалывающий барабан снабжен осциллатором, сообщающим барабану прямолинейно-возвратное движение в направлении оси с шагом 20 мм. Это позволяет всегда сохранять надлежащую чистоту кромок ножей и их равномерный износ. Подача массы к рольному барабану может регулироваться.

В виду того, что рольный барабан освобожден от функции транспортирования массы и не связан с ванной, его габариты могут быть увеличены, расстояние между ножами снижено, а окружная скорость барабана увеличена. Все это приводит к повышению производительности и экономичности ролла по сравнению с обычными конструкциями.

В настоящее время выпускаются как роллы периодического действия этой системы с одним рольным барабаном, так и роллы

непрерывного действия с тремя последовательно установленными друг за другом барабанами. Схематическое устройство этих роллов показано на рис. 25.

Рис. 25. Ролл «Виктори»:

а — периодического действия; *б* — непрерывного действия; *1* — размалывающий барабан; *2* — ванна; *3* — циркуляционное устройство; *4* — насос; *5* — напускное устройство для массы; *6* — поршень; *7* — планка; *8* — клапан; *9* — вход массы; *10* — выход размолотой массы

Одна из конструкций аппарата периодического действия имеет следующие размеры:

Диаметр барабана в мм	1520
Ширина барабана в мм	2280
Число ножей на барабане	251
Расстояние между центрами ножей в мм	19
Число ножей на планках	16×3
Окружная скорость барабана в м/сек	20
Мощность двигателя для одного рольного барабана в квт	150
Число оборотов барабана в минуту	250

Технологическая характеристика ролла и его работа

Для оценки режущей и размалывающей способности размалывающих аппаратов, в том числе и роллов, пользуются показателями: секундной режущей длиной ($L_{сек}$), поверхностью соприкосновения между ножами размалывающих органов (F), которую иногда не совсем правильно называют размалывающей поверхностью, и секундной размалывающей поверхностью ($F_{сек}$).

Во всех последующих формулах приняты следующие обозначения:

$m_б$ — количество ножей на барабане;
$m_п$ — количество ножей на планках;
$\delta_б$ — толщина ножа на барабане в см;
$\delta_п$ — толщина ножа на планке в см;
D — диаметр рольного барабана вместе с ножами в м;
B — рабочая ширина рольного барабана в м;
$l_б$ — длина ножей на барабане в м;
$l_п$ — длина ножей на планке в м;
$\alpha_б$ — угол между осью барабана и ножами барабана;
$\alpha_п$ — угол между осью барабана и ножами планки;
n — число оборотов рольного барабана в минуту;
v — окружная скорость барабана в м/сек;
w — скорость движения массы в м/сек.

Секундная режущая длина определяется по формуле

$$L = \frac{m_б \cdot m_п \cdot l_б \cdot n}{60} \text{ м/сек.} \qquad (13)$$

Этот показатель характеризует способность размалывающего аппарата укорачивать материал, подвергаемый размолу. Очевидно режущее действие аппарата при прочих равных условиях пропорционально секундной режущей длине.

Поверхность соприкосновения между размалывающими поверхностями аппарата выражается формулой

$$F = \frac{m_б \cdot m_п \cdot \delta_б \cdot \delta_п \cdot B}{\pi D \cdot \cos \alpha_б \cdot \cos \alpha_п} \text{ см}^2. \qquad (14)$$

Физический смысл этого показателя в точности соответствует его наименованию, причем величина этого показателя может быть точно установлена практически путем получения отпечатка соприкосновения ножей на листе бумаги или целлюлозы, если последний поместить между рольным барабаном и планками и присадить барабан при остановленном двигателе. Полученная площадь отпечатка соприкосновения ножей будет в точности соответствовать вычисленному на основании формулы. Как видно, этот показатель не зависит от окружной скорости барабана.

Вывод этой формулы прост. Выразим длину ножа планки через рабочую ширину барабана

$$l_п = \frac{B}{\cos \alpha_п}, \tag{15}$$

тогда суммарная рабочая поверхность ножей планки будет равна

$$\frac{m_п \cdot \delta_п \cdot B}{\cos \alpha_п}. \tag{16}$$

Часть этой поверхности приходится на ножи барабана и составляет поверхность соприкосновения ножей F, а остальная часть приходится на промежутки между ножами барабана. Для вычисления искомой поверхности соприкосновения необходимо выражение $\frac{m_п \cdot \delta_п \cdot B}{\cos \alpha_п}$ умножить на коэффициент K, который равен отношению суммарной поверхности ножей барабана к его боковой цилиндрической поверхности:

$$K = \frac{m_б \delta_б l_б}{\pi D B}. \tag{17}$$

Это отношение показывает, какая часть поверхности ножей планки перекрывается в любой момент ножами барабана. Тогда имеем:

$$F = \frac{m_п \delta_п B}{\cos \alpha_п} \cdot K = \frac{m_п \delta_п B}{\cos \alpha_п} \cdot \frac{m_б \delta_б l_б}{\pi D B} = \frac{m_б m_п \delta_б \delta_п l_б}{\pi D \cos \alpha_п}. \tag{18}$$

Если длину ножа на барабане также выразим через рабочую ширину барабана $\left(l_б = \frac{B}{\cos \alpha_б}\right)$, то получим окончательную формулу

$$F = \frac{m_б m_п \delta_б \delta_п B}{\pi D \cos \alpha_б \cos \alpha_п} \text{ см}^2. \tag{19}$$

Как видно из формулы, этот показатель зависит от количества ножей на барабане и планках, ширины барабана и толщины ножей. Для одного и того же аппарата он будет зависеть только от толщины ножей. Обычно для роллов емкостью 5—8 м^3 этот показатель находится в пределах 200—1000 см^2, в зависимости от толщины ножей, а секундная режущая длина в пределах 6—10 тыс. м/сек.

Для характеристики секундной размалывающей способности ролла, или вернее растирающей его способности, пользуются выражением

$$F_{сек} = Fv \text{ см}^3/\text{сек}, \tag{20}$$

где v — окружная скорость в см/сек.

Этот показатель дает более правильные представления о размалывающей способности ролла, чем показатель F, так как учитывает и окружную скорость размалывающего органа.

Для характеристики ужирняющего действия ролла пользуются иногда так называемым числовым коэффициентом K, который получается из отношения между секундной режущей длиной и секундной размалывающей способностью. Если пренебречь величинами $\cos \alpha_б$ и $\cos \alpha_п$, которые близки к единице, то можно написать

$$K = \frac{1}{\delta_б \delta_п} \text{ см}^2. \tag{21}$$

При числовом коэффициенте ниже 1,25 получают жирный помол, при $K = 1{,}5—2$ — средний, а при $K > 2$ садкий помол.

Расчет мощности, потребляемой роллом

При работе ролла энергия затрачивается на работу по размолу волокна, условно именуемую как полезная работа, N_0, и на преодоление всевозможных сопротивлений, которые не связаны с полезной работой ролла. Последние складываются из работы, затрачиваемой на ускорение массы при входе в ячейки барабана N_1, на подъем массы N_2, на трение ножей о массу N_3, на трение ножей о воздух N_4 и на трение вала в подшипниках N_5.

Таким образом, общая потребляемая мощность составит

$$N = N_0 + N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 \text{ квт}. \tag{22}$$

Отдельные элементы этой формулы могут быть вычислены следующим образом.

Мощность, потребляемая на размол, равна

$$N_0 = \frac{\mu F P v}{102} \text{ квт}. \tag{23}$$

Здесь μ — коэффициент размола, колеблющийся в пределах от 0,116 до 0,17 в зависимости от рода размалываемого волокнистого материала; P — удельное давление при размоле в кг/см². Значение остальных показателей в этой и последующих формулах прежнее.

Мощность, затрачиваемая на ускорение массы при входе в ячейки барабана и на ударное действие ножей, составляет:

$$N_1 = \frac{q\,(v^2 - w^2)}{g102} \text{ квт}, \tag{24}$$

здесь:

g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/сек²;

q — транспортирующая способность ролла в кг/сек.

Транспортирующую способность ролла, или количество массы, передвигаемой рольным барабаном в секунду, можно определить, исходя из скорости движения массы в обратном канале ванны w, ширины канала $B_к$ и высоты массы в канале $H_к$:

$$q = B_к H_к w 1000. \tag{25}$$

Эта формула, однако, дает несколько заниженные результаты, так как не учитывает количества массы, перебрасываемой через барабан. А переброс этот может достигать 25—30% и выше.

Можно подсчитать также транспортирующую способность, исходя из заполнения ячеек рольного барабана массой

$$q = \frac{ahm_б l_б nK}{60} \text{ кг/сек}, \tag{26}$$

здесь:

a — ширина ячеек между ножами в дм;
h — высота ячеек в дм;
$l_б$ — длина ячеек, равная длине ножа на барабане в дм;
K — коэффициент заполнения ячеек.

При расчете по этой формуле неизвестной величиной является коэффициент заполнения ячеек массой. Практически он никогда не бывает равен единице и, по-видимому, может колебаться в значительных пределах, повышаясь с понижением концентрации массы и повышением уровня массы перед барабаном. По данным И. И. Богоявленского, в обычных условиях работы ролла этот коэффициент близок к 0,4.

Мощность, затрачиваемая на подъем массы N_2, равна

$$N_2 = \frac{qH}{102} \text{ квт}, \tag{27}$$

где H — высота горки от уровня пола подводящего канала в м.

Мощность, затрачиваемая на трение ножей о массу N_3, составляет

$$N_3 = \frac{KF_м v^m v}{102} \text{ квт}, \tag{28}$$

где:

K — коэффициент, зависящий от рода поверхности, погруженной в массу; для стальных ножей — 0,153, для бронзовых — 0,143, для базальтовых — 0,415;
$F_м$ — лобовая поверхность ножей, погруженных в массу, в м²;
m — показатель, зависящий от шероховатости смачиваемой поверхности, колеблется в пределах 1,85—2,05.

Мощность, затрачиваемая на сопротивление воздуха вращению барабана N_4, равна:

$$N_4 = \frac{0{,}08 F_в v^3}{102} \text{ квт}, \tag{29}$$

где $F_в$ — боковая поверхность ножей, находящихся в воздухе, в м².

Мощность, затрачиваемая на преодоление трения в подшипниках, равна

$$N_5 = \frac{\sigma P \pi d n}{60 \cdot 102} \text{ квт}, \tag{30}$$

где:

σ — коэффициент трения для подшипников скольжения 0,02;
P — давление от веса барабана и натяжения ремня на подшипники в кг;
d — диаметр цапф вала в м.

Коэффициентом полезного действия ролла называют отношение мощности, затрачиваемой на размол, к общей потребляемой мощности ролла:

$$\eta = \frac{N_0}{N}. \tag{31}$$

Мощность электродвигателя ролла составляет:

$$N_э = \frac{N}{\eta_э} \text{ квт}, \tag{32}$$

где $\eta_э$ — к. п. д. электродвигателя, равный $\approx 0{,}9$.

Из анализа формулы мощности, затрачиваемой на размол, видно, что коэффициент полезного действия зависит в первую очередь от нагрузки ролла, т. е. от применяемого удельного давления при размоле, а также от конструкции ролла. Этот коэффициент может колебаться от 0,1 при выработке бумаги с применением очень малого удельного давления до 0,4—0,5 при интенсивном размоле, достигая в отдельных случаях у современных конструкций 0,6.

Следует иметь в виду, что понятие коэффициента полезного действия ролла до некоторой степени является условным, так как не вся энергия, затрачиваемая на размол и вычисленная по формуле, действительно рационально расходуется на расщепление, укорочение и раздавливание волокна. С другой стороны, остальную энергию также нельзя считать безвозвратно потерянной, поскольку некоторая часть ее, по-видимому, также используется на размол, например за счет ударного действия ножей о массу и массы о колпак, что вызывает эффект гидроразмола.

Практика размола в роллах периодического действия

В практике работы бумажных предприятий имеет место как совместный размол полуфабрикатов в одном и том же ролле, так и раздельный размол волокнистых материалов в разных роллах с последующим смешением размолотых материалов. Первый способ работы в прежние времена был общепринятым, теперь же он применяется редко и главным образом на старых бумажных фабриках с устаревшим оборудованием.

При смешанном размоле волокнистые материалы поступают в ролл не одновременно, а в определенном порядке: сначала наиболее прочные и длинноволокнистые, требующие более интенсивного размола, а затем добавляются менее прочные и коротковолокнистые материалы, требующие менее интенсивного размола. Таким образом, в первой стадии размола при этой системе ролл полностью не загружен и используется не эффективно, что является недостатком подобной системы размола. Если же полуфабрикаты загрузить в ролл одновременно, то менее прочные и коротковолокнистые материалы окажутся перемолотыми уже тогда, когда более длинноволокнистые и прочные материалы будут еще недостаточно разработанными. Смешанная зарядка сейчас применяется при размоле некоторых видов бумаги со сложной композицией в условиях отсутствия специализации для выработки подобного рода бумаги.

Раздельный размол волокнистых полуфабрикатов более рационален и применяется теперь повсеместно. При этом способе каждый волокнистый материал размалывается отдельно с учетом его особенностей и получает оптимальную обработку, требуемую для данного вида бумаги.

Загрузка ролла. Ролл можно загружать сухими или жидкими полуфабрикатами. Предпочтительнее второй способ, так как сама загрузка ролла протекает при этом быстрее, снижается оборот ролла и расход энергии на размол, а также улучшаются условия размола предварительно набухшего волокна.

Привозные листовые полуфабрикаты, например целлюлозу или древесную массу, иногда загружают в ролл прямо листами. Но такой метод нельзя считать рациональным, так как операция загрузки ролла отнимает много времени (20—30 мин. и больше), требует применения ручного труда, уменьшает производительность ролла и увеличивает расход энергии на размол.

Гораздо рациональнее загрузка предварительно измельченными сухими или полусырыми материалами, при которой возможна механизация этой операции, например при помощи опрокидывающихся вагонеток, пневматической подачи измельченных сухих материалов через циклон посредством компрессора или через специальный загрузочный бункер, расположенный непосредственно над каждым роллом. Последняя система с успехом используется на одной из отечественных бумажных фабрик, вырабатывающей высокосортные виды бумаги. По скорости загрузки эта система может конкурировать с системой, при которой ролл загружается жидкой волокнистой массой.

Предварительное измельчение волокнистых полуфабрикатов или превращение их в жидкую массу производится при помощи специальных аппаратов, бегунов, мельниц Вурстера, разрывателей разных систем, а также гидроразбивателей, которые теперь находят широкое применение для этой цели. Все указанные аппараты описаны ниже.

Наиболее рациональна загрузка роллов жидкими, предварительно набухшими, волокнистыми материалами. Такой метод всегда применяется при наличии своих полуфабрикатных цехов. В случае же использования привозной целлюлозы ее «распускают» на волокнистую массу в гидроразбивателях или в других аппаратах и помещают в мешальные бассейны, из которых и производят загрузку роллов.

Если бассейны с жидкой целлюлозой или другими волокнистыми материалами удобно размещаются на верхнем этаже непосредственно над роллами, то загрузка может осуществляться по трубам самотеком. Если же такой возможности нет, то следует производить принудительную загрузку центробежным насосом большой мощности. В этом случае бассейн с жидкими полуфабрикатами может находиться в любом месте. Протяженность трубопровода при этом не имеет особого значения, нужно только рационально смонтировать загрузочный массопровод: он должен иметь достаточный диаметр, минимальное количество поворотов и должен быть выполнен в виде кольцевого трубопровода, проходящего над всеми роллами и снова возвращающегося в бассейн. Насос должен находиться под заливом и включаться только при загрузке очередного ролла. Целесообразно иметь дистанционное управление двигателем насоса. При наличии рационально сконструированной загрузочной системы жидкими материалами продолжительность загрузки не превышает 5 минут.

Методы ведения размола в роллах. Во время загрузки рольный барабан должен быть поднят, а после того как загрузка окончена и все комки полуфабриката разбиты (если загрузка производилась сухими полуфабрикатами), он должен быть опущен на планку. После этого начинается собственно процесс размола.

Методы ведения размола бывают различными в зависимости от рода размалываемого волокнистого материала, требуемого характера помола и конструкции присадочного устройства ролла.

При размоле целлюлозы для большинства видов бумаги с содержанием древесной массы и при выработке чисто целлюлозных видов бумаги с относительно невысокой степенью помола, а также при наличии весового присадочного устройства можно вести размол при постоянном, оптимальном, удельном давлении. В конце размола иногда уменьшают удельное давление перемещением груза, осуществляя таким образом расчес волокон.

Точно так же ведут размол и при винтовом присадочном устройстве: сначала присаживают рольный барабан, ориентируясь на показания амперметра двигателя ролла, на звук, или на положение маховичка присадочного устройства. Затем после надлежащего укорочения волокна осуществляют его расчес.

При выработке тонких видов бумаги из массы жирного помола, требующей расщепления волокна в продольном направлении, размол ведут с постепенной присадкой рольного барабана, начиная с очень легкого расчеса. При выработке бумаги из одной целлю-

лозы удельное давление при размоле никогда не достигает высоких значений.

Размол тряпичных волокнистых материалов, обладающих длинным волокном, начинают при сильной присадке рольного барабана с тем, чтобы укоротить волокно, после чего давление уменьшают и ведут размол до требуемых параметров массы по длине волокна и степени помола. После достижения нужной характеристики массы давление барабана еще снижают, осуществляя легкий расчес. При этом волокно уже не размалывается, а происходит только раздергивание пучков и узелков тряпичного волокна. Так размалывается тряпичная масса для изготовления разных видов бумаги со средним и жирным характером помола.

Целлюлоза или тряпичная полумасса для изготовления впитывающих видов бумаги размалывается с использованием острых и тонких ножей, при пониженной концентрации массы и с при-

Таблица 14

Показатели работы роллов

Наименование видов бумаги	Содержание в бумаге в %		Концентрация в %	Продолжительность размола в часах	Степень помола компонента по ШР	Общий помол готовой массы по ШР	Удельный расход энергии* на 1 т воздушно-сухой бумажной массы в квт-ч
	тряпичной полумассы	целлюлозы					
Газетная 51 г/м²	—	25	6	1,0	16—18	60—65	30
Писчая и печатная № 3 . . .	—	35	6	1,5	20—22	50—55	75
Писчая и печатная № 2	—	50	6	1,75	25—28	50	120
Писчая и печатная № 1	—	100	6	2,0—2,5	34—38	34—38	250
Писчая и печатная № 0	30	70	6 6	3,5—4,0 5,0—6,0	50 60	55	700
Бумага-основа для фотоподложки 120 г/м²		100	5	2,5	36—40	36—40	350
Подпергамент 40 г/м²		100	6—7	3,5—4,0	75—80	75—80	500—600**
Крафт-мешочная 80 г/м²		100	5—6	2,0—2,5	25—27	25—27	400—450
Кабельная 0,12 мм .		100	5—6	2,75—3,0	30	30	500—550
Телефонная 0,05 мм .		100	5—6	3, 5—4,0	40	40	700—800
Конденсаторная 7—12 г/м²		100	5,5	10—18	97—98	97—98	1800—3500**
Фильтровальная 70 .	100	—	3,0—3,5	1,5—2,0	24—30	24—30	400—500
Документная 80 . .	100	—	5,5—6,0	6,0—8,0	60—65	60—65	1000—1300
Папиросная 15 г/м² .	50	50	6,0 6,0	12 8—10	90 90	90	1300—1400

* Расход энергии дан применительно к размолу массы на ролле РМВ-5.
** Наличие у ролла базальтовой гарнитуры.

менением большого удельного давления при размоле. Весь процесс осуществляется обычно в течение непродолжительного времени с тем, чтобы получить укороченное, но не зажирненное волокно.

Рис. 26. Микрофотографии волокон типичных размолов целлюлозы:

1 — немолотая сульфитная целлюлоза; *2* — сульфитная целлюлоза для писчей и печатной бумаги № 1, степень помола 40° ШР, *3* — масса для подпергамента, степень помола 75° ШР; *4* — масса для конденсаторной бумаги, степень помола 96° ШР (сульфатная целлюлоза); (увеличение для микрофотографии *1*, *2* и *3* — ×60, для микрофотографии *4* — ×80)

Размол волокнистых материалов для получения жирного помола целесообразно вести на роллах с базальтовой или смешанной гарнитурой или с широкими металлическими ножами, при высокой концентрации массы и при относительно низком давлении размола.

На рис. 26 показаны характерные микрофотографии целлюлозного волокна различной степени помола. Эти фотографии свидетельствуют о том, что в бумажной массе из сульфитной целлюлозы, предназначенной для изготовления печатной бумаги № 1, встречается большее количество укороченных волокон, по сравнению с целлюлозой, не подвергавшейся размолу. У бумажной массы для подпергамента таких волокон еще больше и наряду с ними встречается много мелочи и слизи. В бумажной массе для конденсаторной бумаги много тонких волоконец и пучков фибрилл.

Выпуск массы из ролла. По окончании размола, когда достигнуты требуемые параметры массы по длине волокна и степени помола и масса не содержит пучков неразбитого полуфабриката или узелков, рольный барабан поднимается и масса выпускается в мешальный, или так называемый подрольный, бассейн. При выпуске массы в ролл обычно дается оборотная вода для разбавления массы и облегчения ее выпуска в бассейн. При надлежащем уклоне и диаметре выпускных массопроводов выпуск продолжается не дольше 5 минут.

Подрольные бассейны не должны располагаться далеко от роллов, а массопроводы не должны иметь лишних поворотов и колен. В противном случае выпуск массы из роллов, далеко расположенных от подрольных бассейнов, может сильно затянуться.

Технико-экономические показатели работы роллов. В табл. 14 приведены типичные показатели работы роллов при размоле массы для различных видов бумаги. Данные табл. 14 составлены на основании практики работы ряда отечественных предприятий.

Непрерывный размол в роллах периодического действия

В 1946 г. на одной из бумажных фабрик в Англии для выработки специальных оберточных видов бумаги запроектирован непрерывный размол в роллах периодического действия. С этой целью семь роллов Бертрама были установлены ступенчато и масса поступала из одного ролла в другой самотеком. Несколько позже, в 1949 г. советским инженером И. Э. Щегловым был разработан более рациональный метод непрерывного размола в роллах, который не требует ступенчатого расположения роллов на разной высоте и может быть применен на старых действующих предприятиях без каких-либо перестановок роллов.

Метод инженера И. Э. Щеглова заключается в том, что масса передается из ролла в ролл по желобу или трубопроводу, который отбирает часть массы, перебрасываемой через барабан, и передает ее на следующий, соседний ролл. Обычно последовательно работают три-пять роллов, в зависимости от степени помола массы и наличного оборудования. Неразмолотая масса жидким непрерывным потоком подается в первый ролл и по мере размола непрерывно передается во второй, затем в третий и так далее.

Выгрузка размолотой массы производится также непрерывно из последнего ролла и тем же методом, т. е. отбором массы, перебрасываемой через барабан.

Рис. 27. Схема непрерывного размола массы в роллах по методу И. Э. Щеглова:

1 — бассейн неразмолотой целлюлозы; *2* — роллы; *3* — желоба; *4* — бассейн размолотой целлюлозы

Отбор массы из ролла осуществляется посредством шабера, установленного под колпаком со стороны входа под барабан, но достаточно высоко, чтобы обеспечить необходимый уклон

Рис. 28. Установка желоба для отбора массы, перебрасываемой через барабан:

1 — размалывающий барабан; *2* — колпак; *3* — шабер; *4* — желоб

для движения массы по желобу. Количество отбираемой массы регулируется поворотом шабера при помощи рукоятки. Оптимальное положение и место установки шабера зависит от системы ролла и конструкции колпака, а также от расположения роллов. Принципиальная схема такой установки показана на рис. 27, а установка желоба для отбора массы, перебрасываемой барабаном — на рис. 28.

Непрерывный размол массы в роллах периодического действия по методу И. Э. Щеглова позволяет интенсифицировать процесс размола в роллах, повысить их производительность и снизить расход энергии на размол. Эффективность этого метода размола по сравнению с периодическим тем больше, чем меньше оборот ролла и чем больше времени требуется на загрузку и выгрузку ролла при периодической схеме размола, так как главный эффект при непрерывном размоле заключается в ликвидации нерабочего времени ролла, когда он работает вхолостую с поднятым барабаном при загрузке и выпуске массы.

По мнению автора этого метода, повышение эффективности роллов при непрерывном размоле может быть достигнуто путем рационального отбора более мелковолокнистой фракции массы и передачи ее в следующий ролл. Для этой цели автором этого метода был предложен так называемый фракционер, устанавливаемый под колпаком.

Вопрос о фракционировании бумажной массы по размерам волокон в потоке массы, перебрасываемой через барабан, и о наиболее рациональном методе отбора массы для передачи в следующий ролл в настоящее время еще нельзя считать решенным.

Непрерывный размол в роллах находит щирокое применение на отечественных предприятиях и в ряде случаев дает хорошие результаты: увеличение производительности на 20—30%, снижение расхода энергии на размол на 20—25%, меньшую затрату труда для обслуживания роллов. В некоторых случаях отмечается снижение смоляных затруднений, что связано с понижением температуры массы при размоле. Таким образом, этот способ может служить хорошим методом повышения производительности рольных отделов предприятий, позволяющим интенсифицировать процесс размола без особых капитальных затрат.

К недостатку этого способа следует отнести понижение концентрации массы в роллах для лучшей передачи массы по желобам. Однако и этот недостаток может быть устранен с применением трубопроводов вместо желобов и подачи массы под давлением за счет скоростного напора массы при перебросе ее через барабан.

РАЗМАЛЫВАЮЩИЕ АППАРАТЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Непрерывный размол бумажной массы находит в настоящее время все большее применение и вытесняет рольный размол. В связи с этим появилось большое количество различных размалывающих аппаратов непрерывного действия. Среди них наибольшее значение имеют: конические мельницы, рафинеры и некоторые другие. Кроме того, применяются роллы непрерывного действия, мельницы Мордена, крестовые мельницы, мельницы Нобль-Вуд, а также аппараты для гидроразмола.

Конические мельницы

Коническая мельница изобретена Иосифом Жорданом в 1858 г. На протяжении длительного времени с момента изобретения коническая мельница использовалась лишь как подсобный размалывающий аппарат в дополнение к роллам для того, чтобы расширить мощность рольного отдела или для того, чтобы лучше рафинировать и освободить бумажную массу от пучков и узелков перед выходом ее на бумагоделательную машину.

Только в начале тридцатых годов настоящего столетия были сделаны попытки применения конических мельниц для самостоятельного непрерывного размола бумажной массы. В СССР такие опыты применительно к изготовлению писчих и печатных видов бумаги были проведены в 1934 г. на Вишерском комбинате Н. О. Зейлигером.

Они показали возможность и эффективность непрерывного размола целлюлозы для производства этих видов бумаги. После Второй мировой войны непрерывный размол бумажной массы на конических мельницах начал широко внедряться на предприятиях бумажной промышленности. В настоящее время большинство новых предприятий размалывает бумажную массу в конических мельницах непрерывным способом.

В настоящее время наибольшее применение находят два типа конических мельниц; конические мельницы Жордана и гидрофайнеры. Первые снабжаются обычно более тонкими ножами, работают с меньшим числом оборотов и применяются главным образом для укорочения волокон. Вторые снабжаются ножами большей толщины, работают при более высокой окружной скорости и часто при более высокой концентрации массы и используются с целью гидратации волокон без значительного их укорочения.

Обычно непрерывный размол осуществляется в две ступени с применением обоих этих аппаратов. Однако он может производиться и на одном из этих аппаратов. Следует, однако, иметь в виду, что специализированный размол с применением в определенной комбинации обоих аппаратов позволяет строить процесс размола более рационально и экономично, чем на одном аппарате, который не может одинаково эффективно работать при укорочении волокна, его расчесе и рафинировании.

Коническая мельница Жордана. Состоит она (рис. 29 и 30) из ротора конической формы с отдельными набранными на нем ножами и статора (кожуха) конической формы, также снабженного отдельными ножами, такими же, как и на роторе. Конус приводится в движение от электродвигателя обычно через редуктор и эластичную муфту сцепления, допускающую осевое перемещение конуса. Однако он может приводиться в движение непосредственно от тихоходного электродвигателя без редуктора или через ременную передачу. Присадка ножей конуса к ножам кожуха

производится осевым перемещением конуса при помощи присадочного приспособления. Подача массы в мельницу производится с узкого конца, а выход массы — со стороны широкого конца мельницы. Таким образом, масса продвигается между ножами мель-

Рис. 29. Общий вид конической мельницы Жордана:
1 — кожух (статор); *2* — присадочное устройство; *3* — вход массы; *4* — выход массы

ницы за счет гидравлического напора и возрастающей центробежной силы под влиянием увеличения диаметра ротора по ходу массы.

Конические мельницы Жордана обычно работают при концентрации массы 2,5—3,5%. Масса может подаваться в мельницу через

Рис. 30. Ротор мельницы Жордана:
1 — конус (ротор); *2* — подшипники

напорный переливной бачок, устанавливаемый на высоте 2—3 м над мельницей, либо непосредственно насосом с более высоким давлением.

Конический ротор мельницы делают обычно полым из чугуна или из стали с углом конуса в пределах от 12 до 23°. Поверхность

конуса фрезеруется в виде продольных пазов, в которые вставляются ножи, укрепленные затем деревянными прокладками. Каждый нож имеет на своей нижней поверхности выемки с заплечиками, при помощи которых он удерживается на конусе кольцевыми ребрами. С торцов конуса ножи удерживаются так же кольцами, как и у рольного барабана, либо шайбами, которые крепятся к торцовой стенке конуса. Ножи на конусе располагаются по образующей конуса с промежутками 10—20 мм. Промежутки между ножами шире на широкой части конуса и у́же на узком конце. Обычно на конусе установлены ножи двух размеров: длинные по всей длине конуса и короткие, устанавливаемые на широком конце конуса поочередно с длинными ножами.

Кожух мельницы изготовляется обычно из чугуна разъемным из двух половин и часто имеет ребра жесткости, чтобы ножи не вибрировали при работе. Ножи на кожухе изогнуты под углом 170—174° и установлены так, чтобы ножи ротора набегали на вершину этих ножей, что предотвращает западание ножей и усиливает режущее действие.

В некоторых конструкциях конических мельниц Жордана, например у мельницы типа МКМ отечественного машиностроения, кожух сделан из одной чугунной отливки неразъемным. Ножи на кожухе закреплены в виде двух пакетов посредством специальных болтов и залиты баббитом. Расстояние между ножами на кожухе 10—12 мм.

Ножи, установленные на роторе и статоре, изготовляются обычно из углеродистой или нержавеющей стали, толщина ножей от 6 до 10 мм. При двухступенчатом непрерывном размоле бумажной массы с использованием гидрофайнеров в первой ступени целесообразно применять для мельниц Жордана более тонкие ножи, не выше 8 мм.

Срок службы стальных ножей на роторе и статоре конических мельниц Жордана, в зависимости от твердости ножей, степени присадки и кислотности массы, составляет 1—3 года, а ножей из монель-металла[1] 7 лет.

В большинстве случаев присадочное устройство для осевого перемещения ротора с целью сближения ножей ротора и статора и создания необходимого давления при размоле приводится в действие посредством одного или двух маховичков и червячной передачи. В новейших конструкциях конических мельниц присадка осуществляется гидравлическим или пневматическим присадочным устройством, позволяющим создавать определенное давление при размоле и вести дистанционное управление присадкой конических мельниц. В обоих случаях перемещение конуса достигается перемещением упорного подшипника, насаженного на конец вала ротора, на который воздействует присадочное устройство.

---

[1] Сплав, содержащий примерно 67% никеля, 28% меди и 5% других составных частей.

Конические мельницы Жордана строятся разных типоразмеров с двигателем мощностью от 20 до 450 квт и с окружной скоростью ротора по среднему диаметру от 9,5 до 22 м/сек и даже выше. В некоторых конструкциях мельниц предусмотрена возможность работы при разных окружных скоростях. Наиболее типичная окружная скорость для конических мельниц Жордана, осуществляющих преимущественно укорочение волокон, —10—14 м/сек по среднему диаметру ротора. При желании же получить большее гидратационное действие при меньшем укорочении волокон используют мельницы с окружной скоростью 16—22 м/сек и выше по среднему диаметру.

Как уже указывалось выше, конусность ротора может варьировать от 12 до 23°. Считают, что уменьшение угла конуса приводит к усилению режущего действия ножей мельницы, а увеличение угла конуса, наоборот, к уменьшению режущего действия ножей при размоле.

Ножи на конусе мельницы могут быть установлены различным образом: с равными промежутками между ними и с групповым расположением ножей. Полагают, что в первом случае мельница будет работать с большим режущим действием, а во втором случае при той же самой толщине ножей с большим гидратационным действием.

Конические мельницы Жордана выпускаются нашими отечественными заводами трех размеров, как это видно из табл. 15.

Таблица 15

Характеристика конических мельниц Жордана, выпускаемых в СССР

Наименование показателей	Величина показателей мельниц типа		
	МКЛ-3	РК-03	МКМ
Конус:			
диаметр в мм	225/380	300/530	510/887
длина в мм	435	825	985
угол в град.	20°38′	16°30′	22°38′
число ножей	56	60	92
» оборотов в минуту	735	730	500
Ножи на кожухе:			
число	110	128	198
толщина в мм	5	6—8	8—10
Необходимая мощность двигателя в квт	20—30	80—130	260
Вес аппарата в кг	800	2100	6300

Конические мельницы Миами выпускаются шести типоразмеров с различной конусностью и размерами ротора, мощность двигателя от 18,6 до 336 квт. В конструкции этих мельниц предусмотрена возможность работы при разных окружных скоростях и различной мощности двигателей, что позволяет лучше приспособить

размалывающий аппарат к условиям работы предприятия в отношении как желательного характера размола, так и производительности и экономичности установки.

Рис. 31. Гидрофайнер:
а — общий вид; *б* — разрез; *1* — ротор; *2* — статор; *3* — присадочное устройство; *4* — муфта, 5 — крыльчатка

Гидрофайнеры. Гидрофайнеры представляют собой скоростные конические мельницы с цельнометаллической гарнитурой, предназначенные для расчеса, рафинирования и гидратации массы без существенного укорочения волокна. Они отличаются малыми габаритами, очень компактны и обладают вместе с тем сравнительно высокой производительностью.

Наиболее распространенный у нас гидрофайнер первой величины типа Дилтс (рис. 31) имеет ротор с диаметром 235/387 мм и длиной

673 мм. Ротор насажен на стальной вал и снаружи имеет ножевую рубашку из хромистой стали, на которой выфрезерованы ножи трех размеров по длине, толщиной от 10 до 14 мм, в количестве 48 шт. (24 + 12 + 12).

Корпус статора изготовляется из чугуна и имеет, так же как и ротор, съемную ножевую рубашку из хромистой стали с выфрезерованными зигзагообразными ножами двух размеров (58 шт.) и толщиной 10—12 мм.

Подшипники ротора сферические, перемещающиеся вместе с валом при передвижении последнего. На валу ротора со стороны входа массы установлена крыльчатка для гона массы. Присадка ротора производится перемещением его в осевом направлении, так же как и у мельниц Жордана, с помощью ручного маховичка. Некоторые современные конструкции снабжаются пневматическим или гидравлическим присадочным устройством, управляемым со щита.

Ротор гидрофайнера приводится во вращение от электродвигателя мощностью 150 квт с числом оборотов 1450 в минуту без промежуточного редуктора. При этом окружная скорость по среднему диаметру ротора составляет около 24 м/сек.

Благодаря установке крыльчатки на валу при входе массы гидрофайнер может работать при концентрации до 6%. Такая концентрация массы, как известно, лучше способствует гидратирующему действию при размоле, чем более низкая, при которой обычно работают конические мельницы. Поэтому при двухступенчатой схеме размола на гидрофайнерах и мельницах Жордана целесообразно иметь соответствующие концентрации массы на каждой ступени размола. Это справедливое требование выполняется не всегда, и часто в целях упрощения схемы оба аппарата работают при одинаковой концентрации массы, хотя это и дает несколько худшие результаты.

Гидрофайнеры выпускаются трех размеров. Они с успехом применяются при двухступенчатой схеме размола в комбинации с мельницами Жордана при выработке многих видов бумаги из целлюлозы и в особенности крафт-мешочной, электроизоляционных и других видов бумаги из сульфитной целлюлозы и древесной массы. В последнем случае размол целлюлозы можно проводить весьма эффективно на одних гидрофайнерах. При выработке бумаги с высоким содержанием древесной массы, например газетной или печатной № 2—3, размол целлюлозы не требуется проводить до высокой степени помола, ее нужно только хорошо рафинировать (освободить от пучков), расчесать и слегка гидратировать. Наиболее экономично такой размол осуществляется на гидрофайнерах.

При размоле бумажной массы в гидрофайнерах прирост степени помола происходит сравнительно небольшой, вследствие чего масса хорошо обезвоживается на сетке бумагоделательной машины. Наряду с этим хорошо расчесанное волокно с незначительным укорочением дает бумагу с высокими показателями удлинения при раз-

рыве, сопротивления надрыву и раздиранию при хороших показателях сопротивления разрыву и продавливанию и малой степени усадки.

При размоле бумажной массы на конических мельницах Жордана происходит значительное укорочение волокон и более сильное повышение степени помола, что влечет за собой ухудшение обезвоживаемости бумажной массы на сетке машины, большую усадку бумаги, меньшую степень ее растяжимости и снижение сопротивления бумаги надрыву и раздиранию, однако прочность на продавливание возрастает. Развитие этих показателей при двухступенчатом размоле бумажной массы в гидрофайнере и конической мельнице Жордана показано на рис. 32.

Рис. 32. Влияние двухступенчатого размола бумажной массы в гидрофайнере и конической мельнице на развитие показателей бумаги

Умелое сочетание этих двух размалывающих аппаратов с применением одно- или двухступенчатого размола позволяет лучше добиваться требуемого эффекта размола и получать бумагу с нужными физико-механическими свойствами.

Кроме описанной выше конструкции гидрофайнера, выпускаются и другие, отличающиеся от последней отдельными особенностями. Из них упомянем о рафинере Винера и скоростной конической мельнице Джонса. Рафинер Винера конструктивно похож на описанный выше гидрофайнер Дилтса, но отличается от последнего тем, что масса подается в мельницу не с узкого, а с широкого конца и продвигается к узкому концу против центробежной силы действием насоса и крыльчатки, насаженной со стороны входа массы на валу ротора. Таким образом, в этой мельнице масса находится под большим гидравлическим давлением, что повышает действие рафинирования и гидратации, но, по-видимому, приводит и к большей затрате энергии на размол. Мельница Винера применяется преимущественно при размоле отходов производства целлюлозы и древесной массы.

Коническая мельница Джонса занимает промежуточное положение между мельницей Жордана и гидрофайнером. Она имеет цельнометаллическую гарнитуру и может работать с меньшим числом оборотов, как коническая мельница Жордана, и с большим числом оборотов, как гидрофайнер. Таким образом, она обладает

режущим и рафинирующим действием и может применяться для широкого ассортимента бумаги.

Схемы установок и работа конических мельниц. Конические мельницы могут быть использованы для домалывания и рафинирования массы в дополнение к роллам, а также в качестве самостоятельных размалывающих аппаратов непрерывного действия. В зависимости от назначения схемы их установок могут быть различными. В первом случае конические мельницы могут устанавливаться либо в рольном отделе между массным и машинным бассейном, либо после машинного бассейна непосредственно перед бумагоделательной машиной. Вторая установка предпочтительнее, так как позволяет быстрее исправлять недостатки качества массы, поступающей из рольного отдела, и лучше приспосабливать ее к требованиям производства. Управление конической мельницей в этом случае находится у сеточника. При установке конической мельницы как рафинирующей и регулирующей характер помола массы следует выбирать сравнительно небольшой по производительности аппарат с таким расчетом, чтобы он был полностью загружен, иначе он будет работать не экономично.

При использовании конических мельниц в качестве самостоятельных размалывающих аппаратов непрерывного действия применяются три основные схемы включения мельниц: с циркуляцией массы «на бассейн», с циркуляцией массы «на себя» и с дросселированием массы на выходе из мельницы. Первая из этих схем применяется при сравнительно небольшой производительности установки и может быть использована при высокой степени помола массы, когда требуется длительный размол. Она может с успехом применяться при выработке широкого ассортимента бумаги на одной и той же бумагоделательной машине, так как обладает лучшей гибкостью и приспосабливаемостью при переходе с одного вида размола на другой по сравнению с двумя другими схемами непрерывного размола. Две другие схемы непрерывного размола массы применяются при большей производительности установок и при специализированной выработке одного или небольшого количества сходных видов бумаги на одной машине с использованием массы относительно невысокой степени помола. Эти схемы обладают меньшей гибкостью по сравнению с первой и их труднее использовать при переходе с выработки одного вида бумаги на другой.

Схема установки конических мельниц с циркуляцией на бассейн представлена на рис. 33, *а* в двух вариантах: с одним и с двумя приемными бассейнами. При наличии одного приемного бассейна неразмолотая целлюлоза подается в него периодически и после заполнения бассейна производится размол по схеме: бассейн, насос, мельница и снова приемный бассейн. Размол ведется до тех пор, пока масса не достигнет необходимой степени помола, после чего переключают задвижки на линии после мельницы и перекачивают массу в бассейн размолотой массы. Чтобы не было разрыва в работе

мельницы, необходимо подавать в приемный бассейн новую партию неразмолотой целлюлозы в тот момент, когда происходит перекачка массы через мельницу в бассейн размолотой массы. Однако в этом случае, размолотая масса смешается с неразмолотой, что является нежелательным, так как это нарушит режим подготовки массы. Чтобы этого не случилось, применяют горизонтальные бассейны специальной U-образной формы с циркуляцией массы при помощи насоса, подающего массу в мельницу и обратно в бассейн, или вертикальные бассейны с коническим основанием и циркуляционным устройством в нижней части бассейна. Такие бассейны с малой скоростью движения массы позволяют подавать неразмолотую целлюлозу в противоположный от насоса конец ванны бассейна без риска смешать ее с размолотой массой. Недостатком этой схемы является отсутствие контрольной и автоматической аппаратуры для оценки конца процесса размола и начала перекачки размолотой массы, вследствие чего возможны колебания в качестве массы.

Рис. 33. Схемы установки конических мельниц:

а — включение конической мельницы по схеме с циркуляцией на бассейн; *б* — то же с двумя приемными бассейнами; *в* — схема непрерывного размола в конических мельницах с дросселированием на выходе; *г* — то же с циркуляцией «на себя»; *1* — приемный бассейн немолотой массы; *2* — промежуточный бассейн; *3* — гидроразбавитель; *4* — бассейн молотой массы; *5* — коническая мельница; *6* — насос; *7* — распределительный бачок

Второй вариант этой схемы с двумя приемными бассейнами и автоматизацией процесса размола и перекачки готовой массы показан на рис. 33, *б*. Работа по этой схеме ведется в несколько заданных циклов следующим образом. Неразмолотая целлюлоза спускается в первый приемный бассейн, после чего начинается первый цикл размола, масса насосом подается на мельницу и поступает во второй прием-

ный бассейн. Когда вся масса из первого бассейна перейдет во второй, регулятор, связанный с уровнемером первого бассейна автоматически переключает массные задвижки на трубопроводах и масса начинает поступать уже из второго бассейна через мельницу в первый бассейн (второй цикл размола). Так будет продолжаться до тех пор, пока масса не достигнет требуемой степени помола, после чего она перекачается в бассейн размолотой массы. Во время этой перекачки один из двух свободных бассейнов наполняется массой. Далее начинается размол новой партии целлюлозы.

В этой схеме применяются: присадка ротора конической мельницы при помощи пневмодвигателя и автоматическое регулирование степени присадки ротора в зависимости от нагрузки двигателя, автоматическое переключение задвижек при передаче массы из бассейна в бассейн, а также реле времени, контролирующее время и количество заданных рабочих циклов при размоле партии целлюлозы.

Эта схема размола более совершенна по сравнению с первой и позволяет размалывать массу в конических мельницах для любого вида бумаги независимо от степени и характера разработки волокна.

На рис. 33, *в* показана схема подготовки массы непрерывным способом с дросселированием массы на выходе из последней мельницы при помощи задвижки. Неразмолотая масса в этой схеме поступает непрерывно в приемный бассейн и оттуда насосом подается на одну или несколько конических мельниц, установленных последовательно, пройдя которые, поступает в бассейн размолотой массы. Необходимая скорость подачи массы и время пребывания массы в мельнице регулируются задвижкой, установленной на линии за последней мельницей. Таким образом, в этой схеме процесс подачи неразмолотой массы в приемный бассейн и прохождение массы через конические мельницы происходит непрерывно с постоянной скоростью подачи массы и постоянной присадкой конических мельниц.

Эффект обработки массы по этой схеме достигается степенью присадки ротора и временем пребывания массы в мельнице. Обычно при работе по этой схеме масса подается в мельницу непосредственно насосом без промежуточного напорного бачка с постоянным переливом, вследствие чего гидравлическое давление внутри мельницы может достигать высоких значений.

На рис. 33, *г* показана схема непрерывного размола массы с циркуляцией «на себя». Бачок, установленный над мельницей, состоит из двух половин. В каждой половине имеется переливная перегородка. Неразмолотая масса насосом подается из бассейна в первую половину напорного бачка и оттуда поступает в коническую мельницу, избыток же неразмолотой массы переливается через перегородку и снова возвращается в бассейн. Масса, пройдя мельницу, поступает во вторую половину напорного бачка и оттуда по трубопроводу направляется в бассейн размолотой массы. Из-

быток размолотой массы переливается через перегородку и снова направляется в мельницу, присоединяясь к неразмолотой массе, поступающей из первой половины бачка.

Количество размолотой массы, поступающей в мешальный бассейн готовой массы, в этой схеме устанавливается в соответствии с требованиями бумагоделательной машины с таким расчетом, чтобы обеспечить ее непрерывную, бесперебойную работу. Эффект обработки массы в этой системе зависит от степени присадки ротора мельницы и величины потока размолотой массы, возвращающейся снова в мельницу, или от так называемого коэффициента рециркуляции. В свою очередь коэффициент рециркуляции зависит от количества неразмолотой массы, поступающей в мельницу, и количества размолотой массы, уходящей из второго отделения бачка в бассейн готовой массы. Чем больше загружена мельница и чем меньшее от нее отводится количество размолотой массы в бассейн готовой массы, тем выше эффект обработки в отношении прироста степени помола по ШР.

Таким образом, в обеих схемах непрерывного размола массы в конических мельницах эффективность обработки массы достигается присадкой размалывающих органов мельниц, а также количеством размолотой массы, отбираемой от мельницы, или производительностью мельницы. Следовательно, между эффектом обработки и производительностью конической мельницы имеется обратная зависимость и производительность мельниц может быть весьма различной в зависимости от того, какое волокно обрабатывается и какое качество массы желательно получить.

Принципиальная разница в размоле волокна между двумя вышеуказанными схемами непрерывного размола массы заключается в том, что при размоле массы по второй схеме с рециркуляцией процесс обработки волокна чередуется с перерывом, при котором масса циркулирует в бачке и при этом лучше набухает. Кроме того, размол массы протекает при меньшем гидравлическом давлении в мельнице. В схеме с рециркуляцией напор массы не превышает обычно 2—3 м водяного столба, тогда как при подаче массы в мельницу непосредственно насосом этот напор может достигать гораздо бо́льших значений. Повышение гидравлического давления внутри мельницы при дросселировании массы задвижкой на выходном массопроводе приводит к резкому возрастанию потребления мощности мельницей, и этот повышенный расход энергии на размол не компенсируется пропорциональным возрастанием эффекта обработки массы.

Таким образом, в смысле расхода энергии на размол и экономичности процесса схема непрерывного размола с рециркуляцией целесообразнее, чем схема размола с дросселированием массы на выходном трубопроводе за мельницей. По последней схеме можно работать достаточно эффективно лишь при относительно большой пропускной способности мельниц, с малым дросселированием массы,

когда гидравлическое давление внутри мельниц сравнительно невелико.

Возрастание гидравлического давления внутри мельницы при дросселировании массы на выходе из мельницы приводит к увеличению степени гидратации массы и снижению режущего действия ножей, что также следует иметь в виду при использовании этой схемы размола.

Показатели работы и потребляемая мощность. Эффективность работы конических мельниц может быть охарактеризована, так же как и роллов, показателями секундной режущей длины L, поверхностью соприкосновения ножей ротора и статора F, секундной размалывающей поверхностью $F_{сек}$ и числовым коэффициентом K. Расчет этих показателей производится по тем же формулам, что и для роллов, приведенным на стр 76, но, так как ножи на роторе и статоре имеют различные размеры и располагаются группами, эти величины рассчитываются по группам, а затем суммируются. В виду сравнительной сложности расчета указанных показателей Р. В. Войцеховский разработал более простые формулы для их приближенного технического расчета [1].

Следует однако иметь в виду, что указанными выше характеристиками можно с достаточной достоверностью пользоваться лишь при сравнении между собой аппаратов с примерно одинаковой окружной скоростью размалывающих органов, так как формулы не учитывают влияния такого фактора процесса размола, как окружная скорость ротора. Этот фактор не оказывает существенного влияния на характеристику процесса размола у роллов периодического действия и является весьма важным для конических мельниц, в которых волокно многократно перебрасывается от ножей к ножам, претерпевая интенсивные ударные и расчесывающие воздействия наряду с режущими действиями кромок ножей. Ударное воздействие увеличивает эффект так называемого гидроразмола, который возрастает с повышением окружной скорости ротора. Действие же удара ножей зависит от живой силы, которая, как известно, повышается пропорционально квадрату скорости. В результате повышения эффекта гидроразмола с увеличением скорости вращения ротора конической мельницы при тех же самых характеристиках режущей длины и поверхности соприкосновения ножей усиливается эффект гидратации массы при меньшем укорочении волокон. Таким образом, при выборе типа конической мельницы необходимо учитывать значение фактора скорости.

Мощность, потребляемую коническими мельницами, можно рассчитать теоретически примерно по той же схеме, что и для роллов. Однако следует заметить, что методика расчета мощности для конических мельниц разработана еще недостаточно, вследствие

[1] Эти формулы опубликованы в «Справочнике бумажника технолога», Гослесбумиздат, т. II, книга 1, стр. 191, 1956.

чего мы не приводим здесь расчетных формул и отсылаем интересующихся этим вопросом к книге И. И. Богоявленского «Технология бумаги», часть 1, стр. 172, Гослесбумиздат, 1946.

Существующие расчетные формулы не учитывают эффекта гидроразмола, который особенно значителен у скоростных конических мельниц. Кроме того, при наличии обычных присадочных устройств отсутствуют достоверные данные о фактических удельных давлениях, при которых работают мельницы. Неясность этих и некоторых других величин, например количества перебросов массы в мельнице, делает расчет потребляемой мощности очень неточным.

Исследования работы конических мельниц показали, что они обладают более высоким коэффициентом полезного действия, чем роллы, и что этот коэффициент может достигать 60—65%.

При рациональной схеме включения конических мельниц, правильном выборе их величины, толщины ножей и режима работы конические мельницы работают более экономично, чем роллы, и с меньшим удельным расходом энергии.

Как уже указывалось раньше, эффект размола, определяемый обычно приростом степени помола массы по ШР за один проход через мельницу, может быть весьма различен в зависимости от вида волокна, степени присадки ротора и пропускной способности мельницы. При использовании мельницы в качестве рафинирующей и при большой ее пропускной способности прирост степени помола массы за однократный проход через одну мельницу обычно составляет 1—2° ШР. При использовании конической мельницы как домалывающего аппарата при большой пропускной способности и при сильной присадке ротора прирост степени помола составляет 3—5° ШР. Во время работы мельницы по непрерывной схеме с дросселированием или рециркуляцией, но при меньшей пропускной способности, прирост степени помола обычно составляет 6—12° ШР и может достигать даже 18—20° ШР.

При размоле сульфитной беленой и небеленой целлюлозы для массовых видов бумаги (типа печатной и писчей № 3, 2 и 1) достаточно иметь одну или две конические мельницы, работающие последовательно. При более высокой степени помола массы и осуществлении размола более прочной сульфатной целлюлозы устанавливают большее количество последовательно включенных мельниц. При большой же производительности бумагоделательной машины устанавливают в массоподготовительном цехе несколько таких параллельно работающих поточных линий.

Удельный расход энергии на размол массы в конических мельницах обычно относят к 1 т воздушно-сухой массы, однако иногда более правильное представление об эффективности работы мельницы дает показатель расхода энергии в киловатт-часах, отнесенный к приросту степени помола 1 т массы на 1°ШР.

В табл. 16 приводятся ориентировочные данные об удельных

расходах энергии при размоле массы в конических мельницах и в роллах, полученные при производственных испытаниях.

Таблица 16

Сравнительные данные по удельному расходу энергии при размоле массы в роллах и в конических мельницах

Наименование целлюлозы	Начальная степень помола по ШР	Конечная степень помола по ШР	Удельный расход энергии на 1° ШР/т в квт-ч при размоле	
			в роллах	в конических мельницах
Небеленая сульфитная целлюлоза для видов бумаги с древесной массой	13—15	20—24	22—26	18—22
То же для подпергамента	13—15	60—70	17—18	14—15
» » » »	13—15	60—70	8—10*	—
Беленая сульфитная целлюлоза для писчих и печатных видов бумаги	15	30	18—22	14—18
То же	15	40	12—14	10—12
» » для пергамина	15	60—80	8—10*	—
Небеленая сульфатная целлюлоза для технических видов бумаги	10	20—25	30—35	23—28
То же	10	35—40	24—28	18—22

* Данные относятся к роллам с базальтовой гарнитурой.

Из табл. 16 видно, что размол массы в конических мельницах более экономичен, чем размол массы в обычных роллах с металлической гарнитурой. Исключение составляет лишь размол в роллах с применением базальтовой гарнитуры, который весьма эффективен в случаях, когда желательно получение массы с жирным характером помола.

Приведенные показатели удельного расхода энергии на 1°ШР/т характерны только для определенных стадий размола массы, так как изменение степени помола массы по ШР во времени происходит не по закону прямой линии, а несколько иначе. Обычно в первой стадии размола массы градус помола возрастает сравнительно медленно, в средней стадии (от 30 до 70°ШР) быстрее и в последней стадии размола очень медленно по затухающей кривой. Это всегда следует учитывать при оценке эффективности процесса размола массы на разных стадиях этого процесса.

Пользуясь данными табл. 16, зная начальную и конечную степень помола массы и мощность, потребляемую конической мельницей при размоле данного вида волокна, можно определить производительность мельницы и количество мельниц, необходимое для установки.

Расположение конических мельниц при непрерывном размоле массы, т. е. количество мельниц, установленных последовательно в одной поточной линии, и количество таких параллельных линий зависит от принятой схемы установки и режима работы мельниц.

Конические мельницы обычно устанавливают в первом или во втором этаже размольного отдела. Очень часто их устанавливают непосредственно перед бумагоделательной машиной. Мешальные же бассейны для неразмолотой и размолотой массы устанавливают в первом этаже.

При установке нескольких конических мельниц по схеме с рециркуляцией «на себя» целесообразно устанавливать над ними общий переливной желоб, разделенный на отделения по числу мельниц, с подвижными переливными перегородками. В этом случае коммуникации от мельниц к желобу сильно упрощаются и любая мельница может быть выключена из работы и заменена другой без нарушения нормального хода процесса.

При установке мельниц по схеме с дросселированием на выходе коммуникации оказываются более сложными, так как все мельницы между собой соединяются массопроводами. При этом предусматривается возможность выключения из схемы любой мельницы.

Каждая коническая мельница должна иметь свой индивидуальный электродвигатель с регистрирующей аппаратурой, расположенной на панели непосредственно у мельницы. Ввиду того, что большинство конических мельниц оборудованы пока еще ручным устройством для присадки ротора, лучшим методом контроля присадки являются показания амперметра и поэтому рабочий устанавливает присадку ротора, ориентируясь обычно на нагрузку двигателя мельницы по амперметру.

За последнее время некоторые фирмы стали снабжать свои конические мельницы автоматически действующими присадочными устройствами, регулирующими перемещение ротора по заданному программному графику, а также поддерживающими постоянной нагрузку двигателя мельницы при ее работе. В одном из таких устройств ротор перемещается пневматически, в другом — посредством электродвигателя. В обоих случаях имеется также ручное управление работой мельницы.

Применение непрерывного размола массы в конических мельницах позволяет автоматизировать процесс подготовки бумажной массы, требует малого количества аппаратов, меньшей площади, меньшей затраты энергии и рабочей силы по сравнению с рольным размолом и обеспечивает получение более однородной массы.

Мельницы Мордена. Мельница Мордена является разновидностью конической мельницы с регулируемым рециркуляционным потоком массы внутри самой мельницы. Она очень компактна, производительна, отличается большой гибкостью в работе и позволяет вести достаточно эффективно как рафинирование, так и размол с укорочением волокна.

Первые конструкции мельниц Мордена работали как циклические. Масса в них подавалась периодически через короткие промежутки времени небольшими порциями, циркулировала некоторое время между ножами ротора и статора, а затем выбрасывалась наружу. Вместо нее в мельницу подавалась новая порция неразмолотой массы и т. д. Время пребывания массы между ножами можно

Рис. 34. Мельница Мордена:
1 — общий вид и разрез мельницы; *2* — ротор; *3* — статор; *4* — рециркуляционный клапан; *5* — присадочный маховичок; *6* — крыльчатка

было регулировать, что давало возможность изменять степень помола массы и производительность мельницы.

Современная мельница Мордена (рис. 34) представляет собой размалывающий аппарат непрерывного действия. Мельница состоит из вращающегося полого ротора, соединенного непосредственно с электродвигателем эластичной муфтой, и подвижного статора (кожуха), соединенного в трех точках с маховичком присадочного механизма. Ротор и статор неразъемные и изготовлены из отдельных отливок из специальной стали. Ножи на роторе установлены на таком же расстоянии, как и у барабанов ролла, а на статоре более часто.

Масса подается насосом внутрь полого ротора под давлением около 1,75 атм и при помощи крыльчатки, насаженной на конце

вала, прогоняется между ножами ротора и статора с широкого конца мельницы на узкий. Давление массы на выходе при работе с рециркуляцией составляет тоже 1,75 атм, при работе же без циркуляции — оно повышается до 2,1 атм. Из выпускной камеры при помощи специальных клапанов масса может направляться на выход или снова в приемную камеру, а затем обратно в мельницу. В первом случае мельница будет работать с однократным пропуском массы, во втором случае с многократным (с рециркуляцией). Величина рециркуляционного потока массы, а следовательно, степень обработки волокна и производительность мельницы, могут регулироваться в широких пределах при помощи указанных клапанов.

До 1952 г. мельницы Мордена выпускались одного типа с двигателем мощностью 110 квт для размола сульфитной целлюлозы и мощностью 150 квт для размола сульфатной целлюлозы. Число оборотов ротора 750—900 в минуту, вес мельницы 2,3 т, число ножей на роторе 40 и на статоре 63. Окружная скорость ротора на широком конце аппарата 15,5—21 м/сек. Максимальная пропускная способность аппарата до 100 т/сутки. Коэффициент полезного действия мельницы 60—65%.

В настоящее время описанные выше мельницы применяются в первой ступени размола, для второй же ступени размола с целью лучшего укорочения волокна теперь выпускаются мельницы второго типа, отличающиеся от первых более длинным ротором с меньшим углом конуса, более частым расположением ножей и направлением потока массы с узкого конца в широкий. Эти мельницы работают без рециркуляции с однократным пропуском массы.

Конические мельницы Мордена работают при концентрации массы от 2 до 5% и применяются при выработке широкого ассортимента бумаги: писчей, печатной, крафт-мешочной, папиросной, пергамина и другой.

Мельницы Мордена устанавливаются в качестве самостоятельных размалывающих аппаратов непрерывного действия как в размольно-подготовительном отделе, так и непосредственно перед бумагоделательной машиной. При необходимости получить высокую степень помола их ставят последовательно по две и более в одном потоке.

Очень часто мельницы Мордена используются при размоле массы для выработки жиронепроницаемых видов бумаги, в частности для изготовления подпергамента и пергамина, при этом их ставят непосредственно перед бумагоделательной машиной. Например, на одной крупной бумагоделательной машине с суточной производительностью около 100 т подпергамента установлена 21 мельница такого типа. Каждая мельница имеет производительность около 5 т/сутки при помоле массы около 70°ШР. При этом расход энергии на 1 т бумаги составляет около 460 квт-ч (или 8 квт-ч°/ШР)). По данным фирмы, расход энергии на размол в этих аппаратах ниже, чем при размоле в роллах, на 30—50%.

Дисковые рафинеры

Дисковые рафинеры являются размалывающими аппаратами непрерывного действия. Они находят в настоящее время широкое применение в производстве бумаги, картона, полуцеллюлозы и древесно-волокнистых плит. Дисковые рафинеры применяются как для непрерывного размола бумажной массы, так и для домалывания и рафинирования массы после других размалывающих аппаратов и устанавливаются по аналогичным схемам включения, как и конические мельницы.

В странах Европы дисковые рафинеры не получили еще значительного распространения в качестве размалывающих аппаратов для бумажного производства. Однако в Канаде и США они применяются столь же широко, как и конические мельницы, конкурируя с ними.

В настоящее время выпускаются три основных типа дисковых рафинеров: 1) с двумя дисками, из которых один вращающийся; 2) с двумя вращающимися в разные стороны дисками и 3) с тремя дисками, из которых вращается один средний.

К первому типу дисковых рафинеров относятся рафинеры Сутерленда и Спраут-Вальдрона. Они имеют цельнометаллическую гарнитуру и по своему размалывающему действию соответствуют гидрофайнерам.

Ко второму типу дисковых рафинеров относится мельница Бауера и рафинер Р-Ф-2Д отечественного машиностроения. Эти конструкции обладают цельнометаллической гарнитурой и применяются для размола щепы и волокнистых отходов в производстве древесно-волокнистых плит и разных видов картона.

К третьему типу рафинеров относится мельница Бертрама, снабженная дисками с отдельными закрепленными на них ножами. Мельница Бертрама обладает режущим действием и укорачивает волокна так же, как и мельница Жордана.

Рафинер Сутерленда. Рафинер Сутерленда (рис. 35) имеет два диска, из которых один неподвижен, а другой вращается от электродвигателя через эластичную муфту. Масса подается под напором по трубе и через центральное отверстие в неподвижном диске проходит в зазор между дисками рафинера. Далее под влиянием центробежной силы и напора масса продвигается к периферии, подвергаясь обработке между размалывающими поверхностями дисков.

Диски рафинера толщиной 50 мм цельнометаллические, сменные с выфрезерованными на них канавками. Общий срок службы дисков до 10 лет, а время между проточками для возобновления канавок около 6—8 месяцев. Присадка размалывающих органов производится перемещением в осевом направлении неподвижного диска посредством поршня, действующего под давлением масла.

Процесс размола в рафинере Сутерленда можно регулировать, изменяя степень присадки дисков, пропускную способность рафи-

нера и давление массы при входе. Максимальное удельное давление 2,2 кг/см². При понижении давления массы до 0,2 кг/см² электродвигатель автоматически отключается, чтобы поверхность дисков не оказалась поврежденной. Рафинеры работают при концентрации массы от 3 до 4,5% и применяются для размола бумажной массы при выработке всевозможных видов бумаги (в том числе мешочной, оберточной, салфеточной, книжных, писчих, шелковки, а также крафт-картона). Кроме того, эти рафинеры используются для рафинирования целлюлозы и полуцеллюлозы после варки.

Рис. 35. Рафинер Сутерленда:

1 — неподвижный диск; *2* — вращающийся диск; *3* — вход массы; *4* — гидравлический цилиндр для присадки неподвижного диска; *5* — манометр; *6* — указатель перемещения диска; *7* — регулирование давления воды на поршень

Рафинеры Сутерленда выпускаются трех величин с дисками диаметром 810, 1067 и 1220 мм и с двигателем для рафинера второй величины мощностью 260 квт, а для третьей — 370 квт. Число оборотов дисков может изменяться в пределах 360—514 об/мин, при среднем значении 450 об/мин для рафинеров второй и третьей величины.

Двухдисковые рафинеры с двумя вращающимися дисками. Рафинер этого типа (рис. 36) состоят из двух цельнометаллических дисков со сменными секторами с выфрезерованными на их поверхности канавками. Оба диска вращаются в разные стороны от двух электродвигателей. Волокнистый материал подается специальным питателем через боковое отверстие в одном из дисков. Присадка дисков осуществляется осевым перемещением одного из дисков при помощи ручного маховичка со стороны, противоположной входу массы.

Рафинеры этого типа применяются для рафинирования волокнистых отходов при выработке грубых оберточных видов бумаги и картона, а также для размола щепы в производстве древесно-во-

локнистых плит. Размол щепы производится при высокой концентрации — 12—15%.

Рафинер марки Р-Ф-2Д отечественного изготовления имеет диски диаметром 915 мм и 1000 об/мин. Каждый диск приводится во вращение отдельным электродвигателем мощностью по 120 квт. Питатель вращается от небольшого электродвигателя мощностью 1 квт.

Мельницы Бауера этого типа выпускаются разных размеров с двигателем мощностью 100, 300, 400 и 750 л. с. Фирма Бауер выпускает также рафинеры аналогичной конструкции, но с одним вращающимся диском.

Рафинер Бертрама. Рафинер Бертрама (рис. 37) имеет три диска, из которых два крайних неподвижные, а средний вращающийся. На обеих поверхностях среднего диска, а также на внутренних поверхностях крайних дисков укреплены ножи из бронзы или нержавеющей стали, при этом на среднем диске ножи насажены радиально, а на крайних дисках — под небольшим углом к радиальному направлению.

Рис. 36. Дисковый рафинер Бауера: *1* и *2* — вращающиеся диски; *3* — рабочая часть дисков; *4* — вход массы; *5* — выход массы; *6* — поступление массы в рафинер

Масса подается по трубе с торцовой поверхности неподвижного диска из напорного ящика под давлением около 4 м водяного столба, проходит между первой парой дисков от центра к периферии и далее проталкивается против действия центробежной силы через вторую пару дисков, после чего выходит через боковое отверстие неподвижного диска наружу.

Присадка производится осевым перемещением неподвижных дисков при помощи ручного маховичка и червячной передачи. Средний диск приводится во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу.

Рафинер Бертрама предназначается для размола целлюлозы при выработке бумаги широкого ассортимента как чисто целлюлозной, так и с содержанием древесной массы в композиции. Ниже приведена характеристика рафинера Бертрама.

Характеристика рафинера Бертрама

Диаметр неподвижных дисков в мм	1320
» подвижного диска в мм	1420
Число оборотов диска в минуту	164
Мощность двигателя в квт	135
Общее число ножей на дисках	960
Длина ножей на первой паре дисков в мм	305
» » » второй » » » »	254
Толщина ножей в мм	6
Секундная режущая длина в м	88 000
Поверхность соприкосновения ножей в см²	2850

Дисковый рафинер Бертрама, так же как и мельница Жордана, обладает режущим действием и может применяться для укоро-

Рис. 37. Рафинер Бертрама:
1 — вращающийся диск; *2* — неподвижные диски; *3* — ножи; *4* — вход массы; *5* — выход массы; *6* — присадочное устройство; *7* — вал

чения и рафинирования волокна. Иногда рафинер Бертрама, так же как и конические мельницы Жордана, устанавливаются непосредственно перед бумагоделательными машинами.

Эффект размола на рафинере Бертрама, так же как и для любого размалывающего аппарата непрерывного действия, зависит от пропускной способности. Эта зависимость показана в табл. 17.

Таблица 17

Влияние пропускной способности рафинера Бертрама на эффект размола сульфитной беленой целлюлозы (по данным ЦНИИБ)

Пропускная способность в кг/час	Концентрация массы в %	Степень помола массы по ШР			Удельный расход энергии в квт-ч/°ШР·т
		начальная	конечная	прирост	
1130	2,88	37	44	7	10
351	2,80	38	67	29	17
123	2,78	36	83	47	16

Данные табл. 17 показывают, что между эффектом размола и производительностью рафинера имеется обратная зависимость и что при малой пропускной способности можно получить высокий прирост степени помола по ШР за один проход массы через рафинер. Расход энергии на размол был наименьшим при большей пропускной способности рафинера.

Роллы непрерывного действия

Незадолго до Второй мировой войны появились роллы непрерывного действия, конструкция которых была разработана на основе применения размалывающего оборудования обыкновенного ролла периодического действия. Так появились конструкции роллов непрерывного действия Фойта, Смит-Эгайна, роллофайнер, ротобитер и некоторые другие. У нас уже после войны была разработана конструкция ролла непрерывного действия РАНД.

Для всех этих конструкций, кроме двух последних, характерно использование размалывающей гарнитуры и присадочного устройства обыкновенных роллов, применение более длинного барабана и отсутствие ванны. Кожух без ножей здесь охватывает всю свободную поверхность барабана над планками. Подача массы в зону размола между ножами планки и барабана производится по массопроводу под небольшим давлением с одного конца, а выходит размолотая масса с другого конца барабана, после того как она несколько раз пройдет зону размола, обогнув барабан по спирали столько же раз. Спиральное движение массы вокруг барабана (или вокруг планки) обусловливается непрерывной подачей свежей массы по трубопроводу и вытеснением ею массы, циркулирующей между кожухом и барабаном в процессе размола. Для упорядочения спирального движения массы вокруг барабана в некоторых конструкциях применялась установка специальных направляющих

перегородок под колпаком барабана, однако, как показала практика, эти перегородки мало помогали процессу размола и вызывали лишь дополнительное сопротивление прохождению массы.

Роллы непрерывного действия могут работать при высокой концентрации массы (в пределах 6—8%) и могут применяться для размола массы при выработке весьма разнообразного ассортимента бумаги со средней и низкой степенью помола массы.

По сравнению с роллами периодического действия они занимают меньшую площадь, расходуют меньше энергии и требуют меньше

Рис. 38. Ролл непрерывного действия Фойта

обслуживающего персонала. Уменьшение расхода энергии здесь, так же как и при непрерывном размоле в роллах периодического действия, происходит главным образом за счет сокращения мертвого времени на загрузку и выпуск массы, так как обе эти операции осуществляются равномерно и непрерывно и все роллы работают с постоянной присадкой барабанов.

Роллы непрерывного действия устанавливаются, так же как и конические мельницы, последовательно по два, три и более аппаратов в одной цепочке, в зависимости от требуемой степени помола массы.

Ролл непрерывного действия Фойта (рис. 38) выпускался четырех размеров с барабаном диаметром 1250 мм и длиной от 1250 до 2000 мм. Потребляемая мощность от 40 до 110 л.с., в зависимости от характера гарнитуры и степени присадки. Число оборотов рольного барабана в минуту 153 при окружной скорости барабана 10 м/сек. Число ножей на барабане 72, на планках 30. Тип гарнитуры и толщина ножей у отдельных роллов могут быть различными.

В настоящее время выпускаются более совершенные трехбарабанные роллы непрерывного действия Бертрам-Джонса и «Вик-

тори», конструкция которых разработана на основе конструкций описанных нами ранее роллов периодического действия аналогичного наименования.

Крестовые мельницы

Конструкция крестовой мельницы была разработана в Германии незадолго до Второй мировой войны и предназначалась для выработки разных видов бумаги из массы жирного помола.

Рис. 39. Крестовая мельница (*а*) и схема ее установки (*б*):
1 — напорный бачок; *2* — мельница; *3* — переливной ящик; *4* — бассейн

Крестовая мельница (рис. 39) имеет статор цилиндрической формы и ротор, состоящий из отдельных сегментов, которые закреплены шарнирно на валу.

Статор представляет собой разъемный чугунный барабан изнутри футерованный базальтовыми плитами, на поверхности которых имеется насечка в виде канавок, расположенных параллельно оси барабана. С торцов к барабану прикреплены чугунные днища.

Ротор состоит из вала с жестко насаженными на нем крестовинами. Концы крестовин посредством системы шарниров и рычагов эластично связаны с размалывающими базальтовыми сегментами, имеющими обтекаемую форму. Наружные поверхности сегментов имеют насечку в виде канавок, расположенных под углом к оси вала. Общее число камней на роторе у мельницы первой величины 16 (четыре ряда по длине вала).

В последних конструкциях мельниц в средней части ротора перпендикулярно оси укреплен металлический диск, делящий пространство на две камеры. Этот диск предназначен также для устранения быстрого перемещения массы без размола вдоль мельницы.

Шарнирно-рычажная система подвески сегментов ротора позволяет им раздвигаться под действием центробежной силы и при-

жиматься к футеровке барабана с разным давлением в зависимости от числа оборотов ротора.

Масса подается в мельницу непрерывно из напорного переливного ящика по трубопроводу, соединенному со штуцером в торцовом днище мельницы. Выпуск размолотой массы из мельницы производится также непрерывно через штуцер, соединенный с выпускным отверстием внизу другого днища мельницы. Для регулирования степени заполнения мельницы и времени пребывания массы в мельнице (что влияет на производительность и эффект обработки массы) выпускной штуцер соединен с ящиком, имеющим переливную перегородку, высоту которой можно изменять.

Крестовые мельницы обычно работают при концентрации массы 2—5%. Процесс размола регулируется путем изменения числа оборотов ротора, времени пребывания массы в мельнице и концентрации массы.

Крестовые мельницы можно использовать как самостоятельные размалывающие аппараты непрерывного действия и как домалывающие аппараты после роллов или конических мельниц. В первом случае они устанавливаются до машинного бассейна, а во втором случае после него.

На крестовых мельницах можно получать очень жирный помол массы, пригодный для выработки жиронепроницаемых видов бумаги. Прирост степени помола по ШР за один проход мельницы может достигать очень высоких значений (до 30—40° ШР и выше), однако производительность мельницы при этом сильно снижается.

Характеристика крестовых мельниц Штреккера

Величина	0	1
Производительность в т/сутки	1—5	5—35
Мощность двигателя в квт	26—33	48—55
Число оборотов ротора в минуту	110—150	65—80
Длина статора (наружная) в мм	1400	2300
Диаметр статора в мм	1000	1500

Крестовые мельницы находят ограниченное применение в европейских странах, в Америке же они совсем не применяются. Вместо них для выработки жиронепроницаемых видов бумаги там часто используются мельницы Мордена.

РАЗМОЛ ПРИ ПОМОЩИ УЛЬТРАЗВУКА

Как известно, человеческое ухо воспринимает звук частотой до 16 000—20 000 колебаний в секунду (16—20 килогерц). Звук с более высокой частотой — ультразвук находит применение в технике и, в частности, в бумажном производстве.

Ультразвук, являясь особой формой механической энергии, подчиняется общим волновым законам, согласно которым между

скоростью распространения звуковых волн v, длиной волны λ и частотой f имеется зависимость

$$v = f\lambda, \tag{33}$$

или

$$\lambda = \frac{v}{f}. \tag{34}$$

Звуковое поле характеризуется частотой, звуковой мощностью и интенсивностью мощности. При прохождении ультразвуковых волн через жидкость происходит так называемая к а в и т а ц и я — образование быстро чередующихся сгущений и разрежений, в результате чего жидкость нагревается, а при наличии двух несмешивающихся между собой жидкостей происходит их эмульгирование. Этим свойством ультразвука пользуются в технике для получения эмульсий и суспензий.

Работами Букингема, Симпсона и Мэзона, а также Джайме и Розенфельда установлено, что при воздействии ультразвука на волокнистую суспензию наблюдается эффект размола волокон. При этом процесс идет в направлении микрофибрилляции волокна без укорочения последнего и без существенного повышения градуса помола по ШР. Отлитая из такой массы бумага отличается высокой механической прочностью. Джайме и Розенфельд установили также, что обработка волокна ультразвуком значительно повышает степень его набухаемости.

Используемые в лабораторных установках ультравибраторы, в которых звуковые волны создаются пьезоэлектрическим способом при помощи высокочастотного электрического генератора, пока не нашли применения в практике размола. Для этой цели стали применяться аппараты, в которых ультразвуковые колебательные движения производятся высокочастотной механической вибрацией суспензии в элементах аппарата. Одним из таких аппаратов является супратонатор, появившийся недавно в промышленности.

С у п р а т о н а т о р (рис. 40) по своей конструкции напоминает комбинацию из конической мельницы и дискового рафинера. Он состоит из короткого конического ротора с большой конусностью, который у широкого конца переходит в плоский диск, и статора такой же формы. На конической части ротора и статора имеются продольно выфрезерованные ножи, как у гидрофайнера, на внутренней же поверхности дисков имеются очень узкие радиальные канавки, более широкие и прямые на статоре и сходящие на нет на роторе. Ротор приводится во вращение от двигателя с числом оборотов 3000 — 4000 в минуту и работает с постоянным зазором между дисками 0,5 мм, который устанавливается при помощи винта.

Волокнистая масса поступает в супратонатор с узкого конца по трубе под давлением, проходит через коническую часть и далее выбрасывается в дисковую часть аппарата, где, попадая в канавки, испытывает быстро сменяющиеся воздействия сжатия и разрежения

с частотой ультразвука, в результате которых волокно фибриллируется, а пучки волокон подвергаются весьма энергичному разделению на волокна.

Супратонатор типа 400 при малых габаритах обладает производительностью 500—4000 кг/час и потребляет 40 квт. Оптимальная концентрация при размоле 4—5%, однако он может работать при концентрации в пределах 2—8%. Предназначается супратонатор главным образом для размола макулатуры. При двух-трехкратных

Рис. 40. Супратонатор:
1 — ротор; *2* — статор; *3* — дисковая часть аппарата; *4* — поступление массы; *5* — выход размолотой массы

пропусках через аппарат масса целиком освобождается от узелков и пучков. Расход энергии примерно в два раза ниже, чем на других аппаратах непрерывного и периодического действия. Супратонатор нашел применение также и для размола целлюлозы при выработке впитывающих и пухлых видов бумаги (салфеточная, туалетная и др.).

ГИДРОРАЗМОЛ

Гидроразмолом называют процесс размола волокна, в котором эффект размола достигается за счет ударного действия жидкой волокнистой массы о жесткую преграду и путем трения волокон друг о друга и о преграду.

Аппаратура, применяемая для гидроразмола, состоит из мешального бассейна с циркуляционным устройством, многоступенчатого центробежного насоса, подающего массу под давлением 6—10 ат к одной или нескольким насадкам в виде брандспойтов; и подвижной или неподвижной преграды, установленной под некоторым углом к струе массы, которая выбрасывается насосом через насадку. Размол ведется до достижения желаемой степени помола при концентрации массы 3—4% по схеме «циркуляция на

бассейн». Масса забирается насосом из мешального бассейна, отбрасывается струей на преграды и снова стекает в тот же бассейн.

При наличии двух приемных бассейнов процесс размола массы, переключения задвижек, перекачки готовой массы и подачи в приемный бассейн неразмолотого волокна можно полностью автоматизировать подобно тому, как это представлено на рис. 33, *б* для размола по периодической схеме с двумя бассейнами для конических мельниц.

Для гидроразмола большое значение имеют форма и характер преграды, концентрация массы и давление, при котором отбрасывается струя. Как показали исследования В. Г. Маркова, лучшие результаты дает подвижная преграда с рифленой поверхностью по сравнению с неподвижной преградой с такой же поверхностью и установленной под углом 45° к струе. Подвижная преграда может выполняться в виде рифленого вращающегося диска или валика, на которые отбрасывается насосом струя массы. Хорошие результаты дает также обтекаемая гладкая преграда W-образной формы, при которой волокнистая масса растекается сравнительно тонким слоем и под влиянием центробежной силы испытывает интенсивное трение о поверхность и внутрижидкостное трение за счет различия в скоростях движения отдельных слоев струи (рис. 41).

Рис. 41. Схема установки для гидроразмола:

1 — массные бассейны; *2* — насос высокого давления; *3* — аппарат для гидроразмола с W-образной преградой

Ввиду того что главная часть энергии при гидроразмоле расходуется насосом, для экономичности процесса очень важно работать с более высокой концентрацией массы. Увеличение напора массы также повышает эффект размола, но вместе с тем резко увеличивает и расход энергии насосом.

При гидроразмоле почти совсем не происходит укорочения волокон, однако степень помола повышается. При длительной циркуляции массы в процессе гидроразмола В. Г. Марков добивался достижения степени помола массы 90° ШР даже при размоле прочной сульфатной целлюлозы. При этом средняя длина волокон превышала 2 мм, а полученная из такой массы бумага отличалась высокой механической прочностью по сопротивлениям разрыву и излому.

Таким образом, при гидроразмоле происходит главным образом расчесывание и гидратация волокон без их заметного укорочения. Применение этого метода для размола длинноволокнистых и прочных материалов экономически не оправдывается. Этот метод при-

годен и экономически целесообразен при переработке макулатуры, когда волокна уже укорочены предыдущим размолом и необходимо только разъединить их и слегка гидратировать.

КУРЛАТИРОВАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Курлатирование — новый процесс обработки целлюлозы перед размолом. Он разработан после Второй мировой войны и состоит в том, что волокнистая масса при концентрации около 20% подвергается рафинирующему действию двух металлических плит, обладающих специальной шероховатой поверхностью и находящихся в круговом движении. Целлюлоза распадается при этой концентрации на отдельные мелкие комочки, которые катаются между плитами. При этом волокна хорошо рафинируются, разъединяются и приобретают перегибы, искривления и закрученность. Степень обработки волокон характеризуется так называемым фактором закручивания или числом полученных перегибов.

Обработанная таким образом целлюлоза приобретает новые свойства. Она быстрее размалывается по сравнению с необработанной целлюлозой, и при ее размоле требуется меньший расход энергии. Выработанная из такой целлюлозы бумага отличается большей пухлостью и впитывающей способностью, меньшей прозрачностью, лучшей белизной и большей растяжимостью. Механическая прочность бумаги по сопротивлению разрыву и излому несколько понижается, а по сопротивлению раздиранию повышается по сравнению с бумагой, выработанной из некурлатированного волокна. Очень важным свойством курлатированной целлюлозы является снижение сорности и полное устранение пучков непровара.

Процесс курлатирования является полезным при выработке бумаги для печати, а также впитывающих видов бумаги.

При курлатировании очень жесткой целлюлозы повышенного выхода (до 52%) можно получить мягкую на ощупь целлюлозу без пучков непровара и с относительно невысокой сорностью.

Схема курлатора представлена на рис. 42. Курлатор имеет два диска диаметром 1320 мм, расположенных горизонтально. Нижний диск неподвижен, а верхний имеет круговое вращение от эксцентрика со скоростью около 1—1,5 м/сек. Давление между дисками регулируется и нормально при работе должно составлять около 0,8 кг/см . Масса при концентрации около 3—4% поступает в центральную часть между дисками и здесь сгущается на сите до 20%, после чего продвигается к периферии, подвергается обработке между дисками и распадается на отдельные комочки. После прохождения между дисками масса снова разбавляется оборотной водой, отделенной от волокна при сгущении, и направляется на дальнейшую очистку.

Рис. 42. Курлатор:

а — вид сверху; *б* — вид сбоку; *1* — вход массы; *2* — перфорированная плита; *3* — крыльчатка; *4* — неподвижный диск; *5* — вращающийся диск; *6* — оборотная вода; *7* — рабочая поверхность диска

Курлатор имеет производительность 40 т в сутки и потребляет около 55 квт. Следовательно, удельный расход энергии на этот процесс составляет около 32 квт-ч/т.

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РАЗМОЛЬНОГО ОТДЕЛА

К вспомогательному оборудованию размольно-подготовительных отделов относятся: мешальные бассейны, мешальные роллы, насосы, регуляторы концентрации и композиции массы и, наконец, аппаратура для предварительного измельчения и роспуска волокнистых материалов, в том числе и для переработки оборотного брака.

Мешальные бассейны.

Мешальные бассейны строятся двух основных типов с лопастным мешальным устройством и с циркуляционным устройством в виде пропеллера или гонного колеса. Емкость бассейнов может быть различной и зависит от требований в отношении желательного запаса массы на данной стадии производства.

При подготовке массы в роллах емкость так называемого подрольного, или промежуточного, бассейна рассчитывается на вместимость 3—5 роллов, а при выработке конденсаторных видов бумаги — на 1—2 ролла. При непрерывном способе подготовки массы в конических мельницах объем приемных бассейнов для неразмолотой целлюлозы и бассейнов для размолотой бумажной массы рассчитывают на запас массы для 1—2 часов работы.

При этом чем лучше оснащено производство регулирующей аппаратурой, тем меньший запас массы можно иметь в бассейнах.

Обычно наибольшей емкости ставятся буферные бассейны между бумажной фабрикой и древесно-массным или целлюлозным заводами для создания запасов полуфабрикатов в жидком виде. Иногда такие бассейны достигают огромных размеров в 1000—2000 м^3 и более.

Подробнее мешальные бассейны описаны в 5 главе книги.

Мешальные роллы.

Мешальные роллы по существу представляют собой мешальные пропеллерные бассейны и предназначаются для смешения волокнистых компонентов, а также осуществления в них процессов проклейки и наполнения при раздельной зарядке полуфабрикатов в роллах. Иногда мешальные роллы применяются и при непрерывном размоле массы в конических мельницах или в других аппаратах.

Лопастные мешальные бассейны для этой цели непригодны, так как они не обеспечивают быстрого перемешивания массы.

Емкость мешального ролла выбирают, исходя из загрузки в него целой партии роллов, удобной для составления требуемой композиции бумаги по волокну и с учетом разбавления массы при

спуске роллов. Обычно устанавливают два спаренных между собой мешальных ролла, работающих поочередно: пока один из них заполняется массой и последняя подвергается процессу проклейки, масса из другого перекачивается в машинный бассейн.

При наличии мешальных роллов промежуточный мешальный бассейн между ними и машинными бассейнами становится ненужным.

Вблизи от мешальных роллов или прямо над ними устанавливаются мерники для рабочих растворов клея, глинозема и наполнителей. В эти мерники растворы поступают периодически из соответствующих запасных сборников. Мешальные роллы устанавливают обычно в первом этаже под обычными роллами, из которых масса выпускается самотеком.

Регуляторы концентрации массы

Постоянство концентрации бумажной массы — необходимое условие для обеспечения нормальной работы бумагоделательной машины и выработки однородной бумаги по весу 1 м^2 и другим свойствам.

На старых предприятиях массу разбавляли вручную, а для того, чтобы сгладить имеющие место при загрузке и выпуске отдельных роллов колебания в концентрации, применяли возможно большие объемы подрольных и машинных бассейнов.

На современных предприятиях массу разбавляют посредством регуляторов концентрации. Обычно регуляторы концентрации массы устанавливаются при перекачке массы из одного бассейна в другой в размольно-подготовительном отделе и при подаче массы на бумагоделательную машину из машинного бассейна.

Обычно все регуляторы концентрации работают только на разбавление, прибавляя большее или меньшее количество воды к перекачиваемой массе. На рис. 43 показана типичная схема установки регулятора концентрации массы в размольном отделе при перекачке массы из подрольного бассейна в машинный. Регулятор системы Тримбей устанавливается над массным бассейном. Часть массы, перекачиваемой насосом из подробного бассейна в машинный бассейн, отводится на регулятор концентрации. Последний, в зависимости от степени разбавления массы, воздействует на водяную задвижку и добавляет во всасывающий патрубок насоса большее или меньшее количество воды для разбавления массы.

При одноступенчатой схеме регулирования обычно не удается получить достаточно устойчивую и постоянную концентрацию массы в процессе ее подготовки. Поэтому практикуют двухступенчатое и даже иногда трехступенчатое регулирование концентрации массы с установкой регуляторов как в размольном отделе, так и непосредственно перед бумагоделательной машиной.

В настоящее время в бумажной промышленности находят применение различные конструкции регуляторов концентрации массы.

Наибольшее распространение из них имеют регуляторы системы: Тримбей, Селль, Фойт-Пальма, Де-Цурик, Челле, Арка-Рагнар и некоторые другие.

Действие первых трех регуляторов основано на изменении уровня в сосуде при протекании массы различной концентрации через изогнутую трубу (система Тримбей), щель (система Фойт-Пальма) или по наклонному желобу (регулятор Селль). Это изменение уровня массы воспринимается поплавком и служит импульсом для регулирования положения водяной задвижки на трубопро-

Рис. 43. Схема установки регулятора концентрации массы системы Тримбей: *1* — массный насос; *2* — массопровод; *3* — регулятор; *4* — задвижка; *5* — водяной трубопровод; *6* — мешальный бассейн

воде, подающем воду для разбавления массы В конструкции Селля положение задвижки изменяется посредством троса, в конструкции Тримбей — при помощи храпового колеса и колебательных движений стремячка, приводимого в движение от небольшого мотора, в конструкции Фойт-Пальма — при помощи пневматически работающего поршня.

Действие трех последних регуляторов основано на изменении сопротивления вращению тела определенной формы в массе под влиянием изменения концентрации. Ввиду того что первые три регулятора широко известны и неоднократно описывались в нашей литературе, приводим описание последних трех конструкций.

Регулятор Де-Цурик. Широкой известностью в США и Канаде пользуется регулятор концентрации Де-Цурик (рис. 44), который

часто устанавливают прямо в переливном бачке после машинного бассейна. Через регулятор проходит вся масса. В центральной части бачка вращается от маленького электродвигателя трехлопастная

Рис. 44. Регулятор концентрации массы системы Де-Цурик:

а — план; *б* — разрез; *1* — поступление массы; *2* — перелив; *3* — вода для разбавления; *4* — крыльчатая мешалка; *5* — мотор; *6* — дифференциал; *7* — регулирующий клапан; *8* — поршневой цилиндр; *9* — водяная задвижка; *10* — массная задвижка; *11* — рычаг для регулирования концентрации; *12* — выход массы

мешалка, подвешенная сверху шарнирно. Электромотор соединен с валом мешалки через дифференциальную балансирующую зубчатую передачу. Действие регулятора основано на том, что при

изменении концентрации массы изменяется крутящий момент или потребляемая мощность для вращения мешалки. Это приводит к перемещению дифференциальной шестерни, а вместе с ней и рычага, который изменяет положение поршня в гидравлическом цилиндре, контролирующем задвижку на водяном трубопроводе для подачи воды на разбавление массы. Вода подается непосредственно к мешалке в среднее отделение ящика. Благодаря этому в обратный перелив идет неразбавленная масса. Это имеет большое значение для успешной работы регулятора концентрации массы, так как масса в машинном бассейне не разбавляется за счет перелива массы с меньшей концентрацией.

Рис. 45. Схематический разрез регулятора системы Челле:

1 — шпиндель с дисковой мешалкой; *2* — водяная турбинка; *3* — подвод воды; *4* — цилиндрический сосуд с водой; *5* — корпус; *6* — подвод воздуха

Крутящее усилие мешалки уравновешивается пружиной, натяжение которой устанавливается на желаемую концентрацию массы.

Регулятор концентрации Де-Цурик отличается быстротой действия и надежностью в работе. Он успешно работает в пределах концентрации 2—5%, точность регулирования ± 0,1% и выше (до 0,02%).

Регулятор Челле. Регулятор Челле находит широкое применение в скандинавских странах. Принцип его действия основан на изменении скорости вращения тела, погруженного в массу, при увеличении или уменьшении концентрации последней вследствие изменения вязкости.

Регулятор (рис. 45) состоит из вертикального шпинделя *1*, на нижнем конце которого насажен косо поставленный диск, вращающийся в массе. Шпиндель с диском приводится в движение от водяной турбинки *2*, на лопатки которой подается вода при давлении 2—5 кг/см^2 по трубке *3*. Вместе со шпинделем вращается цилиндрический сосуд *4* с водой, через который снизу продувается воздух, поступающий в корпус прибора *5* по трубке *6*.

При увеличении или уменьшении концентрации массы изменяется скорость вращения шпинделя, а это в свою очередь делает различным уровень воды в цилиндре, который имеет параболическую форму. Например, при увеличении скорости вращения уровень воды в центре цилиндра уменьшается, а по краям повышается.

Рис. 45а. Схема установки регулятора системы Челле:

1 — массный бассейн; *2* — насос; *3* — переливной бачок; *4* — регулятор; *5* — вода для вращения турбинки; *6* — регистратор концентрации; *7* — пневморегулятор положения водяной задвижки

Таким образом, высота слоя воды, через который продувается воздух, изменяется, а следовательно, изменяется и давление воздуха, подаваемого на пневматический регулятор, управляющий водяной задвижкой, через которую подается вода на разбавление массы.

Регулятор Челле отличается высокой чувствительностью и

быстро реагирует на изменение концентрации массы. Он может применяться для массы в пределах концентрации 2—8%. Точность регулирования 0,02%. Регулятор обычно устанавливается по схеме, показанной на рис. 45а.

Регулятор Арка-Рагнара. Этот регулятор по принципу действия сходен с регулятором Де-Цурик. Датчиком его служит вращающийся в массе полый шар диаметром 200—250 мм с числом оборотов 68 в минуту, приводимый в движение от электромотора мощностью 0,2 квт через балансирующий редуктор. Редуктор состоит из двух пар шестерен, две из которых, промежуточные, могут проворачиваться на некоторый угол. Крутящий момент, действующий на редуктор вследствие трения о массу шара, уравновешивается пружиной. Натяжение пружины можно установить посредством винта соответственно различной концентрации. Перемещение балансирующего редуктора под влиянием крутящего момента вызывает переключение ртутного переключателя реверсивного мотора, соединенного цепной передачей с водяной задвижкой. Вода для разбавления массы подается из бака с постоянным напором во всасывающий патрубок массного насоса. Датчик регулятора (шар) устанавливается в среднем отделении переливного бачка, в который насосом подается масса.

Возможный предел регулирования концентрации массы 1,6—4%. Чувствительность регулятора ±0,03%.

Регуляторы композиции

При методах непрерывной подготовки массы смешение отдельных волокнистых компонентов, а также дозирование рабочих растворов клея, глинозема, наполнителей и красителей производятся при помощи регуляторов композиции и дозаторов. Наиболее широко распространен из них регулятор композиции Тримбей-Тиббитс, регулятор для пропорциональной подачи материалов Фишера и Поттера, а также системы Фоксборо.

Все регуляторы количества обычно дозируют жидкие материалы по объему, поэтому понятно, что они могут успешно работать только в том случае, если волокнистые материалы и рабочие растворы отрегулированы по концентрации и последняя поддерживается постоянной.

Регулятор системы Тримбей-Тиббитс. Регулятор Тримбей-Тиббитс (рис. 46) представляет собой ящик, состоящий из нескольких отделений по числу дозируемых компонентов. Он может иметь отделения для древесной массы, целлюлозы, бумажного (оборотного) брака, клея, наполнителя и краски. Размеры каждого отделения бывают различными и должны соответствать дозируемым объемам компонентов. Например, при дозировании компонентов для газетной бумаги наибольший размер должно иметь отделение для древесной массы, меньший размер для целлюлозы и бумажного брака и еще меньший для глинозема и краски.

Каждое отделение ящика разделяется вертикальной перегородкой от общей смесительной части ящика и между ними в вырезе, сделанном в перегородке, помещается мерный вращающийся на

Рис. 46. Смеситель системы Тримбей-Тиббитс:

1 — ящик регулятора; *2* — отделение для целлюлозы; *3* — отделение для древесной массы; *4* — камера смешения компонентов; *5* и *6* — поплавки; *7* — поступление целлюлозы; *8* — поступление древесной массы; *9* и *10* — переливные трубы; *11* — электродвигатель; *12* и *13* — мерные цилиндры; *14* — трубы для подачи растворов химикатов

вертикальной или горизонтальной оси ячейковый барабан. Жидкий компонент подается насосом в приемное отделение ящика, где поддерживается постоянный уровень при помощи труб с постоянным

переливом или поплавком, связанным с впускным клапаном. Отсюда жидкий компонент передается мерным барабаном в строго постоянном объеме в смесительную часть ящика, где отдельные компоненты смешиваются друг с другом и самотеком направляются в мешальный бассейн готовой массы.

Рис. 47. Регулятор пропорциональной подачи материалов Фишера и Поттера: *1* — мерная труба; *2* — мерный поплавок; *3* — ввод массы; *4* — шток поплавка; *5* — колено; *6* — пневматический датчик; *7* — регулятор соотношения компонентов; *8* — дроссельный клапан; *9* — фильтр для воздуха; *10* — воздушный редуцирующий клапан

Существует два типа смесителей Тримбей-Тиббитс. У одного смесителя уровень жидкого компонента поддерживается всегда постоянным, как было указано выше, а число оборотов мерного барабана регулируется. В другой конструкции, наоборот, мерный барабан вращается всегда с постоянной скоростью, а уровень жидкого компонента в приемном отделении ящика регулируется по высоте посредством телескопических переливных труб. Таким образом, в первой конструкции смесителя регулирование подачи массы достигается изменением числа оборотов мерного барабана, а во второй — изменением уровня компонента в приемном отделении ящика.

Регулятор подачи материалов системы Фишера и Поттера. Регулятор пропорциональной подачи материалов системы Фишера и Поттера (рис. 47) называется так потому, что он автоматически

поддерживает установленное соотношение между компонентами. Установка регулятора осуществляется по какому-либо одному из основных компонентов, например по целлюлозе, и если подача этого компонента почему либо изменяется, то это изменение служит импульсом для автоматического пропорционального изменения подачи и других компонентов.

Прибор состоит из двух частей: конической измерительной трубы и измерительного плавающего клапана. Масса проходит по трубе, поднимает поплавок и проходит через кольцевой зазор между поплавковым клапаном и конической насадкой трубы. Положение поплавкового клапана зависит от скорости движения массы и от ее подъемной силы.

Положение поплавкового клапана контролируется пневматическим передатчиком через стержень поплавка и преобразуется в соответствующее давление воздуха. При помощи воздуха, давление которого регулируется положением поплавкового клапана, осуществляется изменение в подаче остальных компонентов. Для этой цели на линии каждого жидкого компонента имеется соответствующий пневматический регулятор подачи.

Для непрерывного ввода в поток бумажной массы проклеивающих веществ, наполнителей, красителей и других добавок применяются дозаторы и других конструкций.

Дозаторы системы «Акуметр» сконструированы по принципу шестеренных насосов, у которых производительность может регулироваться в широком диапазоне путем изменения числа оборотов шестеренок и изменения рециркуляционного потока жидкости поступающей обратно в насос по обводному трубопроводу.

Дозатор системы Бедекера построен по принципу работы двухпоршневого насоса, производительность которого регулируется скоростью подачи жидкого компонента установочным клапаном, а объем поданного компонента регистрируется счетчиком.

Аппаратура для предварительного измельчения и роспуска волокнистых материалов

Как уже указывалось раньше, загрузка сухих листовых волокнистых материалов в роллы снижает их производительность, повышает расход энергии и требует лишней рабочей силы. Размалывающие же аппараты непрерывного действия вообще не могут работать на листовых полуфабрикатах без предварительного роспуска их в массу. Поэтому в любом случае целесообразно или даже необходимо предварительно измельчить или распустить в массу листовой волокнистый полуфабрикат и размалывать предварительно набухшее волокно.

Для предварительного измельчения и роспуска сухих волокнистых материалов служат бегуны, мельница Вурстера, разрыватели разных систем и гидроразбиватели. Эти же аппараты, кроме

некоторых систем разрывателей, служат также и для размола оборотного брака.

Бегуны. Применяются они для предварительного измельчения листовых полуфабрикатов и для размола проклеенного оборотного брака, который плохо распускается на волокна в других бракомольных аппаратах. Ввиду малой производительности бегуны применяются сейчас лишь на небольших и старых предприятиях.

Бегуны состоят из неподвижного, горизонтально расположенного камня-поддона и двух камней-бегунков, которые катятся по нижнему камню, вращаясь вокруг своих горизонтальных осей и вокруг вертикального главного вала бегунов. Верхнее пространство над поддоном ограничивается с боков чугунной чашей, в которую загружается сухой волокнистый материал. Бегунки так же, как и поддон, делают из гранита или базальта и рабочую поверхность их насекают в виде желобков и канавок. Бегунки имеют слегка коническую форму (степень конусности около 5%) и закреплены на разном расстоянии от центрального вала. Последний приводится во вращение от привода, расположенного в подвальном помещении под бегунами, при помощи массивной конической или цилиндрической шестерни. Число оборотов вала обычно находится в пределах 10—15 об/мин. Вместе с бегунками от того же вала движутся и два гребка, которые отгребают измельчаемый волокнистый материал от центра и наружного края чаши и направляют его снова под камни бегунков.

Размол полуфабрикатов и оборотного брака производится при увлажнении материала водой до влажности 74—75%.

Бегуны выпускаются разных размеров с чашей диаметром от 2,4 до 4,2 м и с бегунками диаметром от 1,3 до 2,2 м. Суточная производительность бегунов с чашей диаметром 3,3 м при размоле листовой целлюлозы и древесной массы составляет 4—5 т, а при размоле оборотного брака примерно вдвое меньше. Потребляемая мощность 20—30 квт.

Мельница Вурстера. Мельница Вурстера и другие аналогичные аппараты относятся к машинам, действие которых основано на трении сырой бумажной массы о вращающиеся в массе била и о стенки кожуха, а также на трении комков массы между собой.

Мельница Вурстера состоит из массивного разъемного чугунного кожуха, внутренняя поверхность которого имеет ребристую форму, и двух валов с массивными короткими билами, которые вращаются в противоположные стороны с различной скоростью. Сухой волокнистый материал загружается непрерывно с одного конца мельницы через открытую сверху воронку, а выгрузка размолотого материала производится также непрерывно с противоположного конца мельницы, через небольшое выпускное отверстие. Размол ведется при такой же влажности материала, что и на бегунах, т. е. при влажности 70—75%.

Мельницы Вурстера выпускаются разных величин с кожухом длиной от 1,5 до 2,5 м и с билами диаметром от 230 до 420 мм. Потребляемая ими мощность — от 10 до 50 квт. Производительность мельницы наиболее распространенной у нас величины с кожухом длиной 2,45 м и потребляемой мощностью около 25—30 квт, при размоле листовых полуфабрикатов составляет 8—12 т/сутки, а при размоле бумажного брака — 6—8 т/сутки.

Мельницы Вурстера хуже размалывают бумажный брак, чем бегуны. Для улучшения их работы и повышения производительности иногда перед ними ставят вращающийся барабан Нитгаммера, в котором бумажный брак увлажняется и размягчается.

Роллы для измельчения сухих листовых полуфабрикатов и оборотного брака. Существуют разнообразные конструкции роллов как периодического, так и непрерывного действия для роспуска листовых полуфабрикатов и для размола бумажного брака.

Эти роллы обладают открытой ванной и размалывающим барабаном с пилообразными или обыкновенными ножами большой толщины. Первые применяются при роспуске листовых полуфабрикатов, а вторые при переработке бумажного брака. Под барабаном располагается планка с небольшим количеством ножей. В некоторых конструкциях роллов вместо ножей на барабане ролла приварены металлические ребра толщиной до 25 мм. Присадочное устройство часто отсутствует и расстояние между ножами рольного барабана и планки делается постоянным. В некоторых конструкциях отсутствуют и планки.

Роллы непрерывного действия снабжаются сортировочным устройством для непрерывного отвода разбитого на волокна материала. Оно состоит из полого вращающегося перфорированного цилиндра или неподвижной сортировочной плиты, установленной в седловине горки, в колпаке или в другом месте.

В роллах для переработки макулатуры устраивают углубления в дне ванны, покрытые решеткой, так называемые песочники, для задержания тяжелых посторонних включений, а также устанавливают грабли для задержания веревок и тряпок.

К роллам непрерывного действия для переработки бумажного брака относятся роллы Эндлера, Калюжного, Куна, Стадлера и некоторые другие.

В настоящее время с появлением более простых и производительных аппаратов вроде гидроразбивателей указанные выше роллы (кроме ролла Стадлера) применяются редко. Ролл же Стадлера (рис. 48) применяется для переработки оборотного бумажного брака при выработке газетной и печатной бумаги на быстроходных машинах. Он устанавливается непосредственно под концом сушильной части бумагоделательной машины, и бумажный брак при обрывах в сушильной части и на каландре прямо через проем в перекрытии бумажного зала падает в ванну ролла. Форма ванны ролла Стадлера приспосабливается для удобного приема бумажного брака

от различных частей бумагоделательной машины: сушильной части, каландра, наката и перемотно-резательных станков. Иногда один такой ролл обслуживает две рядом установленные большие быстроходные машины.

Рис. 48. Бракомольный ролл Стадлера:
1 — разбивной барабан; *2* — лопастной барабан; *3* — экстрактор; *4* — приемник; *5* — электромотор (разрез по *I—I* дан в увеличенном масштабе)

Ролл Стадлера состоит из открытой железобетонной ванны кольцевой формы, разбивного барабана и медленно вращающегося лопастного барабана для погружения сухого брака в воду. Измельченная бумажная масса перебрасывается через барабан на сортировальную плиту, снабженную приспособлением для очистки, и, пройдя щелевые отверстия последней, поступает в приемник, от-

куда насосом непрерывно перекачивается в размольно-подготовительный отдел. Роллы Стадлера работают при концентрации 1,5—2%. Один такой ролл может обслужить машину производительностью 200—300 т/сутки. Часто один такой ролл устанавливают на две большие машины.

Разрыватели для влажных рулонов целлюлозы и тряпичной полумассы. Разрыватели этого типа предназначаются для предварительного измельчения влажных рулонов целлюлозы и тряпичной полумассы, поступающих с пресспата без сушильной части при влажности около 70%.

Разрыватель представляет собой металлический барабан с зубьями или выступами, вращающийся в кожухе, к которому через патрон, расположенный наклонно над барабаном, подаются цепным транспортером влажные рулоны полуфабриката диаметром 300—350 мм и длиной до 1,5 м. Число оборотов барабана составляет от 350 до 600 в минуту, установочная мощность двигателя 30—37 квт, производительность 40—75 т/сутки.

Измельченный полуфабрикат влажностью около 70% представляет собой лепестки разной формы и размеров. Такой материал может транспортироваться пневматическим способом по трубам, при помощи ленточных транспортеров и его можно загружать в роллы посредством бункеров или пневматически через циклон.

Разрыватели для сухих листовых полуфабрикатов. Для разрывания на кусочки, а также для роспуска в волокнистую массу листовой сушеной целлюлозы и древесной массы применяются иногда разрыватели, состоящие из транспортирующего механизма для отдельных листов или даже целых кип и разрывающего барабана, выполненного в виде отдельных бил с большими зубьями и прокладками между ними. В некоторых конструкциях барабан вместо зубьев имеет откидные стальные била. Для компенсации ударов аппарат снабжается тяжелым маховым колесом.

Разрыватели, превращающие листовой полуфабрикат в жидкую массу, снабжаются увлажнительным устройством в виде спрысковой трубы, которая устанавливается перед разрывающим барабаном, и железобетонной ванны под барабаном.

Производительность таких разрывателей составляет от 40 до 100 т в сутки при установочной мощности двигателя от 30 до 40 квт. В настоящее время разрыватели этого типа почти полностью вытеснены гидроразбивателями.

Гидроразбиватели. Они получили широкое распространение в практике бумажного производства после Второй мировой войны и в настоящее время являются основными аппаратами для роспуска сухих волокнистых материалов, бумажного брака и макулатуры. Гидроразбиватели отличаются высокой производительностью, простотой устройства, обслуживания и экономичной работой.

Гидроразбиватель (рис. 49) состоит из цилиндрической со сферическим днищем открытой сверху ванны и вращающегося на

вертикальной оси от привода диска с ножами, насаженными под некоторым углом к радиусу диска. Диск вмонтирован в центральную плоскую часть днища ванны и выполнен из металла. Такие же

Рис. 49. Гидроразбиватель:

а — план; *б* — разрез; *1* — ванна; *2* — шабер; *3* — неподвижные ножи; *4* — переливной ящик; *5* — стальной диск с лопастями; *6* — приемная коробка; *7* — сито; *8* — электродвигатель

ножи, как и на диске, установлены и в неподвижной части днища ванны. Между этими рядами ножей в днище ванны установлено перфорированное металлическое сито с отверстиями диаметром 6—8 мм,

через которые волокнистая масса непрерывно отводится из гидроразбивателя в нижнюю приемную камеру, соединенную трубопроводом с переливной перегородкой, позволяющей устанавливать нужный уровень в ванне. Ванна гидроразбивателя выполняется из чугуна или железобетона. Очень часто она изнутри выкладывается глазурованными плитками. Привод гидроразбивателя помещается снизу ванны в нижнем или полуподвальном этаже.

Гидроразбиватели выпускаются и могут работать как аппараты непрерывного действия с непрерывной загрузкой и выпуском массы и как аппараты периодического действия. В первом случае они работают при концентрации около 2%, а во втором — до 5% и даже выше. Гидроразбиватели периодического действия снабжаются массивной крыльчаткой, насаженной на вал в центре диска, для лучшей циркуляции густой массы. Перфорированное сортировальное сито для отбора распустившейся массы, приемная камера и переливной ящик в этом случае не нужны. Распущенная на волокна масса спускается из ванны гидроразбивателя периодически, после чего производится загрузка ванны. Производительность аппаратов непрерывного действия выше, чем аппаратов периодического действия.

Гидроразбиватели строятся самых разнообразных размеров с ванной диаметром от 1,2 до 6,1 м и с производительностью от 9 до 190 т/сутки. Мощность двигателя в этих условиях находится в пределах 15—150 квт. При той же производительности затрачиваемая аппаратами периодического действия мощность выше на 25—40% по сравнению с аппаратами непрерывного действия. Ввиду того, что гидроразбиватели непрерывного действия работают при относительно низкой концентрации массы, ее приходится сгущать перед размолом, чего не делают при работе гидроразбивателей периодического действия.

При увеличении диаметра отверстий сита до 12—14 мм концентрация массы может быть повышена до 3—4% при непрерывной работе гидроразбивателя. В этом случае отпадает необходимость сгущения массы перед размолом в конических мельницах.

Действие гидроразбивателя основано на интенсивном трении комков массы друг о друга и о ножи при циркуляции массы в ванне аппарата. При этом укорочения волокон не происходит совсем, жирность же массы повышается незначительно. Производительность аппаратов непрерывного действия можно повысить за счет увеличения диаметра отверстий сортирующих сит, однако при этом увеличивается количество неразбившихся пучков волокон и комочков. Добиваться полной ликвидации пучков волокнистой массы и повышения степени помола массы путем уменьшения размера отверстий сит в аппаратах непрерывного действия или путем удлинения оборота гидроразбивателя при периодической его работе не следует, так как это приводит к резкому снижению производительности. Нужно помнить, что гидроразбиватель— не размалывающий

аппарат и что операцию размола он не может выполнять эффективно — так, как это делает, например, коническая мельница или гидрофайнер.

В последнее время появилось несколько новых конструкций гидроразбивателей, отличающихся друг от друга формой ванны, формой и расположением ножей циркуляционного устройства и их количеством. В одной из таких конструкций гидроразбивателя Мордена имеется неподвижное кольцо с ножами и подвижный (вращающийся) диск с ножами. Присадочное приспособление позволяет устанавливать необходимый зазор между ножами ротора и статора и регулировать действие аппарата. Благодаря этому гидроразбиватель Мордена быстро распускает на волокна не только хорошо клееную, но даже и влагопрочную бумагу, чего нельзя получить на обычном гидроразбивателе.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПОДГОТОВКИ МАССЫ

Выбор технологической схемы подготовки массы определяется типом размалывающего оборудования, методом ведения процесса размола, композицией массы и требованиями, которые предъявляются к бумаге. Ниже рассматриваются наиболее типичные схемы размола и подготовки массы.

Рис. 50. Схема смешанной зарядки в роллах:
1 — роллы; 2 — клей; 3 — глинозем; 4 — наполнитель; 5 — массный бассейн; 6 — насос; 7 — машинный бассейн

Схема смешанной зарядки в роллах (рис. 50). В этой схеме производится совместная загрузка и размол различных волокнистых полуфабрикатов в одном и том же ролле. Здесь же выполняются обычно процессы проклейки бумаги, введения наполнителей и краски. Иногда проклейка и наполнение осуществляются в отдельном мешальном ролле. Готовая бумажная масса спускается в промежуточный, расположенный под роллами мешальный бассейн и оттуда перекачивается насосом или выливается самотеком в машинный бассейн. При перекачке массы из подрольного в машинный бассейн и оттуда на бумагоделательную машину возможна установка регуляторов концентрации массы.

По этой схеме работают старые предприятия с небольшой производительностью и вырабатывающие бумагу сложной композиции.

Схема раздельной зарядки в роллах (рис. 51). При выработке бумаги с содержанием тряпичной полумассы размол целлюлозы

и гряпичной полумассы производится раздельно в разных роллах. Размолотые волокнистые материалы выпускаются в определенной пропорции в один из двух мешальных роллов, где и вводятся проклеивающие и наполняющие материалы. После этого масса перекачивается насосом в машинные басейны. Композиция по волокну составляется обычно выпуском роллов в определенном количественном соотношении. Поэтому каждый мешальный ролл должен вмещать партию из четырех-шести роллов с учетом разбавления массы при выпуске ее из роллов и с учетом введения рабочих растворов клея, наполнителя и глинозема. Два мешальных ролла устанавливаются для того, чтобы готовые роллы не простаивали по окончании размола и процесс проклейки массы протекал нормально в определенной последовательности с необходимыми интервалами ввода в массу химикатов.

Рис. 51. Схема раздельной зарядки в роллах:

1 — роллы; 2 — мешальные роллы; 3 — машинные бассейны; 4 — насос; 5 — клей; 6 — глинозем; 7 — наполнитель; 8 — регулятор концентрации массы

Размолотый оборотный брак по этой схеме обычно поступает в один из роллов, служащий в качестве мерника, и оттуда в определенном количестве направляется в мешальный ролл вместе с другими размолотыми волокнистыми полуфабрикатами. Регулятор концентрации массы устанавливается обычно после машинных бассейнов.

При выработке массовых видов бумаги, содержащей в своей композиции древесную массу, размолу подвергается только одна целлюлоза. Древесная же масса добавляется к размолотой целлюлозе в мешальный ролл, в котором составляется композиция бумаги и осуществляются, как и в предыдущем случае, процессы проклейки и наполнения.

Схема непрерывной подготовки бумажной массы при выработке массовых видов бумаги, в том числе и газетной (рис. 52). При выработке массовых видов бумаги, в композицию которых входит сульфитная целлюлоза и значительное количество древесной массы (писчая и печатная бумага № 2, 3 и др.), применяется следующая типовая схема. Целлюлоза в жидком виде поступает из целлюлозного завода, сгущается на вакуум-фильтрах или сгустителях и направляется в приемный бассейн. Отсюда она, пройдя регулятор концентрации массы, насосом подается на одну или несколько

конических мельниц, подвергается размолу и поступает в бассейн размолотой массы. Древесная масса также поступает из древесно-массного завода в жидком виде, сгущается на сгустителях и направляется в приемный бассейн. Отсюда, пройдя регулятор концентрации, она насосом непрерывно подается в бассейн для массы регулированной концентрации. Далее размолотая целлюлоза и отрегулированная по концентрации древесная масса непрерывно подаются каждая своим насосом в смеситель Тримбей-Тиббитс, куда также поступают потоки бумажного брака и химикатов, после смешения с которыми готовая бумажная масса самотеком направляется в промежуточный подрольный бассейн и оттуда перекачивается уже в сдвоенный машинный бассейн. После машинного бассейна часто устанавливается рафинирующая коническая мельница для выравнивания помола массы. Для лучшего регулирования концентрации древесной массы и размолотой целлюлозы устанавливаются обычно регуляторы концентрации второй ступени. Кроме того, иногда до или после машинного бассейна размещают регуляторы концентрации и третьей ступени.

Рис. 52. Схема непрерывной подготовки массы при выработке массовых видов бумаги, содержащей древесную массу:

1 — приемные бассейны; *2* — конические мельницы; *3* — бассейны регулированной концентрации; *4* — смеситель Тиббитса; *5* — массный бассейн; *6* — машинный бассейн; *7* — насос; *8* — регулятор концентрации массы; *9* — клей; *10* — наполнитель; *11* — глинозем; *12* — бракомольная установка; *13* — сгуститель; *14* — аккумулятор брака

Сухой оборотный брак распускается на волокнистую массу в гидроразбивателе или в ролле непрерывного действия и после сгущения до концентрации около 3% поступает в сборник размолотого брака. Отсюда бумажный брак, пройдя регулятор концентрации, направляется в рафинирующую коническую мельницу для устранения неразмолотых пучков бумаги и далее поступает в смеситель Тримбей-Тиббитс. Мокрый бумажный брак обычно прямо подается насосом из мешалки под гауч-прессом в проме-

жуточный мешальный бассейн, так как он не требует особого размола.

Сгусток с флотационных или фильтрующих ловушек может подаваться прямо в промежуточный бассейн, а с ловушек отстойного типа — в бракомольную установку или в поток древесной массы.

При выработке хорошо клееных видов бумаги проклеивающие и наполняющие материалы подаются непрерывно через смеситель Тримбей-Тиббитс, а глинозем вводится непрерывно при помощи дозатора во всасывающий патрубок насоса после промежуточного бассейна.

При выработке газетной бумаги применяется такая же, но несколько упрощенная схема. Целлюлоза обычно размалывается на гидрофайнерах, промежуточный бассейн исключается из схемы и готовая бумажная масса после смесителя Тиббитса направляется прямо в машинный бассейн. На некоторых современных установках нет машинного бассейна, а вместо него установлен небольшой сборник массы емкостью 4—5 м^3, из которого масса подается непосредственно на машину. При наличии рафинирующей мельницы для размола бумажного брака после бракомольного ролла и при размоле целлюлозы на гидрофайнерах установки рафинирующей мельницы после машинного бассейна также не требуется.

Схема непрерывной подготовки массы для целлюлозных видов бумаги (рис. 53). Эта схема может применяться при выработке чисто целлюлозных видов бумаги типа писчей и печатной № 1, а также при выработке технических видов бумаги из сульфатной целлюлозы типа кабельной, патронной и мешочной.

Целлюлоза в жидком виде подается на сгуститель или вакуум-фильтр и поступает в приемный бассейн (см. рис. 53, *а*). Отсюда она через регулятор концентрации массы направляется в подготовительный бассейн, куда из дозаторов поступают рабочие растворы проклеивающих веществ, наполнителя и краски. Отсюда неразмолотая целлюлоза насосом непрерывно подается на одну или несколько конических мельниц, после которых размолотая масса попадает в промежуточный подрольный бассейн и далее направляется насосом через регулятор концентрации в машинный бассейн. Глинозем подается непрерывной струей через дозатор в промежуточный бассейн после конических мельниц, сюда же подается мокрый бумажный брак из гауч-мешалки и сгусток от флотационных или фильтрующих ловушек. Размолотый брак после гидроразбивателей направляется в приемный бассейн целлюлозы и вместе с последней проходит в дальнейшем через конические мельницы.

При размоле сульфатной целлюлозы для выработки электроизоляционных или мешочных видов бумаги можно также применить эту схему, но с некоторыми изменениями. Размол сульфатной целлюлозы целесообразно проводить в две ступени: 1) на

гидрофайнерах при более высокой концентрации и 2) на конических мельницах Жордана при более низкой концентрации массы.

Гидрофайнеры следует устанавливать до промежуточного мешального бассейна, а конические мельницы Жордана — между

Рис. 53. Схема непрерывной подготовки массы для целлюлозных видов бумаги:

а — из беленой целлюлозы; *б* — из сульфатной небеленой целлюлозы; *1* — вакуумфильтр; *2* — приемный бассейн; *3* — насос; *4* — регулятор концентрации; *5* — промежуточный массный бассейн; *6* — машинный бассейн; *7* — конические мельницы Жордана; *8* — гидрофайнеры; *9* — гидроразбиватель; *10* — клей; *11* — наполнитель; *12* — краска; *13* — глинозем; *14* — ловушка

промежуточным и машинным бассейнами. Такая схема показана на рис. 53, *б*.

В случае применения сухой привозной целлюлозы в обоих случаях она распускается на гидроразбивателях и после сгущения до 3—5% поступает в приемный бассейн. Затем она обрабатывается по тем же схемам, что и целлюлоза, поступающая жидким потоком из своего целлюлозного завода.

Схема подготовки массы в роллах при выработке электроизоляционных видов бумаги. При выработке конденсаторной, кабель-

ной и телефонной бумаги применяется размол сульфатной целлюлозы в роллах с базальтовой и смешанной гарнитурой в первой ступени с последующим домолом и регулированием качества массы в конических мельницах, установленных после машинного бассейна. Схема такой установки показана на рис. 54. В случае выработки конденсаторной бумаги все роллы в первой ступени размола снабжаются базальтовой гарнитурой. При выработке же кабельной или телефонной бумаги часть роллов устанавливается с базальтовой гарнитурой, а часть с ножевой.

Рис. 54. Схема подготовки массы в роллах для электроизоляционных видов бумаги:

1 — роллы; *2* — массный бассейн; *3* — машинный бассейн; *4* — насос; *5* — регулятор концентрации массы; *6* — коническая мельница

При выработке кабельной или телефонной бумаги сульфатная целлюлоза может с успехом размалываться на конических мельницах непрерывным способом, как было показано в схеме на рис. 53,*в*.

Упрощенная схема подготовки массы для пергамина и тонких видов бумаги односторонней гладкости (рис. 55). При выработке тонких санитарно-гигиенических видов бумаги, требующих непродолжительного размола массы, а также при выработке жиронепроницаемых видов бумаги типа пергамина и подпергамента, для изготовления которых требуется, как известно, относительно продолжительный размол целлюлозы, в практике зарубежных предприятий находит широкое применение непрерывный размол массы на мельницах Мордена, устанавливаемых непосредственно перед бумагоделательной машиной. В этом случае в машинный бассейн поступают неразмолотые волокнистые материалы в жидком виде, распущенные на волокна в гидроразбивателе или поступающие из сборника сгущенной целлюлозы. Между приемным басейном для жидкой целлюлозы и машинным бассейном устанавливается регулятор концентрации массы. Неразмолотая масса в случае выработки бумаги односторонней гладкости поступает на одну или более конических мельниц (или мельницу Мордена), пройдя регулятор концентрации массы второй ступени, направляется непосредственно в переливной массный бачок и далее в смесительный насос, где разбавляется оборотной водой, проходит очистную аппаратуру и поступает на бумагоделательную машину.

При выработке жиронепроницаемых видов бумаги для размола массы устанавливаются параллельно несколько последовательно работающих мельниц Мордена, количество которых находится в зависимости от степени помола массы и производительности потока,

Такая схема отличается большой простотой и гибкостью в работе. Управление работой мельниц сосредоточено в этом случае у сеточника.

Схема непрерывного размола массы в роллах периодического действия (по методу Щеглова). Привозная целлюлоза распускается на гидроразбивателях и поступает в приемный бассейн. Отсюда

Рис. 55. Схема подготовки массы для тонких видов бумаги односторонней гладкости и пергамина с использованием мельниц Мордена:

1 — гидроразбиватель; *2* — приемный бассейн; *3* — насос; *4* — машинный бассейн; *5* — мельница Мордена; *6* — смесительный насос; *7* — очистная аппаратура; *8* — бумагоделательная машина

она непрерывно загружается в крайний ролл и постепенно переходит из ролла в ролл по желобам, установленным между роллами.

Из последнего ролла масса непрерывно отводится таким же образом, как и от других роллов, в промежуточный подрольный бассейн и затем перекачивается насосом в машинный бассейн, откуда через рафинирующую коническую мельницу подается на бумагоделательную машину.

Рабочий раствор клея подается непрерывно в первый или второй по ходу массы ролл, а глинозем — в последний ролл или в промежуточный бассейн. Поток наполнителя может подаваться в один из роллов также непрерывно.

ГЛАВА 3

ПРОКЛЕЙКА БУМАГИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для придания бумаге некоторых специфических свойств применяют проклеивающие вещества и минеральные наполнители.

В настоящей главе рассматривается применение проклеивающих материалов, к числу которых относятся канифоль, парафин, силиконы, животный клей, крахмал, казеин, латекс, жидкое стекло, некоторые синтетические смолы, битум и некоторые другие. Из этого далеко не полного перечня видно, что для проклейки бумаги применяются разнообразные материалы растительного и животного происхождения, а также минеральные и искусственные органические вещества.

Цель введения различных проклеивающих веществ: 1) придать бумаге гидрофобные свойства и сделать ее пригодной для письма чернилами, 2) повысить связь волокон в бумажном листе, увеличить его прочность и сомкнутость, снизить деформацию бумаги, улучшить отделку бумаги и некоторые другие.

В соответствии с этим можно условно разбить вещества, применяемые для проклейки, на две основные группы: вещества для придания гидрофобности бумаге и связывающие вещества.

К первым относятся канифоль, парафин, монтанвоск, мерсайз, силиконы, ко вторым — животный клей, казеин, крахмал, латекс, влагопрочные смолы, жидкое стекло, карбоксиметилцеллюлоза и некоторые другие производные целлюлозы. Некоторые из проклеивающих веществ, например латекс, выполняют в известной мере обе задачи. Другие применяются для придания бумаге особых, специфических свойств, например, прочности во влажном состоянии и др.

По методу введения проклеивающих веществ в бумагу различают проклейку в массе и поверхностную проклейку. В первом случае проклеивающее вещество добавляется непосредственно в бумажную массу еще до изготовления из нее бумаги, вследствие чего бумага оказывается проклеенной в толще листа. Во втором случае проклейке подвергается уже готовая бумага путем пропитки ее в растворе клея или нанесения клея на поверхность листа другим способом, или, наконец, путем обработки

бумаги газообразными гидрофобизирующими продуктами. Во всех этих случаях бумага подвергается обработке клеящими или гидрофобизирующими веществами лишь с поверхности, а в толще листа остается непроклеенной.

Поверхностная проклейка может осуществляться на отдельных машинах или непосредственно на бумагоделательной машине; в клеильном прессе, а также в каландре.

ПРОКЛЕЙКА БУМАГИ КАНИФОЛЬНЫМ КЛЕЕМ (СМОЛЯНАЯ ПРОКЛЕЙКА)

Цель смоляной проклейки бумаги заключается в том, чтобы сообщить бумаге гидрофобные свойства, снизить впитывающую способность бумаги по отношению к воде и водным растворам или сделать бумагу пригодной для письма чернилами. Непроклеенная бумага обладает высокой впитывающей способностью, быстро намокает в воде и теряет при этом свою прочность. Такая бумага не пригодна для письма чернилами, так как последние расплываются по поверхности и проходят на другую сторону листа.

Проклейке подвергаются такие виды бумаги как писчая, документная, литографская, офсетная, чертежная, рисовальная, фотоподложка, мундштучная, обойная, перфокарточная и многие другие.

По степени проклейки бумагу можно разделить условно на три группы: сильноклееные виды бумаги, вырабатываемые при расходе канифоли от 1,5—2% до 3,5—4%* (писчая, тетрадная, чертежная, фотоподложка и др.), слабоклееные виды бумаги, изготовляемые при расходе канифоли от 0,5 до 1% (типографская, для глубокой печати, перфокарточная, мешочная, пачечная и др.) и неклееные. К последней группе относятся электроизоляционные виды бумаги (кабельная, телефонная, конденсаторная и др.), впитывающие и фильтрующие виды бумаги разных наименований, газетная, папиросная и пр.

Основным материалом для проклейки бумаги служит канифоль. Частично канифоль можно заменить при проклейке бумаги такими материалами, как парафин, монтанвоск и некоторыми другими, но полноценными заменителями канифоли их считать нельзя, так как первый обычно применяется только в смеси с канифольным клеем, а второй — только при выработке низкосортных и темных по цвету видов бумаги.

Большие перспективы открываются с разработкой методов гидрофобизации бумаги при помощи кремнийорганических соединений. В настоящее время разрабатываются два таких метода: газовая проклейка готовой бумаги при помощи летучих кремний-

* Количество расходуемой канифоли выражается в процентах от веса волокна.

органических соединений и проклейка в массе еще до изготовления из нее бумаги. Первый из этих методов более сложен в аппаратурном оформлении и вреден для здоровья рабочих, второй же требует сравнительно длительного прогрева бумаги при высокой температуре, что не может быть достигнуто при обычной сушке бумаги. С преодолением указанных выше затруднений кремний-органические соединения могут найти широкое применение для проклейки бумаги и, может быть, даже вытеснят совсем канифоль.

Поверхностная проклейка готовой бумаги методом ее погружения в клеящие растворы применялась ранее, до изобретения смоляной проклейки, и в качестве клеящих веществ для этой цели применялся главным образом животный клей. В настоящее время этот способ проклейки применяют только при выработке специальных видов бумаги для придания им повышенной механической прочности и лучшего внешнего вида.

ТЕОРИЯ ПРОКЛЕЙКИ БУМАГИ СМОЛЯНЫМ КЛЕЕМ

Сущность проклейки бумаги смоляным клеем заключается в том что канифоль, являющаяся по своей природе смесью смоляных кислот (состава $C_{20}H_{30}O_2$ с одной карбоксильной группой), омыляют [1] щелочью и полученный клей разводят в воде. Клеевая эмульсия может иметь различный состав в зависимости от количества щелочи, взятой на омыление. При полном омылении всех смоляных кислот, содержащихся в канифоли, получают так называемый нейтральный, или полностью омыленный, клей. При недостаточном количестве щелочи, взятой на варку канифоли, получают клей с содержанием свободной, неомыленной канифоли. Различают две разновидности такого клея: так называемый белый клей с содержанием свободной смолы до 40—45% и высокосмоляной клей с содержанием свободной смолы около 70—90%.

Полученная тем или иным способом клеевая эмульсия вводится в бумажную массу в процесе ее размола или сразу же после размола волокнистых материалов и их смешения и после соответствующего перемешивания осаждается на волокне сернокислым глиноземом или квасцами. Смоляные частицы фиксируются на волокне и при последующем отливе и сушке бумаги на бумагоделательной машине приобретают свойства гидрофобности, сообщая эти свойства бумаге.

Смоляная проклейка изобретена Иллигом в 1807 г. Не вдаваясь в рассмотрение развития взглядов на процесс проклейки, рассмотрим сущность явлений, происходящих при изготовлении клея и при проклейке бумаги.

---

[1] Термин «омыление» не совсем верен, так как фактически здесь имеет место нейтрализация кислоты щелочью, однако ввиду его широкого распространения среди бумажников мы сохраняем его.

Явления, протекающие при изготовлении клея

При варке канифоли со щелочью происходит образование смолянокислого натрия в результате реакции едкого натра или соды с органическими смоляными кислотами, содержащимися в канифоли, по формулам

$$C_{19}H_{29}COOH + NaOH \rightarrow C_{19}H_{29}COONa + H_2O, \quad (35)$$

$$2C_{19}H_{29}COOH + Na_2CO_3 \rightarrow 2C_{19}H_{29}COONa + H_2O + CO_2. \quad (36)$$

Кроме резината натрия[1], образуются также в первом случае вода, а во втором случае еще и углекислота, которая выделяется при варке в виде газа. Эти реакции следует рассматривать как типичные реакции нейтрализации кислоты щелочью. Для полного проведения этих реакций требуется около 13% NaOH и около 17% Na_2CO_3; при этом получается полностью омыленный, или нейтральный, канифольный клей. Если же взять количество щелочи, недостаточное для полного проведения указанных выше реакций, то часть смолы останется в свободном состоянии. Количество такой свободной смолы в клее может быть, как уже указывалось, различным в зависимости от количества щелочи, взятой на варку.

Клей, содержащий до 40—45% свободной, неомыленной смолы, хорошо диспергируется паровым инжектором, и полученная смоляная суспензия, разбавленная водой, имеет белый цвет, напоминая по своему виду молоко. По этой причине клеевую суспензию часто называют канифольным молочком, а этот вид клея — белым.

Клей, содержащий большее количество свободной смолы, не может быть получен указанным выше методом, так как он дает при этом малоустойчивую клеевую суспензию, выпадающую в осадок. Чтобы получить хорошую, устойчивую клеевую суспензию при большем количестве свободной смолы в клее, необходимо применение защитного коллоида, стабилизирующего суспензию. Такой высокосмоляной клей обычно получают механическим диспергированием частично омыленного клея при помощи быстроходной пропеллерной мешалки в присутствии казеината натрия. Последний служит стабилизатором суспензии и предохраняет смоляные частицы от выпадения в осадок.

Причиной стабилизации клеевой суспензии белого клея является образование сольватной оболочки вокруг частиц свободной смолы из адсорбированных молекул смолянокислого натрия, а также наличие заряда у частиц. При малом количестве смолянокислого натрия и большом содержании свободной смолы, как это имеет место у высокосмоляного клея, защитного действия смолянокислого натрия уже недостаточно, вследствие чего приходится применять защитный коллоид — казеин, обладающий большим зарядом по срав-

[1] Резинаты — соли смоляных кислот (*Ред.*)

нению с первым. Таким образом, заряд частиц и стабилизация клеевой суспензии высокосмоляного клея обусловлены не только смолянокислым натрием, но и казеином.

При вводе электролита электрокинетический потенциал смоляных частиц понижается и они выпадают в осадок. Полная коагуляция частиц происходит при стехиометрическом отношении между сернокислым алюминием и смолянокислым натрием, что соответствует изоэлектрическому состоянию смоляных частиц.

Как показал А. П. Петров, степень дисперсности суспензии высокосмоляного клея растет вместе с увеличением количества казеина и достигает максимума при содержании последнего около 12% по отношению к канифоли. При этом растет и устойчивость суспензии к коагулирующему действию электролитов. Чрезмерная устойчивость смоляной суспензии является вредной, так как при действии глинозема такая суспензия не коагулирует или коагулирует не полностью, что приводит к потере клея со сточными водами и к ухудшению проклейки бумаги.

Оптимальные свойства суспензии высокосмоляного клея в отношении устойчивости к коагулирующему действию электролитов получаются при содержании казеина в композиции клея от 2,5 до 4,5%. При таком количестве казеина суспензия клея достаточно устойчива и не осаждается солями жесткости воды, но хорошо коагулирует при добавлении сернокислого глинозема.

Явления, протекающие при проклейке бумажной массы

Явления, происходящие при проклейке бумажной массы, весьма сложны и до сих пор изучены недостаточно. Сложность процессов обусловлена коллоидной природой размолотого волокнистого материала и проклеивающих веществ, сложностью и изменчивостью состава клеевой суспензии и сернокислого глинозема, участвующих в реакции и подверженных гидролизу.

Возьмем для примера проклейку бумажной массы, состоящей из одной целлюлозы, белым клеем с содержанием свободной смолы 25—30% и посмотрим, что произойдет после прибавления к волокну смоляного клея и затем глинозема.

Как известно, суспензия белого смоляного клея состоит из омыленной части в виде резината натрия и белых смоляных шариков неомыленной смолы. Резинат натрия, являясь солью слабой кислоты и сильной щелочи, подвергается гидролизу, в результате чего образуется коллоидная смола и едкий натр.

$$C_{19}H_{29}COONa + H_2O \rightleftarrows C_{19}H_{29}COOH + NaOH. \qquad (37)$$

Как показали исследователи (Бьялковский, Гарольд, Шюц и Клаудиц), гидролиз смолянокислого натрия происходит лишь в присутствии волокон, когда образующаяся при гидролизе щелочь

поглощается и уходит из сферы действия. В этом случае количество гидролизованного резината натрия может достигнуть 60%. В чистых же водных растворах без наличия волокон этот гидролиз происходит в крайне незначительной степени.

Таким образом, при проклейке волокна белым и высокосмоляным клеями всегда в той или иной мере происходит указанная выше реакция гидролиза резината натрия и, следовательно, в клеевой суспензии появляется третий компонент — мелкодисперсная смола, которую в отличие от более крупных белых смоляных шариков неомыленной канифоли мы будем называть коллоидной смолой.

Оба компонента клея — коллоидная смола и белые смоляные шарики — обладают, так же как и целлюлозное волокно в водной суспензии, отрицательным зарядом и отталкиваются друг от друга. Поэтому для того, чтобы зафиксировать свободную смолу на волокне, необходимо перезарядить один из компонентов, участвующих в проклейке. Эту роль выполняет сернокислый глинозем, хотя этим его функция не ограничивается. Глинозем вступает также в химические и физико-химические реакции с резинатом натрия, солями жесткости производственной воды и зольными элементами волокна.

Сложность указанных выше реакций сернокислого глинозема с компонентами, участвующими в проклейке, усугубляется тем, что он также подвержен гидролизу и в зависимости от кислотности среды может присутствовать либо в диссоциированном состоянии в виде трехвалентных ионов алюминия с сильным положительным зарядом, либо в недиссоциированном состоянии в виде объемистого осадка гидрата окиси алюминия. Этот гидролиз происходит по схеме

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightleftarrows 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 \qquad (38)$$

или

$$2Al^{\cdots} + 3SO_4'' + 6H^{\cdot} + 6OH' \rightleftarrows 2Al(OH)_3 + 6H^{\cdot} + 3SO_4''.$$

При повышении кислотности среды увеличивается количество ионов алюминия, при повышении же щелочности, наоборот, увеличивается количество недиссоциированной на ионы гидроокиси алюминия. Каждый из компонентов глинозема вступает в соответствующие взаимодействия с волокном и клеевой эмульсией.

Диссоциированная часть глинозема вступает в химическую реакцию с резинатом натрия, при этом алюминий вытесняет натрий и становится на его место по схеме

$$6C_{19}H_{29}COONa + Al_2(SO_4)_3 \rightarrow 2(C_{19}H_{29}COO)_3Al + 3Na_2SO_4. \qquad (39)$$

Резинат алюминия нерастворим в воде и тотчас же выпадает в осадок, обволакивая волокно.

Ионы трехвалентного алюминия вступают также в обменную реакцию с катионами натрия, кальция и другими одно- и двухвалентными катионами золы волокна, что вызывает понижение заряда целлюлозы. Однако трудно допустить, чтобы эта обменная адсорбция катионов могла привести к перезарядке волокна, а потому эта реакция, по-видимому, не оказывает решающего влияния на процесс проклейки бумаги.

Недиссоциированная часть глинозема в виде гидроокиси алюминия адсорбирует из раствора трехвалентные ионы алюминия и приобретает сильный положительный заряд. Обладая большой поверхностью и зарядом, она коагулирует взвеси, в том числе и коллоидную смолу, которая адсорбирует на своей поверхности гидроокись, и, получив положительный заряд, оседает на волокна.

Свободная смола в виде белых смоляных шариков частично увлекается при осаждении хлопьевидного осадка резината алюминия, частично же осаждается на волокнах в результате электролитной коагуляции.

На удерживаемость клеевого осадка на волокне влияют, кроме электростатических сил, силы поверхностного натяжения. Удержанию клеевых частиц способствуют развитая поверхность волокон при жирном помоле и хорошая адсорбционная способность волокнистого материала. Ухудшает удержание клеевых частиц грубый и садкий помол волокна и сильное отсасывающее действие при обезвоживании бумажного полотна на сеточной части бумагоделательной машины.

В зависимости от кислотности среды указанные выше взаимодействия глинозема с компонентами клея и волокон количественно могут быть весьма различными, и это может оказать существенное влияние на результат проклейки бумаги.

Для получения лучшего эффекта проклейки необходимо поддерживать оптимальную активную кислотность среды после ввода глинозема. Ею, по-видимому, является pH 4,4—4,7 при проклейке бумаги нейтральным клеем и pH 5—5,5 — при проклейке высокосмоляным клеем.

Из теоретического рассмотрения вопроса видно, что для фиксации на волокне смоляных частиц при проклейке нейтральным клеем необходимо стремиться к тому, чтобы глинозем находился в диссоциированном на ионы состоянии и клеящий осадок в этом случае состоял главным образом из резината алюминия. При проклейке же бумажной массы высокосмоляным клеем главным проклеивающим агентом является свободная смола и для ее коагуляции и фиксации на волокне нужно стремиться к тому, чтобы создать условия для образования коллоидной гидроокиси алюминия при проклейке. Этим и объясняется различная оптимальная pH при проклейке разными по составу клеями. Белый клей по своим свойствам и поведению занимает промежуточное место между нейтральным и высокосмоляными клеями.

Эффект проклейки бумаги

Проклейка бумаги завершается во время ее сушки на сушильной части бумагоделательной машины. При этом оводненные (гидратированные) клеящие осадки, состоящие из смолянокислого алюминия и свободной смолы, освобождаются от воды и приобретают гидрофобные свойства. По мнению С. А. Пузырева и С. Н. Синьковой, смолянокислый алюминий в этих условиях разлагается с образованием свободной смолы и отщеплением гидроокиси алюминия, которая из аморфной переходит в кристаллическую. В результате сушки бумажный лист приобретает усадку, активная его поверхность со свободными ненасыщенными гидроксильными группами целлюлозы сокращается, размеры пор и капилляров уменьшаются и это также приводит к повышению гидрофобности бумаги.

Рис. 56. Зависимость между составом клея и температурой спекания (по Шюцу и Клаудицу)

Для получения лучшего эффекта проклейки процесс сушки бумаги в первой ее стадии до достижения влажности 50% следует вести осторожно при относительно низких температурах сушильной поверхности. Во второй же стадии сушки более сухой бумаги необходимо достижение более высоких температур. Низкие температуры в первой стадии сушки необходимы для того, чтобы предотвратить понижение степени дисперсности и слипание клеевых частиц, что может произойти при наличии большого количества воды в бумаге, так как смоляные частицы в этих условиях еще подвижны и могут мигрировать. Высокие температуры во второй стадии сушки бумаги способствуют гидрофобизации клеящего осадка.

Как показали Шюц и Клаудиц, температура, при которой происходит гидрофобизация клеящих осадков при смоляной проклейке, различна и зависит от содержания свободной смолы в клее. Они называют ее температурой «спекания» клеящего осадка. Согласно их данным температура спекания свободной смолы составляет 80—90°, а смолянокислого алюминия 130—140°.

Зависимость между составом клея и температурой спекания клеящего осадка, по данным этих исследователей, показана на рис. 56. Как видно из этих данных, для достижения хорошей проклейки бумаги при использовании полностью омыленного смоляного клея необходимо достижение высоких температур сушки, тогда

как при проклейке бумаги высокосмоляным клеем достаточно иметь температуру 90—100°.

Как показал Г. Ли, смола на волокне не образует сплошных пленок и не заполняет промежутков между волокнами, она располагается в виде мелких вкраплений на их поверхности и частично в капиллярах. Раньше существовало мнение, что смола заполняет поры между волокнами и покрывает сами волокна сплошной пленкой. Сторонником такой теории был, например, известный немецкий исследователь Клемм, который считал, что для получения хорошей проклейки бумаги необходимо вести процесс сушки ее так, чтобы не повредить клеевую пленку на волокне. Подобные мнения были опровергнуты расчетным путем Д. П. Жеребовым еще в 1910 г., однако экспериментально это было доказано Г. Ли только в 1936 г. Этот исследователь своими микрофотографиями показал также, что эффект проклейки зависит от степени дисперсности клеевых частиц и равномерности их распределения на волокне. Таким образом, эффект проклейки бумаги заключается в том, что гидрофобные частицы смолы, располагаясь на волокне и в капиллярах, делают бумагу гидрофобной, а поры антикапиллярными.

Проникновение жидкости в капилляры бумаги при отсутствии гидростатического давления жидкости можно выразить уравнением:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{r\sigma \cdot \cos\theta}{4l\eta}, \qquad (40)$$

где:

l — глубина проникновения жидкости в см;

t — время проникновения жидкости в сек.;

$\frac{dl}{dt}$ — скорость проникновения жидкости в капиллярах в см/сек;

r — радиус капилляров в см;

σ — поверхностное натяжение жидкости в дин/см;

θ — краевой угол смачивания между жидкостью и бумагой в град;

η — вязкость жидкости в паузах.

Из этого выражения видно, что скорость проникновения жидкости в бумагу, по существу являющаяся величиной, обратной степени проклейки, зависит в первую очередь от значения краевого угла смачивания θ, т. е. от степени гидрофобности бумаги. Она зависит также от радиуса капилляров, т. е. от степени помола и строения бумажного листа, понижаясь с уменьшением размеров пор и капилляров в бумаге. Остальные факторы являются постоянными для данной жидкости и вида бумаги.

Таким образом, при канифольной проклейке бумаги главный эффект проклейки получается за счет повышения гидрофобности поверхности бумаги, при которой увеличивается краевой угол смачивания. Пористость и воздухопроницаемость бумаги в результате проклейки незначительно повышаются, впитывающая же спо-

собность бумаги резко уменьшается. Механическая прочность бумаги в сухом состоянии снижается, однако это снижение никогда не бывает большим, так как количество смолы в бумаге невелико и обычно не превышает 3% от веса волокна. При меньшей же дозировке клея снижение механической прочности бумаги незаметно. Как уже указывалось, при намокании в воде бумага теряет свою первоначальную прочность. Проклеенная смоляным клеем бумага значительно медленнее намокает в воде по сравнению с непроклеенной бумагой и дольше сохраняет свою первоначальную прочность.

Смоляная проклейка оказывает влияние и на такие свойства бумаги, как деформация при увлажнении, мягкость, гладкость и белизна. Деформация проклеенной бумаги уменьшается вследствие увеличения ее гидрофобности. Мягкость же бумаги несколько понижается, так же как и гладкость бумаги при каландрировании.

Поскольку канифоль обладает желтым или бурым цветом, оттенок белой бумаги несколько снижается. Поэтому при выработке высокосортной белой бумаги рекомендуется применять более светлые сорта канифоли.

В области разработки современной теории процесса проклейки бумаги смоляным клеем большая заслуга принадлежит нашим соотечественникам Я. Г. Хинчину и Л. П. Жеребову, труды которых мы приняли за основу при изложении процессов, протекающих при проклейке бумаги.

Большой вклад в теорию и практику проклейки внесли также такие исследователи, как Вурстер, Н. Д. Иванов, Хауг, Шюц и Клаудиц, Гарольд и Бьялковский, Эман, Зибер, Хейзер, Рошир, Вигер и др. Вурстеру мы обязаны внедрением в практику проклейки белого клея, а Бруно Вигеру — клея с высоким содержанием свободной смолы.

При внедрении белого смоляного клея Вурстер исходил из неправильных теоретических предпосылок, но несмотря на это, его мысль о применении белого клея оказалась плодотворной. Вурстер считал, что при взаимодействии смолянокислого натрия с сернокислым глиноземом реакция не останавливается на образовании смолянокислого алюминия, а идет дальше. Он полагал, что смолянокислый алюминий реагирует с избытком глинозема и образует свободную смолу и основную соль сернокислого глинозема по схеме

$$(C_{19}H_{29}COO)_3Al + Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O \rightarrow 3C_{19}H_{29}COOH + \\ + 3Al(OH)(SO_4). \qquad (41)$$

Таким образом, по мнению Вурстера, в результате этих реакций на волокно при проклейке осаждается свободная смола, а не резинат алюминия. Вурстер полагал, что последний не обладает проклеивающими свойствами и приписывал эти свойства только свободной смоле. Исходя из этих представлений, он и пришел к выводу о це-

лесообразности получения белого, не полностью омыленного клея с содержанием свободной смолы.

Теория Вурстера (1877) пользовалась длительное время всеобщим признанием. Только в 1900 г. Л. П. Жеребов опроверг ее. Он доказал, что реакция, указанная выше, не происходит, что резинат алюминия всегда присутствует в бумаге и является проклеивающим агентом.

Факторы процесса проклейки

Протекание процесса проклейки бумаги зависит от многих факторов. Из них наибольшее значение имеют: качество клея и степень его дисперсности, кислотность среды при проклейке, порядок введения клеящих растворов в бумажную массу, температура массы при проклейке и температура сушки бумаги, качество производственной воды и свойства исходных волокнистых материалов, подвергаемых проклейке.

Кроме указанных, имеются и другие факторы, обилие которых усложняет процесс проклейки бумаги и в ряде случаев затрудняет его нормальное проведение. Этим и объясняются сравнительно частые затруднения при проклейке бумаги на предприятиях.

Качество клея и степень его дисперсности. Как мы уже видели, клей может содержать различное количество свободной смолы в зависимости от метода его приготовления. Выбор того или иного вида клея должен производиться с учетом местных условий на производстве и вида проклеиваемой бумаги. Из этих условий наибольшее значение имеют качество производственной воды, вид проклеиваемых волокнистых материалов и наполнителей, а также температурный режим сушки бумаги. Эти вопросы более подробно будут затронуты далее при рассмотрении соответствующих факторов проклейки.

Качество полностью омыленного клея определяется его чистотой и отсутствием свободной неизрасходованной щелочи, качество же белого и высокосмоляного клея определяется главным образом степенью дисперсности клеевых частиц в готовой эмульсии. Чем меньше и однороднее по размерам частицы, тем лучше клей и выше его кроющая способность. Грубодисперсная суспензия дает худшие результаты и может выпадать в осадок еще до использования.

Контроль за качеством смоляной суспензии следует осуществлять при помощи микроскопа. При увеличении 1 : 400 смоляные частицы размером от 0,1 до 1 микрона хорошо видны в микроскоп и находятся в броуновом движении.

Качество высокосмоляного клея обусловливается также и устойчивостью эмульсии к коагулирующему действию электролитов. Чрезмерная устойчивость, как уже указывалось, вредна и может привести к ухудшению проклейки.

Кислотность среды. Значение для проклейки конечной кислотности среды после прибавления сернокислого глинозема уже отмечалось на стр. 147. Имеет также значение и начальная кислотность бумажной массы при введении в нее клеевой суспензии. Однако пока нет еще единого мнения об оптимальной кислотности массы перед проклейкой. Так Лоренц, И. И. Богоявленский, Беннет и ряд других исследователей считают, что масса перед проклейкой должна быть нейтральной или слабощелочной. На этом основании они считают, что использование кислых оборотных вод для зарядки роллов ухудшает проклейку, и рекомендуют применять для зарядки роллов свежую воду.

Прайс, Камерон, а также Кейси, наоборот, считают, что подкисление воды перед проклейкой, в особенности при высокой ее жесткости, до pH 5—5,5, улучшает проклейку бумаги. При этом, по их мнению, лучшие результаты получаются при подкислении воды не глиноземом, а серной кислотой.

Исследования автора в этом направлении подтвердили выводы Прайса и Камерона. При использовании всех трех видов клея — нейтрального, белого и высокосмоляного лучшие результаты проклейки бумаги были в пределах начальной кислотности массы pH 5—6. Следует заметить, что удовлетворительные результаты получаются только в том случае, если после введения клеевой суспензии вводится сернокислый глинозем, количество которого может быть уменьшено путем предварительного подкисления воды серной кислотой.

Порядок введения клеящих материалов. Клей необходимо добавлять раньше глинозема, чтобы он мог хорошо перемешаться с волокном и чтобы могли пройти глубже реакции гидролиза. При введении глинозема раньше клея может образоваться грубозернистый осадок смолянокислого алюминия с худшими проклеивающими свойствами. Порядок введения наполнителя, по-видимому, не оказывает существенного влияния на результаты проклейки. Однако существует мнение, что лучшие результаты проклейки получаются при введении наполнителя после глинозема, а лучшее удержание наполнителей в бумаге получается при введении последних до глинозема, проклейка же в последнем случае несколько ухудшается.

На рис. 57 показано влияние порядка введения клея и глинозема на эффект проклейки беленой сульфитной целлюлозы. Проклейка производилась при дозировке клея 0,75% и сернокислого глинозема 1,5% к волокну на мягкой производственной воде. Худшие результаты получались при одновременном введении химикатов и при введении глинозема раньше клея. Аналогичные результаты получены при всех типичных видах клея.

Температура при проклейке и сушке. Как уже указывалось, степень дисперсности клеевых частиц в эмульсии имеет важное значение для эффекта проклейки. Поэтому нужно стремиться

к тому, чтобы сохранить дисперсность клея до конца проклейки, т. е. до окончательного закрепления клеевых частиц на волокне.

Повышение температуры суспензии выше 35° при ее хранении или повышение температуры массы в тех же пределах вызывает слипание смоляных частиц и их укрупнение с понижением степени дисперсности клея. Это влечет за собой понижение степени проклейки бумаги. По этой причине происходят иногда затруднения при проклейке бумаги на бумажных фабриках в наиболее теплое время года, когда повышается температура производственной воды и бумажной массы при размоле. На рис. 58 (по данным А. П. Петрова) приведены кривые изменения температуры производственной воды и расхода канифоли на проклейку в течение года на одном из крупных предприятий, выпускающих писчую бумагу и испытывающих сезонные затруднения с проклейкой бумаги. Как показано на рисунке, температура воды в летние месяцы повышается с 18 до 35°, а расход канифоли соответственно увеличивается с 20 до 35 кг на 1 т бумаги. Понижение степени проклейки наблюдается уже при увеличении температуры воды выше 25°.

Рис. 57. Влияние порядка введения сернокислого глинозема и клея в массу на эффект проклейки:

1 — глинозем введен через 60 минут после клея; *2* — то же через 15 минут; *3* — то же одновременно с клеем; *4* — то же на 15 минут раньше клея; *I* — бурый клей; *II* — белый клей; *III* — высокосмоляной клей

Аналогичное явление укрупнения смоляных частиц может происходить и в первой стадии сушки бумаги на бумагоделательной машине при форсированной сушке бумаги в результате резкого подъема температур сушильных цилиндров. Кроме того, судя по данным Д. М. Фляте, форсированная сушка в начале сушильной части бумагоделательной машины вызывает во влажном полотне бумаги усиленное парооб-

Рис. 58. Расход канифоли на проклейку писчей бумаги в зависимости от температуры производственной воды:

I — расход канифоли; *II* — температура воды

разование, вследствие которого происходит разрыхление структуры листа выделяющимися парами бумаги, что отрицательно сказывается на эффекте ее проклейки.

Таким образом, высокая температура вредна при хранении клеевой суспензии, при проведении процесса проклейки бумажной массы и в первой стадии сушки. Наоборот, в заключительной стадии сушки на бумагоделательной машине высокая температура благоприятствует проклейке, так как при этом происходит гидрофобизация клеевых частиц и самой бумаги. Конечная оптимальная температура сушки, как мы уже видели раньше, различна и зависит от состава клея.

Рис. 59. Влияние температуры сушки на эффект проклейки бумаги разными клеями при мягкой воде (дозировка клея 0,75%, сернокислого глинозема 1,5% от веса волокна): *I* — бурый клей; *II* — высокосмоляной клей; *III* — белый клей

Влияние конечной температуры сушки на эффект проклейки сульфитной беленой целлюлозы при использовании различных клеев в условиях мягкой производственной воды показано на рис. 59.

Как видно из графиков, с повышением конечной температуры сушки эффект проклейки улучшается для всех видов клея и больше всего для бурого, или полностью омыленного, клея, клеящий осадок которого состоит главным образом из резината алюминия.

Наилучшие результаты проклейки бумаги при низких температурах воздушной сушки были получены для высокосмоляного клея.

Причины такого поведения клеев при сушке бумаги были объяснены Шюцем и Клаудицем; зависят они от различной температуры спекания клеящих осадков, содержащих различное количество резината алюминия и свободной смолы.

Качество производственной воды. Качество воды, как известно, характеризуется временной бикарбонатной и постоянной жесткостью. Первая зависит от наличия солей бикарбонатов кальция и магния, вторая от наличия хлоридов, сульфатов, нитратов и силикатов магния и кальция.

Качество производственной воды оказывает огромное влияние на результаты проклейки, причем влияние это различно в зависимости от вида и состава клея. Полностью омыленный (бурый) клей очень чувствителен к солям как временной, так и постоянной жесткости и коагулирует с образованием грубодисперсного осадка смо-

лянокислого кальция или магния, который обладает меньшими проклеивающими свойствами, чем смолянокислый алюминий.

Реакция бурого клея с солями временной и постоянной жесткости идет по схемам

$$2C_{19}H_{29}COONa + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow (C_{19}H_{29}COO)_2Ca + 2CO_2 + \\ + 2NaOH, \quad (42)$$

$$2C_{19}H_{29}COONa + CaCl_2 \rightarrow (C_{19}H_{29}COO)_2Ca + 2NaCl. \quad (43)$$

В результате этих реакций состав клеящего осадка изменяется, что вызывает ухудшение проклейки бумаги. Необходимым условием для проклейки полностью омыленным бурым клеем является наличие мягкой производственной воды. В случае же наличия жесткой воды проклейку можно улучшить добавлением в клей или бумажную массу защитного коллоида, защищающего смолянокислый натрий от преждевременной коагуляции. В качестве защитного коллоида обычно применяют животный клей в количестве 4—5% от веса канифоли.

Белый клей более устойчив по отношению к солям временной и постоянной жесткости воды и не осаждается последними при умеренной жесткости воды ниже 15°Н*. Высокосмоляной клей, частицы которого защищены казеином, еще более нечувствителен к солям жесткости воды и не реагирует с ними при проклейке. Следовательно, соли жесткости воды не опасны для проклейки этими клеями. Наоборот, практика проклейки высокосмоляным клеем и исследования, проведенные в этом направлении, показали, что соли жесткости воды, в особенности бикарбонатные, полезны, при проклейке клеями со значительным содержанием свободной смолы и что при проклейке на мягкой воде зачастую получаются значительно худшие результаты. Это подтверждается также опытом ряда предприятий, применяющих для проклейки высокосмоляной клей и испытывающих сезонные затруднения с проклейкой бумаги при понижении жесткости производственной воды во время половодья и периода дождей.

Влияние временной и постоянной жесткости производственной воды на степень проклейки бумаги при использовании клеев с разным содержанием свободной смолы показано на рис. 60.

Из графиков видно, что степень проклейки бумаги бурым клеем в обоих случаях снижается, тогда как степень проклейки бумаги, проклеенной белым или высокосмоляным клеем, значительно повышается с увеличением жесткости производственной воды. При этом улучшение проклейки тем больше, чем больше свободной смолы содержится в исходном клее. Особенно благоприятное влияние на процесс проклейки клеями с высоким содержанием

* В опытах С. А. Пузырева и С. Н. Синьковой осаждение белого клея наблюдалось при бикарбонатной жесткости 19°Н.

свободной смолы оказывает временная бикарбонатная жесткость воды.

Отсюда можно сделать вывод, что для проклейки бумаги белым клеем желательна умеренная жесткость производственной воды, а для проклейки бумаги высокосмоляным клеем — жесткая производственная вода.

Рис. 60. Влияние временной (*а*) и постоянной (*б*) жесткости воды на проклейку бумаги:
I — высокосмоляной клей; *II* — белый клей; *III* — бурый клей

Благоприятное влияние бикарбонатных солей жесткости воды на проклейку бумаги клеями с высоким содержанием свободной смолы можно объяснить тем, что для осаждения и фиксации свободной смолы на волокне необходимо присутствие в воде гидрата окиси алюминия $Al(OH)_3$, а бикарбонаты способствуют его образованию при действии сернокислого глинозема по схеме

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \rightarrow$$
$$\rightarrow 2Al(HCO_3)_3 + 3CaSO_4;$$
$$2Al(HCO_3)_3 \rightleftarrows 2Al(OH)_3 + 6CO_2. \quad (44)$$

Таким образом, щелочность производственной воды или присутствие в ней бикарбонатов способствует образованию гидрата окиси алюминия после прибавления глинозема и тем самым создает более благоприятные условия для закрепления смоляных частиц на волокне.

По данным Кейси, кальциевые соли в водном растворе щелочи ухудшают проклейку бумаги, а в водном растворе кислот не вредят проклейке и даже способствует ей.

Накопление ионов SO_4'' в оборотной воде вредно для проклейки, поэтому целесообразно их нейтрализовать введением щелочей — силиката натрия или CaO.

Свойства проклеиваемой бумажной массы. Свойства бумажной массы, характеризуемые степенью помола, составом волокна и наполнителей, также оказывают существенное влияние на результаты проклейки.

40

Как вытекает из выражения (6), степень проклейки бумаги, характеризуемая скоростью проникновения жидкости в капилляры, зависит также от их радиусов. Последние же в свою очередь зависят

от степени помола бумажной массы. Отсюда ясно, что повышение степени помола массы должно способствовать повышению степени проклейки бумаги. Поэтому бумажная масса жирного помола обычно проклеивается гораздо легче и требует меньшего количества химикатов, чем масса садкого помола. Этому способствует также лучшая адсорбционная способность бумажной массы высокого помола по отношению к смоляным осадкам.

По-разному относятся к проклейке различные волокнистые материалы: одни проклеиваются легко, другие гораздо труднее. В порядке убывающей восприимчивости в проклейке волокнистые материалы можно расположить примерно следующим образом: сульфатная небеленая целлюлоза, сульфатная беленая целлюлоза, древесная масса, сульфитная беленая целлюлоза, облагороженная целлюлоза, небеленая сульфитная целлюлоза и тряпичная полумасса. Такой порядок расположения обусловливается до некоторой степени содержанием гемицеллюлозных спутников и адсорбционной способностью волокнистых материалов. Кроме того, имеет значение степень отмывки целлюлозы от варочных и отбельных щелоков, природа целлюлозы, ее щелочность или кислотность, зольность и некоторые другие факторы.

Более трудная проклеиваемость волокон тряпичной полумассы, по-видимому, объясняется ее меньшей адсорбционной способностью и незначительным содержанием гемицеллюлоз.

Небеленая сульфитная целлюлоза труднее проклеивается, чем беленая сульфитная целлюлоза, и именно с ее применением чаще всего происходят затруднения при проклейке. Последние иногда наблюдаются из-за плохой отмывки целлюлозы от варочных сульфитных щелоков, так как остатки щелоков в целлюлозе сильно вредят проклейке. Известны случаи из практики, когда плохо промытую небеленую сульфитную целлюлозу вообще не удавалось проклеить даже при введении клея в количестве 3—3,5% от веса волокна.

На проклеиваемость сульфитной целлюлозы влияет также содержание в ней отмываемой и неотмываемой зольности. Исследования, проведенные автором, показали, что высокая неотмываемая зольность целлюлозы способствует проклейке, тогда как низкая зольность несколько снижает проклейку. По-видимому, высокая неотмываемая зольность целлюлозы способствует катионному обмену между золой волокна и глиноземом, волокно адсорбирует ионы алюминия и это улучшает проклейку бумаги.

Опыты, проведенные О. Браунсом, подтверждают это положение. Он показал, что степень проклейки бумаги заметно улучшается, если целлюлозу перед введением смоляного клея обработать глиноземом. Оптимальное количество необходимого для этой цели глинозема составляет 0,2—0,4% от веса волокна. Он же установил, что проклеиваемость различных целлюлоз находится в зависимости от способности волокон поглощать ионы алюминия. К подобным же

результатам пришли и советские исследователи С. А. Пузырев и С. Н. Синькова.

Интересно отметить, что сульфитные целлюлозы, выработанные на различных целлюлозных заводах, по-разному относятся к проклейке: одни из них заклеиваются легче, а другие труднее. Причины такого различного поведения целлюлоз одного и того же вида еще не совсем ясны, однако, можно предполагать, что факторы, отмеченные выше, играют здесь существенную роль.

Наполнители, входящие в состав бумаги, также оказывают большое влияние на эффект проклейки, снижая его. Особенно это заметно при высоком содержании наполнителей. Меньше других снижает степень проклейки бумаги гипс и тальк, больше других мел.

О влиянии наполнителей на степень проклейки бумаги более подробно сказано в главе 4.

Прочие технологические факторы. К таким факторам можно отнести режим обезвоживания бумажного полотна на сеточной части бумагоделательной машины, увлажнение и каландрирование, а также хранение бумаги.

При выработке бумаги на бумагоделательной машине, во время формования листа из бумажной массы на сеточном столе, происходит интенсивный отсос мелкого волокна, наполнителей и клеевых частиц с нижней поверхности бумажного листа регистровыми валиками и отсасывающими ящиками, что иногда приводит к ухудшению проклейки бумаги с сеточной стороны листа. Получается различная проклейка бумаги: с верхней стороны листа — хорошая, а с нижней — плохая.

Предотвратить одностороннюю проклейку бумаги чрезвычайно трудно, так как уменьшить отсасывающее действие регистровых валиков практически невозможно, а именно оно-то и является главной причиной указанного дефекта бумаги. Отсасывающее действие регистровых валиков повышается с увеличением рабочей скорости бумагоделательной машины, поэтому этот дефект чаще наблюдается при выработке бумаги на быстроходных машинах.

Для улучшения проклейки с нижней стороны листа можно уменьшить вакуум в отсасывающих ящиках, сделать его более постепенным. Однако это мало помогает, и потому приходится усиливать проклейку, добавляя химикаты или улучшая режим проклейки при подготовке массы.

Очень часто степень проклейки бумаги довольно значительно снижается в результате ее каландрирования. Особенно это заметно при каландрировании сильно увлажненной бумаги. Поэтому для сохранения хорошей проклейки не следует сильно увлажнять бумагу перед каландрированием на суперкаландрах. Лучшие результаты проклейки получаются при отлежке хорошо высушенной и умеренно увлажненной бумаги перед каландрированием.

Явления расклейки бумаги

Степень проклейки бумаги, определенная сразу же после изготовления бумаги на бумагоделательной машине, не остается обычно постоянной и со временем изменяется. Часто наблюдается, что бумага через несколько часов после выработки снижает свою степень проклейки. Падение степени проклейки продолжается 5—6 дней и иногда достигает значительных размеров. Достигнув минимума, при дальнейшем хранении бумаги степень ее проклейки начинает повышаться и снова достигает первоначального значения через 2—3 месяца; в других же случаях нормальная степень проклейки так и не восстанавливается.

Если в этих условиях бумага была выработана на машине с небольшой степенью проклейки, то наблюдается брак бумаги из-за ее расклейки. Если же первоначальная степень проклейки бумаги была более высокой, то понижение степени проклейки при хранении бумаги обычно остается незамеченным, так как бумага не теряет своих потребительских свойств, потому что степень проклейки бумаги находится еще в пределах допускаемой нормы.

Размеры падения степени проклейки бумаги при ее хранении весьма различны в зависимости от условий работы бумагоделательной машины, режима проклейки и применяемых полуфабрикатов. Иногда они мало заметны, а иногда достигают высоких значений (до 50% от первоначального значения).

Явления расклейки наблюдаются также при воздействии на бумагу солнечного света и электрических разрядов. Установлено, что разрушающее действие на проклейку оказывают только лучи ультрафиолетовой и фиолетовой частей солнечного спектра. Наоборот, инфракрасные и красные лучи (тепловой прогрев бумаги) повышают степень проклейки бумаги.

Арлов, Янсен и некоторые другие исследователи считают, что ультрафиолетовый свет способствует окислению смоляных осадков в бумаге, в результате чего происходит отщепление алюминия от смолы, что и вызывает ухудшение степени проклейки бумаги. Однако поставленные теми же авторами опыты введения в бумажную массу ингибиторов, тормозящих окисление, не смогли предотвратить снижение проклейки при облучении бумаги ультрафиолетовым светом. Таким образом, это предположение не может считаться доказанным.

Причины расклейки бумаги при хранении и при облучении светом в настоящее время еще не выяснены. По-видимому, это связано с какими-то физико-химическими процессами, протекающими в клеевых осадках и в волокне.

КАНИФОЛЬ И ЕЕ СВОЙСТВА

Канифоль, применяющаяся в бумажном производстве для проклейки бумаги, добывается двумя способами: из живицы, получаемой подсочкой хвойных пород, так называемая живичная

канифоль, и путем экстракции пневого осмола щелочью или органическими растворителями — экстракционная канифоль.

По своему химическому составу канифоль представляет собой твердый раствор изомерных одноосновных смоляных кислот с общей формулой $C_{20}H_{30}O_2$. В смоле хвойных пород присутствуют первичные смоляные кислоты: декстропимаровая, левопимаровая и α-сапиновая. Две последние малоустойчивы, они легко окисляются и при действии повышенной температуры легко изомеризуются. При этом они переходят через недостаточно хорошо изученные промежуточные формы во вторичную смоляную кислоту — абиетиновую.

Таким образом, смоляные кислоты, входящие в состав канифоли, являются смесью декстропимаровой кислоты с продуктами превращения левопимаровой и α-сапиновой кислот, главным из которых является абиетиновая кислота.

Кроме того, в состав канифоли входит небольшое количество веществ нейтрального характера, природа которых окончательно еще не установлена.

Строение абиетиновой кислоты выражается следующей структурной формулой.

Канифоль характеризуется цветом, содержанием золы, влаги и механических примесей, кислотным числом, содержанием неомыляемых веществ и температурой размягчения.

По цвету канифоль делят на четыре группы: светлую, желтую, оранжевую и темную. Темные сорта канифоли нежелательны для проклейки белой бумаги, так как понижают ее цвет.

Содержание влаги в канифоли невелико и обычно не превышает 0,3—0,5% Содержание золы не выше 0,05—0,1%. Кислотное число, характеризуемое количеством миллиграммов КОН, пошедшего на нейтрализацию смоляных кислот в 1 г канифоли (на холоду), для хорошей канифоли обычно составляет не ниже 160, а для второго сорта — не ниже 150. Содержание неомыляемых веществ не выше 6—8%, а для второго сорта не выше 10%. Температура размягчения канифоли не ниже 65—68° (для второго сорта не ниже 52°).

Все указанные выше показатели канифоли нормируются ГОСТ 797—41. Кроме них, пользуются также показателями — числом

омыления и эфирным числом. Первое определяется расходом КОН в миллиграммах, пошедшего на омыление при нагреве 1 г канифоли, а второе — разностью между числом омыления и кислотным числом.

Канифоль хрупка, прозрачна, имеет блестящий раковистый излом, она нерастворима в воде и хорошо растворяется во многих органических растворителях: спирте, эфире, бензоле, ацетоне. Мелкораздробленная канифоль легко окисляется на воздухе и теряет свои клеящие свойства. Окисленная часть канифоли не растворима в петролейном эфире, тогда как неокисленная канифоль в нем растворяется.

Хорошая канифоль содержит 80—90% абиетиновой кислоты. Присутствие неотогнанного терпентина сильно снижает качество канифоли и делает ее даже совсем непригодной для приготовления клея. Такая канифоль теряет свою прозрачность, становится мутной и даже совсем молочно-белой. Она затрудняет варку клея и причиняет смоляные затруднения при выработке бумаги на бумагоделательной машине.

Экстракционная канифоль хуже живичной. Она темнее по цвету, содержит меньше смоляных кислот (80% против 95% в живичной), имеет до 12% жирных кислот, не содержащихся в живичной канифоли, и больше неомыляемых (нейтральных) веществ.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ КАНИФОЛЬНОГО КЛЕЯ

Наибольшее применение получили три способа изготовления клея из канифоли: холодный способ получения нейтрального, или бурого, клея, горячий способ получения бурого или белого клея и способ получения высокосмоляного клея, заключающийся в механическом диспергировании расплавленной канифоли и продуктов ее омыления в присутствии защитного коллоида. Кроме них, известны и другие способы изготовления клея: например, получение клея-пасты методом осаждения свободной смолы кислотой из раствора полностью омыленной канифоли, а также некоторые другие разновидности указанных выше способов.

Холодный способ приготовления клея

Холодный способ получения нейтрального или полностью омыленного клея был предложен французами Делькруа и Тирье в 1926 г. и получил название способа «Дельтирна». Способ этот основан на омылении кусков раздробленной канифоли на холоду при пропуске через нее слабого раствора щелочи NaOH концентрацией 5—5,4 г/л. При этом происходит реакция нейтрализации смоляных кислот щелочью с образованием прозрачного раствора резината натрия бурого цвета. Именно поэтому клей, полученный подобным образом, называют также бурым клеем. При проведении реакции до полного израсходования щелочи получают концентрацию готового клея около 40 г/л.

Как показали исследования изобретателей этого метода, при меньшей концентрации щелочи процесс омыления канифоли идет слишком медленно, при большей же концентрации щелочи омыленная канифоль плохо растворяется в крепком растворе щелочи и задерживает процесс нейтрализации. Оптимальная температура находится в пределах 20—25°. При более низких температурах процесс замедляется, при более же высоких требуется расход пара и появляется опасность сплавления мелких кусков канифоли в сплошную массу, что затрудняет процесс. Поэтому зимой обычно работают с подогревом раствора щелочи, а летом без подогрева.

Рис. 61. Схема установки для получения бурого клея холодным способом по методу «Дельтирна»:

1 — баки слабой щелочи; *2* — насос; *3* — колонки; *4* — бак готового раствора клея

Схема установки для получения бурого клея холодным способом показана на рис. 61. Установка состоит из бака крепкой щелочи, расходных баков слабой щелочи, центробежного насоса, трех или четырех деревянных колонок высотой около 3 м и диаметром 0,7—0,8 м и приемных баков для готового клея.

Колонкам придают цилиндрическую или слегка коническую форму и изготовляют из дерева, стягивая доски обручами. В нижней части колонки располагаются колосники, на которые насыпается канифоль, раздробленная до величины грецкого ореха и мельче. Все колонки соединены между собой последовательно трубопроводами, причем движение щелочи может быть направлено снизу вверх или, наоборот, сверху вниз. Одна из колонок обычно находится в резерве на чистке. Схема коммуникаций должна предусматривать выключение из работы любой из колонок. Движение щелочи регулируется вентилем, расположенным на трубопроводе перед первой колонкой. Готовый раствор клея непрерывно сливается из последней колонки в приемные баки. Регулирование количества подаваемой щелочи осуществляют, ориентируясь на концентрацию готового раствора клея и на остаточную его щелочность. Об остаточной неизрасходованной щелочи раствора, выходящего из последней колонки, можно судить по окраске пробы после добавления к ней нескольких капель фенолфталеина. При нормальном процессе окраска должна быть лишь слегка розовой.

Измельчение канифоли часто выполняют вручную молотком на деревянном помосте. Механическое измельчение на специальных

дробилках производят при больших расходах канифоли. При дроблении канифоли следует избегать образования мелочи, которая может слипаться в глыбы, ухудшая процесс нейтрализации канифоли.

Бак для крепкой щелочи делают обычно сварным железным. В случае применения твердого каустика бочка с ним ставится вертикально над разводным баком крепкой щелочи и в просверленное в нижнем днище отверстие направляется струйка пара. Щелочь плавится и вытекает в бак. Ручное дробление твердого кристаллического каустика для загрузки его в разводной бак менее удобно и представляет опасность для рабочего, из-за чего не рекомендуется. Затем крепкая щелочь в определенном объеме спускается в один из двух расходных баков и там разводится водой до требуемой концентрации. Здесь же раствор слабой щелочи подогревается острым паром в зимнее время до температуры 20—25°.

Колонки загружают канифолью сверху, с площадки или со второго этажа. Иногда над колонками устанавливают загрузочные бункеры. Загрузка производится периодически, через определенные небольшие интервалы времени по мере понижения уровня канифоли в колонках. В первую по ходу щелочи колонку следует загружать более мелкую канифоль, а в последнюю — более крупную. Два раза в месяц каждую колонку следует промывать водой и примерно один раз в квартал чистить, выгружая неиспользованную канифоль.

При расчете колонок для приготовления клея холодным способом считают, что 1 $м^3$ полезного объема колонки может дать в сутки около 7 $м^3$ готового клея концентрацией 40 г/л. Нормальная скорость протекания щелочи в колонках 0,07 м/мин. Исходя из требующегося суточного объема клея и скорости потока, можно определить площадь живого сечения колонки и суммарную их высоту. Одна колонка должна быть резервной.

Оформление и конструкция колонок может быть и иной. Часто во второй стадии насыщения колонкам придают U-образную форму, уменьшая их диаметр и повышая скорость потока.

Холодный способ приготовления клея отличается своей простотой и чистотой. Получаемый клей отличается постоянством состава. Бурый клей может с успехом применяться при проклейке волокнистых материалов с высокой адсорбционной способностью и в первую очередь для проклейки бумаги из сульфатной целлюлозы. Необходимым условием успешного применения для проклейки бурого клея является наличие мягкой производственной воды, а также высокая конечная температура сушки бумаги.

При жесткой производственной воде и низких температурах сушки бурый клей дает худшие результаты, чем белый и высокосмоляной клеи.

Расход каустической соды и глинозема при проклейке бурым клеем выше, чем при проклейке белым и высокосмоляным клеями, расход же пара ниже.

Горячий способ получения белого и бурого клеев

При горячем способе получения клея предварительно измельченная канифоль подвергается варке с раствором кальцинированной или каустической соды в варочных котлах. Полученный клей далее диспергируется при помощи парового инжектора и воды и в виде готового рабочего раствора, так называемого канифольного молочка, перегоняется в приемные баки.

Если при этом способе взять щелочи достаточное количество для полного проведения реакции нейтрализации смоляных кислот, содержащихся в канифоли, то получается бурый, нейтральный, клей, который хорошо распускается в теплой воде при размешивании и не требует для разведения парового инжектора. Такой клей прозрачен и полностью идентичен с клеем, получаемым холодным способом.

Если при этом способе взять недостаточное количество щелочи для нейтрализации смоляных кислот канифоли, то получается белый клей с содержанием свободной смолы. Такой клей не распускается при простом размешивании с водой и требует более энергичных средств для диспергирования, например применения парового инжектора. Однако и при наличии инжектора оказывается возможным получать клей с содержанием свободной смолы не выше 40—45%. Обычно же этим способом получают белый клей с содержанием свободной смолы 30—35%.

Расход щелочи на варку канифоли определяют по формуле, исходя из желательного состава клея, числа омыления исходной канифоли и химической чистоты щелочи, применяемой для варки

$$A = \frac{(100 - C)\,OM_2}{PM_1}, \qquad (45)$$

где:

A — искомое количество щелочи в % от веса канифоли в %;
O — число омыления канифоли, выраженное в %;
M_1 — молекулярный вес щелочи, для которой определено число омыления;
M_2 — эквивалентный молекулярный вес щелочи, расходуемой на варку;
C — содержание свободной смолы в клее в %;
P — содержание химически чистой щелочи в техническом продукте в %.

Для варки белого клея удобнее применять кальцинированную соду, так как выделяющийся при нейтрализации смоляных кислот углекислый газ хорошо перемешивает клей и препятствует слипанию непроварившихся кусочков канифоли, что облегчает варку клея. При варке же канифоли с едким натром требуется более энергичное перемешивание в котле, в противном случае канифоль может сплавиться в глыбы и клей окажется плохо проваренным.

Варка клея. Для варки клея применяются котлы различной формы и размеров. При небольшой производительности установки (на загрузку до 300—350 кг канифоли) используют открытые вертикальные котлы со сферическим днищем или котлы конической формы. Для большей производительности установки (до 2500 кг канифоли) применяют такие же, но большего объема котлы с вертикальной мешалкой или горизонтальные котлы корытообразной формы с горизонтальной машалкой. При большой производительности установки, в особенности при централизованном изготовлении клея, применяют автоклавы с мешалкой, работающие под давлением.

Котлы обычно изготовляются из листовой меди и снабжаются для обогрева паровой рубашкой или змеевиком. Последний менее удобен для работы и очистки. Объем варочного открытого котла с учетом пенообразования при варке обычно рассчитывают на пятикратный объем готового клея, а закрытого котла на двух-трехкратный объем клея.

При загрузке варочного котла сначала заливается вода в строго определенном объеме, пускается пар и засыпается отвешенное количество соды. После нагрева раствора щелочи до 70—80° начинают мелкими порциями при частом перемешивании засыпать канифоль, количество которой определяется заранее путем взвешивания.

При варке канифоли с кальцинированной содой наблюдается сильное пенообразование вследствие выделения углекислоты и содержимое котла поднимается. Чтобы не было перелива клея через край, клеевар регулирует приток пара в котел. По мере расходования соды пенообразование уменьшается и уровень в котле понижается. Варка белого клея обычно продолжается 3—4 часа. Температура варки поддерживается в пределах 102—105°. Конец варки клея определяется по вязкости готового клея. Хорошо сваренный клей, стекая с весла, не должен тянуться нитями, а должен сваливаться с весла тонкими пленками. Клей не должен содержать пузырьков газа и быть мутным. Проба клея должна хорошо, без остатка распускаться при помешивании в горячей воде.

Количество воды, заливаемой в котел на варку, зависит от содержания свободной смолы в клее. Оно уменьшается с увеличением последней.

Количество свободной смолы в клее в %	0	25	40	45
Количество воды на 100 кг канифоли в л	80—120	60—75	35—45	30

Приготовление клеевого молочка. Типичная схема установки для варки белого клея и его разведения показана на рис. 62. Варочный котел обычно располагается на площадке. Под ним устанавливается мерник, а иногда и сборник для готового неразведенного клея. Под мерником помещается инжектор (распылитель), к которому сверху подводится расплавленный клей из мерника,

Рис. 62. Схема установки для получения белого клея:

1 — клееварочный котел; *2* — мерник клея; *3* — бак теплой воды; *4* — инжектор; *5* — эмульгационный чан; *6* — запасные баки готового раствора

снизу подается нагретая до 42—45° вода, а с торца — пар. Устройство распылителя видно из рис. 62, *б* и особых пояснений не требует. Пар, пройдя сопло, увлекает жидкий расплавленный клей и теплую воду, смешивает их и диспергирует смоляные частицы. Готовая суспензия направляется по трубопроводу в эмульгационный чан, где разбавляется холодной водой до требуемой концентрации. Обычно эмульгационный чан размещается на площадке, а под ним устанавливаются запасные сборники готового клеевого молочка.

Объем мерника должен соответствовать объему эмульгационного чана так, чтобы после направления порции клея в эмульгационный чан и дополнения его водой можно было получить необходимую концентрацию готового клеевого молочка (обычно около 20 г/л). Нижние запасные баки изготовляются большего объема и рассчитываются на суточный расход клея. При таком запасе клея грубые неомыленные частицы его осаждаются на дно сборника и периодически удаляются при чистке и промывке. Сборные баки изготовляются из железа или из железобетона, а при выработке высокосортной бумаги облицовываются изнутри белыми метлахскими плитками.

Для инжектора-распылителя требуется пар давлением 6—7 атм. Температура суспензии после распылителя должна поддерживаться

в пределах 80—82°. Перед началом перегонки клея в эмульгационный чан последний до половины наполняется холодной водой для того, чтобы горячая суспензия сразу же охлаждалась ниже 40°.

По окончании перегонки порции клея эмульгационный чан дополняется холодной водой до установленной метки и готовая клеевая суспензия спускается в запасный сборник клея.

При спуске расплавленного клея в мерник необходимо фильтровать клей, чтобы задержать твердые частицы, способные засорить инжектор. Готовый раствор клея также подвергается фильтрации перед введением его в бумажную массу.

Для перегонки 100 кг клея требуется около 10 минут. Расход пара на варку 100 кг клея, по данным И. И. Богоявленского, составляет 34 кг, на диспергирование — 91 кг, а всего 125 кг.

При содержании свободной смолы в белом клее не свыше 20% возможно разводить клеевую суспензию без распылителя, лишь простым перемешиванием клея в горячей воде с последующим быстрым разбавлением суспензии холодной водой. При более высоком содержании свободной смолы в клее ручное разведение затруднено и возможно выпадение смолы в осадок.

При ручном разведении клея суспензия получается грубодисперсной с частицами смолы размером 4—6 микрон. При разведении клея распылителем средние размеры смоляных частиц в суспензии снижаются до 2—3 микрон. Суспензия получается более устойчивой и обладает лучшими клеящими свойствами. Для разведения белого клея рекомендуется применять мягкую воду или конденсат. При использовании жесткой воды для варки и разведения нейтрального бурого клея или клея с малым содержанием свободной смолы могут происходить затруднения с проклейкой: клей может выпадать в осадок, при выработке бумаги на машине могут возникать смоляные затруднения.

В зарубежной практике довольно часто изготовляют нейтральный и белый клей с содержанием около 30% свободной смолы на специализированных предприятиях и в виде порошка отправляют потребителям. Такой порошок хорошо распускается в холодной воде и его можно прямо давать в ролл в сухом состоянии.

По данным Лафонтена, клей с малым содержанием свободной смолы более пригоден для проклейки писчей бумаги, а клей с высоким содержанием свободной смолы—для упаковочной бумаги. Лафонтен обосновывает это положение тем, что бумага, проклеенная высокосмоляным клеем, имеет большую поверхностную смачиваемость, чем при проклейке белым клеем, но зато такая бумага обладает большей сопротивляемостью проникновению воды в толщу листа.

Получение клея с высоким содержанием свободной смолы

Приготовление клея с высоким содержанием свободной смолы (до 90%) впервые было разработано немецким исследователем Бруно Вигером около 30 лет тому назад и получило широкое рас-

пространение еще в тридцатых годах настоящего столетия в Германии и Англии. Этот способ был назван изобретателем способом Бевойд, под этим наименованием он широко применяется в ряде стран и теперь.

Несколько позже появилось еще несколько различных методов получения клея с высоким содержанием свободной смолы. Из них отметим: Хагойд, Просайз, Жилле, Лакрезин, Гидроколль и Будтц.

Рис. 63. Схема установки для приготовления клея с высоким содержанием свободной смолы:

1 — бункер для канифоли; *2* — плавильник для канифоли; *3* — бак для щелочи; *4* — бак для казеина; *5* — эмульсер; *6* — фильтр; *7* — баки готового раствора

После Второй мировой войны Центральный научно-исследовательский институт бумаги (ЦНИИБ) разработал способ получения высокосмоляного клея, который в настоящее время широко применяется на наших отечественных предприятиях бумажной промышленности. Этот способ ближе всего из названных выше методов стоит к способу Бевойда.

Схема приготовления высокосмоляного клея по методу, разработанному ЦНИИБ (рис. 63), такова. Для ускорения процесса канифоль предварительно расплавляется в плавильнике и перепускается в эмульсер, снабженный быстроходной пропеллерной мешалкой. Сюда же заливается раствор каустической соды в количестве, достаточном для нейтрализации около 20% канифоли. Омыление канифоли щелочью в этих условиях протекает очень быстро и требует всего 10—12 минут. Затем при непрерывном размешивании начинают осторожно вводить раствор казеина, который заранее приготовляют в специальном баке, расположенном над эмульсером. Для этого сухой казеин предварительно замачивают в растворе щелочи (NaOH), дают ему набухнуть, после чего растворяют в нагретой щелочи при температуре 40—45°.

Введение раствора казеина продолжается около 10 минут. При этом температура суспензии понижается до 70—75°. Далее суспензию при непрерывном размешивании в эмульсере осторожно разбавляют водой до концентрации 400 г/л и выпускают в сборник.

Весь оборот эмульсера при описанном методе работы не превышает 1 часа. Полученный клей может храниться при высокой концентрации (300—400 г/л). В таком же виде его можно вводить

в роллы для проклейки массы. При непрерывной же проклейке бумажной массы, когда суспензия клея вводится дозатором непрерывно, удобнее пользоваться клеем, разбавленным до концентрации 50—100 г/л. Следует, однако, иметь в виду, что разбавленная суспензия высокосмоляного клея менее устойчива и долго храниться не может. Суспензия клея, полученная по этому способу, обладает высокой степенью дисперсности клеевых частиц. Средние размеры последних около 0,5 микрона с пределами колебаний 0,1—2 микрона.

Типовое оборудование для получения клея по этому способу состоит из эмульсера, плавильника для канифоли и трех баков: для щелочи, казеина и воды. Эмульсер имеет цилиндрическую форму со сферическим днищем, выполнен из листовой меди или железа, снабжен паровой рубашкой для нагрева и быстроходной двухлопастной мешалкой с приводом от электродвигателя мощностью 6—8 квт, с 1450 об/мин. Диаметр эмульсера 1,2 м, высота 1,07 м и объем 1,5 м^3 рассчитан на загрузку 400 кг канифоли.

Плавильник для плавления канифоли и бак для растворения казеина изготовляются из листовой меди или железа. Они снабжаются паровой рубашкой. На выходном отверстии в бачке для казеина устанавливается сито с отверстиями около 10 мм для задержания комочков нерастворившегося казеина.

Сборники для хранения готовой суспензии бетонные или железные с тихоходным лопастным мешальным устройством (число оборотов 3—5 в минуту).

Типичный расход материалов на одну загрузку эмульсера по описанному выше способу следующий: 400 кг канифоли, 22 кг казеина, 2,2 кг NaOH на растворение казеина и 10 кг NaOH на омыление канифоли.

При отсутствии плавильника для канифоли эмульсер можно загружать кусковой канифолью и вести ее омыление, как это делается обычно при варке белого клея, т. е. сначала налить воду и нагреть ее, затем залить щелочь и после этого ввести кусковую канифоль. Варку можно осуществлять не только с едким натром, но и с кальцинированной содой, однако время варки при этом увеличивается до 2,5 — 3 часов и оборот эмульсера соответственно удлиняется. После омыления канифоли дальнейший процесс введения казеина и разбавления ведут точно так же, как и в первом случае, описанном выше. Расход химикатов такой же. При варке с кальцинированной содой последняя берется в количестве 11 кг.

Высокосмоляной клей обладает хорошей проклеивающей способностью и дает хорошие результаты при проклейке волокнистых материалов с низкой адсорбционной способностью, например тряпичной полумассы. Он не требует высокой температуры сушки, как нейтральный клей, не чувствителен к солям жесткости воды и хорошо проклеивает бумагу в условиях жесткой производствен-

ной воды. Недостатком клея является неудовлетворительные результаты проклейки в условиях мягкой производственной воды.

Клей Бевойд изготовляется обычно с содержанием свободной смолы от 80 до 90%. Каустической соды для омыления канифоли берется от 1 до 2% от веса канифоли (в среднем 1,6%), щелочи для растворения казеина берется 10% от веса казеина.

Клей Просайз изготовляется в общих чертах следующим образом. Приготовляют обычным способом белый клей с содержанием свободной смолы 15—20%, затем, добавляя борную кислоту и соевый протеин, превращают этот клей в клей с высоким содержанием смолы. Регулированием количества прибавляемой кислоты можно получать желаемое содержание свободной смолы в клее. Клей отличается высокой степенью дисперсности.

Клей Жилле изготовляется путем омыления канифоли в две ступени: сначала с кальцинированной содой и бикарбонатом натрия, а затем с аммиаком. После этого в клей вводится казеин в порошке, диспергируется перемешиванием при помощи быстроходной мешалки и разбавляется водой до концентрации 450 г/л.

Клей с высоким содержанием свободной смолы часто изготовляется на специализированных предприятиях и в виде пасты отправляется потребителям.

ДРУГИЕ ПРОКЛЕИВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Для проклейки бумаги с целью ее гидрофобизации, чернило- и водоустойчивости, кроме канифоли, применяют также парафин, монтанвоск и некоторые другие вещества, например продукты конденсации малеинового ангидрида с канифолью, кремнийорганические соединения, некоторые жирные кислоты и эмульсии кумароновой и алкидной смол.

В настоящее время находят большое применение для проклейки бумаги канифольно-парафиновый клей, парафиновая эмульсия, клей из монтанвоска, а также так называемый клей Мерсайз.

Канифольно-парафиновый клей. Изготовляться он может по схеме получения белого или высокосмоляного клея. Оптимальное количество парафина в канифольно-парафиновой эмульсии 20%. Следовательно, при использовании такого клея может быть сэкономлено не менее 20% дефицитной канифоли. При этом клеящие свойства его даже несколько выше, чем клея из одной канифоли. К недостатку канифольно-парафинового клея следует отнести некоторое понижение прочности бумаги по сопротивлению разрыву и излому, а также возможные затруднения в связи с выпадением парафина из суспензии. Бумага, проклеенная клеем с содержанием парафина, отличается рядом положительных свойств: она хорошо воспринимает гладкость при каландрировании, отличается

большей мягкостью, меньшей деформацией, меньшей гигроскопичностью, более устойчива к щелочам и более долговечна.

Приготовление канифольно-парафинового клея по методу, разработанному Я. Г. Хинчиным и Э. В. Липшиц, осуществляется на обычной установке для получения белого клея. В котел загружают одновременно канифоль и парафин в требуемом соотношении, затем их сплавляют при перемешивании при температуре около 100°. После этого в котел вводится раствор щелочи, предварительно подогретый до 75°. Варка продолжается около часа. Дальнейшее диспергирование производится при помощи распылителя-инжектора, как и при изготовлении суспензии белого клея. Для хорошего распыления необходимо иметь пар давлением не ниже 6 атм. Для повышения стабильности клея и предотвращения уменьшения прочности бумаги при проклейке в клей непосредственно перед диспергированием вводится иногда животный клей в количестве около 2,5% от веса канифоли.

При изготовлении высокосмоляного парафинового клея можно вводить 20 или 40% парафина. По данным Е. М. Беркмана, во втором случае происходит меньшее снижение прочности бумаги при проклейке. Следует, однако, иметь в виду, что при высоком содержании парафина в клее бумага может обладать нежелательными свойствами, о чем будет указано ниже.

Парафиновая эмульсия[1]. Как известно, парафин состоит из смеси твердых предельных углеводородов общей формулы C_nH_{2n+2}, получаемых из некоторых сортов нефти и при перегонке битуминозных углей. Парафин представляет собой белое, мягкое легкоплавкое вещество и обладает сильными гидрофобными свойствами. Он совершенно не смачивается водой и инертен в химическом отношении. Точка плавления парафина лежит в пределах от 30 до 63°. Введенный в бумажную массу в виде дисперсии парафин сообщает ей гидрофобные свойства, мягкость и эластичность. Несмотря на положительные свойства, которые сообщаются бумаге проклейкой парафиновыми эмульсиями, проклейка одним парафином в чистом виде в настоящее время применяется редко, так как бумага приобретает также и отрицательные свойства. Главное из них — чрезмерная гидрофобность бумаги, исключающая ее использование для письма чернилами, так как последние не пристают к поверхности бумаги и скатываются, в особенности в местах скопления парафиновых частиц. Второе отрицательное свойство — чрезмерная скользкость бумаги, что затрудняет обработку ее на перемотно-резательных станках, саморезках, при сортировке и транспортировании листовой бумаги. По этой причине проклейка бумаги парафиновой эмульсией производится чаще всего в комби-

[1] Строго говоря, парафиновые дисперсии правильнее называть суспензиями, а не эмульсиями. Однако они получили распространение под названием эмульсий и нами условно сохраняется это наименование.

нации с канифольным клеем. Как мы уже видели, такая проклейка может проводиться специально приготовленным канифольно-парафиновым клеем, либо отдельно канифольным клеем и парафиновой эмульсией. Соотношение этих клеев может быть различным в зависимости от требуемых свойств бумаги.

Проклеенная парафином бумага не подвержена расклейке со временем и при воздействии солнечного света, как это имеет место при канифольной проклейке. Повышение температуры бумажной массы при проклейке также не снижает эффекта проклейки бумаги парафином. При одинаковой степени проклейки бумаги требуется примерно в три раза меньше парафина, чем канифоли.

Проклейка парафиновой эмульсией применяется при изготовлении асбестовой и этикетной бумаги, для молочных бутылок и некоторых других видов бумаги. Оптимальная pH после ввода сернокислого глинозема для осаждения эмульсии 6,4—6,6.

Водные эмульсии парафина весьма нестойки. Для получения устойчивых эмульсий необходимо применение эмульгирующих веществ. Такими веществами являются жирные кислоты: пальмитиновая, стеариновая и олеиновая с добавкой щелочи и желатина. Являясь поверхностно активными, эти вещества понижают поверхностное натяжение на границе двух фаз парафин — вода и способствуют устойчивости дисперсии.

Приводим ниже один из способов получения дисперсии следующего состава: 100 кг парафина, 20 кг стеарина, 10 кг желатина, 8 кг буры.

Желатин после замочки и набухания в воде растворяется при нагреве и к этому раствору прибавляется раствор буры. Объем смеси доводят до 500 л и нагревают до температуры 80—85°.

Парафин и стеарин сплавляют в эмульсере и при непрерывном размешивании механической мешалкой вводят струей вышеуказанный эмульгирующий раствор желатина с бурой. Затем клей охлаждают при непрерывном размешивании до 45—50° и разбавляют водой такой же температуры до концентрации 150 г/л. Затем охлаждают эмульсию до 30° и снова разбавляют остывший клей водой примерно такой же температуры или немного более высокой до окончательной концентрации 25—30 г/л.

Приготовление эмульсии парафинового клея сравнительно сложно и требует строгого соблюдения режима. Малейшее отклонение от него может привести к получению недоброкачественной грубодисперсной эмульсии с образованием крупных частиц парафина. Такая эмульсия неустойчива, может создать затруднения при проклейке и вызвать образование брака в бумаге в виде пятен от парафина.

Монтанвоск. Получают его экстракцией битуминозных углей, содержащих 10—20% битумов. Это твердое вещество темно-коричневого цвета. По своему химическому составу он представляет

собой смесь одноосновных кислот, главная из которых монтановая ($C_{29}H_{58}O_2$). Кроме нее, в монтанвоске содержится карбоцериловая кислота и некоторые другие кислоты близкого состава, спирты и эфиры, а также в меньшем количестве гуминовые кислоты, смолы и красящие вещества.

Технический продукт, применяющийся при изготовлении клея для проклейки бумаги, характеризуется следующими показателями:

Температура плавления рафинированного продукта в °Ц	75—80
Кислотное число	65—125
Эфирное число	1,55—10,7
Число омыления	62—126
Содержание монтановой кислоты в %	49—93
Количество неомыляемых веществ в %	23—68
Удельный вес	около 1.

Монтанвоск при подогреве хорошо растворяется в органических растворителях, хуже растворяется в спирте и эфире.

Для проклейки бумаги монтанвоск применяется в виде суспензии, получаемой омылением его щелочью. Омыление воска ведут в обычных варочных котлах для варки белого клея. В качестве щелочи берут каустическую соду в количестве 5% от веса воска. Получаемый таким образом клей хорошо распускается в воде при простом перемешивании. Готовая суспензия при концентрации 25—50 г/л вводится при проклейке в бумажную массу и осаждается на волокне глиноземом. Оптимальная кислотность после ввода глинозема pH—7—7,5.

Суспензию из монтанвоска можно изготовлять и при меньшем расходе щелочи для омыления. Значительно улучшает свойства клея прибавление к монтанвоску до 20% канифоли. Эффект проклейки монтановой суспензией улучшается при повышении температуры и длительности сушки бумаги. Монтановый клей снижает белизну и прочность бумаги и может применяться только при проклейке темноокрашенных и оберточных видов бумаги.

Мерсайз. Это торговое наименование трехкарбоксильной смолы, выпускаемой в виде щелочной пасты концентрацией около 50%, применяемой на предприятиях США. Перед употреблением паста разводится в холодной (обязательно мягкой) воде до концентрации 30 г/л и в таком виде вводится в бумажную массу.

Поликарбоксильная смола получается сплавлением канифоли с малеиновым ангидридом при температуре около 200°. Полученный продукт присоединения, представляющий собой ангидрид смоляной и малеиновой кислот, по своему виду напоминает канифоль. Точка плавления технического продукта 215—217°, химически же чистого продукта 225°. Эмпирическая формула его $C_{24}H_{32}O_5$, а структурная формула следующая:

Технический продукт реагирует при нагреве со щелочами, образуя при полном омылении прозрачные растворы, напоминающие бурый клей. Расход едкого натра для полного омыления смолы составляет 27% от веса смолы.

Проклейка бумаги одним Мерсайзом не так эффективна, как проклейка этим клеем совместно с канифольным, взятым в соотношении 1 : 2 или 1 : 3. Экономия в проклеивающих материалах, по данным Кейси, достигает в данном случае 50%.

Проведенные автором совместно с А. П. Волковым исследования в основном подтвердили хорошее клеящее действие Мерсайза при использовании его в сочетании с канифольной проклейкой, однако эффект проклейки был меньшим, чем указывает Кейси.

Для получения хороших результатов проклейки по этому методу требуется сравнительно высокий расход глинозема (pH—4,2) и высокая температура сушки бумаги (120—125°Ц).

КЛЕЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЮЩИЕСЯ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ПРОКЛЕЙКИ БУМАГИ И ПРИДАНИЯ ЕЙ СПЕЦИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ

К таким материалам относятся: крахмал, животный клей-казеин, карбоксиметилцеллюлоза, жидкое стекло, мочевино-формаль, дегидные и меламино-формальдегидные смолы и некоторые другие. Одни из этих материалов применяются для улучшения проклейки бумаги смоляным клеем, другие для повышения механической прочности и улучшения поверхностных свойств бумаги, третьи для придания прочности бумаге во влажном состоянии, снижения ее деформации и т. д.

Все эти материалы после соответствующей подготовки могут вводиться в бумажную массу перед отливом на бумагоделательной машине, некоторые же из них (крахмал, карбоксиметилцеллюлоза, казеин и животный клей) применяются также и для поверхностной проклейки бумаги.

Крахмал. По своей химической природе крахмал близок к целлюлозе. Его молекула, так же как и молекула целлюлозы построена из глюкозных остатков и имеет ту же эмпирическую формулу

$(C_6H_{10}O_5)\cdot n$ и высокий молекулярный вес. В отличие от целлюлозы молекулы крахмала имеют ветвистое строение,[1] вследствие чего крахмал лучше набухает и гидролизуется.

Крахмал состоит из отдельных зерен величиной 0,05—0,1 мм, которые при набухании и нагреве сильно увеличиваются и достигают 30-кратной величины в поперечнике и выше по сравнению с ненабухшими зернами. Оболочка крахмального зерна состоит главным образом из амилопектина, наиболее ценной части крахмала, склонной к сильному набуханию. Внутренняя часть зерен состоит из амилозы, легко растворимой в воде.

При набухании и нагреве зерна сильно увеличиваются и образуется клейстер — вязкий клей, применяемый для проклейки бумаги. При продолжительном нагреве оболочки зерна крахмала лопаются и получается растворимый крахмал, плохо удерживаемый на волокнах при проклейке.

Наибольшее применение у нас имеет картофельный крахмал, который отличается своими хорошими клеящими свойствами. Худшими свойствами отличается маисовый крахмал. Полученный из него клейстер менее вязок и обладает меньшими клеящими свойствами, так как в нем меньше содержится амилопектина и больше амилозы, чем у картофельного крахмала.

Крахмальный клейстер может быть нейтральным или щелочным, в зависимости от метода его приготовления. В первом случае клейстеризацию проводят в воде, а во втором случае в водном растворе щелочи (едкого натра или жидкого стекла). Чаще всего в качестве щелочи берут едкий натр в количестве 5% от веса крахмала.

Клейстеризация крахмала проводится в мешалках с паровой рубашкой, изготовленной из листовой меди. В мешалку заливается холодная вода, засыпается порция крахмала, перемешивается на холоду, а затем нагревается до температуры 85—95°. При этом происходит набухание, клейстеризация крахмала и жидкость в мешалке сильно густеет. После загустения клейстера следует еще некоторое время (5—10 мин.) продолжать нагрев, после чего пар выключается и готовый клейстер выпускается в расходную мешалку. Общая продолжительность клейстеризации при этой температуре 45—30 минут. Концентрация клейстера 2—4%. Иногда клейстеризацию проводят при более высокой концентрации, а затем разбавляют клей в расходной мешалке.

В случае изготовления щелочного клейстера процесс ведется точно так же, но вместо воды берется раствор щелочи.

Процесс клейстеризации крахмала следует контролировать по набуханию зерен. В хорошем клее все зерна должны быть хорошо набухшими и часть зерен должна иметь лопнувшие оболочки.

---

[1] Ветвистое строение имеет амилопектин, другая же составная часть крахмала — амилоза имеет линейное строение молекулы.

Контроль осуществляют при помощи микроскопа, рассматривая препараты клея, окрашенные йодом и йодистым калием, пользуясь увеличением 1 : 60—100.

Крахмал, обладая полярными гидроксилами, образует в бумаге дополнительные водородные связи между волокнами, вследствие чего прочность бумаги по сопротивлению разрыву, продавливанию и излому значительно повышается. Наряду с повышением механической прочности бумага приобретает большую жесткость, упругость и звонкость, лучшую белизну и сопротивление истирающему действию при подчистке поверхности бумаги. Последнее свойство очень важно для чертежной бумаги. Благодаря повышенному сцеплению волокон в бумажном листе они не отдираются при подчистке, вследствие чего можно снова чертить по подчищенному месту.

Крахмальная проклейка применяется при выработке чертежной и рисовальной бумаги, фотоподложки, перфокарточной, литографской, офсетной бумаги и некоторых других. В чертежную бумагу вводится до 5 — 6% крахмала, в остальные из упомянутых от 1 до 3%. Раньше для устранения пузырения бумаги при проявлении и повышения степени проклейки в бумагу-основу для фотоподложки вводили 8—10% крахмала. Теперь же при использовании меламино-формальдегидной смолы количество крахмала в композиции фотоподложки сильно уменьшено и даже полностью исключено.

Крахмальная проклейка значительно снижает пыление бумаги при печатании, повышает удержание наполнителей и снижает впитывающую способность бумаги. Влияние крахмальной проклейки на эти показатели бумаги из сульфитной беленой целлюлозы, по данным Н. Е. Трухтенковой, показано в табл. 18.

Таблица 18

Влияние крахмальной проклейки на впитывающую способность и пылимость бумаги

Дозировка крахмала в %	Зольность бумаги в %	Впитывающая способность в мм	Потеря веса бумаги в % при испытании на пылимость	
			с сеточной стороны	в верхней стороны
0	4,6	20,4	3,15	9,8
0,5	8,0	14,2	1,04	8,6
1,0	8,3	13,6	0,48	5,3
4,0	10,2	11,5	0,49	3,2

Обычная крахмальная проклейка в сочетании с проклейкой бумаги канифольным клеем несколько улучшает последнюю и, что особенно важно, предохраняет бумагу от расклейки. Однако первоначальное повышение степени проклейки невелико. Гораздо

лучшие результаты в этом отношении дает применение окисленного крахмала. Последний, по данным Кейси, при введении в бумажную массу в количестве 2—5% повышает степень проклейки бумаги на 25—50%.

Полагают, что окисленный крахмал способствует лучшему осаждению и удержанию смолы на волокне. Окисленный крахмал дает лучшие результаты по сравнению с обычным крахмалом и в отношении повышения прочности бумаги. Влияние простого и окисленного крахмала на прочность бумаги, водопоглощение и степень проклейки показано на рис. 64 и 65.

Рис. 64. Влияние крахмала на механическую прочность бумаги:

I — окисленный крахмал; *II* — обычный крахмал

Окисление крахмала проводится обычно гипохлоритом. По данным автора, степень окисления не должна быть большой. Хорошие результаты дает окисленный крахмал с содержанием

Рис. 65. Влияние обычного и окисленного крахмала на проклейку бумаги смоляным клеем (дозировка канифольного клея 0,75% от веса волокна):

1 — степень проклейки бумаги с окисленным крахмалом; *2* — то же с простым крахмалом; *3* — впитываемость воды при проклейке простым крахмалом; *4* — то же окисленным крахмалом

карбоксильных групп около 2—3%. Для получения такой степени окисления крахмала требуется небольшой расход активного хлора,

около 1% от веса крахмала, а сам процесс окисления может быть проведен при температуре 30° в течение 20—30 минут.

Крахмал обладает отрицательным зарядом и удерживается в бумаге без глинозема очень плохо (не выше 40—50%). Поэтому применение глинозема после введения крахмального клейстера является обязательным. При наличии жесткой воды после прибавления глинозема происходит образование хлопьев гидрата окиси алюминия $Al(OH)_3$, которые способствуют осаждению крахмала на волокне.

Иногда вводят в бумажную массу сырой неклейстеризованный крахмал, считая, что клейстеризация его пройдет во время сушки бумаги на сушильных цилиндрах. Такой метод работы нельзя признать рациональным, так как набухание зерен крахмала в этом случае будет меньшим и эффект проклейки окажется гораздо ниже. Кроме того, возможны осложнения и образование брака в бумаге, так как зерна крахмала, особенно при форсированной сушке, могут прилипать к горячей поверхности цилиндра, выдираться из бумаги, оставляя на ее поверхности местные углубления. Такие дефекты встречались в практике автора при выработке фотоподложки с применением плохо клейстеризованного клейстера. Крахмальный клей следует вводить в бумажную массу после размола.

Животный клей. Чаще всего он применяется для поверхностной проклейки бумаги с целью придания ей большей прочности, хорошего внешнего вида и сомкнутой поверхности. Для проклейки бумаги в массе он используется сравнительно редко ввиду его дороговизны.

Животный клей, так же как и казеин, наиболее широко применяется в качестве защитного коллоида для повышения стабильности клеевых частиц в суспензии. Животный клей рекомендуется прибавлять к нейтральному клею при проклейке на жесткой производственной воде для того, чтобы защитить клей от коагуляции солями жесткости воды.

Животный клей, добавленный в смоляную суспензию или в бумажную массу, улучшает смоляную проклейку и повышает прочность бумаги по сопротивлению ее разрыву и излому.

Раствор животного клея, известный под названием клея Свена, применяется с целью улучшения работы флотационных ловушек и повышения удерживаемости наполнителей в бумаге. Применение клея Свена способствует также повышению удержания смоляного клея в бумаге и улучшению проклейки. Подробнее о нем сказано в главе о наполнении бумаги.

Жидкое стекло. Оно представляет собой силикат натрия с соотношением между окисью натрия и окисью кремния от 1 : 3 до 1 : 4. В типичном техническом продукте содержится около 30% SiO_2 и около 10% Na_2O. Удельный вес жидкого стекла составляет обычно 1,45.

После введения жидкого стекла в бумажную массу бумага приобретает некоторую степень проклейки, достаточную для типо-

графской бумаги, а также другие свойства: жесткость, гладкость, меньшую пылимость, большую зольность. При введении жидкого стекла в большом количестве (10—15%) бумага приобретает хрупкость и повышенную прозрачность. По этой причине жидкое стекло применяют иногда при выработке некоторых видов бумаги для печати, а также некоторых специальных видов бумаги, например телеграфной ленты для аппаратов Крида.

При выработке некоторых видов бумаги для печати применяют обычно 2—4% жидкого стекла. Для осаждения коллоидного гидрогеля SiO_2 на волокне требуется введение глинозема, нейтрализующего щелочь и создающего кислую реакцию бумажной массы до pH 4,5. Большой избыток глинозема вредит, так как при этом осадок начинает растворяться и происходит потеря жидкого стекла.

Жидкое стекло применяется иногда в качестве щелочи для клейстеризации крахмала, а также для нейтрализации ионов SO_4'' при накоплении их в оборотной воде. Накопление их приводит обычно к ухудшению проклейки бумаги.

Силиконы. Силиконы, или кремнийорганические соединения, находят за последнее время применение для придания различным материалам и тканям гидрофобных свойств.

Кремнийорганические соединения содержат атомы кремния, окруженные атомами углерода и кислорода. Они обладают свойствами органических веществ и синтетических смол. Они устойчивы к теплу и химикатам и отличаются высокой гидрофобностью.

Существует несколько методов придания гидрофобности бумаге и тканям посредством кремнийорганических соединений.

Первый метод, так называемой газовой «проклейки»[1] бумаги, предложенный Н. П. Перекальским, заключается в том, что готовая бумага пропускается через камеру и обрабатывается там парами летучего кремнийорганического соединения метилсилантрихлорида. Выделяющаяся в результате реакции целлюлозы с этими парами соляная кислота нейтрализуется парами аммиака путем пропуска бумаги через второе отделение камеры.

Реакции, протекающие в камере при газовой проклейке бумаги, могут быть схематично представлены уравнениями

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + nCH_3SiCl_3 \rightarrow (CH_3SiO_3C_6H_7O_2)_n + 3nHCl; \quad (46)$$

$$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl. \quad (47)$$

В результате блокирования гидроксильных групп целлюлозы кремнийорганическим соединением бумага приобретает гидрофобные свойства и может быть использована для письма чернилами. Реакция в камере протекает очень быстро, в течение 0,2 сек. Для получения хорошей проклейки бумаги требуется очень небольшой расход химикатов.

[1] Термин «проклейка» бумаги здесь является условным.

Несмотря на такие достоинства газовой проклейки бумаги кремнийорганическим летучим соединением, аппаратурное оформление метода представляет собой весьма сложную задачу. Выделяющиеся в результате реакции HCl и NH_4Cl весьма агрессивны и вызывают коррозию металлов, сами пары метилсилантрихлорида и продукты реакции очень вредны для здоровья человека. Поэтому требуется тщательная герметизация камер, где протекает процесс. Задача надлежащего аппаратурного оформления метода пока еще не решена, вследствие чего способ этот еще не применяется в промышленных масштабах.

Значительно проще использование для проклейки кремнийорганических соединений в массе. К. А. Андрианов совместно с сотрудниками разработал метод такой проклейки, при котором кремнийорганическое соединение, так называемый продукт № 9 (ГЖК), в виде жидкости вводится в бумажную массу так же, как и смоляной клей. По данным изобретателей, хорошая проклейка получается уже при дозировке этого продукта в количестве 0,5% от веса волокна. Метод этот является безвредным для обслуживающего персонала, прост, но имеет также один серьезный недостаток. Он требует сравнительно высокой температуры сушки (около 150°) для придания бумаге надлежащих гидрофобных свойств. Метод этот находится пока еще в стадии проверки.

Наряду с указанными выше методами возможна проклейка готовой неклееной бумаги методом пропитки эмульсиями жидких кремнийорганических соединений. Подобный метод применяется в текстильной промышленности для гидрофобизации тканей.

Смолы, применяемые для придания бумаге влагопрочности. При погружении в воду и намокании обычная бумага теряет до 95% своей первоначальной прочности в сухом состоянии. Проклейка бумаги канифольным клеем, парафином или монтанвоском только удлиняет процесс намокания бумаги в воде, но не может предотвратить потери прочности бумаги после ее намокания.

Свойство бумаги сохранять прочность во влажном состоянии, называемое влагопрочностью, весьма важно для некоторых видов бумаги — оберточной, упаковочной, картографической, основы-фотоподложки и некоторых других. Это свойство сообщается бумаге проклейкой меламино-формальдегидной или мочевино-формальдегидной смолами, а также кремнийорганическими соединениями, о чем уже говорилось ранее.

Исходный материал, применяющийся для получения мочевино-формальдегидной смолы, диметилолмочевина

представляет собой продукт конденсации мочевины с формальдегидом. Он растворим в воде и обычно вводится в массу в виде водного раствора с концентрацией 50%. Для осаждения смолы на волокне применяют глинозем или хлористый аммоний. При последующем отливе и сушке бумаги под влиянием высокой температуры сушильных цилиндров происходит поликонденсация диметилолмочевины с образованием влагопрочной мочевино-формальдегидной смолы.

Проклейка бумажной массы этой смолой имеет тот недостаток, что диметилолмочевина растворима в воде и частично теряется при отливе. Целесообразнее поэтому применять диметилолмочевину для проклейки готовой бумаги методом пропитки. Другим недостатком этой смолы является некоторое снижение механической прочности бумаги в сухом состоянии и падение влагопрочности при длительном хранении бумаги. По этим причинам указанная смола сравнительно редко применяется для проклейки бумаги.

В настоящее время разработаны более эффективные методы применения мочевино-формальдегидных смол для придания влагопрочности бумаге. Один из них заключается в том, что смола подвергается обработке бисульфитом натрия, в результате чего образуется соль, в которой анионом является органическая часть молекулы. Эта смола не адсорбируется волокном, но может быть осаждена на волокне глиноземом. Наряду с анионовой смолой стали применять и катионовые смолы, имеющие положительный заряд и хорошо адсорбируемые волокном.

Исходным материалом для получения меламино-формальдегидной смолы является **триметилолмеламин**, который получается конденсацией меламина с формальдегидом по схеме.

(48)

По данным Б. Б. Гутмана, этот процесс протекает при температуре 70—75° и при pH 6,5—7. Исходная смола нерастворима в воде и потому для проклейки применяется раствор ее в слабой соляной кислоте. Так как частицы смолы в солянокислом растворе заряжены положительно, они хорошо фиксируются на волокне целлюлозы, которая, как известно, несет отрицательный заряд, и потому не требуют каких-либо дополнительных средств для осаждения.

После растворения смолы в 1—2%-ном растворе соляной кислоты его оставляют для созревания на несколько часов.

При низком pH раствора (около 2) происходит конденсация продукта, в результате чего происходит рост коллоидных частиц

и увеличение их заряда. Этот процесс сначала идет быстро, затем замедляется и останавливается при достижении размеров частиц около 100—200 Å.

Меламиновый коллоид хорошо адсорбируется волокном и при нагреве бумаги во время процесса сушки на машине быстро затвердевает, подвергаясь процессу поликонденсации. При этом бумага приобретает свойство влагопрочности. Для достижения бумагой полной влагопрочности требуется нагрев до 120—125° в течение 1 минуты. Так как во время сушки бумаги на машине трудно достигнуть этих условий, то обычно процесс конденсации смолы происходит неполностью и бумага, снятая с машины, обладает влагопрочностью в размере примерно 80% от максимальной, которая достигается при дальнейшем хранении бумаги в течение нескольких дней и даже недель, так как процесс конденсации смолы при низкой температуре протекает медленно.

Для улучшения отложений смолы на волокне и ускорения процесса ее конденсации применяют глинозем и минеральные кислоты. Оптимальный pH для отложения смолы на волокне 4—5,5, а для конденсации — 4—5. При pH выше 5 отвердение смолы происходит медленнее, а при pH ниже 4 может происходить гидролиз смолы и снижение влагопрочности бумаги.

По данным Б. Б. Гутмана, для смолы, приготовленной по указанному выше методу, время созревания не ниже 12 часов, а срок хранения и годности раствора около 5—6 суток.

По данным Бартелла, при использовании смолы «мелостренс», наиболее распространенной в США, для созревания раствора достаточно 3 часов, а срок службы раствора при нормальной 10%-ной концентрации составляет 2—3 недели. Если же хранить раствор при разбавлении до 3—6%, то срок годности его значительно выше.

Установка для приготовления рабочего раствора меламиноформальдегидной смолы показана на рис. 66. Она состоит из разводного бака емкостью от 1,5 до 12 м^3, расположенного на площадке. Под ним размещаются запасные, или расходные, баки емкостью от 12 до 25 м^3.

Раствор приготовляют следующим образом: в разводной бак заливается вода и при помешивании вводится кислота, после чего засыпается смола. После ее растворения бак доливается водой из расчета получения 10%-ной концентрации. Перед употреблением смолу целесообразно пропустить через сито с отверстиями диаметром 6 мм. Далее готовый раствор выпускается в запасный бак, выдерживается там определенное время для созревания и разбавляется до 3—6%-ной концентрации. Последнее целесообразно делать при непрерывном введении раствора смолы в поток бумажной массы. При проклейке же в роллах можно пользоваться и более концентрированными растворами смолы.

Баки для растворения смолы и хранения готового раствора изготовляются деревянными или из нержавеющей стали. Оборудо-

вание для хранения кислоты выполняется из нержавеющей стали с покрытием из резины. Раствор смолы можно вводить в разных местах подготовительного отдела, однако непрерывное введение раствора смолы в пунктах, близко расположенных к машине, целесообразнее, так как позволяет быстро и удобно регулировать приток раствора и контролировать влагопрочность готовой бумаги.

Рис. 66. Схема установки для приготовления раствора меламино-формальдегидной смолы:

1 — разводной бак; *2* — запасные баки; *3* — насос; *4* — смола в мешках; *5* — кислота; *6* — вытяжная вентиляция; *7* — вода; *8* — сжатый воздух для перемешивания

На рис. 67 показано изменение основных свойств бумаги из сульфатной небеленой целлюлозы, изготовленной при различном содержании меламино-формальдегидной смолы (по данным Б. Б. Гутмана). Как видно из рисунка, оптимальное развитие большинства показателей бумаги находится в пределах от 3 до 6% смолы от веса волокна. При этом влагопрочность бумаги достигает 35—46%, прочность по сопротивлению разрыву бумаги в сухом состоянии увеличивается на 20—30%, сопротивлению излому — на 15—25%, деформация бумаги при увлажнении и остаточная снижаются на 30—50%, т. е. почти в два раза. Исключение составляет лишь один показатель — сопротивление раздиранию, который снижается в результате введения смолы.

Таким образом, проклейка бумаги меламино-формальдегидной смолой весьма благоприятно сказывается на всех основных свойствах бумаги, кроме показателя сопротивления раздиранию. При-

менение этой смолы резко снижает пыление бумаги при печатании и других видах обработки, не снижая существенно впитывающей способности, что очень важно применительно к бумаге для печати. Влияние меламиновой проклейки на эти показатели бумаги, по данным Н. Е. Трухтенковой, показано в табл. 19

Воздухопроницаемость бумаги при проклейке меламино-формальдегидной смолой снижается незначительно.

Все эти изменения в свойствах бумаги при проклейке объясняются тем, что смола образует между волокнами прочные дополни-

Рис. 67. Влияние меламино-формальдегидной смолы на свойства бумаги из сульфатной целлюлозы:

1 — влагопрочность; *2* — сопротивление разрыву; *3* — сопротивление раздиранию; *4* — сопротивление излому

тельные связи, не разрушающиеся при намокании бумаги в воде. Природа этих связей пока еще выяснена недостаточно.

Таблица 19

Влияние меламиновой проклейки на пылимость и впитывающую способность бумаги

Процент смолы к волокну	Впитывающая способность по Клемму в мм	Потеря веса бумаги в % при испытании на пылимость	
		нижняя сторона листа	верхняя сторона листа
0,0	20,4	3,15	9,8
0,5	20,0	0,88	5,3
2,0	19,4	0,50	3,9
4,0	14,8	0,30	1,7

Возникновение прочных, неразрушающихся водой и химикатами связей резко повышает прочность бумаги во влажном состоянии и при намокании в щелочных растворах. Благодаря меламиновой

проклейке удалось резко улучшить качество фотографической бумаги. Бумага такого рода уже при введении 1,5—2% смолы от веса волокна хорошо выдерживает воздействие щелочных химикатов при проявлении, а также гипосульфитную обработку и последующую промывку водой, не расслаиваясь и не образуя пузырей. Раньше же до применения этого метода проклейки бумаги с указанными дефектами было очень трудно бороться.

Оборотный брак бумаги, проклеенной мочевино-формальдегидной смолой, сравнительно легко распускается на волокна в бракомольных установках. Сухой брак бумаги, проклеенной меламино-формальдегидной смолой, в этих условиях распускается значительно труднее. Поэтому его переработку в бракомольных установках производят при нагреве бумажной массы до 80—82° и при добавлении глинозема или слабой соляной кислоты до pH 3,5—4.

СЕРНОКИСЛЫЙ ГЛИНОЗЕМ

Как уже упоминалось выше, при изложении теории процесса проклейки бумаги, для осаждения клея и закрепления его на волокне применяется сернокислый глинозем или алюмокалиевые квасцы.

Сернокислый глинозем [$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$] получается из белой глины, бокситов или нефелина путем обработки их крепкой серной кислотой при нагревании и перемешивании в специальных аппаратах. После разбавления полученный мутный раствор отфильтровывают на фильтр-прессах от нерастворившегося осадка SiO_2 и осветленный раствор упаривают и подвергают кристаллизации. Перед обработкой кислотой глину подвергают обжигу. Таким образом, получают очищенный технический сернокислый глинозем в плитках с содержанием окиси алюминия около 15%. В Америке применяют для бумажного производства так называемый гранулированный глинозем с содержанием окиси алюминия около 17%. Для изготовления низкосортных видов бумаги из неподвергавшихся отбелке волокнистых материалов у нас часто применяется неочищенный глинозем с содержанием около 10% Al_2O_3. Такой глинозем иногда готовится прямо на предприятиях бумажной промышленности. Он изготовляется из необожженного каолина путем обработки его серной кислотой без последующего отделения нерастворимого осадка от раствора. Поэтому в таком глиноземе содержится около 20% осадка.

В табл. 20 приводится характеристика технического сернокислого глинозема (очищенного) и глинозема БМ (неочищенного) в соответствии с нашими стандартами.

Очищенный сернокислый глинозем иногда заменяют алюминиево-калиевыми квасцами состава $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, которые содержат около 10—11% Al_2O_3. Квасцы содержат очень мало железа и нерастворимого осадка и потому часто применяются при произ-

Таблица 20

Характеристика сернокислого глинозема различных марок

Наименование показателей	Величина показателей в % очищенного сернокислого глинозема марок				То же для неочищенного глинозема в %
	экстра	А	В	С	БМ
Al_2O_3 не менее	14	13,5	13,5	13,5	10,0
Свободная H_2SO_4 не более	0,1	0,1	0,1	0,1	2,0
Нерастворимый осадок не более	0,8	1,0	1,0	1,0	23,0
Общее содержание железа (в пересчете на Fe_2O_3) не более	0,35	0,7	1,2	1,5	0,5

водстве высокосортных видов бумаги: основы для фотоподложки и др. Для изготовления бумаги-основы фотоподложки и других высокосортных видов бумаги за рубежом применяют также высококачественный сернокислый глинозем с минимальным содержанием железа (не выше 0,01% Fe_2O_3) путем растворения гидрата окиси алюминия в серной кислоте, не содержащей железа.

Раствор сернокислого глинозема в воде имеет кислую реакцию (pH около 4), так как он гидролизуется с образованием гидроокиси алюминия и серной кислоты. Степень гидролиза глинозема при проклейке зависит от количества введенного в бумажную массу глинозема, жесткости воды и вида волокнистого материала, т. е. от факторов, определяющих кислотность среды при проклейке.

Количество сернокислого глинозема, используемого для проклейки, зависит от тех же факторов и от вида клея, применяемого для проклейки. В среднем соотношение между клеем и глиноземом при проклейке бурым и белым клеем составляет от 1 : 1,5 до 1 : 2. Это соотношение уменьшается с уменьшением взятого для проклейки канифольного клея. При проклейке же бумаги клеем с высоким содержанием свободной смолы сернокислый глинозем берется в относительно меньшем количестве при соотношении клея и глинозема примерно 1 : 1.

При проклейке бумаги сернокислый глинозем расходуется на реакцию с резинатом натрия, на реакцию обменной адсорбции ионов алюминия с ионами кальция и натрия, содержащимися в волокне, и на реакции с солями жесткости производственной воды. Кроме того, глинозем создает определенную кислотность среды, необходимую для проклейки.

Мнения отдельных авторов по вопросу об оптимальной кислотности среды при проклейке бумаги после введения глинозема расходятся. Однако большинство исследователей считает, что оптимальная pH при проклейке после введения глинозема находится в пределах 4,5—5,5. Сернокислого глинозема для проклейки следует брать столько, чтобы создать это pH массы,

Для получения устойчивой проклейки бумаги весьма полезно поддерживать постоянную кислотность подсеточной воды или бумажной массы, поступающей на сетку бумагоделательной машины. В настоящее время на современных предприятиях практикуется автоматическое регулирование кислотности бумажной массы на машине путем введения раствора глинозема в бумажную массу или в подсеточную воду.

Хорошим заменителем сернокислого глинозема для проклейки является хлористый алюминий ($AlCl_3$). Серная кислота дает плохие результаты, но в смеси с сернокислым глиноземом, как показал Прайс, обеспечивает иногда даже лучшую проклейку, чем при использовании одного глинозема. Серную кислоту можно ввести в бумажную массу перед проклейкой, что рационально делать при употреблении жесткой производственной воды и при использовании бурого или белого клея, или вводить ее в смеси с сернокислым глиноземом.

Низкая pH при проклейке отрицательно сказывается на долговечности и прочности бумаги. Повысить pH при проклейке бумаги можно введением вместе с глиноземом щелочи ($NaOH$). Для этой же цели можно применять алюминат натрия ($NaAlO_2$), который можно получить из сернокислого глинозема и щелочи согласно схеме

$$Al(OH)_3 + Na(OH) \rightarrow NaAlO_2 + 2H_2O. \quad (49$$

Получающийся при гидролизе сернокислого глинозема гидрат окиси алюминия реагирует с едким натром и образует алюминат натрия. Алюминат натрия, таким образом, представляет собой щелочное соединение окиси алюминия и содержит примерно в три раза больше окиси алюминия, чем в глиноземе. При использовании его в смеси с глиноземом можно получить хорошую проклейку при pH массы в пределах 6—7 и даже в щелочной среде до pH 8,5.

Как показали Симониеску и Поппел, наилучшее соотношение между глиноземом и алюминатом натрия при проклейке бумаги 8 : 1 (т. е. на 1% глинозема следует брать 0,125% алюмината). В этих условиях кислотность бумажной массы после проклейки в производственных опытах, проведенных указанными авторами, составляла около pH 6,5, а кислотность подсеточной воды соответственно — 6,75. Выработанная на машине бумага отличалась лучшей степенью проклейки и более высокой механической прочностью по сопротивлениям разрыву, продавливанию и излому.

Внедрение в практику работы бумажных предприятий алюминатной проклейки позволяет не только повысить механические свойства и долговечность бумаги, но и снизить коррозию оборудования, а также удлинить сроки службы сеток и в особенности сушильных сукон бумагоделательных машин.

Приготовление рабочих растворов сернокислого глинозема. Очищенный сернокислый глинозем сравнительно хорошо растворяется

в воде, при этом растворимость его повышается и ускоряется в горячей воде. Растворимость глинозема, считая на безводную соль при разных температурах воды составляет:

Температура воды в °Ц	0	20	30	40	50
Растворимость в %	33,5	36,3	40,4	45,6	52,1

Сернокислый глинозем может растворяться как на холоду, так и при нагревании. В первом случае в производственных условиях требуется 5—6 часов. Во втором случае при нагреве до 90° процесс растворения можно ускорить до 1 часа. Несмотря на расход пара для нагрева, этот способ предпочтительнее, так как позволяет интенсифицировать процесс и значительно повысить производительность установки. Для снижения расхода пара на нагрев применяют следующий метод растворения глинозема: сначала ведут растворение при высокой концентрации (30—40%) и при нагреве до 90°, а потом выпускают концентрированный раствор в запасные баки и там разводят его холодной водой до концентрации 5—10%.

При этой схеме подготовки рабочего раствора сернокислого глинозема установка состоит из двух или трех баков для разведения концентрированного раствора, расположенных обычно на площадке, и трех или четырех баков готового раствора, находящихся под площадкой. Объем их должен быть больше первых с учетом разбавления концентрированного раствора до требуемой концентрации.

Верхние баки можно изготовлять из дерева в виде цилиндрических баков, стянутых обручами и снабженных изнутри свинцовой рубашкой (можно и без нее). Нижние запасные баки для готового раствора изготовляются обычно железобетонными и выкладываются изнутри кислотоупорными плитками или листовым свинцом. Для внутренней обкладки нижних баков можно применять также плитки из литого диабаза.

Для лучшего растворения плиток кристаллического сернокислого глинозема при холодном способе разводки в верхней части баков делают иногда колосниковую решетку, на которую кладут глинозем. Концентрированный раствор опускается в нижнюю часть бака и не мешает дальнейшему растворению глинозема. При методе горячего растворения раствор нагревается острым паром. Установки колосниковой решетки в баке для разведения в этом случае не требуется, так как перемешивание раствора происходит посредством пара.

Вся арматура установки: трубы, краны и патрубки изготовляются из кислотоупорных материалов. Краны иногда заменяют резиновыми соединительными трубками с винтовыми зажимами. Ввиду того, что чаны и арматуру приходится сравнительно часто ремонтировать, необходимо предусматривать запасные баки. Для подъема и загрузки сернокислого глинозема в баки предусматривается установка соответствующих подъемников.

При растворении неочищенного глинозема необходим интенсивный нагрев почти до кипения. Ввиду того, что у нас обычно этот глинозем изготовляется из низких сортов каолина и глины, нерастворимый осадок содержит большое количество песка и загрязнений, недопустимых в бумаге. Поэтому необходимо очищать раствор от подобных загрязнений путем отстоя или фильтрации через сетки. Для размешивания неочищенного сернокислого раствора глинозема применяют иногда сжатый воздух. Расход воздуха на размешивание составляет от 0,4 до 0,8 $м^3$/мин. на 1 $м^2$ свободной поверхности бака.

Применение неочищенного глинозема создает большие затруднения на предприятии, связанные с необходимостью очистки растворов и баков от осадка и часто приводит к понижению качества бумаги.

ТЕХНИКА ПРОКЛЕЙКИ БУМАЖНОЙ МАССЫ

Существуют два основных метода проклейки бумажной массы: по схемам периодического и непрерывного введения проклеивающих и наполняющих материалов. В первом случае проклейка бумажной массы производится в роллах перед концом размола или в мешальных роллах после смешения размолотых волокнистых материалов. Во втором случае проклеивающие растворы и наполнители вводятся непрерывно через дозаторы в разных пунктах потока бумажной массы.

При проклейке по периодической схеме дозировка проклеивающих и наполняющих суспензий и растворов производится мерниками, установленными над роллами.

Мерник представляет собой небольшой деревянный, металлический или бетонный бак. При выработке высокосортных видов бумаги он выкладывается изнутри метлахскими плитками. Бак снабжается обычно приспособлением для точного замера по объему выпускаемой в ролл жидкости. Чаще всего это поплавковое устройство с блоком и указателем, движущимся по шкале с делениями. Указатель показывает объем выпускаемой жидкости.

При проклейке в роллах необходимо соблюдать определенный порядок введения материалов и интервалы во времени между введением клея и сернокислого глинозема с таким расчетом, чтобы клей успел хорошо перемешаться с волокном и только после этого вводить глинозем для осаждения и закрепления смолы. После введения сернокислого глинозема также необходимо хорошее перемешивание массы.

Обычно химикаты вводятся в такой последовательности: клей, сернокислый глинозем, наполнитель. Но возможен и другой порядок: клей, наполнитель, глинозем или наполнитель, клей, глинозем. Считают, что при выработке писчих и других хорошо проклеенных видов бумаги лучшие результаты дает первая схема. Необходимое время для перемешивания после введения клея и гли-

нозема не менее 15—20 минут. Увеличение времени перемешивания улучшает, а уменьшение снижает эффект проклейки готовой бумаги.

При непрерывных методах подготовки бумажной массы химикаты для проклейки и наполнения вводятся посредством дозаторов разных систем. При выборе мест введения химикатов в поток бумажной массы должны соблюдаться необходимая, указанная выше последовательность введения этих химикатов, а также интервалы для надлежащего размешивания волокна после поступления каждого химиката. Порядок и места введения химикатов показаны на технологических схемах подготовки бумажной массы.

Ни в коем случае не следует вводить глинозем и клей одновременно в одном и том же пункте потока бумажной массы, так как это значительно снижает эффект проклейки бумаги.

В качестве дозаторов для непрерывного введения проклеивающих и наполняющих растворов применяют аппараты Тримбей-Тиббитс, дозаторы Фишера и Поттера, которые были описаны выше, акуметр и напорные переливные бачки с регулируемым приспособлением для введения раствора при помощи задвижки, вентиля или винтового зажима. Последнее устройство несколько примитивно и требует тщательного и систематического контроля за поступлением растворов в поток массы. Наиболее совершенной системой является пропорциональная система Фишера и Поттера, которая автоматически поддерживает необходимое количество растворов, подаваемых в бумажную массу, и выдерживает заданное соотношение между количеством подаваемого волокна и количеством проклеивающих растворов.

КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ПРОКЛЕЙКИ

Контроль процесса проклейки сводится к наблюдению за правильным выполнением установленного технологического режима, приготовления клея и проведения заклейки бумажной массы, а также к контролю за степенью проклейки готовой бумаги.

При изготовлении клея лаборатория должна контролировать качество исходных материалов, применяемых для проклейки, режимы приготовления и качество готового клея в отношении содержания свободной смолы, щелочности и степени дисперсности клеевых частиц. Особое внимание уделяется поддержанию постоянной концентрации готовых клеевых растворов, наполнителей и сернокислого глинозема, так как это обеспечивает в дальнейшем правильную дозировку химикатов и облегчает проведение процесса проклейки массы.

При проведении этого процесса контролируется концентрация проклеивающих и наполняющих суспензий и растворов и проверяется дозировка. Контролируется систематически pH подсеточной воды бумагоделательной машины, так как она служит надежным показателем нормальной дозировки глинозема и создания необхо-

димых условий кислотности среды при проклейке. Автоматический контроль и регулирование pH подсеточной воды значительно улучшает качество и однородность бумаги в отношении степени проклейки, приводит к снижению расхода химикатов и к уменьшению коррозии оборудования.

Оценка эффекта проклейки готовой бумаги в производственных условиях у нас обычно производится стандартным штриховым способом. Он заключается в том, что на бумагу с одной или с двух сторон наносятся рейсфедером чернильные штрихи различной ширины, начиная от 0,25 и до 2 мм с интервалами через 0,25 мм. После подсыхания чернил рассматривают штрихи и оценивают степень проклейки бумаги. За меру проклейки принимают наибольшую ширину штриха, на котором чернила еще не расплываются и не проходят на другую сторону листа. Для оценки степени проклейки бумаги этим методом применяют стандартные чернила определенной кислотности, специально изготовленные для этой цели. Недостатком метода является его условность, так как при его осуществлении используются специальные чернила. Чернила же, которыми пользуются обычно для письма, отличаются по своему составу от стандартных, применяемых для оценки проклейки, вследствие чего не всегда можно сопоставлять результаты проклейки при использовании разных чернил.

В лабораторных условиях применяются и другие методы оценки степени проклейки бумаги: метод сухого индикатора; определение угла смачивания при нанесении капли воды на поверхность бумаги; флотационный способ определения степени проклейки по времени проникновения чернил через толщу бумаги, плавающей в виде лодочки на поверхности чернил; по влагопрочности бумаги, т. е. по времени, которое требуется для размокания полоски бумаги в воде и обрыва ее под влиянием груза; по впитывающей способности бумаги, характеризуемой привесом воды при намокании бумаги в течение определенного времени; по электропроводности бумаги; по скручиваемости полоски бумаги, увлажненной с одной стороны водой, и другие.

Каждый из этих методов определения степени проклейки бумаги имеет свои достоинства и свои недостатки. Подробное рассмотрение этих методов не входит в задачу настоящей книги.

ПРИЧИНЫ НЕПОЛАДОК ПРИ ПРОКЛЕЙКЕ БУМАГИ

Причины неполадок, связанных с осуществлением процесса проклейки, весьма разнообразны и в производственных условиях бывает иногда довольно трудно разобраться в действительных причинах понижения степени проклейки бумаги. Это объясняется сложностью процесса и наличием большого количества переменных факторов, оказывающих одновременно действие на сам процесс и его результаты.

Отметим наиболее часто встречающиеся причины неполадок при осуществлении процесса проклейки бумаги.

1. Дефекты в качестве волокнистых полуфабрикатов: плохая промывка сульфитной целлюлозы от сульфитного щелока и отбельных растворов, малая адсорбционная способность целлюлозы из-за недостаточного количества гемицеллюлозных спутников.

2. Дефекты в приготовлении смоляного клея: плохой провар канифоли, малая степень дисперсности клеевых частиц в суспензии.

3. Неправильная дозировка растворов клея, глинозема и наполнителя по объему и изменение концентрации рабочих растворов этих химикатов.

4. Неправильный порядок введения клея, глинозема, наполнителей и недостаточное время для перемешивания бумажной массы с химикатами.

5. Высокая температура массы при проклейке.

6. Неподходящая жесткость производственной воды для данного вида используемого клея: жесткая вода при проклейке нейтральным клеем и чрезмерно мягкая вода при проклейке высокосмоляным клеем.

7. Накопление сульфата натрия в кислой оборотной воде, применяемой для разбавления бумажной массы в размольном отделе.

8. Чрезмерное количество наполнителей в бумаге.

9. Слишком садкий помол бумажной массы.

10. Неправильная дозировка глинозема (слишком высокое значение pH).

11. Слабый отжим воды в мокрых прессах и низкая сухость бумажного полотна перед поступлением его в сушильную часть.

12. Форсированная сушка бумаги (высокая температура первых сушильных цилиндров).

13. Форсированный отсос воды на регистровой части и отсасывающих ящиках бумагоделательной машины.

14. Высокая влажность бумаги при каландрировании и на накате

ГЛАВА 4

НАПОЛНЕНИЕ БУМАГИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Многие виды бумаги вырабатываются с применением минеральных наполнителей, которые вводятся в бумажную массу в процессе размола и сообщают бумаге определенные свойства. В качестве наполнителей применяют каолин, гипс, мел, тальк, асбестин, бланфикс, сульфид цинка, двуокись титана и некоторые другие минеральные вещества, обладающие белым цветом. Процесс введения минеральных наполнителей в бумагу называется наполнением, или отяжелением, бумаги.

Основная цель введения наполнителей в бумагу заключается в том, чтобы сообщить ей полезные свойства: белизну, светонепроницаемость, мягкость, гладкость и некоторые другие. Эти свойства особенно необходимы для печатной и писчей бумаги. Введение минеральных наполнителей делает бумагу более пригодной для печати, так как улучшает ее печатные свойства. Обладая большей гладкостью, впитывающей способностью по отношению к типографской краске и мягкостью, такая бумага лучше воспринимает печать при натиске печатной формы. Полученное изображение отличается большей сочностью, не просвечивает на другую сторону листа и не затрудняет чтения. Последнее свойство важно также и для писчих бумаг.

Применение минеральных наполнителей имеет также и экономическое значение, так как позволяет заменить часть волокна более дешевым минеральным материалом. Несмотря на значительные потери наполнителей в производстве, достигающие 50—60% и даже иногда выше, применение их экономически выгодно.

Наряду с положительными наполнители придают бумаге и отрицательные свойства. Это относится прежде всего к механической прочности и степени проклейки бумаги, которые снижаются. Понижение механической прочности и степени проклейки бумаги при введении наполнителей ограничивает их количество при введении в бумажную массу.

О количестве наполнителей в бумаге судят по ее зольности. Зная естественную зольность волокна и потерю при прокаливании минерального наполнителя в процессе сжигания бумаги, не трудно

подсчитать количество наполнителя, содержащегося в бумаге. Для большинства наполнителей, кроме мела, истинное содержание наполнителя в бумаге мало отличается от значения ее зольности.

По содержанию наполнителей все виды бумаги условно можно разбить на четыре группы: бумага с естественной зольностью волокна (т. е. без наполнителей), малозольная с содержанием золы до 5%, средней зольности (до 12—15% золы) и высокозольная бумага с содержанием золы выше 15%.

К первой группе относятся: электроизоляционная, фильтровальная, некоторые виды пропиточной бумаги, большинство видов бумаг-основ для фибры и пергамента, жиронепроницаемая и некоторые другие. Первые два вида бумаги должны обладать возможно малой зольностью и даже нормальная естественная зольность волокна целлюлозы для них не допускается. Чтобы снизить зольность и улучшить потребительские свойства, целлюлозу, идущую на приготовление электроизоляционной и фильтровальной бумаги, подвергают специальному обеззоливанию.

Ко второй группе относится газетная, перфокарточная, обойная, мундштучная и ряд других. Газетная бумага часто вырабатывается совсем без наполнителя, хотя с точки зрения повышения ее печатных свойств применение наполнителей было бы весьма полезно. Ограничение количества наполнителя в композиции газетной бумаги вызвано опасением чрезмерного снижения прочности этого вида бумаги. В мундштучную бумагу дают мало наполнителя, чтобы не снизить ее упругих свойств.

К третьей группе относятся писчие и некоторые виды печатной бумаги: офсетная, литографская.

В четвертую группу входят: типографская, для глубокой печати, словарная и некоторые другие. Максимальная зольность бумаги редко превышает 25—30%, так как это связано с большой потерей механической прочности.

ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БУМАГИ

Минеральные наполнтели оказывают влияние на многие свойства бумаги: толщину, объемный вес, впитывающую способность, воздухопроницаемость, деформацию, гладкость и лоск, белизну, светонепроницаемость, механическую прочность, степень проклейки и прочее. Величина влияния на эти показатели зависит от вида и количества вводимых наполнителей. Влияние наиболее распространенного наполнителя — каолина на основные свойства бумаги показано на рис. 68.

Толщина и объемный вес бумаги. Толщина бумаги понижается при введении минеральных наполнителей, а объемный вес ее увеличивается. Изменение этих свойств бумаги зависит от удельного веса и степени дисперсности наполнителей. Чем выше степень

дисперсности наполнителя и чем выше его удельный вес, тем больше снижается толщина и повышается объемный вес бумаги. Наибольшим удельным весом отличаются такие наполнители, как окись цинка (5,6), бланфикс (4,4), сульфид цинка (4,0), двуокись титана (3,9—4,2). Эти же наполнители обладают и высокой степенью дисперсности. Преобладающий размер частиц у титановых и цинковых пигментов не превышает 0,5 микрона, у бланфикса он не-

Рис. 68. Влияние каолина на свойства бумаги (по данным Брехта):

1 — воздухопроницаемость; *2* — светонепроницаемость; *3* — гладкость; *4* — степень проклейки; *5* — объемный вес; *6* — сжимаемость; *7* — разрывная длина

сколько выше. По этой причине указанные наполнители более других снижают толщину и увеличивают объемный вес бумаги.

Каолин, мел, тальк, асбестин и гипс обладают значительно меньшим удельным весом (в пределах 2,3—2,8), степень дисперсности частиц у них также ниже, чем у предыдущей группы наполнителей. Преобладающий размер частиц у каолина, мела и обожженного гипса находится в пределах 0,5—5 микрон, а у талька и необожженного гипса 10—15 микрон. По этой причине понижение толщины бумаги и увеличение объемного веса при введении этих наполнителей в бумажную массу ниже, чем у первых. Больший объемный вес бумаги получается при введении бланфикса, а меньший при введении необожженного, грубозернистого гипса. В последнем случае толщина некаландрированной бумаги может даже повыситься.

Увеличение объемного веса и понижение толщины бумаги при той же самой ее площади является весьма полезным свойством

применительно к разным видам бумаги для печати, так как позволяет значительно снизить толщину и объем книги и сделать ее более компактной и удобной в обращении.

Изменение толщины и объемного веса при введении в бумажную массу наполнителей сравнительно невелико у матовой бумаги, но оно значительно повышается у каландрированной бумаги. Так, обычная целлюлозная некаландрированная бумага без наполнителей имеет объемный вес около 0,7 г/см^3, она же при введении каолина в количестве 18—20% повышает свой объемный вес до 0,78—0,8 г/см^3, а после каландрирования на суперкаландре — до 0,95—1 г/см^3.

Пористость и впитывающая способность бумаги. Пористость, характеризуемая воздухопроницаемостью, и впитывающая способность бумаги при использовании минеральных наполнителей возрастают. Показатели эти увеличиваются тем больше, чем крупнее частицы наполнителя.

Действие минеральных наполнителей на показатели воздухопроницаемости и впитывающей способности объясняется тем, что частицы наполнителя разъединяют волокна и понижают межволоконные силы связи в бумажном листе, что приводит к повышению пористости, впитывающей способности и мягкости бумаги, но ослабляет прочность по сопротивлению разрыву и излому. При каландрировании бумага с минеральным наполнителем уплотняется и воздухопроницаемость ее понижается.

Упругость и гладкость бумаги. Перечисленные свойства зависят от свойств и количества наполнителей, введенных в бумагу. Почти все наполнители делают бумагу менее упругой и тем в большей степени, чем больше введено наполнителя. Исключение составляет гипс, который придает бумаге известную жесткость и звонкость. По этой причине гипс не рекомендуется применять для наполнения печатной бумаги, но его с успехом можно использовать для наполнения писчей и почтовой бумаги, для которых жесткость и звонкость не считаются дефектами.

Упругость бумаги, характеризуемая способностью восстанавливать первоначальную форму при сжатии, изгибе или скручивании, является свойством, противоположным пластичности. Это свойство является важным для некоторых видов бумаги, например для мундштучной. Влияние наполнителя на упругость мундштучной бумаги показано на рис. 69, из которого видно, что упругость бумаги, так же как и механическая прочность, довольно сильно снижаются при введении даже сравнительно небольших количеств каолина.

Гладкость некаландрированной бумаги от введения наполнителей обычно не повышается, но зато она существенно увеличивается при каландрировании. Это объясняется тем, что более пластичная бумага лучше сглаживается и на ее поверхности легче выравниваются все неровности, а также тем, что наполнитель

заполняет углубления в поверхности листа и этим уменьшает его шероховатость.

Большую гладкость бумаге придают мелкодисперсные и более пластичные наполнители вроде бланфикса, талька, асбестина и каолина. Меньшую гладкость сообщают бумаге такие грубодисперсные наполнители, как гипс, в особенности необожженный.

Деформация бумаги. Деформация, характеризуемая изменением линейных размеров бумажного листа при увлажнении и при последующей сушке, является важным показателем качества многих видов бумаги: документной, картографической, офсетной, литографской, основы для фотоподложки и других, для которых очень важно, чтобы деформация была минимальной. Снижению деформации способствует введение наполнителей в бумагу.

Рис. 69. Влияние наполнителя (каолина) на свойства мундштучной бумаги:

1 — разрывная длина; *2* — упругость; *3* — сопротивление излому

По-видимому, снижение деформации бумаги при введении в ее композицию минеральных наполнителей связано с двумя явлениями: падением гигроскопичности и уменьшением межволоконных сил связи в бумажном листе. По данным Брехта и Шмидта при введении каолина в количестве от 0 до 43% в бумагу из сульфитной небеленой целлюлозы равновесная влажность бумаги снижается с 6,3% до 3,4%. Понижение же межволоконных сил связи в бумажном листе, вызываемое внедрением частиц минерального наполнителя между волокнами, приводит к тому, что лист бумаги меньше удлиняется при увлажнении и претерпевает меньшую усадку при последующей сушке.

Белизна. Белизна одного и того же вида природного наполнителя бывает весьма различной в зависимости от месторождения наполнителя. Однако искусственные наполнители отличаются постоянством цвета и высокой белизной (бланфикс, двуокись титана, осажденный карбонат кальция и др). Для бумажного производства применяются обычно наполнители, имеющие более высокую, чем волокно, или по крайней мере такую же белизну. Для производства темно окрашенных промышленных видов бумаги применяют иногда темно окрашенные дешевые виды наполнителя в тех случаях, когда цвет бумаги не имеет значения и преследуется цель замены части волокна более дешевым минеральным наполнителем.

Оптические свойства, средние размеры частиц и удельный вес различных наполнителей приводятся в табл. 21. В этой же таблице для сравнения указаны оптические свойства волокнистых полуфабрикатов бумажного производства, а также некоторых других применяемых материалов.

Таблица 21

Некоторые свойства минеральных наполнителей, волокнистых и других материалов

Наименование наполнителя и его химический состав	Белизна по фотометру в %	Коэффициент преломления света	Средние размеры частиц в микронах	Удельный вес в г/см³
Барит ($BaSO_4$)	95	1,64	2—5	4,48
Бланфикс ($BaSO_4$)	98—99	1,64	0,5—2	4,35
Мел ($CaCO_3$)	78—96	1,56	3—5	2,7
Осажденный карбонат кальция ($CaCO_3$)	95—98	1,56	0,2—0,5	2,7—3
Натуральный гипс ($CaSO_4 + 2H_2O$)	68—93	1,52	10—15	2,2—2,4
Обожженный гипс ($CaSO_4$)	93—98	1,58	1—5	2,8—2,9
Каолин ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$)	70—94	1,56	0,5—5	2,5—2,7
Тальк и асбестин [$Mg_3H_2(SiO_3)_4$]	49—91	1,56—1,57	10—15	2,3—2,8
Диатомовая земля (SiO_2)	60—90	1,33	2—10	2,3
Цинковые пигменты:				
литопон (28% ZnS + 72% $BaSO_4$)	98	1,84	0,35	4,3
сульфид цинка (ZnS)	98	2,37	0,3	4,0
окись цинка (ZnO)	98	2,01	0,3	5,6
Титановые пигменты:				
двуокись титана (TiO_2)	98—98,5	2,55—2,7	0,3—0,35	3,9—4
титано-кальциевый пигмент (30% TiO_2 + 70% $CaSO_4$)	98	1,98	0,55	3,25
Белая древесная масса	55—65			
Небеленая сульфитная целлюлоза	50—65	1,53 1,53	— —	— —
Беленая сульфитная целлюлоза	80—90	1,53	—	—
Беленая тряпичная полумасса (хлопок)	92—96	1,53	—	—
Крахмал	—	1,53	—	1,45—1,66
Парафин	—	1,47	—	Твердый 0,9 Жидкий 0,78
Вода	—	1,33	—	1
Воздух	—	1,0	—	≈0,0013

Из данных табл. 21 видно, что для небеленой бумаги можно применять наполнители с белизной не ниже 70—75%, для беленой

целлюлозной бумаги — с белизной 85—90%, а для тряпичной—с белизной не ниже 92%.

При одной и той же белизне наполнителей и равном содержании их в бумаге белизна последней может быть весьма различной. Она зависит от осветляющего действия наполнителей. Осветляющее действие, или способность наполнителей сообщать белизну бумаге, зависит главным образом от степени дисперсности и кроющей способности наполнителей. По этой причине грубодисперсные наполнители вроде гипса придают бумаге малую белизну, а при той же самой белизне, но при большей степени дисперсности частиц мел сообщает бумаге более высокую белизну. Наибольшей кроющей способностью из наполнителей отличаются титановые пигменты, сульфид цинка и бланфикс.

Непрозрачность бумаги. Свойство прозрачности или непрозрачности всякого материала зависит от способности данного материала поглощать и отражать световые лучи. Последнее свойство в значительной мере зависит от степени однородности материала. Если материал однороден и не поглощает световых лучей, то последние проходят через него и материал является прозрачным. Если световые лучи встречают на своем пути неоднородную среду, отклоняются, преломляются и рассеиваются, то материал приобретает непрозрачность. По этой причине бумага для кальки, изготовленная из массы жирного помола и хорошо уплотненная в каландре, становится однородной в оптическом отношении и приобретает прозрачность. Пористая же и пухлая фильтровальная бумага, изготовленная из волокон садкого помола и обладающая большим количеством пор, внутри которых находится воздух, представляет собой оптически неоднородную среду и является непрозрачной.

Минеральный наполнитель, введенный в бумажную массу, увеличивает оптическую неоднородность бумаги и понижает ее прозрачность.

Эффективность наполнителей в этом отношении различная и зависит от степени дисперсности и коэффициента преломления световых лучей. Чем больше коэффициент преломления наполнителя отличается по своему значению от коэффициента преломления волокна и чем выше степень его дисперсности, тем больший эффект он дает в отношении повышения светонепроницаемости бумаги. Важное значение имеет и коэффициент рассеивания света наполнителя: чем он выше, тем больший эффект дает наполнитель.

Влияние наполнителей на светонепроницаемость бумаги показано на рис. 70. Наибольшими коэффициентами преломления отличаются: двуокись титана, сульфид цинка и бланфикс. Эти же наполнители придают бумаге большую непрозрачность. Мел, каолин и тальк обладают коэффициентами преломления очень близкими к целлюлозе, однако они все-таки сообщают бумаге значительную непрозрачность. Это происходит потому, что наполни-

тели, располагаясь между волокнами, увеличивают оптическую неоднородность бумажного листа.

Особенно эффективны титановые наполнители. Кейси указывает, что двуокись титана в 5—10 раз эффективнее в отношении придания бумаге светонепроницаемости, чем каолин. Это объясняется высокой степенью дисперсности и высокими коэффициентами пре-

Рис. 70. Влияние наполнителей на светопроницаемость бумаги:

1 — бланфикс; *2* — сульфид цинка; *3* — мел; *4* — каолин; *5* — обожженный гипс; *6* — тальк; *7* — асбестин; *8* — необожженный гипс.

ломления и рассеивания света у этого наполнителя. Титановые пигменты широко применяются в производстве тонких видов бумаги для печати. Эти пигменты способны придать бумаге хорошую светонепроницаемость даже при относительно небольшом содержании в композиции, при котором не ослабляется прочность бумаги. Вместе с тем при использовании обычных видов наполнителей (вроде каолина) необходимо большое количество наполнителя, что связано с неизбежной потерей прочности бумаги.

Механическая прочность бумаги. Механическая прочность бумаги по сопротивлениям ее разрыву, излому и продавливанию снижается при введении наполнителей в бумагу. До зольности 4—5% падение прочности бумаги мало заметно, при дальнейшем повышении зольности прочность бумаги по этим показателям снижается примерно по закону прямой линии. При этом большее падение обнаруживает показатель сопротивления бумаги излому.

В табл. 22 показано изменение в лабораторных условиях прочности бумаги типа № 2 с содержанием 50% древесной массы и 50% беленой целлюлозы при разных количествах каолина.

Таблица 22

Изменение механической прочности бумаги в зависимости от ее зольности

Зольность бумаги в %	Разрывная длина в м	Сопротивление излому
0,8	2910	20
9,7	2500	16
12,2	2440	14
14,0	2210	11
17,2	1970	10
21,0	1640	6

По данным Брехта, при повышении зольности на 1% (для каолина) разрывная длина снижается на 1,75%, сопротивление же излому понижается на 10%.

По данным Кейси, при зольности бумаги 10% (каолин) прочность бумаги на продавливание снижается на 20%. Эти данные следует рассматривать только как ориентировочные, показывающие лишь закономерность и направление процесса. Действие различных наполнителей на прочность бумаги может быть разным, в зависимости от степени дисперсности наполнителей, вида волокнистых материалов, из которых изготовлена бумага, характера помола, проклейки и других факторов.

По данным некоторых исследователей, малое содержание наполнителей в пределах зольности 2—4% не только не вредит механической прочности бумаги, но даже полезно, так как при этом улучшаются просвет и структура бумаги и тем самым даже несколько повышается ее прочность.

Анализ длительной работы одного из наших предприятий, вырабатывающих газетную бумагу на быстроходных машинах, показал, что при повышении зольности газетной бумаги до 2—3% за счет введения каолина прочность на разрыв и излом практически не изменилась по сравнению с прочностью бумаги без наполнителя.

Проклейка бумаги. Проклейка готовой бумаги заметно ухудшается, если в бумажную массу был введен наполнитель. Поэтому при выработке хорошо проклеенной бумаги количество вводимых наполнителей ограничивают до содержания в бумаге 6—8% золы. Особенно сильно снижается степень проклейки бумаги при зольности выше 10%. По данным Сутермейстера, при зольности бумаги 18% степень проклейки снижается на 60—70% по сравнению с ненаполненной бумагой. Падение степени проклейки бумаги

происходит примерно по закону прямой линии при повышении содержания наполнителей. При этом имеет значение природа наполнителей: некоторые наполнители, например мел, бланфикс и сернистый цинк, вызывают более сильное снижение степени проклейки, другие (гипс и тальк) — меньшее. Имеется даже указание, что наличие гипса улучшает проклейку бумаги. Однако опыты, проведенные нами в производственных условиях, не подтвердили этого.

Влияние наполнителей на некоторые другие свойства бумаги. Наполнители влияют также на пылимость и разносторонность бумаги. То и другое свойства нежелательны для многих видов бумаги и в особенности для бумаги, предназначенной для печати. Пыление бумаги при печатании загрязняет печатные формы и понижает качество изображения. Пыление бумаги возрастает с увеличением содержания в ней наполнителя. Оно может быть снижено применением крахмальной проклейки и введением меламино-формальдегидной смолы.

Рис. 71. Распределение наполнителя в бумаге при средней зольности 10,2% (*I*), 9,4% (*II*) и 7,5% (*III*):

1 — верхний слой бумаги; *2—3* — средние; *4* — нижний

Разносторонность, или двусторонность, как ее чаще называют, является не менее серьезным дефектом бумаги, чем пыление. Этот дефект заключается в том, что бумага имеет различные свойства сеточной и лицевой сторон листа в отношении оттенка, гладкости, впитывающей способности, а иногда и проклейки. Причина указанного дефекта бумаги заключается в неравномерном распределении минерального наполнителя, клеевых частиц и мелкого волокна в толще бумажного листа. Как показали Ундерхей, а также Гансен, верхняя сторона бумажного листа содержит больше наполнителя и мелкого волокна, чем нижняя сторона, откуда мелочь отсасывается на регистровых валиках и отсасывающих ящиках. Распределение наполнителя в бумажном листе машинной выработки, разделенном на четыре слоя, показано на рис. 71.

Из рисунка видно, что при средней зольности образцов бумаги 10,2; 9,4 и 7,5% в верхнем слое бумаги зольность соответственно равнялась 12,3; 11,8 и 9,9%, тогда как в нижнем слое, примыкающем к сетке, 5,2; 4,7 и 3,6%.

Исследования Ундерхея показали, что главной причиной неравномерного распределения наполнителя в бумажном листе и удаления его вместе с мелким волокном и смоляными частицами с нижней, сеточной стороны листа является отсасывающее действие регистровых валиков и своеобразная отмывка мелочи при про-

хождении сетки с рыхлым слоем волокна над регистровыми валиками. Как показала замедленная киносъемка, при прохождении сетки через вершину регистрового валика вода, находящаяся под сеткой и удерживаемая там силами поверхностного натяжения, вталкивается регистровым валиком через сетку в бумажную массу, а затем подвергается последующему отсосу. Это действие повторяется на каждом регистровом валике и приводит к отмывке мелочи с нижней стороны бумажного листа. Ввиду того, что отсасывающее действие на регистровых валиках повышается с ростом скорости машины, усиливается и двусторонность бумаги. Поэтому на быстроходных машинах этот дефект бумаги выражается более резко, чем на тихоходных машинах.

Исследования, проведенные Ундерхеем на бумагоделательной машине при скорости 24 м/мин, дали минимальные отклонения в зольности между нижней и верхней стороной листа, не выше 1%, при средней зольности бумаги 5,1%, тогда как при скорости машины 300 м/мин и средней зольности бумаги 7,9% эти отклонения достигали 4,7%.

Отсюда видно, что двусторонность (или вернее разносторонность) бумаги является органическим дефектом бумаги, содержащей наполнитель и изготовленной на быстроходных машинах. Бороться с этим дефектом трудно. Для уменьшения его рекомендуют применение регистровых валиков с гидрофобной поверхностью и установку регистровых планок вместо регистровых валиков.

ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Применение наполнителей не вызывает каких-либо осложнений в технологических процессах бумажного производства. Можно даже сказать, что введение наполнителя в бумажную массу облегчает протекание некоторых процессов: текучесть волокнистой массы в массопроводах и циркуляция массы в роллах даже несколько улучшаются и размол волокна вместе с наполнителем протекает беспрепятственно. Обезвоживание бумажной массы на сетке бумагоделательной машины и в прессовой части несколько облегчается. Сушка бумаги с наполнителями протекает быстрее, чем без них. При отделке бумаги на суперкаландрах легче достигается необходимая гладкость. Единственный процесс, который осложняется введением наполнителей — проклейка бумаги, о чем уже говорилось ранее.

УДЕРЖАНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В БУМАГЕ

Минеральные наполнители, вводимые в бумажную массу, лишь частью удерживаются в бумаге, значительная же их часть уходит вместе с отходящими водами и, если не принимать соответствующих

мер по использованию оборотных вод при изготовлении бумаги, то потери наполнителя были бы очень велики.

При надлежащей организации технологического процесса удержание наполнителей достигает 70—80%, тогда как при плохой организации процесса удержание может составлять лишь 30—40% и даже ниже.

Под удержанием наполнителя $У$ мы понимаем оставшееся в бумаге количество наполнителя H, выраженное в процентах от количества свежего израсходованного наполнителя K.

$$У = \frac{H \cdot 100}{K} \%. \qquad (50)$$

При проведении исследовательских работ, а иногда и при производственных наблюдениях обычно удержание наполнителей выражают в процентах от количества наполнителя, содержащегося в бумажной массе перед выходом на сетку бумагоделательной машины. Полученные в этом случае данные характеризуют удержание наполнителей за однократный проход через сетку без использования оборотных вод в производстве и потому имеют лишь относительное значение [1].

О содержании наполнителей в бумаге судят обычно по ее зольности. Однако для точного технического расчета необходимо внести соответствующие поправки на естественную зольность волокна и на потерю в весе, которая происходит при прокаливании наполнителя во время определения зольности бумаги.

Для перехода от зольности бумаги к содержанию в ней наполнителя можно применить следующую формулу:

$$H = \frac{(A_б - A_в) \cdot 100}{100 - C} \%, \qquad (51)$$

где:

H — содержание абсолютно сухого наполнителя в абсолютно сухой бумаге в %;

$A_б$ — зольность абсолютно сухой бумаги в %;

$A_в$ — естественная зольность волокна в %;

C — потеря при прокаливании наполнителя в %.

Потеря при прокаливании зависит от вида наполнителя. Так, при прокаливании каолина теряется от 12 до 14% кристаллизационной воды, при прокаливании необожженного гипса—19—21% воды, а при прокаливании мела происходит потеря в весе около 40% за счет разложения карбоната с образованием окиси кальция и углекислого газа.

На удержание наполнителей в производственных условиях при выработке бумаги влияют: свойства самого наполнителя,

[1] В этом отношении более характерные данные о фактическом удержании наполнителей в производстве получаются путем аналогичных расчетов по зольности массы в массном бассейне.

свойства бумажной массы, подвергаемой наполнению, режим работы бумагоделательной машины, степень использования оборотных вод и применение флокулирующих веществ.

Влияние свойств наполнителей на удержание их в бумаге. Удержание наполнителей в бумаге различно и зависит от физико-химических свойств наполнителей. Наибольшее значение имеет форма и размер частиц наполнителя, степень дисперсности и растворимость.

Изучая в лабораторных условиях свойства наполнителей, Брехт и Пфречнер нашли, что лучшей удерживаемостью обладают тальк и асбестин, имеющие первый чешуйчатую, а второй игольчатую форму частиц. Значительно меньшей была удерживаемость у мела, обладающего частицами округлой формы. Хуже всего удерживался необожженный гипс (ленцин), частично растворяющийся в воде (табл. 23).

Таблица 23

Удерживаемость различных наполнителей в неклееной бумаге из сульфитной небеленой целлюлозы (по данным Брехта и Пфречнера)

Наименование наполнителя	Удерживаемость в %	Наименование наполнителя	Удерживаемость в %
Тальк	69	Каолин (China Clay)	35
Асбестин	63,5	Анналин (обожженный гипс)	25
Бланфикс	44	Мел	24
Каолин № 1 . . .	39,5	Ленцин (необожженный гипс)	19,5
Каолин № 2 . . .	33,5		

Примерно такую же последовательность в удержании наполнителей получил Н. П. Перекальский.

Рошир, а также И. И. Богоявленский, на основании своих лабораторных исследований пришли к выводу, что лучше удерживаются грубодисперсные наполнители. Причину этого явления они объясняют тем, что процесс удержания наполнителей в бумаге обусловлен главным образом механическим задержанием частиц наполнителя фильтрацией через волокнистый слой бумажной массы на сетке машины. Эти исследователи не отрицают и механизма удержания частиц наполнителя за счет адсорбции их волокном, однако считают, что этот процесс играет второстепенную роль. В противоположность им Джемс Кейси придает большое значение удержанию наполнителей за счет адсорбции. Он полагает, что удержание за счет механической фильтрации характерно лишь для грубодисперсных наполнителей, тогда как мелкие частицы тонкодисперсных наполнителей удерживаются в бумаге главным

образом за счет адсорбции и электрического заряда. По этой причине такие тонкодисперсные наполнители, как сульфид цинка и двуокись титана, имеют высокую удерживаемость, несмотря на малые размеры своих частиц. Большое значение для удержания тонкодисперсных наполнителей имеют сернокислый глинозем и гидрат окиси алюминия, образующийся в результате гидролиза первого. Они вызывают коагуляцию тонкодисперсных частиц наполнителей, сообщают им положительный заряд и фиксируют их на волокнах.

Таким образом, следует считать, что механизм удержания минеральных наполнителей в бумаге является двояким: а) механическим за счет фильтрации и б) коллоидно-физическим за счет адсорбции и электрического заряда.

Как показало изучение вопроса, удельный вес наполнителя не оказывает существенного влияния на удерживаемость наполнителя в бумаге.

Влияние на удержание наполнителей свойств бумажной массы. На удержание наполнителей в бумаге оказывают влияние вид волокнистого материала, степень помола бумажной массы, введение в нее тех или иных проклеивающих веществ и химикатов.

В порядке возрастающего влияния волокнистых материалов на удержание наполнителей Брехт располагает их в следующем порядке: хлопковая полумасса, мягкая сульфитная целлюлоза, сульфатная целлюлоза, жесткая сульфитная целлюлоза, соломенная целлюлоза, льняная полумасса, древесная масса (табл. 24).

Таблица 24

Удержание наполнителей в бумаге различного состава по волокну (по данным Брехта)

Вид волокнистого материала	Удержание наполнителей в %	
	тальк	каолин
Хлопковая полумасса	40,5	26,0
Мягкая сульфитная целлюлоза	53,0	29,0
Сульфатная небеленая целлюлоза	62,5	36,0
Жесткая сульфитная »	68,8	40,0
Соломенная целлюлоза	71,5	40,0
Льняная полумасса	73,0	55,0
Древесная масса	73,5	68,5

Увеличение удержания наполнителей различными волокнами связано с повышением адсорбционной способности и уменьшением размеров волокон в бумаге. Некоторое исключение представляет сульфатная небеленая целлюлоза, обладающая сравнительно высокой адсорбционной способностью. Однако она обладает по сравнению с остальными волокнистыми материалами более крупными волокнами. Таким образом, указанный порядок волокнистых ма-

териалов в отношении удержания наполнителей является вполне закономерным.

Очень сильно влияет на повышение удержания наполнителей увеличение степени помола массы. Это вполне понятно, так как при размоле повышается удельная поверхность волокон, уменьшаются их размеры и промежутки между ними, а также возрастает адсорбционная способность волокнистого материала.

В опытах Н. П. Перекальского удержание каолина в бумаге из сульфитной целлюлозы повышалось с 32 до 48% при повышении степени помола с 30 до 62° ШР. В опытах Уилетса удержание двуокиси титана повышалось с 47 до 75% при увеличении степени помола целлюлозы с 18 до 80° ШР. По данным Брехта, удержание наполнителей повышается примерно по закону прямой линии при увеличении степени помола волокнистых материалов.

Таким образом, степень помола массы является весьма важным фактором, оказывающим влияние на удержание наполнителей. Однако этим фактором не всегда можно пользоваться, так как повышение степени помола массы связано с увеличением расхода энергии на размол, а также с изменением свойств бумаги.

Влияние проклеивающих и флокулирующих веществ на удержание наполнителей. Введение проклеивающих веществ — крахмала, животного клея и жидкого стекла способствует лучшему удержанию наполнителей. В бумаге, проклеенной смоляным клеем, удержание наполнителей всегда бывает большим, чем у неклееной бумаги. Однако это связано, как мы увидим далее, не с действием смоляного клея, а с действием сернокислого глинозема, вводимого для фиксации клеящего осадка на волокнах.

О действии крахмала на удержание наполнителей в бумаге существуют разноречивые мнения. Одни исследователи считают, что крахмал повышает удержание наполнителей, другие утверждают, что он не влияет на наполнение, третьи считают даже, что он вреден для удержания наполнителей. Эти разноречивые мнения основываются на том, что действие крахмала может быть различным в зависимости от условий проведения процесса проклейки. Если крахмал применяется как защитный коллоид, он не повышает удержания, если же как проклеивающий агент в виде геля, то он повышает удержание.

Влияние крахмальной проклейки на повышение удержания наполнителя было показано ранее в табл. 18. Из данных табл. 18 видно, что зольность целлюлозной бумаги повысилась с 4,6 до 10,2% при введении в бумажную массу крахмала в количестве 4% к весу волокна при том же количестве канифольного клея и глинозема. Аналогичные же данные были получены автором при лабораторных исследованиях действия крахмальной проклейки бумаги.

Весьма эффективно для повышения удержания наполнителей применение животного клея и силиката натрия. Их можно вводить при размоле в бумажную массу. Однако более эффективно введение

этих химикатов непосредственно в разбавленную бумажную массу перед выходом ее на бумагоделательную машину.

В практике бумажных предприятий нашел широкое применение так называемый клей Свена, который готовится из животного клея в виде раствора и вводится непрерывным потоком в разбавленную бумажную массу перед напорным ящиком при помощи дозаторов. Применение этого клея основано на флокулирующем действии коллоидного раствора животного клея по отношению к мелочи, содержащейся в бумажной массе (в том числе и к наполнителям), и лучшем удержании ее на волокне.

Как показали производственные наблюдения на одном из предприятий, вырабатывающем печатную бумагу № 2, при введении в поток бумажной массы клея Свена в количестве около 1 кг на 1 т бумаги удержание наполнителя (каолина) в условиях недостаточно хорошего использования оборотных вод повысилось с 35—40% до 55—60%, а зольность бумаги при той же самой дозировке каолина увеличилась с 8 до 12—13%. На другой фабрике при выработке высокосортных видов бумаги из 100%-ной целлюлозы при использовании клея Свена удержание каолина повышалось с 50 до—70%.

Для успешного применения этого метода работы необходимо правильное приготовление клея Свена. Приготовляют его следующим образом. Животный клей предварительно замачивают в холодной воде и, после того как он набухнет, растворяют в теплой воде с целью получения раствора концентрацией 1%. Затем в раствор животного клея добавляют небольшое количество квасцов или глинозема до pH 4,8—5,2 и оставляют раствор вызревать в течение суток, после чего он пригоден к употреблению. Для повышения устойчивости клея против загнивания в теплое время года добавляют к нему немного формалина или фенола. При вызревании раствора происходит рост коллоидных частиц животного клея, что очень важно для флокулирующего действия клея. Свежий клей или клей, приготовленный с отступлениями от указанного режима, не дает желательного эффекта в отношении повышения удержания мелочи и наполнителя в бумаге.

При использовании клея Свена наряду с наполнителем удерживается в бумаге больше смоляного клея и мелкого волокна, при этом концентрация отходящих вод резко понижается, качество же проклейки бумаги (в условиях одинаковой зольности) несколько повышается.

Хорошие результаты удержания наполнителей в бумаге можно получить также при введении в бумажную массу активированного силиката натрия, который может заменить клей Свена.

Активированный силикат приготовляется из жидкого стекла путем обработки 1,0%-ного раствора (считая по SiO_2) небольшим количеством серной кислоты или кислой соли (остаточная щелочность при этом должна составлять 1—1,5 мл 0,1 н. HCl на 10 мл

силиката). Такой раствор после вызревания в течение 1—2 часов может вводиться в количестве 0,3—0,35 SiO_2 от веса бумаги непосредственно в поток бумажной массы перед бумагоделательной машиной.

Раствор активированного силиката, являясь при обычных условиях золем, коагулирует при введении его в кислую среду при pH около 5—6 с образованием положительно заряженных хлопьев кремневой кислоты, которые адсорбируют частицы наполнителя и способствуют лучшему удержанию их на волокнах при отливе.

Очень большое значение для удержания наполнителей в бумаге имеет сернокислый глинозем. Уже давно было замечено, что клееные виды бумаги всегда лучше удерживают наполнитель, чем неклееные. Вначале это приписывали действию смоляного клея. Однако тщательное изучение вопроса позволило установить, что действие это следует приписать не смоляному клею, а сернокислому глинозему, вводимому для коагуляции и фиксации смолы на волокнах.

Рис. 72. Влияние сернокислого глинозема на удержание каолина (по данным И. И. Богоявленского)

Исследования Рошира, И. И. Богоявленского и других исследователей убедительно показали, что сернокислый глинозем, вводимый в бумажную массу, значительно повышает удержание наполнителей без введения смоляного клея и что действие сернокислого глинозема больше сказывается на удержаниии тонкодисперсных фракций, чем грубодисперсных.

Действие сернокислого глинозема объясняется тем, что он способствует коллоидно-физическому процессу адсорбции наполнителей волокном, сообщая частицам наполнителя положительный заряд и вызывая их коагуляцию.

Кейси считает, что для более эффективного действия глинозема необходимо образование значительных количеств $Al(OH)_3$. Оптимальное количество глинозема для наполнения сульфидом цинка и титановыми пигментами должно составлять около 3% глинозема по отношению к волокну, оптимальная pH массы 5—6. Примерно такие же данные получил И. И. Богоявленский при наполнении бумаги каолином. Рошир получил лучшие результаты в отношении удержания при 5% глинозема и при pH— 5,6.

Удержание каолина в зависимости от количества введенного в бумажную массу глинозема, по данным И. И. Богоявленского, показано на рис. 72. Из этих данных видно, что при добавлении 3% глинозема по весу к волокну удержание каолина в целлюлоз-

ной бумаге повысилось с 20 до 51%. Дальнейшее прибавление глинозема до 8% было неэффективным.

С целью повышения удержания наполнителя в печатной бумаге № 2 автором были проведены на одном из предприятий опыты повышения дозировки глинозема с 1 до 2,5% по отношению к волокну. Количество наполнителя и клея при этом не изменялось. В результате этих производственных опытов зольность бумаги сразу же повысилась с 5 до 8%, кислотность массы изменилась с pH 6,8—7 до pH 5—5,5.

Таким образом, и лабораторные и производственные испытания показывают большое значение сернокислого глинозема для удержания наполнителей. Поэтому дозировка глинозема при выработке слабоклееных видов бумаги, но с высокой зольностью, таких, как печатные, должна производиться с учетом достижения оптимальной кислотности массы для лучшего удержания наполнителей в бумаге, а не из расчета количества сернокислого глинозема, требующегося для осаждения смоляного клея.

Влияние смоляного клея на удержание наполнителей в бумаге достаточно убедительно показано И. И. Богоявленским (табл. 25). Он производил наполнение целлюлозной бумаги с клеем и без него при разных количествах глинозема.

Таблица 25

Влияние смоляного клея на удержание мелкодисперсной фракции каолина (по данным И. И. Богоявленского)

Способ наполнения целлюлозной бумаги	Величина показателей в % при дозировке глинозема в %						
	1,5	2	3	4	5	6	8
Без смоляного клея в % . . .	13,5	30,1	39,3	47,3	49,1	49,7	50,6
С 1% канифольного клея в %	13,2	25,1	38,9	47,3	48,5	50,3	48,3

Опыты И. И. Богоявленского показали, что сам по себе смоляной клей не оказывает на удержание наполнителей никакого действия, повышение же удержания наполнителей в клееных бумагах происходит за счет действия глинозема.

Влияние прочих производственных условий. К этим факторам удержания наполнителей следует отнести: порядок ввода проклеивающих и наполняющих веществ, количество вводимых наполнителей, степень разбавления массы при выходе на сетку, вес 1 м² бумаги, скорость машины и степень использования оборотных вод в технологических потоках.

Порядок введения в бумажную массу клея и наполнителей не оказывает существенного влияния на удержание наполнителей, но больше влияет на эффект проклейки бумаги. В тщательно поставленных опытах Брехта и Рауша колебания в удержании на-

полнителей при разном порядке введения химикатов не превышали 5%, колебания же в степени проклейки были выше. Эти авторы пришли к выводу, что для сохранения степени проклейки бумаги лучше давать наполнитель последним, после введения сернокислого глинозема, но не между введением клея и глинозема; для лучшего же удержания целесообразно наполнитель вводить первым, чтобы он лучше размешался и диспергировался с бумажной массой еще до прибавления глинозема.

Большое значение для удержания наполнителей имеет место введение сернокислого глинозема. Лучшие результаты получаются при введении глинозема непрерывным потоком в разбавленную бумажную массу перед смесительным насосом, т. е. незадолго до ее выхода на сетку, при этом достигается лучшая коагуляция наполнителей на сетке машины при листообразовании, чем при введении глинозема в массный бассейн. В последнем случае хлопья скоагулировавшегося наполнителя снова диспергируются при дальнейшем размешивании и эффект от действия глинозема снижается.

Количество вводимого наполнителя также влияет на удержание его в бумаге. По данным Н. П. Перекальского и Рошира, удержание каолина повышается при увеличении вводимого количества каолина до 30% по отношению к весу волокна. При дальнейшем же увеличении дозировки каолина удержание его снижается.

Повышение степени разбавления бумажной массы перед выходом ее на сетку бумагоделательной машины снижает удержание наполнителей довольно существенно, так как увеличивается степень прохождения через сетку мелкого волокна и наполнителей в первой зоне обезвоживания, пока еще на сетке не образовалась достаточно толстая волокнистая прослойка.

Еще сильнее влияет на удержание наполнителей толщина вырабатываемой бумаги. Повышение толщины и веса 1 м^2 бумаги приводит к образованию на сетке более толстого волокнистого фильтра, который лучше задерживает наполнитель. Кроме того, с повышением веса 1 м^2 вырабатываемой бумаги применяют более высокую концентрацию массы. Это еще более повышает удержание наполнителя. Поэтому при одинаковых прочих условиях при выработке толстой бумаги удержание всегда бывает выше, чем при выработке тонкой бумаги. Влияние веса 1 м^2 бумаги на удержание каолина по лабораторным данным Н. П. Перекальского показано на рис. 73.

Скорость бумагоделательной машины больше влияет на распределение наполнителя в бумажном листе, чем на общее удержание наполнителя. Как уже указывалось, при повышении скорости бумагоделательной машины увеличивается отсасывающее действие регистровых валиков, а также зачастую форсируется отсос бумажного полотна на отсасывающих ящиках и на отсасывающем гаучвале. Это приводит к тому, что мелкое волокно и наполнитель

удаляются с нижней поверхности листа и последний становится неоднородным.

Решающим фактором удержания наполнителей в производственных условиях является степень использования оборотных вод на бумагоделательной машине и в размольно-подготовительном отделе. При недостаточном использовании оборотных вод, применении большого количества свежей воды в разных стадиях производства и при плохой работе улавливающих аппаратов удержание наполнителей не может быть высоким, тогда как при хорошем использовании

Рис. 73. Влияние веса бумаги на удержание наполнителя (*I*) и зольность (*II*)

оборотных вод и при хорошей работе улавливающей аппаратуры удержание наполнителей в бумаге может достигать высоких значений.

Как уже упоминалось ранее, при правильной организации производства возможно достижение высокого удержания наполнителей в бумаге (70—80%). Наиболее важными мероприятиями, обеспечивающими такие результаты, являются:

наиболее полное использование оборотных вод;

хорошее осветление избыточных отходящих вод на массоулавливающих установках;

применение флокулирующих веществ для коагуляции наполнителей и других тонкодисперсных взвесей при отливе бумаги на машине (клей Свена, активированный силикат, карбоксиметилцеллюлоза и др);

надлежащая дозировка сернокислого глинозема и создание оптимального значения pH волокнистой суспензии.

Иногда с целью повышения удержания дают наполнитель в виде суспензии непосредственно в бумажную массу на сетке бумагоделательной машины (метод Фейра). Способ заключается в том, что хорошо очищенная суспензия наполнителя, разбавленная до

15—17 г/л, разбрызгивается при помощи спрысковой трубы на выпуклый металлический щит, который покрыт волнистым резиновым листом, и оттуда стекает на влажный бумажный лист через мягкий резиновый фартук, слегка касающийся поверхности образующегося бумажного полотна. Место установки напускного приспособления для введения наполнителя различно, в зависимости от толщины бумаги. При выработке тонкой бумаги наполнитель вводится ближе к отсасывающим ящикам, при выработке же толстой бумаги — ближе к напорному ящику. Удержание наполнителей при этом методе работы достигает 80—85%, а при предварительной обработке суспензии наполнителя сернокислым глиноземом с целью коагуляции мелких частиц удержание повышается до 88%.

ХАРАКТЕРИСТИКА НАПОЛНИТЕЛЕЙ

Каолин. Каолин, или белая глина, является наиболее распространенным наполнителем. По своему химическому составу очищенный каолин представляет собой комплексную алюмокремниевую кислоту состава $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ и содержит 39,6% окиси алюминия, 46,5% окиси кремния и 13,9% гидратной воды.

Каолин образовался из горных пород — гранита и полевого шпата в результате выветривания и деятельности воды. Имеются месторождения так называемых первичных каолинов и вторичных каолинов. Первые остались на месте залегания материнской породы, вторые же были разрушены, взмучены водой и отложились на новом месте. В Советском Союзе наиболее мощные месторождения каолина находятся в Украинской ССР, в Днепропетровской и Винницкой областях (Волноваха, Турбово, Глухово), а также на Урале, около Невьянска, в Свердловской области. На месте добычи каолина имеются обогатительные фабрики, где сырцовый каолин подвергается отмучиванию, очищается от песка и прочих загрязнений, обезвоживается и сушится. Готовый отмученный каолин направляется потребителям в виде плиток или в молотом виде, порошком, в бумажных мешках.

Согласно действующему ГОСТ, каолин, предназначенный для бумажной промышленности, делится на четыре сорта в зависимости от содержания механических примесей и степени белизны. Первый сорт каолина должен иметь белизну не ниже 88% по Оствальду, второй — не ниже 85%, третий — не ниже 75%, в четвертом же сорте белизна не нормируется. Содержание влаги в каолине не должно быть выше 15%. При более высокой влажности (свыше 20%) каолин в зимнее время смерзается, что затрудняет его разводку.

Удельный вес каолина может колебаться в пределах 2,2—2,8, но чаще всего находится в пределах 2,5—2,65. Лучшие каолины — первичные. Они отличаются большей чистотой и содержат меньше железа. Белизна лучших сортов каолина (английские каолины «China clay») может достигать 94,5%. Гранулометрический состав

каолинов различных месторождений не одинаков. Величина зерен колеблется обычно в пределах 0,1—40 микрон. Преобладающие фракции каолина содержат зерна величиной 0,5 — 5 микрон. Наши отечественные каолины отличаются высоким содержанием тонкодисперсных фракций и поэтому для повышения их удерживаемости в бумаге требуется применение достаточного количества глинозема. Каолин отличается мягкостью, сравнительно хорошей белизной, непрозрачностью и может с успехом применяться в качестве наполнителя при выработке многих видов бумаги и в особенности бумаги для печати.

Тальк. Тальк представляет собой кислую соль метакремневой кислоты общего состава: $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$. Согласно формуле, он содержит 63,5% SiO_2, 31,7% MgO и 4,8% H_2O. В тальке обычно содержатся примеси железа и алюминия.

Тальк очень мягок и жирен на ощупь. Введенный в бумажную массу, он придает бумаге хорошую гладкость, мягкость и блеск. На проклейку бумаги он оказывает малое влияние. Обладает высокой удерживаемостью, что связывают с чешуйчатой формой его частиц, способствующей удержанию за счет фильтрации.

Тальк придает бумаге хорошую непрозрачность, однако белизна его невысока (49—91%). В природе тальк встречается разных оттенков от белого до желтого и зеленого. Тальковая руда сортируется по цвету, просушивается, подвергается дроблению, а затем размолу, после чего просеивается.

Размер частиц талька колеблется в пределах 3—40 микрон при наличии преобладающей фракции с размерами 10—15 микрон.

Наиболее богатые месторождения талька у нас находятся на Урале, около г. Миасса, на Кавказе в Чиатурах и в Красноярском крае (Киргитейское месторождение).

Тальк, как наполнитель, применяется для печатных видов бумаги, тонкой печатной (словарной) и так называемой «бесшумной» бумаги, используемой для печатания театральных программ и нот.

Асбестин. Асбестин представляет собой волокнистую разновидность талька. По своему химическому составу он является кремнекислым соединением магния, алюминия и извести.

Частицы асбестина имеют вытянутую в виде палочек форму. Благодаря волокнистому строению удерживаемость его в бумаге высокая. Удельный вес асбестина 2,3—2,7. По цвету так же, как и тальк, может быть белым, серым, серо-желтым и зеленым.

Для бумажного производства применяются лучшие сорта асбестина с хорошей белизной. В зарубежной практике асбестин используется для наполнения картонов, пресс-шпана, слоновой бумаги, объемистой печатной бумаги, а также промокательной и почтовой бумаги.

Гипс. Химически чистый гипс имеет формулу $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ и содержит около 21% воды. Природные гипсы несколько загрязнены и содержат 18—20% воды, которую теряют при прокаливании.

Для бумажного производства гипс применяется в естественном виде (ленцин) и в обожженом виде (анналин). Естественные, природные гипсы отличаются крупными размерами частиц с преобладающей фракцией зерен 10—15 микрон. Добытый природный гипс рассортировывают, дробят, подвергают тонкому размолу, а затем просеивают. Белизна природных гипсов колеблется в пределах 68—93%. Недостатком гипса является его растворимость (при комнатной температуре концентрация его составляет около 0,25%). Благодаря растворимости происходит потеря гипса со сточными водами бумажного производства, вследствие чего удержание его в бумаге понижается. Удержание можно повысить, если добавить в массу жидкое стекло (2%) и сернокислый глинозем (3,5%).

Гипс придает бумаге звонкость, жесткость и мало снижает непрозрачность. На проклейку бумаги гипс влияет мало. Благодаря грубой степени дисперсности и жесткости этого наполнителя поверхность бумаги остается шероховатой и плохо сглаживается при каландрировании.

Обжиг значительно улучшает свойства гипса: делает его более мягким, тонкодисперсным и повышает белизну. Средний размер частиц обожженного гипса меньше 5 микрон, белизна достигает 98%. При обжиге часть сернокислого кальция разлагается с потерей SO_3 до CaO, вследствие чего обожженный гипс имеет щелочные свойства. Удельный вес гипса при обжиге повышается с 2,2—2,4 до 2,8—2,9. Для нейтрализации щелочи в гипсе рекомендуется еще до введения клея в бумажную массу при проклейке сразу же давать небольшое количество сернокислого глинозема.

Советский Союз богат месторождениями гипса. Наиболее мощные из них находятся в Архангельской области, в бассейнах рек Мезени, Пинеги и Северной Двины, на Урале, в районе Кунгура, на Волге, в районе Жигулевских гор, и в Донбассе, в районе Никитовки.

Гипс применяется для наполнения писчих, почтовых, книжных, машинописных, кредитных и фотографических видов бумаги.

Мел. По своему химическому составу мел является почти чистым карбонатом кальция $CaCO_3$ с содержанием 56% CaO и 44% CO_2. В природных породах мела содержатся также примеси окислов кремния, магния, алюминия, железа и некоторое количество воды.

Природный мел так же, как и гипс, дробят, размалывают и просеивают. Иногда мел подвергают отмучиванию.

В зависимости от обработки гранулометрический состав мела может быть весьма различным. Белизна мела может варьировать в довольно широких пределах — от 70—80% до 96% и выше. Преобладающие размеры частиц мела, по данным Н. П. Перекальского, ниже 5 микрон.

Мел придает бумаге мягкость, белизну, способствует снижению прозрачности и получению хорошего лоска при каландрировании, вызывает сравнительно небольшое понижение прочности

бумаги, но обладает одним существенным недостатком — он разлагается даже слабыми кислотами с выделением углекислоты, что приводит к сильному пенообразованию, особенно при выработке клееных видов бумаги. Как отмечают Кейси и другие исследователи, этот наполнитель ухудшает проклейку бумаги, так как реагирует с клеем и образует кальциевое мыло.

В зарубежной практике иногда пользуются искусственными карбонатами, получая их непосредственно в ролле или отдельно на специальных установках. Так можно получить в ролле карбонат из хлористого кальция и соды по схеме

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + 2NaCl. \quad (52)$$

Иногда карбонат кальция получают путем пропуска углекислого газа через известковое молоко в скруббере. Полученный раствор фильтруется через сетку и вводится в массу.

Месторождения мела находятся в Белоруссии, в районе реки Сож, на Украине, в районе Белгорода, в Орловской и Курской областях.

Мел применяют иногда для наполнения папиросной бумаги, в которой он служит своеобразным регулятором горения бумаги. Мел можно применять также и для наполнения печатных видов бумаги. Чтобы уменьшить пенообразование и вредное влияние на проклейку, суспензию мела следует вводить в бумажную массу возможно позже, непосредственно перед напорным ящиком бумагоделательной машины.

Сернокислый барий (бланфикс). Природный сернокислый барий (барит) грубодисперсен и отличается низкой кроющей способностью, вследствие чего в бумажном производстве применяется редко. Практически пользуются искусственно приготовленным материалом, именуемым бланфиксом.

Бланфикс получают осаждением бариевой соли серной кислотой по схеме

$$BaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2HCl. \quad (53)$$

После отделения водного раствора соляной кислоты и промывки осадка его сгущают на фильтр-прессах и в виде пасты влажностью 35—40% используют в производстве.

Иногда его готовят непосредственно в ролле, вводя в бумажную массу хлористый барий и сульфат натрия по схеме

$$BaCl_2 + Na_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2NaCl. \quad (54)$$

Бланфикс отличается высокой степенью дисперсности и белизной. Это самый белый наполнитель из всех остальных. Белизна его колеблется в пределах 98—99%. Бланфикс достаточно хорошо удерживается в бумаге, несмотря на свой высокий удельный вес (4,4), сильно повышает белизну и значительно снижает прозрач-

ность бумаги. Бумага, наполненная бланфиксом, обладает высоким блеском.

Применяется для наполнения высокосортных видов бумаги, требующих высокой белизны: бумаги-основы, фотоподложки, высших печатных и др.

Титановые пигменты. Титановые пигменты являются искусственно приготовленными наполнителями из титановых руд — главным образом из рутила (TiO_2) и ильменита ($6TiO_3 \cdot Fe \cdot Fe_2O_3$), а также из отходов боксита при производстве алюминия.

Для наполнения бумаги применяются как чисто титановые пигменты, состоящие из двуокиси титана, так и сложные титановые пигменты, которые получают осаждением двуокиси титана на гипс или сернокислый барий с содержанием последних компонентов от 50 до 75%.

Двуокись титана (TiO_2) получают из рутила путем специальной обработки — превращения в суспензию с последующим коллоидным осаждением. Эта операция выполняется в горячем состоянии путем конденсации и окислением паров хлористого титана или водным способом путем варки в кислом или щелочном растворе.

Часто двуокись титана получается обработкой ильменита серной кислотой. Далее отделяют железо в форме сульфата и осаждают двуокись титана из раствора гидролизом.

Титановые пигменты обладают так же, как и бланфикс, очень высокой степенью белизны и дисперсности. Средний размер частиц титановых наполнителей около 0,3 микрона. Коэффициент преломления света для различных титановых пигментов колеблется в пределах 1,98—2,7. Коэффициент отражения света достигает 86%, он выше, чем у других наполнителей. Кроющая способность наиболее высокая по сравнению с другими наполнителями. Поэтому титановые пигменты чрезвычайно эффективны для снижения прозрачности бумаги. При выработке тонких видов бумаги для печати можно получить достаточную непрозрачность введением 5—6% двуокиси титана, тогда как для достижения того же самого эффекта потребовалось бы введение около 30% каолина, что связано с большой потерей прочности бумаги.

Несмотря на малые размеры частиц титановых пигментов, удержание их в бумаге высокое и приближается к удержанию талька. Однако для этого необходимо введение глинозема в количестве около 3% (оптимальная pH 5,4). Без глинозема удержание титановых пигментов очень низкое. Следовательно, титановые пигменты удерживаются в бумаге главным образом за счет коллоидно-физических процессов коагуляции мелкодисперсного наполнителя и сообщения ему положительного заряда.

Титановые наполнители дороги, но применение их позволяет повысить качество бумаги и оправдывается экономически, так как позволяет достигать необходимого эффекта при использовании

малых количеств наполнителя. Этот наполнитель применяется при выработке тонкой печатной бумаги для словарей и справочников, для долговечных и ценных видов бумаги-основы фотоподложки, а также для понижения прозрачности некоторых видов жиронепроницаемой бумаги и бумаги-основы для парафинирования.

Силикатные наполнители. За последние годы начали применять новые виды силикатных наполнителей: диатомовый, силен ЕФ и волокнистый наполнитель. Два последних из них отличаются высокой белизной, высокой степенью дисперсности и могут заменять более дорогие титановые наполнители в производстве высокосортных видов бумаги для печати.

Диатомитовый наполнитель. Получают его из диатомита, или инфузорной земли, образовавшейся около 15 миллионов лет тому назад из кремнистых панцырей диатомей — мельчайших растений из семейства морских водорослей. Благодаря ветвистому строению частиц этот наполнитель отличается весьма своеобразными свойствами: он хорошо удерживается в бумаге, увеличивает впитывающую способность и пористость бумаги, введение его в небольших количествах в бумажную массу (в размере 1% от веса волокна) приводит к снижению смоляных затруднений в бумажном производстве. Применяется для наполнения впитывающих и декоративных видов бумаги.

Силен ЕФ. Силен ЕФ является искусственно осажденным наполнителем. По своему химическому составу является гидросиликатом кальция высокой степени дисперсности и белизны. Средний размер его частиц составляет около 0,03 микрона. Обладая высокой щелочностью, он реагирует с глиноземом, образуя с ним аморфные нерастворимые соединения, осаждающиеся на волокнах. Расход глинозема для осаждения и закрепления наполнителя на волокне составляет около 75% от веса наполнителя. Силен ЕФ применяется в качестве добавки к каолину и более дешевым видам наполнителей для повышения удержания и улучшения оптических свойств при выработке писчих и печатных видов бумаги. Он обладает коэффициентом лучепреломления 1,47 и белизной 95%.

Волокнистый наполнитель. Он является тонкодиспергированным гидратированным силикатом кальция, осажденным на волокне в соотношении 4:1. Волокнистый наполнитель так же, как и предыдущий наполнитель, с которым у него много общего, отличается высокой степенью белизны, непрозрачности и дисперсности. Средний размер его частиц составляет около 0,05 микрона. Приготовляется путем размола целлюлозы или бумажного брака в растворе хлористого кальция до 36—38° ШР с последующим добавлением при интенсивном размешивании жидкого стекла, в результате чего на волокне осаждается силикат кальция согласно примерной схеме

$$Na_2O \cdot 4SiO_2 + CaCl_2 + 3H_2O \rightarrow CaO \cdot 4SiO_2 \cdot 3H_2O + 2NaCl. \quad (55)$$

Для фиксации частиц наполнителя на волокне при интенсивном размешивании вводится около 75—80% глинозема от веса силиката до pH 4,5—5. Образующийся при этом тонкодисперсный алюмосиликатный комплекс закрепляется на волокне и образует волокнистый наполнитель. Расчет обычно ведут на получение наполнителя, содержащего 80% минерального пигмента и 20% волокна.

Волокнистый наполнитель так же, как и предыдущий, применяется в качестве добавки к каолину и другим более дешевым наполнителям для улучшения оптических свойств писчих и печатных видов бумаги взамен титановых пигментов и для повышения удержания наполнителей.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ СУСПЕНЗИИ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

Более дорогие наполнители привозятся на предприятия в упаковке (в бочках или мешках), более же дешевые без всякой упаковки россыпью в закрытых товарных вагонах. Наиболее распространенный у нас наполнитель — каолин раньше доставлялся на фабрики почти исключительно в плитках навалом без упаковки. Теперь же каолин чаще всего поступает в размолотом виде в бумажных мешках.

Для хранения наполнителей нужно иметь специальный склад, оборудованный механизмами для разгрузки вагонов и подачи наполнителя в производство. Склад должен удобно сообщаться с минерально-клейным цехом предприятия. При больших масштабах производства минерально-клейный цех выносят в особое помещение и готовые растворы наполнителя и клеящих веществ в жидком виде подают в массоподготовительный цех бумажной фабрики. Наполнители, подаваемые в производство, должны учитываться по весу.

Общая технологическая схема подготовки суспензии наполнителя показана на рис. 74. Сухой наполнитель подается в мешалку, где размешивается с водой до получения равномерной суспензии концентрацией 100—400 г/л. Далее суспензия подвергается очистке от крупных посторонних включений путем фильтрации через сетчатый барабан или вибрирующее сито и поступает в сборник, откуда насосом подается на вихревой очиститель для очистки от песка. После очистки готовая суспензия наполнителя направляется в сборники готового раствора, откуда по мере надобности поступает в производство.

В качестве аппарата для размешивания наполнителей у нас чаще всего применяется глиномешалка, общий вид которой показан на рис. 75. Глиномешалка представляет собой корытообразный железный сосуд (ванна) с горизонтальным валом, на котором по винтовой линии насажены массивные железные билы. Ванна закрыта сверху и имеет загрузочное отверстие. В нижней части ванны

имеется труба для спуска готовой суспензии. Вал делает 20 оборотов в минуту. Аппараты этого типа изготовляются различной величины, емкостью от 1 до 15 м³ и рассчитаны на загрузку от

Рис. 74. Технологическая схема приготовления суспензии наполнителя:

1 — глиномешалка; *2* — очистной барабан; *3* — промежуточный бассейн; *4* — насос; *5* — вихревой очиститель; *6* — бассейн готовой суспензии

200 до 3000 кг наполнителя. Мощность двигателя для привода глиномешалки от 1 до 20 квт.

Продолжительность размешивания каолина в плитках около 45 минут. Полный же оборот глиномешалки, включая загрузку и

Рис. 75. Глиномешалка

выпуск, примерно час с четвертью. Каолин в порошке размешивается гораздо быстрее.

Для разводки наполнителей применяют и другие аппараты, например аппарат Нитгаммера, описанный в книге И. И. Богоявленского и не получивший у нас распространения, а также растворитель Вернера-Пфлейдерера, по принципу действия и устройству

напоминающий гидроразбиватель. Аппарат подобного типа вполне успешно работает на одном из наших предприятий.

При высокой влажности наполнитель иногда смерзается зимой в твердые глыбы. Поэтому для облегчения его разводки в этом случае применяют подогрев острым паром, который подводят непосредственно в глиномешалку.

Для очистки суспензии наполнителя от легких примесей и сора применяются вибрирующие плоские сита или вращающийся цилиндрический или квадратного сечения барабан, обтянутый сеткой № 80.

Для очистки суспензии наполнителя от песка раньше очень часто применялись обыкновенные песочницы. Теперь они вытесняются более эффективными аппаратами — вихревыми очистителями. Последние широко применяются для очистки бумажной массы перед бумагоделательной машиной. Точно такие же аппараты применяют и для очистки суспензии наполнителей.

Подробно вихревые очистители описаны в 6-й главе, а потому здесь не рассматриваются. Укажем лишь, что для эффективности очистки следует применять аппараты с трубой диаметром не выше 100 мм. Производительность этих аппаратов весьма высокая и потому установка получается очень простой и компактной. Необходимо следить за тем, чтобы создаваемое насосом давление при входе в очиститель было не менее 2—2,1 атм.

Для хранения готовой суспензии наполнителя применяются бассейны различной емкости с лопастным мешальным устройством. Емкость их рассчитывается обычно не больше, чем на сменную потребность производства. К месту потребления суспензия перекачивается насосами или с использованием сжатого воздуха, для чего необходима установка компрессора и напорного котла. Если каолиноразводка расположена в помещении над размольно-подготовительным цехом, то раствор подается самотеком.

В практике отечественных предприятий принято разводить каолиновую суспензию концентрацией 150—200 г/л. Контроль за разводкой осуществляется по удельному весу суспензии при помощи ареометра Боме или взвешиванием мерной пол-литровой или литровой колбы вместе с наполнителем и определением концентрации по соответствующим таблицам. Концентрация суспензии наполнителя определяется по формуле Сутермейстера

$$P = \frac{\gamma[g - (g_0 + W)]}{\gamma - 1}, \qquad (56)$$

где:

P — вес абсолютно сухого наполнителя в колбе в г;
g — вес колбы с суспензией в г;
g_0 — вес пустой колбы в г;
W — объем колбы в мл;
γ — удельный вес наполнителя.

Рис. 76. Установка непрерывного действия для приготовления суспензии наполнителя:

1 — вагонетка; *2* — монорельс; *3* — приемный бункер; *4* — шнек; *5* — ленточный транспортер; *6* — разводная мешалка непрерывного действия; *7* — вибрирующее сито; *8* — приемный бак; *9* — насос; *10* — запасной бак

О порядке введения наполнителей и проклеивающих веществ в бумажную массу сказано на стр. 211. При проклейке и наполнении бумажной массы по периодической схеме в роллах или мешальных бассейнах рабочие растворы этих веществ выпускаются из мерников, снабженных указателями. При непрерывных методах проклейки и наполнения бумажной массы рабочие растворы наполнителей и проклеивающих веществ подаются в поток массы непрерывно при помощи дозаторов. Устройство дозаторов описано в главе 1, а места ввода наполнителей и проклеивающих веществ указаны на приведенных выше технологических схемах подготовки бумажной массы.

Перед введением в массу суспензию наполнителя целесообразно еще раз пропустить через сито.

При больших масштабах производства суспензию наполнителя целесообразно приготовлять в установках непрерывного действия. На рис. 76 показана одна из таких установок производительностью около 85 т в сутки.

Как видно из рисунка, наполнитель поднимается в вагонетке *1* и по монорельсу *2* доставляется к приемным бункерам *3* большой емкости, откуда сухой наполнитель при помощи шнеков *4* непрерывно подается на ленточный транспортер *5*, а последним в непрерывно действующую разводную мешалку *6*, куда непрерывно в соответствующей пропорции поступает вода. Подачу воды можно регулировать с целью обеспечения заданной концентрации суспензии наполнителя. Разводная мешалка имеет продолговатую форму. Сухой наполнитель и вода поступают в центральную часть мешалки, а готовая суспензия вытекает с двух концов мешалки и поступает на два вибрирующих самоочищающихся сита *7* типа сортировки Иенсена, затем попадает в приемники *8*, откуда насосами *9* подается в запасные баки *10*.

ГЛАВА 5

КРАШЕНИЕ БУМАЖНОЙ МАССЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Многие виды бумаги выпускаются окрашенными. При этом бумага может быть окрашена либо в массе, либо с поверхности в готовом виде. Первый способ крашения более распространен, хотя и является более дорогим, так как требует большего расхода красителя. При этом способе раствор красителя или сухая краска вводятся непосредственно в бумажную массу в процессе ее размола или после размола и, таким образом, все волокно и прочие составные части бумаги окрашиваются более или менее равномерно. Крашение поверхности готовой бумаги может проводиться в каландрах или в специальных красильных машинах. Если бумагу поверхностного крашения подвергнуть трению с поверхности, то быстро обнаруживается пятно неокрашенной основы.

В настоящей главе мы рассмотрим только крашение бумажной массы. Наиболее распространены следующие окрашенные виды бумаги: писчие цветные, литографская, для глубокой печати, форзацная, основа для фибры, промокательная, афишная, салфеточная, специальные оберточные и упаковочные, конвертная, телефонная, кабельная, патронная, светонепроницаемая, прядильная, спичечная, шпульная.

Кроме крашения бумаги, при котором последняя меняет свой цвет, применяют также подцветку белой бумаги. Для этой цели обычно используют небольшое количество синих, фиолетовых или красных красителей, а также оптически отбеливающих веществ. Подцветка устраняет желтизну и серые тона в бумаге и делает оттенок ее более живым и белым. Как правило, все белые виды бумаги, начиная с газетной и кончая высшими печатными и документными, выпускаются с подцветкой.

Как известно из физики, белый световой луч представляет собой смесь разноцветных лучей, образующих спектр и различающихся по длине волны и степени преломления. Наиболее длинной волной обладает красный цвет (625—759 mμ), наиболее короткой — фиолетовый цвет (393—450 mμ) видимой части спектра.

Если световой луч при прохождении через какое-либо тело не претерпевает никаких изменений в качестве и количестве свето-

вых волн, тело является абсолютно прозрачным. Если же все лучи поглощаются или отражаются, то тело является абсолютно непрозрачным, причем в первом случае оно будет черным, а во втором белым.

В природе нет тел абсолютно прозрачных или абсолютно непрозрачных, так же как нет и абсолютно белых или абсолютно черных. На самом же деле тела отчасти поглощают, отчасти отражают световые лучи. Когда отражение или поглощение распространяется в одинаковой степени на все составные части белого светового луча, тела представляются нам окрашенными в белый, серый или даже черный цвет, в зависимости от количества поглощенного света. Если же тело поглощает или отражает различные световые лучи не в одинаковой степени, то такое тело кажется нам окрашенным.

В практике крашения очень часто для достижения необходимого оттенка приходится пользоваться сочетанием двух, трех и более красителей. При смешении красок с целью получения желательного тона нужно руководствоваться правилом смешения цветов, которое наиболее просто может быть представлено следующей схемой.

Цветовая диаграмма

В этой схеме взяты три основных цвета: красный, синий и желтый, а три других получают смешением первых трех. Так, при смешении красного с синим получается фиолетовый цвет, при смешении красного с желтым — оранжевый, при смешении желтого с синим — зеленый цвет. Если же смешать все три основных цвета,

то получится серый цвет так же, как и в том случае, если смешать попарно цвета, расположенные на схеме друг против друга и называемые дополнительными.

При смешении красителей следует иметь в виду, что наиболее яркий тон всегда получается у бумаги, окрашенной одним или двумя красителями, которые по своему цвету занимают в спектре близкое друг к другу расположение. Наоборот, если желательный цвет достигнут смешением большого количества цветов и притом расположенных в спектре далеко друг от друга, то цвет получается тусклым.

К красителям, применяемым для крашения бумаги, предъявляются весьма различные требования. Красители должны придавать бумаге яркую окраску, не смываемую водой, обладать устойчивостью к высокой температуре и свету, не выгорать в процессе сушки бумаги и при хранении ее на свету и не изменять своего цвета под действием кислот и щелочей. Чем в большей степени краситель отвечает этим требованиям, тем он более пригоден для бумажного производства.

КЛАССИФИКАЦИЯ КРАСИТЕЛЕЙ

Красители, применяемые в бумажном производстве, можно подразделить на неорганические (минеральные) и органические. В свою очередь и те и другие могут быть естественными и искусственными.

Неорганические (минеральные) красители

Естественные минеральные красители довольно широко встречаются в природе. К ним относятся охра, сиенна, умбра, каолин и некоторые другие. Они добываются из природных залежей, подвергаются размолу и очистке от песка и посторонних примесей. Эти вещества являются не только красителями, но и наполнителями, так как вводятся в бумагу в сравнительно большом количестве и повышают ее зольность.

Естественные минеральные красители обладают слабой красящей способностью, но отличаются высокой светоустойчивостью. Они применяются в бумажном производстве крайне редко и как красящие вещества используются преимущественно в строительном деле.

Искусственные минеральные красители также меньше стали употребляться в бумажном производстве с появлением искусственных органических красителей, но все же они применяются в большей степени, чем естественные. К искусственным минеральным красителям относятся сернистый цинк и титановые пигменты (белого цвета), ультрамарин самых разнообразных оттенков (от голубого до красно-синего), берлинская лазурь синего цвета с зеленоватым оттенком, хромовая желтая. Чаще всего из этих кра-

сителей применяются ультрамарин для подцветки белых видов бумаги и белые титановые пигменты для наполнения и поверхностной окраски. Остальные красители этой группы используются сравнительно редко.

К этой же группе красителей относят условно и сажу, которая употребляется как черная краска для закраски неактиничной, светонепроницаемой бумаги, применяющейся для упаковки светочувствительных фотоматериалов. Наибольшей кроющей способностью отличается так называемая газовая сажа, получающаяся после сгорания газообразных углеводородов в условиях недостаточного притока воздуха.

Сажа доставляется на бумажные фабрики обычно в бумажных мешках, она очень пылит и загрязняет помещение. Поэтому целесообразно смешивать ее с водой в отдельном помещении и в виде пасты вводить в роллы. Сажа плохо адсорбируется волокнами и при введении в бумажную массу в сухом виде всплывает наверх.

Для получения светонепроницаемой бумаги необходимо ввести от 7 до 10% от веса волокна тонкодисперсной газовой сажи.

Органические красители

Естественные растительные красители этой группы до появления искусственных анилиновых красителей находили широкое применение в бумажном производстве. К числу наиболее распространенных в прошлом растительных красителей относятся: кварцитрон (желтого цвета), катеху (коричневого цвета), кампеш (синего и других темных цветов от зеленого до черного), грушку, куркуму, кошениль.

Исходным материалом для получения искусственных органических красителей служат продукты перегонки каменноугольной смолы. Часто эти красители называют анилиновыми, хотя многие из них не являются производными анилина.

Искусственные органические красители занимают в промышленности основное место. Они отличаются богатством цветов, оттенков и высокой красящей силой.

Кроме них, применяются так называемые лаки и баканы, которые получают из органических красителей путем осаждения их на минеральных субстратах или образования комплексных соединений. Благодаря этому достигается большое разнообразие цветов и оттенков.

Дадим определение двум понятиям: «краситель» и «пигмент».

Красителями называют растворимые красящие вещества, растворы которых вводятся в окрашиваемый материал и усваиваются волокнами адсорбционно или химически, полностью или частично, придавая им требуемую окраску. По своему химическому составу такие красители представляют нейтральные щелочные соли сульфокислот или карбоновых кислот, сложных по структуре

молекул, или неорганические соли органических катионов и анионов.

По степени восприятия различными волокнами и по поведению при крашении нейтральные красители первой категории называются прямыми, второй категории — катионными, или основными, третьей категории — анионными, или кислотными.

Пигментами называют нерастворимые красящие вещества, которые сами по себе не могут красить, но они могут быть применены для крашения иным путем: их можно синтезировать на волокнах из исходных материалов, осадить химически из растворимых производных вроде лейкосоединений, кубозолей и, наконец, осадить разложением их солей и другими методами.

Искусственные органические красители имеют весьма сложный и притом разнообразный химический состав. Однако в строении красящих веществ имеются некоторые признаки, по которым можно распознать их красящие свойства.

Согласно теории О. Н. Витта, для красящих веществ характерно присутствие хромофорных групп. Так называется группировка из атомов органогенов, которые встречаются постоянно в молекуле красящего вещества. Присутствие хромофорных групп делает вещество окрашенным. К хромофорам относятся: азогруппа — N = N —, нитрозогруппа — NO, карбонильная группа —CO—, нитрогруппа — NO_2, азометингруппа — CH = N—, этиленовая группа —CH = CH— и некоторые другие.

Чтобы вещество было красящим, в молекулу его необходимо ввести некоторые атомные группы, сообщающие ему красящие свойства и усиливающие цветность, т. е. способность органического соединения поглощать лучи. Эти атомные группы называются ауксохромными. К ним принадлежат аминогруппа —NH_2 и гидроксильная группа OH, а также солеобразующие группы: сульфогруппа — HSO_3, карбоксильная группа COOH и нитрогруппа — NO_2.

Хромофорная теория О. Н. Витта не является универсальной. За последнее время накопилось много фактов, не согласующихся с этой теорией. В свете современной физики цветность видимого спектра связана с присутствием в молекулах подвижных электронов, образующих систему сопряженных связей.

По существующей у нас классификации искусственные органические красители разделяются на шесть групп: основные, кислотные, протравные, прямые (субстантивные), кубовые и сернистые.

Группировка по цветам состоит из восьми подразделений: желтые и оранжевые, красные и розовые, бордо, зеленые, голубые и синие, фиолетовые, коричневые, черные и серые.

К названиям цвета иногда присоединяют дополнительные обозначения: чистый, светлый, яркий и темный. Кроме того, допускаются обозначения оттенков, которые ставятся в виде начальных букв соответствующего слова.

В бумажном производстве наибольшее применение для крашения получили три группы искусственных органических красителей: основные, кислотные и прямые. Кроме того, за последнее время находят применение пигменты.

Рассмотрим свойства этих красителей и применяемые методы окраски бумаги.

Основные красители. По своей химической природе основные красители являются солями органического основания с кислотой (соляной, серной, уксусной, щавелевой или азотной). Молекулы этих красителей содержат как свободные аминогруппы, так и их замещенные.

В разбавленном растворе молекулы красителя находятся в форме катионов. Поэтому с кислотой они образуют соли, а с многоатомными фенолами и оксикарбоновыми кислотами в результате ионного обмена образуют осадки.

Основные красители отличаются яркостью и интенсивностью окраски, однако они мало устойчивы по отношению к свету, к кислотам, щелочам, хлору и чувствительны к жесткой производственной воде. Свободная щелочь может служить причиной образования окрашенных пятен в бумаге. Кальциевые и магниевые соли жесткости воды также могут давать окрашенные пятна в бумаге.

Основные красители хорошо окрашивают волокна древесной массы и небеленой целлюлозы, содержащей лигнин и гемицеллюлозные спутники. Беленая целлюлоза окрашивается значительно хуже и только с сернокислым глиноземом, тряпичная же полумасса окрашивается еще хуже и только с таннином в качестве протравы.

Кейси указывает, что сродство волокна к основным красителям находится в прямой зависимости от его перманганатного числа.

Основные красители сравнительно трудно растворяются в воде и поэтому их приходится нагревать до температуры 65—70°. Однако раствор нельзя подвергать кипячению, так как эти красители имеют тенденцию освобождать нерастворимое цветное основание. Краситель лучше всего растворять на конденсате. Жесткая вода вредна для растворения основных красителей, так как она может выделить нерастворимое основание, и в случае применения ее необходимо смягчить действием какой-либо кислоты или сернокислого глинозема. При трудной растворимости красителя к раствору прибавляют уксусную кислоту в количестве от 25 до 100% к весу красителя.

Для основных красителей не имеет особого значения, когда давать краситель — до или после сернокислого глинозема. Чаще всего краситель вводится после сернокислого глинозема.

При одновременном крашении сложной композиции, состоящей из беленых и небеленых материалов, нужно сначала окрасить беленый волокнистый материал, а затем небеленый. Для устранения неравномерной окраски волокон при сложной композиции

рекомендуется сильнее разбавлять краситель или смешивать его с раствором наполнителя.

К основным красителям относятся: аурамин, хризоидин, коричневый основной, метиленовый голубой, метилфиолет, родамин Б, сафранин, основной ярко-зеленый, основной зеленый (малахитовый), виктория голубая, угле-черный и другие.

Кислотные красители. По своему химическому составу кислотные красители являются натриевыми, калиевыми или амонийными солями сложных органических кислот (чаще всего сульфокислот). Кислотные красители лучше других растворяются в воде, при этом они обычно образуют мономолекулярные растворы с образованием аниона в форме сложного кислотного остатка.

Кислотные красители не имеют сродства к растительному волокну и в обычных условиях плохо окрашивают целлюлозу и древесную массу. Зато они имеют сродство к животному волокну и хорошо окрашивают шерсть и шелк. Кислотные красители применяют для окраски проклеенной бумажной массы в присутствии избытка сернокислого глинозема. Оптимальная кислотность бумажной массы находится в пределах pH 4,5—5,5. При этом в результате взаимодействия сернокислого глинозема с красителем образуется в тонко дисперсном состоянии лак, который хорошо адсорбируется волокном и обеспечивает получение равномерной окраски. Кислотные красители в этих условиях дают более однородную окраску массы сложной композиции, состоящей из различных полуфабрикатов, чем основные красители.

Кислотные красители следует вводить в бумажную массу до сернокислого глинозема с таким расчетом, чтобы они успели хорошо перемешаться с волокном до образования глиноземного лака. Кислотные красители можно вводить в ролл также и в сухом состоянии. Неклееные виды бумаги этими красителями красить не следует.

Кислотные красители уступают основным в яркости окраски и в красящей способности, однако они более светоустойчивы. По отношению к кислотам, щелочам и хлору они малоустойчивы. Некоторые кислотные красители при соприкосновении с горячей поверхностью сушильных цилиндров мигрируют с поверхности листа и меняют его оттенок.

Для лучшего использования кислотных красителей целесообразно вводить их в сочетании с основными красителями.

К кислотным красителям относятся: кроцеин, шарлах 3Б, метаниловый желтый АТ, кислотный голубой, нигрозин АМ и другие.

Прямые красители. Прямые, или иначе, субстантивные красители представляют собой натровые соли сложных органических кислот. Они не обладают ни кислыми, ни основными свойствами и окрашивают растительные волокна непосредственно без применения каких-либо протрав. Практически они все же лучше окрашивают очищенные, делигнифицированные волокна целлю-

лозы, чем волокна древесной массы. Краситель быстро адсорбируется волокнами и в бумаге не наблюдается заметной двусторонности в окраске.

Эти красители прямо из раствора, без перевода их в какую-либо другую форму, переходят на волокна, особенно в присутствии электролитов. Сродство красителей к целлюлозе объясняется возникновением водородных связей между гидроксильными группами целлюлозы и функциональными группами красителя (ауксохромами NH_2 и OH), а также с углеродными атомами.

Первой стадией окраски бумаги прямыми красителями является процесс адсорбции частиц красителя поверхностью волокон. Затем идет процесс диффузии, т. е. проникновения красителя в глубь волокон и равномерное его распределение в их толще. Обычно в производственных условиях окраски бумажной массы этот процесс не идет до конца и полное равновесие между концентрацией красителя в растворе и на волокнах не достигается, вследствие чего находящиеся в растворе прямые красители полностью никогда не выбираются волокном.

Прямые красители отличаются хорошей светоустойчивостью, лучшей, чем у основных и даже кислотных красителей, однако они уступают основным красителям в силе красящей способности и яркости окраски и дают тусклые тона.

Субстантивные красители применяются главным образом для крашения неклееных видов бумаги: бюварной, промокательной, основы фибры и пергамента, а также бумаги, не содержащей в композиции древесной массы или с небольшим ее содержанием. Для усиления тона окраски иногда практикуют добавку к массе поваренной соли и нагревают массу до температуры 40—60°.

Субстантивные красители следует давать до прибавления сернокислого глинозема, если ими окрашивают проклеенную бумажную массу, так как с сернокислым глиноземом они образуют лаки с менее интенсивной окраской. Необходимо, чтобы краситель успел адсорбироваться на волокне до прибавления глинозема.

Прямые красители менее растворимы, чем кислотные, и склонны образовывать коллоидные растворы. Их можно кипятить, не испортив цвета, но это обычно не требуется. Многие прямые красители очень чувствительны к жесткой воде, поэтому растворение их следует вести с использованием мягкой воды, лучше всего конденсата. После растворения красителя в горячей воде раствор следует охладить и не давать в бумажную массу в горячем виде во избежание неравномерной прокраски волокон и образования «мрамора».

Волокна, обработанные влагопрочными смолами, не поглощают прямых красителей и плохо ими окрашиваются.

К прямым красителям относятся: прочный красный Ф, прочный шарлах 4БС, прочный оранжевый С, хризофенин, зеленый Б, зеленый Г, синий ПВ, синий 2Б, чисто голубой ФФ, фиолетовый С, коричневый М, черный ФФ, диазочерный Б и некоторые другие.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС КРАШЕНИЯ БУМАГИ

На процесс крашения бумажной массы оказывают влияние такие факторы, как pH среды, температура массы, степень ее помола, род волокна, подвергаемого окраске, вид самого красителя и пр. Учитывать влияние этих факторов, конечно, необходимо, так как только в этом случае можно получить лучшие результаты при крашении.

Наиболее полная адсорбция красителя волокном происходит в условиях большего набухания волокна. Оптимум же набухания целлюлозного волокна наблюдается в пределах pH 5—6. Для большинства красителей этот предел кислотности является оптимальным при поглощении их волокном. Некоторые красители изменяют свою окраску в зависимости от кислотности среды, например хризоидин и метанил желтый. Поэтому при закраске необходимо строго выдерживать постоянство заданной кислотности массы. В противном случае возможны значительные колебания в оттенке бумаги.

Адсорбционная способность волокна резко возрастает с повышением степени помола, что связано с увеличением поверхности волокна. Поэтому повышение степени помола массы приводит всегда к улучшению окраски бумаги, получению более ярких и глубоких тонов. При увеличении степени помола массы можно получить требуемую окраску с меньшим расходом красителей, чем при закраске массы с более низкой степенью помола.

Крашение бумажной массы обычно происходит в условиях низкой температуры окрашиваемого волокнистого материала. Эти условия не всегда благоприятны при крашении. Для кислотных и основных красителей низкая температура массы на имеет особого значения, для прямых же и сернистых красителей она неблагоприятна. Прямые красители плохо растворяются в холодной воде и очень чувствительны к электролитам, вследствие чего они быстро переходят в состояние грубой суспензии, что вызывает ухудшение окраски. Сернистые красители хорошо фиксируются только при высокой температуре (80—100°).

Некоторые красители чувствительны к высоким температурам, которым подвергается бумага при прохождении ее через сушильную часть бумагоделательной машины. Бумага, окрашенная такими красителями, может изменять свой оттенок при высокой температуре сушильных цилиндров. Некоторые красители изменяют свой оттенок в зависимости от конечной влажности бумаги после сушки. Поэтому оттенок бумаги следует сравнивать в условиях стандартной влажности образцов.

Каландрирование бумаги повышает густоту окраски бумаги, особенно в том случае, если бумага обладает повышенной влажностью.

Восприимчивость различных волокнистых полуфабрикатов к красителям далеко не одинакова. Чем лучше целлюлозное волокно

очищено от лигнина и гемицеллюлозных спутников, тем труднее оно закрашивается основными и кислотными красителями.

Минеральные наполнители в большинстве случаев имеют меньшее сродство к красителям, чем волокно, и хуже окрашиваются. Лучше других закрашивается асбестин. Каолин плохо окрашивается субстантивными красителями и хорошо основными. Мел же хорошо окрашивается и основными, и субстантивными красителями. Сорта талька, богатые известью, окрашиваются плохо. Плохая закраска наполнителя часто служит причиной двусторонности бумаг.

Канифольный клей и сернокислый глинозем, применяемые для проклейки, также оказывают весьма существенное влияние на процесс крашения бумажной массы. Влияние канифольного клея благоприятно для всех видов красителя, поскольку клей обладает слабощелочной реакцией и служит своеобразным средством, смягчающим жесткость производственной воды. Мягкая же производственная вода благоприятствует растворению красителей и поглощению их из раствора волокном. Исключение составляют лишь кислотные красители, для которых жесткая вода даже полезна, так как она способствует образованию кальциевых и магниевых лаков кислотных красителей.

Сернокислый глинозем благоприятствует окраске бумаги основными и в особенности кислотными красителями, но он сильно вредит при окраске бумаги субстантивными и сернистыми красителями, так как вызывает коагуляцию красителя и выпадение его в грубодисперсной форме. В таком виде краситель не может сообщить надлежащую окраску бумаге и последняя выглядит тусклой.

При правильном проведении процесса крашения бумажной массы канифольно-глиноземный комплекс положительно влияет на процесс крашения бумажного волокна. Этот комплекс энергично адсорбирует краситель и, осаждаясь на волокне, способствует равномерному и глубокому окрашиванию бумажной массы. Особенно благоприятно его действие при закраске основными и кислотными красителями. Последние красители только и могут окрашивать целлюлозное волокно в присутствии сернокислого глинозема благодаря образованию глиноземного лака.

КРАШЕНИЕ БУМАЖНОЙ МАССЫ КРАСИТЕЛЯМИ РАЗНЫХ ГРУПП

Как уже указывалось выше, очень часто для получения необходимого оттенка бумаги приходится производить закраску несколькими красителями. Эти красители могут принадлежать к различным группам. При крашении ими следует соблюдать определенный порядок окраски.

При совместном крашении основным и кислотным красителями растворы этих красок нельзя смешивать вместе, так как они при

этом выпадают в осадок, реагируя друг с другом. Необходимо вводить их в бумажную массу раздельно: сначала кислотный краситель, а затем, после введения клея и глинозема, основной краситель. Совместное крашение кислотными и основными красителями способствует лучшему использованию первых и уменьшению потери красителей со сточными водами.

При совместном закрашивании бумажной массы прямыми и основными красителями необходимо также готовить растворы красителя отдельно и не смешивать их друг с другом, так как они тоже при этом коагулируют. Первым в бумажную массу следует вводить прямой краситель (pH массы в пределах 6—7,5). После соответствующего перемешивания и прибавления глинозема при pH 4,5—5,5 вводят основной краситель.

Кислотные и прямые красители не осаждают друг друга при смешении растворов, однако все-таки целесообразнее при совместном крашении вводить их в бумажную массу раздельно так же, как и при совместном крашении красителями одной и той же группы. Первым следует вводить прямой краситель.

Использование пигментов для окраски бумаги

За последнее время для окраски бумаги начали применять нерастворимые органические красители, или пигменты. Они дают красивые яркие тона и устойчивы к свету. Как известно, по своей химической природе пигменты бывают неорганическими и органическими. Неорганические пигменты (охра, сиенна, умбра и др.), как уже указывалось выше, применяются редко, тогда как органические пигменты находят все большее применение.

Синтетические органические пигменты бывают следующих четырех видов:

чистые пигментные красители нерастворимые в воде и отличающиеся очень высокой светоустойчивостью;

цветные лаки, получаемые осаждением растворимых основных красителей посредством комплексных фосфорнокислых солей вольфрама и молибдена. Это очень яркие пигменты, но с меньшей прочностью окраски, чем растворимые красители;

кубовые красители — сложные органические соединения, нерастворимые в воде, но переводимые в раствор восстановлением гидросульфитом натрия;

лаковые красители, получаемые осаждением кислотных моноазокрасителей солями хлористого кальция или бария, ацетатом свинца, дубильной или фосфорной кислотой.

Наибольшее применение из этих пигментов для окраски бумаги получили чистые пигментные и кубовые красители.

Пигментные и кубовые красители поступают на предприятие в виде тонкодисперсных порошков и паст в смеси со вспомогательным веществом. В качестве диспергатора к ним примешиваются

некоторые поверхностноактивные вещества (например, продукт конденсации натриевой соли нафталинсульфокислоты с формальдегидом). Средние размеры частиц пигмента находятся в пределах 0,1—0,5 микрона. Водные дисперсии этих пигментов очень устойчивы, но при добавлении сернокислого глинозема или других электролитов коагулируют. Частицы пигмента в растворе несут отрицательный заряд. Удержание красителей на волокне при окраске неклееных видов бумаги без сернокислого глинозема невысокое, при окраске же клееных видов бумаги и при введении глинозема очень высокое и достигает 96—98%. Оптимальная кислотность массы pH при окраске пигментными красителями 4,5—4,8.

Крашение кубовыми красителями может осуществляться двумя способами: 1) введением раствора высокодисперсного красителя в бумажную массу после проклеивающего вещества с последующим закреплением частиц пигмента на волокне при помощи сернокислого глинозема; 2) введением красителя в виде дисперсии или пасты в ролл, куда добавляется также определенное количество NaOH. Масса нагревается до 55° и затем в нее вводится гидросульфит натрия. При этом образуется лейкосоединение красителя, растворимое в воде, но весьма неустойчивое, которое окисляется кислородом воздуха или каким-либо окислителем с образованием нерастворимого осадка на волокне. Затем бумажная масса в ролле нейтрализуется сернокислым глиноземом или раствором слабой кислоты. Полученная таким образом окраска отличается высокой водо- и светопрочностью и равномерностью на обеих сторонах бумажного листа.

Первый способ окраски гораздо проще и, по-видимому, дешевле. Расход красителей в зависимости от яркости оттенка находится в пределах от 0,1—0,2 до 1—2% от веса волокна.

Применение оптически отбеливающих веществ

Как уже указывалось, с целью устранения нежелательной желтизны волокнистых материалов и проклеивающих веществ, и повышения белизны бумаги, используемой для письма, печати и других нужд, в бумажную массу вводят небольшое количество синих и фиолетовых красителей. Однако этим способом трудно получить высокую белизну бумаги и для этого прежде всего необходимо иметь волокнистые полуфабрикаты высокой степени отбелки, что связано, конечно, не только с расходом соответствующих белящих агентов, но и с некоторым снижением прочности волокна. Белизна бумаги может быть существенно повышена путем введения в бумажную массу белых минеральных пигментов, однако это не всегда возможно по условиям производства и из-за требований, предъявляемых к качеству бумаги.

В последнее время наряду с обычными красителями стали применять так называемые оптически отбеливающие вещества, кото-

рые позволяют существенно повысить видимую белизну бумаги. Эти вещества абсорбируют невидимые ультрафиолетовые лучи солнечного спектра и, трансформируя их в видимые лучи синего и фиолетово-синего цвета, испускают их совместно с отражаемой частью падающего на бумагу света, вследствие чего белизна бумаги значительно повышается и тем больше, чем больше содержится ультрафиолетовых лучей в свете, при котором рассматривается бумага.

Повышение белизны бумаги под влиянием оптических белителей не выявляется обычными фотометрами, действие которых основано на измерении световых лучей с длиной волны 457 $m\mu$, так как оптические белители испускают световые лучи с длиной волны около 435 $m\mu$.

Оптические белители дают наибольший эффект при подцветке бумаги из беленой целлюлозы или с небольшим содержанием небеленой целлюлозы и древесной массы (не свыше 20—25%).

Древесная масса поглощает ультрафиолетовые лучи и снижает флуоресценцию красителя.

К группе оптически отбеливающих веществ относятся, например, бензилимидозол, дифенилимидозол, а также производные диаминостильбендисульфокислоты. Эти вещества бесцветны или слабо окрашены и хорошо растворимы в горячей воде. Один из таких красителей — прямой белый, выпускаемый нашей промышленностью, имеет следующую формулу:

(57)

Окраска оптически отбеливающими красителями производится так же, как и обычными анилиновыми красителями — в массе или поверхностная. В последнем случае расход красителя уменьшается и потому этот способ выгоднее применять при подцветке бумаги повышенной толщины. При окраске бумажной массы оптически отбеливающие красители вводятся в нейтральную или слабощелочную среду, т. е. до ввода глинозема. Светоустойчивость их обычно не меньше, чем обычных анилиновых красителей. Расход красителя 0,1—0,2% от веса волокна.

Испытание анилиновых красителей

Красители подвергаются испытанию в лаборатории, где определяют их оттенок, концентрацию, класс, состав, а также узнают является ли краситель однородным или представляет собой смесь разных красителей.

Однородность красителя может быть определена сдуванием

небольшого количества красителя, взятого на кончик ножа, на влажную фильтровальную бумагу. Наличие различно окрашенных точек показывает, что краситель составлен из смеси нескольких красящих веществ. Однородность красителя можно определить также путем высыпания небольшого количества красителя в порошке в цилиндр с водой и наблюдением за окрашиванием отдельных точек.

Если сложная смесь красителя была предварительно выпарена из раствора, то указанными выше методами однородность красителя определить нельзя. Это можно установить, например, по различной избирательной адсорбции красителей, входящих в состав смеси, если опустить в раствор такой краски полоску фильтровальной бумаги. Более же достоверный и научный метод определения однородности красителя заключается в анализе спектров поглощения.

Для определения оттенка красителя и его красящей способности приготовляют раствор 0,1%-ной концентрации и сравнивают его оттенок со стандартным раствором при помощи компаратора, а также делают пробные выкраски бумаги в стандартных условиях.

Класс красителя узнают, исходя из известных положений, что кислотные красители хорошо окрашивают шерсть, основные красители — протравленный танином хлопок, а прямые — хлопок без протравы.

Испытание производится следующим образом: приготовляют разбавленный раствор (1—2%) краски и к нему добавляют несколько капель уксусной кислоты, затем в раствор опускают предварительно обезжиренную шерсть и протравленный танином хлопок. Если окрашивается протравленный танином хлопок, то краска основная, если же шерсть, — краска кислотная или прямая. Затем в раствор красителя (в отдельной пробирке) помещают непротравленный хлопок, добавляют немного глауберовой соли (Na_2SO_4) и нагревают. Если при этом хлопок окрашивается и окраска не смывается при дальнейшем кипячении хлопка в дистиллированной воде, то краситель прямой.

Для отличия основных красителей от кислотных к раствору красителя прибавляют несколько капель раствора таннина (25 г таннина и 25 г ацетата натрия в 250 мл воды). Основные красители в этих условиях дают осадок, кислотные же не осаждаются таннином.

ТЕХНИКА КРАШЕНИЯ БУМАЖНОЙ МАССЫ

На предприятиях, вырабатывающих цветные бумаги или применяющих красители для подцветки, необходимо иметь в размольно-подготовительном отделе красильную мастерскую. В этой мастерской хранят оперативный запас красок, готовят растворы красителей и ведут учет их расхода.

Краски должны храниться в закрытых бочках. Мастерская должна иметь соответствующую посуду в виде баков для раствере-

ния красителей, кружек и ведер различной емкости для дозировки растворов при крашении и точные весы для взвешивания красителей. Вблизи красильной мастерской должен находиться бак емкостью около 200—500 л для нагрева воды.

Концентрация красителей, применяемых для подцветки белой бумаги, обычно бывает небольшой и находится в пределах 5—10 г/л, так как расход красителя на 1 т бумаги обычно не превышает 60—80 г. Раствор же родамина (очень интенсивная красная краска, применяемая для подцветки) делают еще менее концентрированным.

Растворы красителей, применяемых для окраски и расходуемых в значительно большем количестве (от 0,2 до 10 кг/т бумаги), готовят более концентрированными. Лучше всего растворяются кислотные красители. Их можно готовить концентрацией до 5% и даже выше. Растворы прямых красителей не должны иметь концентрацию выше 2%.

При закраске бумажной массы в роллах кислотные и прямые красители иногда вводят в бумажную массу прямо в порошке, высыпая их из бумажных пакетов. Однако для получения равномерной окраски массы целесообразней предварительно растворять красители и вводить их в массу в жидком виде.

Окраска бумаги может производиться в роллах и в мешальных бассейнах, при периодическом способе работы, а также непрерывным способом введением раствора красителя в поток бумажной массы при помощи дозаторов. Чтобы обеспечить необходимую последовательность в дозировке химикатов, место введения красителя в потоке массы следует выбирать с учетом особенностей красителя, его класса и свойств волокон. Количество вводимого дозатором красителя должно быть пропорциональным количеству волокна в потоке бумажной массы.

Перед выработкой нового вида цветной бумаги лаборатория должна составить рецептуру закраски. Чтобы сэкономить время, можно исходить из опыта окраски образцов, уже вырабатывавшихся фабрикой и имеющих цвет, близкий к заданному. По их рецепту и делают пробное крашение бумаги. Чтобы пробное крашение было проведено в условиях, аналогичных производственным, желательно его проводить с использованием оборотной воды.

При переходе на новый заказ цветной бумаги вначале закрашивают массу только одного ролла по рецепту, составленному лабораторией, и только после того, как будет из этой массы изготовлен на листоотливном аппарате пробный образец и уточнена рецептура, начинают закрашивать массу в остальных роллах. Если полученный образец окажется недокрашенным, то после добавки соответствующего красителя и перемешивания снова изготовляют пробный образец и таким образом добиваются нужного оттенка бумаги. Если же масса в первом ролле окажется перекрашенной, закрашивают массу во втором ролле и после того, как установят пра-

вильную рецептуру красителей, закрашивают массу третьего ролла, с учетом загрузки в него уменьшенного количества тех красителей, которые были переданы в первый ролл. После этого массу из всех трех роллов направляют в мешальный бассейн.

Для выработки окрашенных видов бумаги очень важно, чтобы бумагоделательная машина была оборудована не одним мешальным бассейном, а по крайней мере двумя. В этом случае машина может дорабатывать старый заказ из одного машинного бассейна, а в другом может заготовляться бумажная масса по новому заказу. Очень часто при переходе с выработки бумаги одного цвета на выработку бумаги другого цвета приходится тщательно промывать мешальные бассейны, роллы и прочее оборудование. В этом случае полезно также иметь запасные бассейны. При выработке цветных видов бумаги на одной и той же бумагоделательной машине необходимо так планировать переход с одного цвета бумаги на другой, чтобы не пришлось совершенно прекращать работу машины для промывки оборудования. Это можно сделать в том случае, если вырабатываемые виды бумаги имеют сходные оттенки в порядке постепенного нарастания густоты окраски. Часто, однако, этого сделать бывает нельзя, и тогда при перемене вида бумаги приходится останавливать машину, тщательно промывать оборудование и менять окрашенные сукна.

При непрерывном введении в массу красителей в виде растворов через дозаторы подгонка цвета производится иначе. Если место введения красителя в поток массы находится недалеко от напорного ящика, как это может быть в случае использования основных красителей, то изменения в подаче красителя быстро вызывают соответствующие изменения в окраске вырабатываемой на машине бумаги. Если же между местом введения красителя и бумагоделательной машиной находятся машинные или промежуточные массные бассейны, изменения в подаче красителя обнаруживаются в бумаге через относительно длительный промежуток времени. Поэтому очень важно, чтобы первоначальная рецептура крашения была указана лабораторией возможно точнее.

В процессе выработки цветной бумаги на бумагоделательной машине необходим тщательный контроль за цветом бумаги. Образцы следует брать с машины от каждого валика, но не реже, чем через час, и контролировать просмотром и сравнением с предыдущими образцами и эталоном. В ночное время следует пользоваться лампой дневного света.

Цветной бумажный брак должен использоваться на той же машине равномерно. Остатки цветного брака бумаги должны храниться до следующего заказа в специальном помещении или могут быть использованы в композиции другой походящей по цвету бумаги. В случае невозможности длительного хранения или использования брака по назначению приходится перерабатывать цветной брак на изготовление оберточных и упаковочных бумаг.

ДЕФЕКТЫ ОКРАСКИ БУМАГИ

При выработке окрашенной и белой бумаги могут наблюдаться следующие дефекты: неравномерная закраска волокон бумаги, в результате чего получается так называемая «мраморная» бумага, двусторонность, или различие в цвете бумаги лицевой и сеточной сторон листа, и, наконец, самый распространенный дефект бумаги — разнооттеночность. О первом дефекте бумаги уже указано ранее— при рассмотрении процесса окраски бумаги растворимыми красителями. Причины двусторонности бумаги более полно рассмотрены в главе о наполнении бумаги. Здесь же мы остановимся главным образом на рассмотрении причин разнооттеночности.

Разнооттеночность может наблюдаться как при выработке окрашенной, так и белой бумаги. Причины разнооттеночности бумаги весьма разнообразны, а потому и довольно трудно устранимы. Главными из них являются изменения: в соотношении компонентов в бумаге по виду волокна и по содержанию наполнителей; цвета волокнистых полуфабрикатов и наполнителя; дозировки или концентрации растворов наполняющих и проклеивающих веществ; степени помола бумажной массы; pH при проклейке или отливе бумаги на машине; дозировки красителя или концентрации красителя; режима работы бумагоделательной машины; изменения в использовании оборотной воды, в степени разбавления бумажной массы, в температуре сушильных цилиндров и режиме сушки бумаги; изменения в степени разрежения в отсасывающих ящиках и в отсасывающих валах, а также изменения режимов увлажнения и каландрирования бумаги.

Из этого далеко не полного перечня наиболее важных факторов, влияющих на колебания оттенка бумаги, видно, что для получения однородной бумаги весьма важно организовать такой режим производства, который обеспечивал бы минимальное отклонение от установленных норм во всех стадиях бумажного производства.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ БУМАГИ НА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

ГЛАВА 6

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ И ПОДГОТОВКА БУМАЖНОЙ МАССЫ К ОТЛИВУ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

Основным типом бумагоделательной машины, применяемой для выработки бумаги, является так называемая столовая, или длинносеточная машина в отличие от круглосеточной машины, применяемой для выработки различных видов картона и лишь ограниченного ассортимента бумаги. За последнее время длинносеточная столовая машина широко используется и в картонном производстве при выработке тарного картона.

Независимо от типа бумагоделательной машины (кроме машины «сухого формования») технологический процесс изготовления бумаги на машине в принципе один и тот же. Он включает следующие основные операции: подготовку и аккумулирование бумажной массы; подачу бумажной массы на машину; разбавление бумажной массы водой и установление необходимой концентрации, обеспечивающей нормальный процесс отлива; очистку бумажной массы от посторонних включений и узелков; выпуск массы на сетку; отлив бумаги на сетке бумагоделательной машины; прессование мокрого листа бумаги и удаление избытка воды; сушку бумаги; машинную отделку бумаги; намотку бумаги.

Перечисленные операции являются общими по своей технологической сущности как для длинносеточной, так и круглосеточной машины. По конструктивному оформлению эти два типа машин различаются устройствами для выпуска массы на сетку и отлива бумажного полотна. Конструкция же остальных узлов разных типов машин весьма сходна между собой.

Технологическая схема выработки бумаги на длинносеточной столовой машине приведена на рис. 77.

Готовая бумажная масса, соответствующим образом размолотая и, если требуется, проклеенная и содержащая минеральные наполнители, подается из массоподготовительного отдела фабрики в машинный бассейн, обеспечивающий бесперебойную работу бумагоделательной машины в течение длительного периода времени.

Рис. 77. Технологическая схема бумагоделательной машины:

1 — машинный бассейн; 2 — насос; 3 — массный переливной бачок; 4 — смесительный насос; 5 — вихревые очистители; 6 — узлоловитель; 7 — напорный ящик; 8 — сеточный стол; 9 — мокрые прессы; 10 — сушильная часть; 11 — каландр; 12 — накат; 13 — сборник оборотных вод; 14 — сборник избыточных оборотных вод; 15 — бассейн мокрого брака

Отсюда масса при концентрации 2,5—3,5% насосом подается в регулирующее устройство, где смешивается с оборотной водой и разбавляется до 0,1—1,3%, в зависимости от вида бумаги.

В разбавленном состоянии бумажная масса подвергается очистке от посторонних включений минерального и волокнистого происхождения, для чего ее заставляют пройти через специальные очистительные аппараты: песочницу, центрифуги, узлоловители.

Очищенная бумажная масса по распределительному желобу или трубам направляется к напорному ящику, а оттуда под определенным напором вытекает на сетку бумагоделательной машины.

Сетка машины в виде бесконечного полотна, наподобие своеобразного конвейера, движется с большой скоростью, достигающей у современных машин 700—1000 м в минуту. На сетку поступает непрерывный поток разбавленной волокнистой суспензии, который превращается в бесконечное полотно сырой бумаги. Здесь происходит непрерывное формование полотна бумаги и удаление из него избыточной воды: сначала за счет свободного отекания массы на регистровой части машины, усиливаемого отсасывающим действием регистровых валиков, затем под вакуумом на отсасывающих ящиках и, наконец, под давлением (или при более высоком вакууме) в гаучпрессе.

Пройдя сеточную часть машины, бумажное полотно с содержанием сухого вещества около 15—20% направляется в прессовую часть машины, где подвергается дальнейшему уплотнению и обезвоживанию

до сухости 30—40% методом механического отжатия влаги между прессовыми валами, после чего поступает на сушку.

Сушильная часть машины состоит из батарей цилиндров, обогреваемых паром, через которые пропускается бумага бесконечным полотном. Пройдя сушильные цилиндры, сухой бумажный лист охлаждается, огибая холодильный цилиндр, и поступает в машинный каландр, где подвергается машинной отделке, приобретая необходимую степень гладкости и уплотнения. После этого готовая бумага наматывается в виде бесконечной ленты на накате. Этим и заканчивается процесс выработки бумаги на бумагоделательной машине. Дальнейшая отделка бумаги и разрезание ее на рулоны или на листы производится уже на отдельных станках в отделочном цехе.

Вода, освобождающаяся в сеточной и прессовой частях бумагоделательной машины, собирается и снова используется в производстве как оборотная для разбавления массы перед машиной и в других стадиях производства.

НАКОПЛЕНИЕ И ХРАНЕНИЕ БУМАЖНОЙ МАССЫ ПЕРЕД БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ

Готовая бумажная масса при концентрации от 2,5 до 3,5% подается из размольно-подготовительного отдела в мешальный бассейн, расположенный вблизи бумагоделательной машины и называемый машинным, или рабочим бассейном, который обладает достаточным объемом, чтобы обеспечить бесперебойную ее работу в течение более или менее длительного промежутка времени.

Машинный бассейн снабжается циркуляционным устройством для перемешивания, чтобы масса не застаивалась, а волокно и наполнители при этом не оседали на дно.

Значительный объем машинного бассейна способствует лучшей работе бумагоделательной машины, так как масса получается более однородной и менее подвержена колебаниям как по композиции и по характеру помола, так и по концентрации. Это имеет очень большое значение для устойчивого режима работы машины и предотвращения колебаний веса 1 м^2 бумаги, в особенности при периодических системах подготовки массы.

При современных системах непрерывной подготовки бумажной массы и при использовании автоматически действующей контрольной и регулирующей аппаратуры большой запас массы перед машиной становится излишним. В этом случае достаточно иметь объем машинного бассейна, обеспечивающий работу машины в течение 30—40 минут, а иногда и меньше. При периодических же системах подготовки массы, когда временами масса может значительно отличаться по своим свойствам, необходимо иметь объем машинного бассейна, обеспечивающий работу машины не менее чем на 1,5—2 часа. Во время выработки высокосортных и тонких видов бумаги при малой производительности машины объем машинного бассейна должен обеспечивать 4—6-часовую работу машины.

Машинные бассейны по своей конструкции бывают различными, но их можно свести к двум основным типам: лопастные и пропеллерные бассейны. В свою очередь лопастные бассейны можно разделить на горизонтальные и вертикальные, пропеллерные же на собственно пропеллерные и бассейны с циркуляционным колесом.

Лопастные машинные бассейны

Вертикальные бассейны. Бассейны с вертикальным валом мало применяются и встречаются лишь у малых машин. Они строятся небольшой емкости (15—20 м^3) из железобетона, иногда облицовываются изнутри плитками. Привод вала осуществляется снизу или сверху через коническую передачу. В первом случае необходимо установить сальниковое уплотнение для вала, проходящего через нижнее днище чана. Для его установки требуется относительно высокое помещение. Во втором случае необходимо устроить соответствующее ограждение бассейна, чтобы загрязнения от смазки шестерен и подшипников не попадали в массу.

Число оборотов вала мешального устройства от 6 до 15—20 в минуту, в зависимости от конструкции бассейна. Мощность привода мешалки от 3 до 5 квт.

Недостатками вертикальных лопастных бассейнов являются сравнительно большая высота при малом объеме бассейна; неудобное расположение привода и возможность загрязнения массы маслом; неудовлетворительное перемешивание массы по высоте бассейна.

Горизонтальные бассейны. Этот тип лопастных бассейнов имеет бóльшее распространение, чем предыдущий, и широко применяется на старых предприятиях, несмотря на серьезный недостаток, присущий этой конструкции: недостаточно энергичное перемешивание и вследствие этого медленное выравнивание массы при перекачивании новой партии массы.

Преимущества горизонтальных бассейнов по сравнению с вертикальными следующие: компактность и простота установки, меньшая высота помещения, требующаяся для установки бассейнов, а также возможность подачи массы на машину при помощи черпального колеса. Правда, бассейны с черпальным колесом применяются теперь уже редко и лишь при выработке некоторых видов бумажной продукции на тихоходных машинах.

Машинные бассейны с горизонтальным валом устанавливаются у малых и средних по производительности машин и редко имеют объем более 30—40 м^3.

Ванну лопастного бассейна с горизонтальным валом изготовляют из кирпича или железобетона. Изнутри ванну железнят или облицовывают глазурованными плитками. В случае потребности в больших емкостях устанавливают сдвоенные бассейны с двумя параллельными валами. Число оборотов вала мешалки от 5 до 6,5 в ми-

нуту. Привод может располагаться с любого торца бассейна. Вал приводится в движение от электродвигателя переменного тока через червячную передачу. Мощность двигателя обычно не превышает 4—5 квт.

Подшипники вала располагаются снаружи бассейна, внутри же ванны при большой длине бассейна устанавливают дополнительные опоры с открытыми подшипниками из бакаута или текстолита, работающие на водяной смазке.

Конструкция размешивающих устройств выполняется различным образом: или в виде отдельных Т-образных деревянных широких лопастей, укрепленных на отдельных чугунных спицах, которые расположены по спирали, либо в виде тонких изогнутых лопастей из полосового железа или бронзы, закрепленных на нескольких спицах. Наружные и внутренние лопасти устанавливают под разным углом к оси вала с таким расчетом, чтобы обеспечить не только перемешивание по высоте бассейна, но и по его длине.

В торцовых стенках бассейна, через которые проходит вал, помещают сальниковые коробки с уплотнениями для того, чтобы масса не могла вытекать из ванны.

Дну ванны придают некоторый уклон (от 1 : 100 до 1 : 400), чтобы можно было полнее опорожнять бассейн, и в самой нижней точке ванны, а иногда в специальном приямке располагают грязевой клапан и спускной, соединенный с приемной трубой массного насоса.

Пропеллерные бассейны

Пропеллерные бассейны стали применяться значительно позже и теперь они вытесняют лопастные. Они имеют ванну овальной формы с продольной перегородкой, которая делит ванну на два канала. Циркуляционное устройство в виде многолопастного винта или гонного колеса помещается у малых бассейнов с одного конца, а у больших бассейнов с обоих концов. Кроме горизонтальных, строятся также вертикальные бассейны цилиндрической формы.

Пропеллерные бассейны могут быть любой емкости, вплоть до 500 и даже до 2000 м³. В последнем случае они служат только для

Таблица 26

Характеристика пропеллерных бассейнов

Наименование показателей	Величина показателей бассейнов марки	
	ЦК-50	ЦК-100
Объем в м³	50—150	100—300
Диаметр винта в мм	800	1000
Число оборотов в минуту	170	170
Мощность двигателя в квт	20	28
Концентрация массы в %	3—7	3—7

аккумулирования волокнистых полуфабрикатов, так как даже у самых крупных бумагоделательных машин достаточно иметь машинный бассейн объемом 250—300 м³. Типичный пропеллерный бассейн представлен на рис. 78.

Ванну бассейна изготовляют из железобетона и железнят или облицовывают изнутри глазурованными плитками. Крыльчатку

Рис. 78. Сдвоенный пропеллерный бассейн:
1 — ванна; *2* — циркуляционное колесо; *3* — электродвигатель

устанавливают с торцовой части бассейна в углублении, в наиболее суженной части ванны. Вал проходит через сальниковую коробку наружу и приводится во вращение от электродвигателя через тексропную передачу. Дну ванны придают небольшой уклон и в самой нижней точке ванны устраивают выходное отверстие для массы, соединенное трубопроводом с массным насосом.

В табл. 26 приведены размеры изготовляемой отечественными заводами гарнитуры для пропеллерных бассейнов.

Выбор типа и эксплуатация машинных бассейнов

Как уже упоминалось, бассейны пропеллерного типа все шире начинают применяться в бумажном производстве благодаря простоте устройства, хорошему перемешиванию массы и надежности в работе.

Лопастные размешивающие устройства менее надежны в работе, требуют большего надзора и часто выходят из строя из-за поломок лопастей, спиц и даже самих валов. Для предотвращения поломок необходимо систематически осматривать гарнитуру мешалок во время плановых ремонтов оборудования и проверять состояние спиц, лопастей и креплений, сальников и подшипников. При наличии же пропеллерных мешалок главную заботу следует проявлять о подшипниках вала.

Сами бассейны должны содержаться в чистоте. Масса, скапливающаяся на стенках бассейна, может загнивать, если ее своевременно не счистить. Это может служить причиной засорения бумаги. В верхней части стенок бассейна масса подсыхает, а затем может отваливаться и комки ее будут вызывать брак на машине.

Для предотвращения всех этих нежелательных явлений необходима систематическая тщательная очистка и промывка бассейнов. Это обычно делается во время плановых ремонтов бумагоделательной машины и при перемене вида вырабатываемой бумаги.

Отметим, кстати, что при чистке и ремонте бассейнов, в особенности лопастных, нужно проявлять особые меры предосторожности для безопасной работы рабочих, находящихся внутри бассейна, чтобы исключить всякую возможность случайного пуска мешального устройства.

При выборе типа машинного бассейна руководствуются соображениями наличия места для установки, требованиями к степени перемешивания массы и, наконец, принимают во внимание воздействие, которое может оказать гарнитура мешалки на свойства массы. При всех своих положительных качествах пропеллерная гарнитура оказывает неблагоприятное влияние на длинноволокнистую массу, вызывая иногда образование узелков. Поэтому при выработке длинноволокнистой бумаги из тряпичной полумассы предпочитают применять лопастные мешальные бассейны.

ПОДАЧА МАССЫ НА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНУЮ МАШИНУ

Одним из основных условий равномерного отлива бумаги на машине является постоянство количества бумажной массы, подаваемой на машину в единицу времени, и неизменность ее концентрации при установившемся режиме работы машины.

По условиям производства необходимо всегда поддерживать постоянный вес 1 м^2 бумаги, установленный стандартом. Это обеспечивается постоянством режима подачи массы и воды на сетку машины и постоянством рабочей скорости машины. Изменение же веса 1 м^2 бумаги производится либо изменением количества массы, подаваемой на бумагоделательную машину из машинного бассейна, либо изменением рабочей скорости машины. Это и является основным правилом регулирования веса 1 м^2 бумаги на машине.

В условиях постоянства концентрации массы и скорости бумагоделательной машины изменение веса 1 м^2 бумаги может произойти только в случае изменения напора и скорости вытекания массы на сетку. Поэтому на современных установках принимают меры для поддержания постоянства напора массы в напорных ящиках. Это достигается, например, устройством постоянного небольшого перелива массы через регулируемую по высоте перегородку или автоматическим регулированием работы насоса, подающего разбавленную массу в напорный ящик закрытого типа.

Рис. 79. Переливной бачок с постоянным уровнем для регулирования подачи массы (и воды): *1* — поступление массы; *2* — перелив избытка; *3* — регулируемая задвижка

Бумажная масса из машинного бассейна подается в настоящее время только насосом. Раньше для этой цели широко применялось черпальное колесо, которое устанавливалось на одном валу с мешальным лопастным устройством горизонтального бассейна. При своем вращении черпаки зачерпывали бумажную массу и выливали ее в лоток, откуда она направлялась для разбавления водой. Подача массы регулировалась перемещением задней стенки лотка или задвижкой на выходе массы из лотка.

Ковшевую подачу массы можно встретить сейчас только на старых предприятиях.

Для подачи массы могут применяться как обычные плунжерные насосы с шаровым клапаном, так и центробежные массные насосы. Первые более громоздки и занимают больше места, однако отличаются надежностью в работе даже при загрязненной массе. Центробежные насосы требуют меньше места для установки, удобны в работе и потому в настоящее время широко применяются. При установке массного насоса следует предусматривать и резервный насос, который смог бы в случае необходимости заменить в любое время рабочий насос. Массный насос устанавливают так, чтобы масса к нему поступала под заливом даже при самом малом уровне в бассейне. Массопроводы целесообразно изготовлять из меди во избежание образования слизи и загрязнения массы.

Чтобы обеспечить постоянство подачи массы на машину и удобное регулирование ее количества, массу подают в напорный переливной бачок (рис. 79) с постоянным уровнем и из него выпускают массу через регулируемое при помощи задвижки отверстие.

Напорный переливной бачок для массы устанавливают на площадке на высоте 2,5—3 м от пола бумажного зала с таким расчетом, чтобы масса могла направляться в очистную аппаратуру или к смесительному насосу самотеком так же, как и избыток массы, направляемый обратно в мешалку.

Напорный бачок делается обычно из железобетона, емкостью

от 0,5 до 2 м³ и внутри железнится или обкладывается керамическими плитками. Внутри бачка имеется перегородка, не доходящая до верху, которая делит бачок на два неравных отделения. В первое, большее по объему отделение, поступает по трубе масса из насоса; избыток массы переливается через перегородку во второе отделение бачка и уходит оттуда обратно в машинный бассейн. В первом же отделении создается постоянный уровень и, следовательно, постоянный напор, при котором масса поступает на машину. Для этой цели от нижней части первого отделения бачка отходит труба с регулируемой задвижкой, через которую масса вытекает в желоб или смесительный ящик, где смешивается с оборотной водой.

У малых машин такой же напорный бачок с постоянным переливом устанавливается и для подачи оборотной воды с целью разбавления массы перед машиной. Очень часто эти два бачка объединяются в одном, состоящем из трех отделений: для массы, для оборотной воды и для смешения массы с водой. Последнее отделение располагается в центре.

Насос должен подавать массу (так же, как и оборотную воду) в избытке, чтобы перелив составлял 25—30% от количества поступающей массы. Отсутствие перелива в бачке вызывает падение напора и как следствие — колебание веса 1 м² бумаги.

УСТАНОВКА ПЕРЕД БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ АППАРАТОВ ДЛЯ ОКОНЧАТЕЛЬНОГО РАЗМОЛА И РАФИНИРОВАНИЯ БУМАЖНОЙ МАССЫ

За последнее время получила широкое распространение практика установки рафинирующих и размалывающих аппаратов непрерывного действия непосредственно перед бумагоделательной машиной. В качестве таких аппаратов применяют коническую мельницу, рафинер, а иногда ролл непрерывного действия или крестовую мельницу.

Целью такой установки может быть следующее:

1) рафинирование, т. е. устранение пучков волокон, и некоторый подмол массы в дополнение к работе основной размалывающей аппаратуры, имеющейся в размольно-подготовительном отделе;

2) регулирование помола, что важно при выработке технических видов бумаги, требующих большей гибкости в подготовке массы;

3) осуществление непрерывного размола массы с частичным или полным устранением размольно-подготовительного отдела.

В первых двух случаях устанавливают обычно один из названных выше агрегатов, в третьем же случае может быть применено несколько размалывающих агрегатов, устанавливаемых последовательно или параллельно.

Размалывающие аппараты подобного рода устанавливаются между машинным бассейном и узлом разбавления массы водой. Подача же

массы в напорный бачок конической мельницы производится массным насосом по обычной схеме, при которой масса, прошедшая мельницу, снова подается во второе отделение бачка, а оттуда самотеком поступает на разбавление через регулируемую задвижку. Избыток массы через переливную перегородку напорного бачка снова возвращается в машинный бассейн. В некоторых случаях практикуют принудительную подачу массы в мельницу насосом.

РАЗБАВЛЕНИЕ МАССЫ ВОДОЙ

Одной из основных операций, которой подвергается масса перед поступлением на сетку бумагоделательной машины, является разбавление, для чего используется оборотная вода, освобождающаяся на сеточной части машины при обезвоживании бумажного полотна.

Рис. 80. Зависимость степени разбавления массы от веса 1м² бумаги

Масса, подаваемая из машинного бассейна, имеет обычно концентрацию 2,5—3,5% и для последующих операций очистки и отлива на сетке бумагоделательной машины должна быть разбавлена до 0,1—1,3%. Это диктуется требованиями отлива бумаги и очистки массы.

Необходимая степень разбавления массы для отлива на сетке бумагоделательной машины зависит от веса 1 м² бумаги, рода волокна и степени помола массы. Наряду с этим имеет значение температура массы и конструкция сеточного стола: его длина, мощность отсасывающих ящиков и пр.

Степень разбавления массы изменяется почти в линейной зависимости от веса 1 м² бумаги, если остальные условия отлива одинаковы. Чем толще бумага (т. е. чем больше вес 1 м²), тем выше должна быть концентрация массы при поступлении на сетку машины, чтобы облегчить процесс обезвоживания при отливе бумажного полотна. При отливе более тонкой бумаги, наоборот, требуется более сильное разбавление массы, чтобы дольше задержать волокна во взвешенном состоянии и улучшить тем самым условия формования бумажного полотна.

На рис. 80 приведен график зависимости степени разбавления массы от веса 1 м² бумаги при средних значениях степени помола массы применительно к столовым бумагоделательным машинам. Этот график является ориентировочным, поскольку трудно учесть влияние степени помола массы, которая не может быть одинаковой

у разных видов бумаги с разнообразным весом 1 м² бумаги. Влияние же степени помола массы весьма существенно. При одинаковом весе 1 м² бумаги степень разбавления резко снижается с увеличением степени помола массы. Так, при выработке тонкой пропиточной бумаги (18—20 г/м²) при степени помола целлюлозы 30° по ШР для получения хорошего отлива приходится разбавлять массу перед выпуском на сетку машины до концентрации 0,15—0,20%, тогда как при том же весе 1 м² бумаги, но при помоле массы 87—90° ШР у папиросной бумаги достаточно иметь концентрацию 0,3—0,35%.

При выработке тонкой туалетной бумаги и алигнина (8—12 г/м²) из массы очень садкого помола массу разбавляют до 0,1%, тогда как при выработке конденсаторной бумаги того же веса, но при очень жирном помоле массы разбавление значительно меньше и концентрация массы обычно составляет 0,25—0,28%. Это вполне понятно, так как более жирная масса труднее отдает воду на сетке машины и бумага в этом случае должна вырабатываться с меньшим разбавлением. Понижение разбавления при отливе бумаги из более жирной массы не ухудшает формования листа, так как волокна лучше диспергируются и медленнее оседают на сетку.

Температура массы имеет существенное значение для скорости ее обезвоживания на сетке машины при отливе бумаги, так как от температуры зависит вязкость воды. Скорость же фильтрации воды через волокнистый фильтр изменяется обратно пропорционально вязкости. Поэтому при повышении температуры массы, когда обезвоживание на сетке облегчается, можно работать с большей степенью разбавления и, наоборот, при понижении температуры массы приходится снижать степень разбавления.

Наряду с отмеченными выше факторами, нужно считаться с длиной сеточного стола машины, мощностью регистровой части и производительностью отсасывающих ящиков. Чем мощнее сеточная часть машины, тем с большим разбавлением можно вырабатывать один и тот же вид бумаги, и наоборот, при коротком сеточном столе часто приходится работать при повышенной концентрации массы, хотя это и связано с ухудшением степени просвета бумаги.

Дозировка воды при разбавлении массы на многих старых фабриках производится при помощи точно таких же напорных бачков с постоянным уровнем, только несколько большего объема, какие применяются и для массы. Эти бачки, располагают так же, как и массные, на площадке на некоторой высоте над полом зала бумагоделательных машин, а воду подают туда насосом из сборника регистровых вод. Из переливного бака вода при постоянном напоре поступает на разбавление через трубопровод с регулируемой задвижкой. Избыток оборотной воды переливается через перегородку и стекает по трубе обратно в сборник оборотных вод.

При наличии двух отдельных бачков для массы и оборотной воды смешение воды и массы производится в желобе или в смесительном ящике перед очистной аппаратурой.

Схема разбавления массы и регулирования подачи воды и массы при помощи напорных переливных бачков представлена на рис. 81.

Целесообразно иметь также подвод свежей воды к бачку. Это дает возможность быстрее скапливать воду при пуске бумагоделательной машины и применять ее в случае необходимости при плохой работе насоса оборотных вод или при желании исключить из потока часть оборотных вод.

На больших быстроходных машинах приходится иметь дело с такими огромными потоками оборотной воды и массы, что регули-

Рис. 81. Схема разбавления и регулирования подачи массы на машину при помощи переливных бачков:
1 — машинный бассейн; *2* — сборник оборотной воды; *3* — переливные бачки; *4* — смесительный ящик; *5* — регулирующие задвижки

рование и смешение их вышеописанным способом затруднительно. Эту операцию проводят в смесительных насосах. Сама установка получается более простой и компактной. Поэтому ее стали применять теперь даже на тихоходных машинах.

На рис. 82, *а* приведена установка смесительного насоса на одной из быстроходных бумагоделательных машин, вырабатывающих типографскую ролевую бумагу.

Смесительный насос *7*, установленный в первом этаже зала бумагоделательных машин, имеет всасывающий трубопровод *6*, который соединен со сборником оборотной воды *14*, расположенным под сеточным столом *13*. Непосредственно перед смесительным насосом во всасывающий трубопровод вводится массопровод *4*, по которому подается масса из напорного массного бачка *3* с постоянным напором, регулируемая задвижкой *5*. Разбавленная и размешанная в смесительном насосе масса поступает по нагнетательному трубопроводу к ванне узловителя *11*. Всасывающий и нагнетательный трубопроводы смесительного насоса соединены обводным

трубопроводом *9*. Назначение обводного трубопровода заключается в том, чтобы регулировать степень разбавления массы, для чего служит задвижка *10*. Если прикрыть задвижку *10*, то смесительный насос будет больше засасывать оборотной воды из сборника *14*. Если же открыть задвижку *10*, то часть массы по обводному

Рис. 82. Схема разбавления и регулирования подачи массы на машину при помощи смесительного насоса:

а — схема с обводным трубопроводом; *б* — простая схема; *1* — машинный бассейн; *2* — массный насос; *3* — массный переливной бачок; *4* — массопровод; *5* — регулирующая задвижка для массы; *6* — трубопровод оборотной воды; *7* — смесительный насос; *8* — напорный трубопровод для разбавленной массы; *9* — обводный трубопровод; *10* — задвижка для регулирования степени разбавления массы; *11* — узлоловитель; *12* — напорный ящик; *13* — сеточный стол; *14* — сборник оборотной воды

трубопроводу будет возвращаться обратно во всасывающий трубопровод *6* и создавать там подпор, вследствие чего к смесительному насосу поступит меньшее количество воды и степень разбавления массы уменьшится.

Подпор массы во всасывающем патрубке смесительного насоса будет оказывать влияние только на приток оборотной воды и не сможет повлиять на приток массы из напорного бачка, так как последний расположен на площадке второго этажа.

Таким образом, приток массы в этой схеме регулируется при помощи задвижки *5*, а оборотной воды — посредством задвижки *10*. Эта схема зарекомендовала себя хорошо и достаточно надежна в работе.

На фабриках газетной бумаги, где режим работы бумагоделательных машин более устойчив, применяют более простую схему, без обводного трубопровода (рис. 82, *б*).

Степень разбавления массы по этой схеме регулируется задвижкой на нагнетательном трубопроводе. Если несколько прикрыть указанную задвижку, то степень разбавления массы уменьшится, так как приток оборотной воды из подсеточной ванны к смесительному насосу снизится. Если, наоборот, открыть задвижку сильнее, то степень разбавления массы повысится. Частичное открытие и закрытие указанной задвижки не влияет на количество массы, поступающей к смесительному насосу из напорного бачка, по той же причине, что и в предыдущей схеме.

Рис. 83. Закрытая система подачи массы на машину:
1 — машинный бассейн; *2* — водяной трубопровод; *3* — массный насос; *4* — коническая мельница; *5* — массный бачок с установкой в нем регулятора системы Де-Цурик; *6* — смесительный насос; *7* — сборник оборотной воды; *8* — регулятор веса 1 м² бумаги; *9* — регулятор уровня массы; *10* — самописец регулятора концентрации массы

В качестве смесительных насосов применяют как низконапорные, так и высоконапорные центробежные насосы в зависимости от требуемого напора массы. Расчет насосов производится на основании данных баланса воды и волокна. Методика расчета приведена в 9-й главе.

На рис. 83 приведена современная закрытая система подачи массы на бумагоделательную машину, включающая установку конической мельницы, регулятора концентрации массы Де-Цурик и бетаметра для автоматического регулирования веса 1 м² бумаги.

Масса из машинного бассейна *1* подается насосом *3* на коническую мельницу *4* и далее на регулятор системы Де-Цурик, уровень

массы в бачке которого поддерживается постоянным при помощи регулятора уровня *9*, воздействующего на массную задвижку насоса. Отрегулированная по концентрации масса поступает к смесительному насосу *6*, где смешивается с оборотной водой и направляется в очистную аппаратуру, которая на рисунке не показана. Подача массы к смесительному насосу регулируется автоматической массной задвижкой посредством бетаметра, установленного после гауч-пресса. В этой системе отсутствует перелив массы из ящика регулятора концентрации обратно в машинный бассейн, что значительно улучшает условия работы регулятора, так как исключает разбавление массы в машинном бассейне за счет перелива разбавленной массы.

ОЧИСТКА БУМАЖНОЙ МАССЫ

Очистка бумажной массы является весьма важной операцией, предшествующей отливу бумаги на машине. От нее зависит не только качество вырабатываемой бумаги, но и в значительной степени более спокойная работа бумагоделательной машины, сокращение обрывов бумажного полотна под сетку и на прессах.

Было бы, конечно, неверно думать, что путем мокрой очистки можно полностью устранить весь сор из бумажной массы и выработать чистую бумагу даже при использовании не вполне доброкачественных, сорных волокнистых материалов. Чтобы получить чистую бумагу, прежде всего необходимо иметь достаточно чистые волокнистые полуфабрикаты.

Очистка бумажной массы, предпринимаемая на бумажных фабриках перед отливом, может только предотвратить попадание в бумагу сравнительно крупного сора минерального и волокнистого происхождения [1].

Главными источниками загрязнения бумажной массы могут служить: волокнистые полуфабрикаты, неудовлетворительно выработанные в полуфабрикатных цехах или загрязненные при хранении; рабочие растворы наполнителей и глинозема, плохо очищенные и отфильтрованные перед введением в бумажную массу; оборотный бумажный брак, недостаточно размолотый или загрязненный при сборе и хранении; производственная вода и, наконец, недостаточно чистые коммуникации и бассейны. Наряду с этим могут иметь место и случайные причины попадания в массу посторонних предметов. Чем ниже производственная культура предприятия, тем больше имеется источников загрязнения бумажной массы и тем ниже качество вырабатываемой бумаги.

---

[1] Появившиеся в последнее время аппараты центробежного действия — центриклинеры с успехом удаляют и более тонкие загрязнения, в том числе и волокнистого происхождения. Однако их установка более целесообразна на целлюлозных заводах.

Загрязнения, встречающиеся в бумажной массе перед отливом, можно классифицировать следующим образом:

1) загрязнения минерального происхождения: гипс, моносульфит, известь, являющиеся результатом плохой промывки и очистки целлюлозы на целлюлозных заводах; песок из древесной массы, воды, наполнителя или глинозема, а также от каменной размалывающей гарнитуры;

2) металлические включения, встречающиеся в тряпичной полумассе и макулатуре; металлические частицы от ножей размалывающей гарнитуры; ржавчина и окалина от оборудования размольно-подготовительного отдела;

3) загрязнения волокнистого происхождения: неотсортированные сучки и щепа от целлюлозы и древесной массы; крупная костра древесной массы и крупный волокнистый сор целлюлозы и тряпичной полумассы; кора в полуфабрикатах; случайный сор древесного происхождения — кусочки древесины, коры и прочее, являющиеся следствием загрязнения материалов на фабрике; плохо размолотый бумажный брак; сгустки засохшей массы; слизь; узелки массы из-за плохого ее размола и расчеса;

4) прочие загрязнения органического происхождения: кусочки резины от транспортерных лент или от резиновых склеек; комочки коагулированной смолы из волокнистых материалов; организмы растительного и животного происхождения, содержащиеся в производственной воде: водоросли, рачки и прочее.

Загрязнения минерального происхождения и металлические включения могут весьма эффективно удаляться из массы методом осаждения или центрифугирования. Для удаления же сора волокнистого происхождения применяется метод сортирования массы на узловителях. Однако при этом возможно отделить только наиболее крупный сор, значительно отличающийся по своим размерам от элементарного волокна. Этим методом можно отделить крупные узелки, пучки и щепочки. Тонкая же костра или луб от древесной массы и целлюлозы проходят через прорези узловителей и не могут быть отделены от хорошей массы.

Еще хуже обстоит дело с загрязнениями от слизи, которые не удается отделить от волокон обычными методами сортирования и центрифугирования, так как слизь обладает таким же по величине удельным весом, как и волокно, и легко проходит прорези узловителя благодаря своей эластичности.

Единственными и наиболее эффективными методами борьбы со слизью являются предупредительные меры, предотвращающие ее образование: периодические промывки оборудования и применение антисептиков, о чем указано ниже.

Для очистки бумажной массы перед отливом применяются следующие аппараты: песочницы, циклоны, эркенсаторы, вихревые очистители разных систем, гидроклоны, узловители и селектифайеры.

Песочница

Песочница представляет собой большой открытый желоб, установленный горизонтально или с небольшим уклоном (0,5—2%), по которому медленно протекает разбавленная волокнистая масса. При этом более тяжелые примеси оседают на дно под влиянием силы тяжести. Для лучшего отделения тяжелых частиц на дне ванны имеются перегородки, расположенные наклонно под углом 45—60° к горизонту по ходу движения массы.

Расчеты времени осаждения частицы песка диаметром 0,05 мм, произведенные по формулам Стокса и Риттенгера, показывают, что при высоте слоя массы 150 мм и скорости потока в песочнице 0,15 м/сек длина песочницы должна составлять не менее 15 м, при скорости же потока 0,2 м/сек — 20 м.

Практически, однако, песочницы делают длиной не выше 10 м, довольствуясь задержанием частиц песка диаметром выше 0,05 мм. В этих условиях площадь песочницы на 1 т суточной выработки машины составляет около 1—1,5 м^2.

Для более точного расчета площади песочницы исходят из количества протекающей массы в единицу времени, пользуясь формулой

$$Q = bvh \text{ м}^3/\text{сек}, \tag{58}$$

откуда

$$b = \frac{Q}{v \cdot h} \text{ м}. \tag{59}$$

Здесь:

Q — количество массы, протекающей по песочнице, в м^3/сек;
b — ширина песочницы в м;
h — высота слоя массы в м (обычно 0,10—0,18 м);
v — скорость потока массы в м/сек (обычно 0,15—0,20 м/сек).

Габарит песочницы и ее форма могут быть различными и их часто приспосабливают к имеющемуся месту. Поэтому песочницу делают в один, два и даже три хода. Песочницу изготовляют из дерева или железобетона. При выработке высокосортной бумаги песочницу обкладывают изнутри плитками. Перегородки («колосники») делают обычно из дерева и, чтобы они не всплывали на поверхность, закрепляют на дне песочницы клиньями или специальными креплениями. Для облегчения промывки перегородки можно вынимать, а песочницу иногда делают опрокидывающейся, для чего служит ручной поворотный механизм. Высота перегородок 70—80 мм, расстояние между ними 250—400 мм. Песочницу устанавливают на высоте 2—3 м и выше над полом, чтобы масса из нее самотеком поступала на следующую операцию очистки. При этом обращают внимание на то, чтобы и до песочницы и после нее не было больших перепадов массы во избежание излишнего пенообразования. Пол под песочницей должен иметь уклон для стока в канализацию промывных вод.

Песочницы встречаются теперь только на старых машинах небольшой производительности. Они вытесняются более эффективными аппаратами — вихревыми очистителями.

Для удаления из массы металлических включений, которые чаще всего встречаются при выработке бумаги из тряпичной полумассы или из книжной макулатуры, применяют иногда песочницы с электромагнитами. До появления современных центробежных очистителей этот способ применялся довольно широко, особенно при выработке ответственных видов бумаги, например основы для фотоподложки. Теперь же он утратил свое значение.

Циклон

На крупных бумагоделательных машинах иногда применяют вместо песочницы циклон, представляющий собой металлический цилиндр с конической нижней частью и кольцевой перегородкой внутри цилиндрической части аппарата.

Диаметр циклона, в зависимости от производительности машины, от 0,8 до 1,5 м, высота от 1 до 2 м. Масса смесительным насосом под напором 2—5 м водного столба подается по трубопроводу, расположенному тангенциально, в цилиндрическую часть циклона ниже кольцевой перегородки и приобретает завихрение. Под влиянием центробежной силы тяжелые частицы, присутствующие в массе, отбрасываются к периферии цилиндра и сползают в нижнюю коническую часть циклона — грязевик, откуда периодически спускаются в канализацию. Очищенная масса поднимается вверх, огибая кольцевую перегородку, и уходит из верхней части циклона.

Ввиду малой эффективности очистки циклоны не получили значительного применения и так же, как и песочницы, вытесняются вихревыми очистителями.

Центробежный очиститель

Центробежный очиститель, или эркенсатор, появился в двадцатых годах настоящего столетия и первое время широко применялся для очистки бумажной массы от песка и металлических включений при выработке высокосортных видов бумаги. В этом аппарате используется центробежная сила для отделения более тяжелых примесей, присутствующих в бумажной массе.

Рабочим органом центробежного очистителя является массивный барабан из бронзы, слегка расширяющийся кверху уступами в виде колец. Этот барабан вращается на вертикальном валу от электродвигателя с окружной скоростью около 30 м/сек вместе с внутренней полой трубой, расширяющейся книзу, по которой вводится масса. Масса подводится по трубе сверху, опускается вниз, отбрасывается на вращающийся барабан и под влиянием увеличивающейся центробежной силы благодаря расширению барабана поднимается вверх. При этом тяжелые частицы загрязнений задер-

живаются кольчатыми уступами — «карманами» барабана, а более легкая волокнистая масса продавливается через кольцевую щель и выходит в наружный желоб.

Наружный кожух центробежного очистителя выполнен из чугуна и установлен на бетонном фундаменте. Электродвигатель для привода барабана располагается сверху или снизу аппарата.

Центробежные очистители выпускаются с пропускной способностью от 10 до 60 $м^3$/мин, что соответствует производительности от 1,2—1,5 до 7—9 т/сутки. Мощность двигателей от 3,5 до 15 квт. Число оборотов барабана от 570 до 600 в минуту. Так как производительность центробежных очистителей не велика, приходится устанавливать по нескольку аппаратов на одну бумагоделательную машину. На крупных машинах число очистителей достигает иногда 10—12. Обычно их устанавливают группами по три, четыре и пять по кругу с общим приемным сборником и распределителем массы на каждую группу аппаратов, расположенным в центре группы. Финская фирма «Тампере» располагает аппараты в два ряда с общим сборником массы и желобом для подвода массы.

Центробежные очистители промывают периодически один раз в смену, иногда два раза в сутки. Для этого аппараты отключают по одному и, открыв верхнюю крышку, смывают струей воды из резинового рукава накопившуюся в карманах грязь. Следует отметить, что нарушение режима промывки аппаратов может привести к резкому ухудшению их работы по очистке массы.

Малая производительность центробежных очистителей и большие затраты на их установку и эксплуатацию делают невозможным их применение при выработке массовых видов бумаги и ограничивают их использование в промышленности. К числу недостатков центробежных очистителей следует отнести также значительные потери волокна при периодических промывках, невозможность контроля за работой очистителя и колебания веса 1 $м^2$ бумаги при выключениях и включениях в работу, осуществляемых при промывке отдельных очистителей.

Центробежные очистители применяют при выработке высокосортной тряпичной бумаги, основы для фотоподложки, кабельной высоковольтной и конденсаторной бумаги.

Центробежные очистители так же, как и песочницы, за последнее время вытесняются вихревыми очистителями. Однако они еще используются при очистке длинноволокнистой массы, например при выработке папиросной бумаги с содержанием тряпичной полумассы, так как вихревые очистители создают в этих условиях и массе узелки.

Вихревые очистители

Вихревые очистители появились впервые в 1936 г. в Канаде и быстро завоевали среди бумажников общее признание в качестве весьма эффективных и экономичных аппаратов для очистки бумаж-

Рис. 84. Вихревой очиститель:
1 — распределительная головка; 2 — труба; 3 — диафрагма; 4 — смотровое стекло; 5 — грязевик

ной массы от загрязнений минерального происхождения и металлических включений. Они требуют мало места и небольших затрат на установку.

Вихревой очиститель, или «фортрап», (рис. 84) является аппаратом стационарного типа, он не имеет вращающихся частей и состоит из вертикально расположенной трубы, через которую пропускается разбавленная масса при помощи центробежного насоса.

Масса подается под давлением около 1,8—2 ат в верхнюю часть трубы через специальную головку, которая направляет ее по касательной к трубе так, что она приобретает завихрение и начинает двигаться вниз по спирали, прижимаясь к стенке трубы. При этом благодаря центробежной силе более тяжелые частицы, находящиеся в потоке массы, оказываются с наружной, а легкие с внутренней стороны потока.

В нижней части трубы находится резиновая диафрагма с отверстиями, расположенными по периферии, через которые тяжелые загрязнения проваливаются в грязевик. Очищенный поток волокнистой массы отражается от диафрагмы и поднимается кверху восходящей струей в центре трубы и выводится наружу через выводную трубу в общий коллектор, по которому направляется дальше к узловителям.

Во второй половине трубы на расстоянии 0,3 ее длины от нижней диафрагмы располагают вторую диафрагму с одним центральным отверстием, проходя через которое, поток сужается. Это вызывает увеличение центробежной силы и улучшение очистки.

Как известно, центробежную силу F можно выразить через линейную

или угловую скорость вращения следующими формулами:

$$F = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r, \qquad (60)$$

здесь:

m — масса частицы в г·сек²/м;
v — линейная скорость вращения в м/сек;
ω — угловая скорость вращения в радианах/сек;
r — радиус окружности вращения в м.

Из этих выражений видно, что центробежная сила, действующая на частицу, растет пропорционально квадрату линейной скорости и обратно пропорционально радиусу вращения или пропорционально квадрату угловой скорости вращения. Таким образом, при постоянной линейной скорости потока центробежная сила будет возрастать при уменьшении радиуса вращения и повышении угловой скорости потока. Отсюда можно сделать два важных вывода: 1) действие вихревого аппарата на частицу будет тем больше, чем меньше его диаметр, и 2) сужение потока массы посредством диафрагмы повышает отделение загрязнений от волокна и улучшает работу очистителя.

Грязевик часто изготовляют из стекла и снабжают его нижней выпускной трубой для спуска грязи и двумя верхними трубками для подвода воды и отвода массы из грязевика. Между корпусом очистителя и грязевиком иногда устанавливают смотровое окно, освещая его с задней стороны электрической лампочкой. Это позволяет лучше контролировать работу очистителя.

Вихревые очистители устанавливают батареями по одно- и двухступенчатой схеме сортирования. Их объединяют общей трубой, по которой подводится масса от насоса, и общей отводящей трубой для очищенной массы. На рис. 85 дана схема двухступенчатого расположения вихревых очистителей. В первой ступени устанавливают около 90% всех очистительных труб, а во второй ступени — около 10%. Масса из грязевиков очистителей первой ступени непрерывно отводится в общий сборник и отсюда подается в очистители второй ступени. Масса со второй ступени очистки снова направляется в общий поток неочищенной массы, а загрязнения из грязевиков спускаются периодически в сток. Таким образом, в этой схеме очищенная масса отбирается только с очистителей первой ступени, загрязнения же отводятся в сток от очистителей второй ступени. Количество массы, отводимое от грязевиков очистителей первой ступени на вторую ступень очистки, обычно составляет 2—4% от общего потока массы, при этом масса разбавляется оборотной водой, а в случае неполной загрузки очистителей второй ступени в них добавляют массу из общего потока.

Установка вихревых очистителей по двухступенчатой схеме упрощает контроль за работой очистителей, дает лучшие резуль-

таты очистки и снижает потери волокна. Последние обычно не превышают 0,05%, но могут быть доведены даже до 0,01%.

В последнее время на некоторых предприятиях стали применять и трехступенчатую схему очистки массы.

Для надлежащей работы вихревых очистителей необходимо, чтобы все аппараты были нормально нагружены; в случае неполной загрузки нужно выключать лишние аппараты или работать с рецир-

Рис. 85. Схема двухступенчатого включения вихревых очистителей:

1 — поступление массы; *2* — насос, подающий массу на первую ступень очистки; *3* — очистители первой ступени; *4* — распределительный желоб; *5* — выход очищенной массы; *6* — сборник отходов после первой ступени очистки; *7* — насос второй ступени; *8* — очистители второй ступени; *9* — вода для разбавления

куляцией, направляя в поток неочищенной массы часть очищенной массы. Загрязнения из грязевиков очистителей, установленных по одноступенчатой схеме очистки, и из очистителей второй ступени спускаются периодически через каждые 2 часа.

Вихревые очистители выпускаются разных размеров и конструкций с трубой диаметром от 37 до 250 мм. Максимальная пропускная способность очистителей, по данным американских авторов, в зависимости от диаметра трубы очистителя, составляет:

Диаметр трубы в мм . .	37	75	100	150	200	250
Максимальная пропускная способность в л/мин . . .	110	560	1100	2500	4000	5400

Среднюю пропускную способность очистителей следует считать на 20—25% ниже.

Производительность вихревых очистителей зависит от концентрации массы. С повышением концентрации массы она увеличи-

вается, однако качество очистки при этом снижается. Оптимальной концентрацией массы для очистки на вихревых очистителях следует считать 0,5—0,7%.

Как мы уже видели, качество очистки в вихревых очистителях ухудшается с увеличением диаметра трубы, так как при этом уменьшается центробежная сила. Вихревые очистители с трубой диаметром выше 150 мм применяются только для сравнительно грубой очистки массы на картонных фабриках, при переработке макулатуры, а также на целлюлозных заводах. Для тонкой очистки бумажной массы используют очистители с трубой диаметром 75—100 мм. Очистители же с трубой диаметром 37, 50 и 75 мм применяются главным образом для очистки массы во второй ступени и для очистки растворов химикатов, например суспензии наполнителя.

Вихревые очистители выпускаются различных конструкций, отличающихся формой очистительных труб, методом подвода массы и отвода загрязнений и некоторыми другими особенностями. Из других разновидностей вихревых очистителей заслуживает внимания грязеочиститель Берда и центриклинеры.

Рис. 86. Грязеочиститель Берда:

А — основной очиститель; *Б* — вспомогательный очиститель; *1* — поступление массы; *2* — выход очищенной массы; *3* — отбор отходов на вторую ступень очистки; *4* — выход очищенной массы от вспомогательного очистителя; *5* — грязевик

Грязеочиститель Берда. В конструкции грязеочистителя Берда воплощена идея двухступенчатой очистки массы. На рис. 86 показан грязеочиститель Берда, состоящий из двух очистительных труб: одной большой, диаметром 150 мм и пропускной способностью 1100 л/мин, второй маленькой, диаметром 37 мм и пропускной способностью 110 л/мин. Легкие загрязнения отбираются из расширенной части первого, основного очистителя и вводятся во второй, вспомогательный очиститель, пройдя который, очищенная масса присоединяется к общему потоку неочищенной массы, загрязнения же отводятся из грязевиков обоих очистителей. Иногда один вспомогательный очиститель ставят на два и даже на три основных очистителя. Подача массы в грязеочистители Берда

производится, как и у обычных вихревых очистителей, насосом с давлением при входе 1,8—2,8 ат.

Грязеочистители Берда выпускаются различных размеров. Они с успехом применяются также для очистки массы, отходящей из ванн узловителей, вместо вспомогательных плоских сортировок.

Центриклинеры. К разновидности вихревого очистителя относятся и центриклинеры, широко применяющиеся теперь для очистки целлюлозы, а также в бумажном производстве.

Рис. 87. Центриклинер

Как видно из рис. 87, труба центриклинера имеет форму конуса с углом 7—10°. Короткий верхний участок трубы, через которую подается масса, цилиндрический. Центриклинеры не имеют грязевиков, и отходы, удаляемые непрерывно через нижний ствол конуса, собираются в сборник и оттуда подаются насосом на аппараты второй ступени. Очищенная масса направляется вверх по центральному каналу аппарата и удаляется через трубу, как и у обычного фортрапа.

Центриклинеры выпускаются различных типоразмеров с трубой диаметром в верхнем сечении от 75 до 300 мм и производительностью от 75 до 3200 л/мин. Они устанавливаются обычно в бумажном производстве по двух- и трехступенчатой схеме очистки. Давление массы при входе в аппарат 2,8—3,5 кг/см^2. Количество отходящей бумажной массы от каждой ступени составляет 4—5%. Общие потери массы при очистке составляют около 0,1%.

В табл. 27 указаны основные типоразмеры центриклинеров.

Центриклинер № 600 производительностью до 90 л/мин имеет трубу из твердой резины длиной 800 мм, верхний диаметр трубы 75 мм, нижний — 12,5 мм. На нижний ствол трубы надета нейлоновая трубка с выходным отверстием диаметром от 3 до 6 мм, через которую непрерывно удаляются отходы сортирования.

Испытания этих аппаратов при очистке целлюлозы по трехступенчатой схеме показали, что они удаляют до 90% волокнистых загрязнений (костра, мелкие пучки непровара, частицы мелкого песка). Потребная мощность для установки составляет около 1,1 квт на 1 т, что составляет расход энергии около 26 квт-ч/т. Несмотря на малую производительность, они очень компактны и требуют мало места для установки. Расчеты показывают, что в верхней

Таблица 27

Основные типоразмеры центриклинеров

Тип центриклинера	Диаметр трубы аппарата в мм	Диаметр выходного отверстия в мм		Производительность в л/мин	Назначение
		для отходов	для очищенной массы		
600	75	12,5	15,7	70	Высокосортная бумажная масса без каолина. Беленая и небеленая сульфитная целлюлоза
601	75	18,5	18,5	100	То же
606	150	25	25	350	Высокосортная бумага, древесная масса, полуцеллюлоза
622	300	50	50	830—1020	Кабельная, папиросная, писчая и другие виды бумаги
622	300	50	62,5	1020	Древесная масса и полуцеллюлоза
623	300	75	75	1890	Массовые виды бумаги и целлюлоза
623	300	75	100	2450	Отходы сортирования
624	300	100	100	3200	То же, а также полуцеллюлоза и целлюлоза

широкой части трубы центробежная сила превышает силу тяжести в 286 раз, а в нижней (при диаметре конуса 12,5 мм) в 62 тыс. раз. Этим и объясняется эффективность очистки в этих аппаратах. Центриклинеры № 600 отделяют даже частицы каолина от бумажной массы, а потому в них можно очищать только бумажную массу без наполнителей.

Как будет указано ниже, установку центриклинеров на современных быстроходных машинах комбинируют с установкой декулаторов — аппаратов для очистки бумажной массы от воздуха.

Гидроклон

В последнее время появилась еще одна конструкция аппарата для очистки массы от тяжелых загрязнений, основанная на действии центробежной силы, — гидроклон, или гидрофуга. Этот аппарат применяется для очистки макулатурной бумажной массы от грубых металлических включений и крупного песка.

Как видно из рис. 88, гидроклон состоит из трех основных частей: верхней трубы диаметром 200 мм с внутренним коническим стержнем и спиральными перегородками в виде винта, средней

цилиндрической камеры диаметром 325 мм, внутри которой помещается труба диаметром 200 мм для выпуска очищенной массы, выходящей наружу через боковую стенку камеры, и нижней грязевой камеры со шнеком и запорным выходным клапаном с противовесом.

Рис. 88. Гидроклон:

1 — входной патрубок; *2* — сортировочная камера; *3* — сердечник; *4* — приемная камера; *5* — отводной патрубок; *6* — шнек; *7* — дверца; *8* — рычаг; *9* — электродвигатель

Подвергаемая очистке масса при концентрации от 0,5 до 1% нагнетается насосом под давлением 1,6 ат в верхнюю часть аппарата через трубу, расположенную тангенциально по отношению к вертикальной трубе аппарата, и движется по спирали сверху вниз, приобретая завихрение. Спиральное движение потока сохраняется и на дальнейшем участке пути, на котором нет спиральных перегородок. Под влиянием центробежной силы, которая здесь превышает силу тяжести в 150 раз, тяжелые частицы минеральных включений, находящиеся в массе, попадают при переходе потока в расширенную камеру аппарата, в наружный зазор между центральной выпускной трубой и стенками камеры, опускаются в грязевую камеру и удаляются из нее шнеком через клапан. Очищенная масса попадает в центральную выпускную трубу и выводится из аппарата. Грязевой шнек делает 25 оборотов в минуту и приводится в движение от моторчика в 1 л. с. через редуктор. К грязевой камере подведена оборотная вода, чтобы препятствовать осаждению волокон в грязевике. Давление воды должно быть немного выше давления массы в аппарате.

Наличие центрального конического стержня и винтовых перегородок способствует упорядоченному движению потока массы по спирали без гидравлических потерь, вследствие чего центробежная сила используется в этом аппарате более эффективно.

Гидроклоны выпускают трех величин: производительностью 1; 2 и 4 м^3/мин. Описанный выше аппарат имеет производительность 4 м^3/мин. Высота его 3,4 м, он очень компактен, занимает мало места и потребляет вместе с насосом 16 л. с.

Узловители

Отделение от массы загрязнений, мало отличающихся по своему удельному весу от волокна, производится методом тонкого сортирования путем пропуска разбавленной бумажной массы через узкие щели узловителей.

Ввиду того, что сортирование массы на узловителях протекает при относительно низких гидравлических давлениях, используются главным образом щелевидные прорези сортировальной поверхности, а не круглые отверстия, как в центробежных или проточных сортировках.

Первый узловитель был установлен Франком в 1829 г. С тех пор узловители прочно вошли в практику работы бумажных фабрик и конструктивно продолжали совершенствоваться.

Рис. 89. Сортировальная плита узловителя

Узловители можно разделить на две основные группы: плоские и вращающиеся. Последние в свою очередь могут быть разделены на два типа: 1) с вибрирующим барабаном и потоком массы изнутри наружу и 2) с вибрирующей ванной или вспомогательными вибрирующими крыльями и с потоком массы снаружи внутрь барабана.

Плоские узловители. Известно несколько конструкций плоских узловителей. Прототипом их является обычная плоская мембранная сортировка для целлюлозы. Эти конструкции отличаются друг от друга главным образом системой трясочного механизма.

Всем им присущи весьма существенные недостатки: малая производительность, неудовлетворительное удаление сора и затруднительная очистка прорезей сортировальных плит, которые быстро забиваются.

Указанные недостатки плоских узловителей привели к тому, что в бумажном производстве они почти полностью были вытеснены более совершенными цилиндрическими узловителями.

Цилиндрические вращающиеся узловители. Независимо от конструкции и типа узловителей все они имеют много общего, например размеры прорезей и строение сортировальных плит.

Сортировальная плита узловителя изготовляется из бронзы или нержавеющей стали. Строение и форма прорезей сортировальной плиты узловителя показаны на рис. 89. Ширина прорезей, в зависимости от вида вырабатываемой бумаги, может колебаться от 0,2 до 1 и даже до 1,5 мм.

Основными факторами, определяющими выбор ширины прорезей узлоловителей являются: степень помола массы, размеры сортируемых волокон, требования к очистке массы в зависимости от вида вырабатываемой бумаги и, наконец, степень разбавления массы при очистке. Косвенным моментом для выбора ширины прорезей узлоловителя является вес 1 м² бумаги, так как он в значительной мере определяет степень помола массы и степень ее разбавления при отливе. Установлено, что чем выше степень помола массы, короче волокно, чем выше требования, предъявляемые к очистке массы и чем больше степень разбавления массы, тем меньший размер должны иметь прорези узлоловителей.

Для высокосортных и специальных технических видов бумаги, при выработке которых предъявляются более высокие требования к очистке массы, необходимы узкие прорези, а для более грубых видов бумаги того же самого веса 1 м², нужны более широкие прорези узлоловителей. В последнем случае больше заботятся о пропускной способности узлоловителей, чем о тщательности очистки массы.

В табл. 28 приведены размеры прорезей узлоловителей, применяемых при выработке различных видов бумаги.

Таблица 28

Ширина прорезей узлоловителей при выработке различных видов бумаги

Ширина прорезей узлоловителей в мм	Вид вырабатываемой бумаги	Вес 1 м² бумаги в г
0,25—0,35	Тонкие и тончайшие виды бумаги: конденсаторная, папиросная, копировальная и др.	8—20
0,35—0,50	Высшие виды бумаги с содержанием тряпичной массы и целлюлозные виды бумаги: словарная, курительная, жиронепроницаемые и др.	20—160 20—40
	Электроизоляционные виды бумаги: телефонная, кабельная, намоточная и др.	40—100
0,5—0,7	Массовые виды бумаги с древесной массой: газетная, писчие, тетрадные, печатные № 2 и № 3 и др.	50—65
	Целлюлозные виды бумаги: писчие и печатные № 1, чертежные, рисовальные, перфокарточная и др.	50—200
0,8—1,0	Массовые виды бумаги с большим весом 1 м²: мундштучная, пачечная, шпульная и др.	100—300
	Крафт-мешочные и крафт-упаковочные бумаги	70—160
1,0—1,5	Оберточные и упаковочные бумаги из отходов производства	90—200
	Бумага из крафт-целлюлозы высокого веса 1 м² при низком помоле массы: основа для гофры и др.	160—300

С течением времени при длительной работе узлоловителей ширина прорезей увеличивается, вследствие чего приходится заменять барабан узлоловителя новым, если качество сортирования массы уже не удовлетворяет требованиям производства для данного вида бумаги.

Производительность цилиндрического узлоловителя зависит от размеров барабана, степени его погружения в массу, высоты напора (разности уровней массы снаружи и изнутри барабана), интенсивности тряски, размеров прорезей и качества сортируемой бумажной массы: композиции, размеров волокон, степени помола, степени разбавления и загрязненности массы.

Производительность цилиндрического узлоловителя возрастает примерно пропорционально увеличению площади живого сечения барабана при одинаковых свойствах бумажной массы и интенсивности тряски. При постоянной же площади живого сечения барабана и одинаковой ширине прорезей производительность узлоловителя снижается с увеличением средних размеров волокон и степени загрязнения бумажной массы вследствие возрастания сопротивления при прохождении массы в прорезях барабана.

Узлоловители с течением массы изнутри наружу. К этому типу относятся узлоловители Ванделя, Лямора, Фойта, Партингтона, а также узлоловители марки УВБ отечественного машиностроения. Характерным для всех конструкций этого типа является наличие неглубокой неподвижной ванны, малое погружение барабана в массу и вибрация самого барабана узлоловителя. Узлоловители этого типа обладают небольшой производительностью, значительно меньшей, чем узлоловители второго типа при тех же размерах барабана.

К достоинству конструкции следует отнести сравнительно хорошее качество сортирования массы вследствие удачного решения вопроса удаления загрязнений из аппарата и отсутствия уплотнительных бандажей. Узлоловители этого типа применяются в производстве высокосортных бумаг при относительно небольшой производительности бумагоделательной машины. Наиболее характерными конструкциями узлоловителей этого типа являются конструкции Ванделя, марки УВБ, а также конструкции Лямора. Описание устройства этих узлоловителей неоднократно приводилось в литературе и потому нет необходимости вновь на этом останавливаться.

Узлоловитель системы Лямора (рис. 90) работает лучше, чем узлоловитель Ванделя. Он почти бесшумен в работе, меньше требует ремонта и легче поддается регулировке. Он лучше очищает массу, обладая более эластичной (менее жесткой) тряской.

Выпускаются узлоловители на производительность от 5 до 20 т с барабаном диаметром от 700 до 1250 мм и длиной 2000—2500 мм.

Узлоловители с течением массы снаружи внутрь. Низкая производительность узлоловителей с открытыми горловинами и малым погружением барабана побудила искать способы повышения производительности путем более глубокого погружения барабана в ванну.

При этом открытые горловины барабана пришлось соединить с неподвижными горловинами ванны узлоловителя и закрыть щели при помощи бандажных лент. В этом случае оказалось целесообразнее обратное течение массы, т. е. снаружи внутрь барабана. В качестве побудительной силы, заставляющей проталкивать массу сквозь щели цилиндра, стали применять тряску самой ванны или специальных крыльев, находящихся в массе с наружной стороны цилиндров.

Рис. 90. Узлоловитель системы Лямора

Цилиндр узлоловителя тряске не подвергается и приводится в равномерное вращение от специального привода.

Этим способом удалось повысить использование рабочей поверхности цилиндра с 25—30% до 65—80% и резко поднять его производительность. Повышению производительности способствовала также большая эффективность тряски в этой конструкции узлоловителей по сравнению с предыдущей.

К недостаткам узлоловителей описываемого типа следует отнести: неудовлетворительный отвод загрязнений из ванны, а также наличие бандажей и неполадки, вызываемые ими.

К этому типу относятся узлоловители: Фойта, Баннинг-Зеебольда, Берда, отечественного машиностроения марки УВВ и некоторые другие.

В конструкции узлоловителя УВВ (рис. 91) глубоко погруженный в массу барабан с прорезями спокойно вращается от привода. Ванна узлоловителя установлена на вертикальных рессорах, рас-

положенных на фундаменте, и связана с эксцентриковым трясочным механизмом, от которого приводится в колебательное движение. Барабан и тряска ванны приводятся в движение от индивидуальных электродвигателей или от одного общего двигателя через редукторы. Масса подводится через боковую или торцовую стенку

Рис. 91. Узловитель с вибрирующей ванной (поперечный разрез):

1 — желоб, подающий массу в ванну; *2* — ванна узловителя; *3* — барабан; *4* — горловина; *5* — эксцентриковый вал; *6* — пружинная опора ванны; *7* — водяной спрыск; *8* — желоб для отвода узелков; *9* — отвод массы на вторичное сортирование

ванны со стороны привода барабана. Очищенная масса выходит с одной торцовой стороны барабана, другая же торцовая сторона закрыта наглухо и соединена посредством вала с редуктором привода. Внутренняя полость барабана и его опоры — подшипники отделены от внутренней поверхности ванны уплотняющими бандажами.

Промывной спрыск для очистки прорезей цилиндра находится внутри барабана, загрязнения выбиваются из прорезей снизу вверх и направляются в улитку — желоб, расположенный над барабаном. При таком методе промывки цилиндра узловителя не удается полностью удалить загрязнения из ванны и они постепенно скапливаются в ней. Во избежание этого на больших машинах практикуют непрерывный отвод небольшой части массы из низа ванны на

дополнительный маленький плоский узловитель или узловитель типа Лямора. Ширину прорезей добавочного узловителя выбирают на 0,05—0,1 мм меньше, чем у основного узловителя. Теперь вместо дополнительного узловителя для этой цели ставят вихревой очиститель с двухступенчатым сортированием типа грязеочистителя Берда (рис. 92).

Рис. 92. Установка вихревых очистителей во второй ступени после узловителя:

1 — узловитель; *2* — сборник отходов; *3* — поступление массы на узловитель; *4* — насос; *5* — грязеочиститель Берда; *6* — перелив массы из ванны узловителя

Узловители УВВ отечественного производства выпускаются трех величин, их техническая характеристика приведена в табл. 29.

Таблица 29

Характеристика узловителей марки УВВ

Марка узловителей	Производительность в т/сутки	Размеры барабана в мм		Ширина прорезей в мм	Мощность в квт
		диаметр	длина		
1 УВВ-1	11,6—35,5	900	1800	0,3—1	1,2
2 УВВ-2	16,0—48,5	900	2500	0,3—1	2,2
3 УВВ-3	22,4—68,0	1250	2500	0,3—1	5,2

Узловители системы Берда и Карлштадского завода отличаются от вышеописанных узловителей УВВ системой подвода

массы к ванне и конструкцией спрыска. Масса подводится по трубе с торцовой стороны барабана.

Благодаря одностороннему выходу очищенной массы узловители устанавливаются на машине так, что ось их совпадает или параллельна оси бумагоделательной машины, тогда как узловители фирмы Фойт и Банинг-Зеебольд с двухсторонним выходом массы обычно устанавливаются перпендикулярно оси машины.

Узловители Фойта новой конструкции выпускаются с вибрирующей ванной, которая подвешивается посредством плоских пружин к продольным опорам. Вибрация ванны производится в одной конструкции от эксцентрика и качающегося рычага, в другой конструкции — при помощи маховых масс, эксцентрично насаженных на валу.

Фирма Фойт выпускает узловители шести размеров с барабаном диаметром от 900 до 1250 мм и длиной от 1600 до 3000 мм.

Узловители с высокочастотной вибрацией

Узловитель Линдгрена — Иенсена. Повышение производительности бумагоделательных машин выше 150 т в сутки выдвинуло проблему создания высокопроизводительных узловителей, так как установка большого количества малопроизводительных узловителей неудобна, требует большой площади и создает затруднения при подводе массы к напускному ящику машины.

Такая конструкция узловителя создана за последнее время, к ней принадлежит, например, узловитель системы Линдгрена и Иенсена, выпущенный в Швеции в 1943 г.

Узловитель (рис. 93) состоит из вращающегося барабана с горловиной, проходящей через торцовое отверстие в стенке ванны, через которое отводится очищенная масса. Торцовое уплотнение цилиндра в ванне достигается двумя резиновыми кольцами. Барабан глубоко погружен в массу и подвергается мощной высокочастотной вибрации с амплитудой 2—3,5 мм от специального привода. Рычаги барабана опираются на четыре пружины. Ванна узловителя выполнена из нержавеющей стали и облицована изнутри резиной. Масса поступает в ванну через боковое отверстие и, пройдя прорези, попадает внутрь барабана, откуда выводится наружу через узкую горловину барабана. Загрязнения, поднятые кверху вращением барабана, смываются спрыском, который расположен внутри барабана, вверх, в отражательный желоб, и выводятся в сток. Вращение барабана производится от электродвигателя мощностью 1 квт через редуктор с числом оборотов от 5 до 9 в минуту. Для привода грязки имеются два асинхронных двигателя мощностью 4—7 квт с числом оборотов 1450 в минуту. Для снижения вибрации ванны узловителя, а также перекрытия узловитель опирается на солидный фундамент при помощи восьми стальных пружин, а к ванне его подвешен массивный бетонный груз.

Рис. 93. Узлоловитель Линдгрена—Иенсена:

а — общий вид; *б* — схематический разрез: *1* — желоб отходов; *2* — спрыск; *3* — дополнительный спрыск; *4* — грязевик

Благодаря высокочастотной вибрации барабана с малой амплитудой достигается мягкая обработка волокна и хорошая очистка массы. Обычно узловители работают с постоянным переливом массы. В обратный перелив к смесительному насосу направляется от 5 до 20% массы.

Узловители Линдгрена — Иенсена выпускаются трех величин с барабаном длиной 500, 750 и 1000 мм и диаметром 1000 мм. Производительность узловителей третьей величины достигает 100 т/сутки. Основные размеры этих узловителей указаны в табл. 30.

Таблица 30

Основные размеры узловителей Линдгрена-Иенсена

Наименование показателей	Показатели для узловителей величин		
	L-1	L-2	L-3
Диаметр барабана в мм	1000	1000	1000
Длина барабана в мм	500	750	1000
Габаритые размеры в м:			
длина	2,82	3,09	3,34
ширина	1,83	1,83	1,83
высота	1,60	1,60	1,60

Производительность узловителей третьей величины (L-3) в зависимости от концентрации массы и ширины прорезей при очистке массы из беленой целлюлозы приведена в табл. 31.

Таблица 31

Зависимость производительности узловителей третьей величины (L-3) от концентрации массы и ширины прорезей при очистке массы из беленой целлюлозы

Концентрация массы в %	Производительность узловителя в т/сутки при ширине прорезей в мм				
	0,25	0,3	0,35	0,4	0,50
0,4	19,0	23,0	27,0	33,5	44
0,6	27,0	32,5	38,0	45,5	55
0,8	34,5	41,0	47,0	57,0	69
1,0	41,0	48,5	56,0	66,0	80
1,2	46,5	55,0	63,5	75,5	90
1,4	51,0	60,0	70,0	82,5	100

Примечание. Производительность узловителей первой величины составляет 0,5, а второй величины 0,75 от указанных в таблице данных.

Сходные конструкции узловителей с высокочастотной вибрацией выпускаются также рядом других зарубежных фирм: узловители Линдблада, Лямора и некоторые другие. У нас аналогичная

конструкция узлоловителя (ЭУ-02) разработана в 1954 г. Особенностью ее так же, как и у узлоловителей Лямора, является пневматическая амортизация барабана при помощи надувных шин автомобильного типа, на оси которых барабан опирается своими горловинами, расположенными на подшипниках скольжения.

Узлоловители ЭУ-02 имеют барабан диаметром и длиной 1000 мм, который вращается с числом оборотов 5—10 в минуту и приводится в движение от двух двигателей мощностью 2,8 квт (для вращения) и 7—10 квт (для тряски). Барабан промывается от узелков водяными спрысками с расходом воды 300—340 л/мин и давлением 3,5 ат.

Узлоловители с высокочастотной вибрацией, называемые также сортировками-узлоловителями, могут работать с высокой концентрацией массы до 1,4—1,5% и применяются также для очистки целлюлозы.

Селектифайер Миами

В последнее время для очистки бумажной массы вместо узлоловителей стали применять селектифайеры, которые по существу являются проточными вертикальными сортировками, работающими под давлением.

На рис. 94 показан селектифайер Миами. Он состоит из цилиндрического неподвижного сита, закрытого кожухом, внутри которого при помощи электродвигателя вращается с числом оборотов 84 в минуту крыльчатка, лопасти которой прижимаются пружиной к внутренней поверхности сита и очищают отверстия последнего от забивания волокном и узелками. В более новой конструкции аппарата вблизи сита вращаются две лопасти, имеющие в сечении каплеобразную форму. Они создают пульсацию массы и очищают отверстия сита от забивания волокном, не вызывая износа сита трением. Бумажная масса подается внутрь сортировки по трубе, под давлением проходит через круглые отверстия сита диаметром 1,1 мм и отводится из кожуха через насадку. Легкие отходы, не прошедшие отверстия сита, выбрасываются тангенциально со дна сортировки по трубе через автоматически действующий клапан, переключающийся мотором через определенные интервалы времени, величину которых можно регулировать. Более тяжелые загрязнения проваливаются в камеру, откуда время от времени удаляются при помощи ручного клапана.

Легкие отходы обычно досортировываются на вибрационной сортировке Иенсена, после чего очищенная масса направляется в сборник подсеточных вод.

Селектифайер с диаметром и длиной сита по 0,6 м потребляет 2,2—2,5 квт и имеет производительность (считая по готовой бумаге) около 35 т/сутки. Обычно аппарат работает при разности давлений на входе и на выходе около 0,035 кг/см^2.

Достоинствами этого аппарата являются компактность, надежность в работе, высокая степень очистки массы, хороший отвод

загрязнений, диспергирование массы, отсутствие в ней сгустков и отсутствие спрысков для очистки сит. Последнее позволяет уменьшить потребление свежей воды, повысить использование оборотных

Рис. 94. Селиктифайер (боковой разрез):

1 — поступление массы; *2* — сортирующее сито; *3* — кожух очистителя; *4* — выход очищенной массы; *5* — выход отходов; *6* — лопасти крыльчатки, очищающей сито; *7* — клапан для удаления легких отходов; *8* — электродвигатель клапана; *9* — камера для удаления тяжелых отходов; *10* — электродвигатель крыльчатки

нод, сократить потери волокна и повысить температуру бумажной массы, что облегчает обезвоживание ее на сетке бумагоделательной машины.

Работа узлоловителей и их обслуживание

Исправная работа узлоловителей имеет большое значение для успешной работы бумагоделательной машины, поэтому обслуживанию узлоловителей следует уделять серьезное внимание. Необходим постоянный надзор за состоянием цилиндра, трясочного механизма, бандажей и чистотой ванны.

Трясочный механизм имеет большое значение для пропускной способности узлоловителя. При неисправной работе трясочного механизма, уменьшении размаха или частоты тряски пропускная

способность узлоловителя сразу же снижается, что приводит к «захлебыванию» цилиндра и нарушению работы бумагоделательной машины. Наиболее обычные случаи неполадок с трясочным механизмом: поломка крыльев (у узлоловителей Фойта), соединительных тяг трясочного механизма, вибрационных пружин и разработка эксцентриков или ослабление их креплений. У узлоловителей первого типа могут срабатываться кулачковый механизм, храповые колеса, а также могут ломаться трясочные штоки и рваться ленты.

Важным фактором в работе узлоловителей является состояние рабочей поверхности цилиндра и его прорезей. Последние должны поддерживаться в постоянной чистоте. Для этого необходима исправная работа спрысков, промывающих цилиндр узлоловителя. Напор воды в спрыске должен быть достаточно сильным, а спрыски необходимо периодически прочищать, чтобы они не забивались сором. Плохая работа спрыска приводит к тому, что прорези цилиндра забиваются и пропускная способность узлоловителя снижается. Кроме того, плохая очистка цилиндра может привести к пробиванию застрявшего в прорезях сора в массу и загрязнению бумаги. Как указывалось выше, полезно отводить часть массы из ванны узлоловителей второго типа на вторую ступень сортирования. При сильном забивании прорезей цилиндра сором и волокном приходится иногда прибегать к прочистке прорезей тонкими лезвиями из листового железа. Эта работа может быть выполнена только во время продолжительного ремонта бумагоделательной машины. Проводить ее нужно осторожно, чтобы не повредить перемычек между прорезями и не расширить прорезей. Для облегчения механической прочистки прорезей узлоловителей иногда прибегают к предварительному прогреву сортировальных плит цилиндра пламенем паяльной лампы с целью обугливания застрявших в прорезях органических загрязнений. Применять для этой цели крепкую серную кислоту не рекомендуется, так как кислота растворяет бронзу и повреждает прорези.

Не менее важным фактором в работе узлоловителей второго типа является работа бандажей. Как известно, назначение бандажей заключается в том, чтобы закрыть щель между неподвижной станиной и вращающимся цилиндром узлоловителя, чтобы предотвратить попадание несортированной массы через имеющийся зазор внутрь барабана. Бандажи обычно изготовляют из медной ленты, к которой с внутренней стороны прикрепляют сукно. Одним концом эта лента закрепляется неподвижно в верхней части горловины узлоловителя на болте, другой же конец ее затягивается при помощи натяжного винта или грузов через блок. Бандажная лента находится в выточке подвижной горловины и неподвижной станины. Последние должны быть выполнены из бронзы или нержавеющей стали и хорошо отшлифованы, чтобы бандаж лежал плотно, меньше изнашивался и не пропускал массу.

Плохое состояние бандажей и выточек, в которых они лежат,

приводит к тому, что масса набивается под бандажи и закатывается в комочки, образуя так называемые «закатыши». Последние попадают в бумажную массу и создают брак в бумаге в виде комков и давленных пятен, а иногда и способствуют обрыву бумажного полотна на сетке и на прессах.

Для успешной работы бандажей необходимо, чтобы горловины цилиндра узлоловителя были точно центрированы по отношению к неподвижным горловинам и зазор между ними не был слишком узким или слишком широким (нормальный зазор 3—5 мм). Неравномерный по ширине зазор получается из-за перекоса цилиндра или горловин. Этот дефект необходимо устранять.

Следует периодически тщательно промывать ванну узлоловителя. При каждом прекращении работы бумагоделательной машины рекомендуется спускать массу из ванны и споласкивать ванну из шланга.

Деаэрация массы перед отливом

Большим злом при отливе бумаги, особенно на высокоскоростных машинах, является пена и пузырьки воздуха, находящиеся в массе. Исследования показали, что в бумажной массе перед напорным ящиком может содержаться от 1 до 5% (по объему) воздуха. Пузырьки воздуха, присутствующие в массе, затрудняют обезвоживание, образуют дефекты в бумаге в виде просвечивающих пятен, ухудшают просвет и делают бумагу неровной и пористой. Пена способствует образованию сгустков, которые, выходя на сетку, образуют пятна и дыры в бумаге, а иногда из-за этого возникают обрывы бумажного полотна.

Увлечению воздуха и растворению его в массе способствуют: интенсивное перемешивание и бурление массы, низкая температура и повышенное давление в потоках массы перед отливом, а также засос воздуха и смешение его с массой под давлением в трубопроводах из-за неисправного состояния сальниковых уплотнений массных насосов.

Причиной пенообразования является выделение растворенного и механически увлеченного массой воздуха, а также наличие поверхностноактивных веществ, присутствие которых в массе усиливает пенообразование. К таким веществам можно отнести наличие в целлюлозе остатков сульфитных щелоков, отбельных растворов, смоляного клея и пр.

Поверхностноактивные вещества увеличивают концентрацию растворенного вещества на поверхности раздела раствора с газом. Пена адсорбирует красящие пигменты, наполнители и проклеивающие вещества и способствует образованию сгустков.

Для борьбы с пеной и пузырьками воздуха в массе применяют различные методы: механическое разбивание пены в желобах и напорных ящиках вибрирующими или вращающимися водяными спрысками; механическое глушение пены и пузырьков воздуха

паром из паровых спрысков, устанавливаемых непосредственно над сеткой бумагоделательной машины, а также коллоидно-химические методы пеногашения посредством добавок в массу поверхностноактивных веществ, которые вытесняют пенообразующие вещества с поверхностной пленки.

В качестве веществ для борьбы с пенообразованием используют: керосин, льняное и сосновое масло, октиловый спирт (диэтилгексанол), диизобутилкарбинол, амиловый и каприловый спирты,

Рис. 95. Схема установки декулатора:

1 — узлоловитель; 2 — сборник массы; 3 — насос; 4 — ресивер декулатора; 5 — напорный ящик; 6 — паровой эжектор; 7 — вакуум-насос; 8 — конденсатор

некоторые жирные кислоты и эфиры жирных кислот, органические фосфаты, некоторые мыла жирных кислот и силиконы.

В практике зарубежных стран для борьбы с пеной применяют специальные патентованные средства. Расход этих веществ не велик и находится в пределах 0,01—0,1% от веса волокна. Химикаты вводятся в массу в напорном ящике.

Все эти способы борьбы с пеной и пузырьками воздуха в массе недостаточно эффективны и могут лишь снизить затруднения, но не устранить их. И если еще можно разрушить пену с поверхности массы, то всеми этими способами нельзя устранить пузырьков воздуха, присутствующих в массе. А они наносят большой ущерб производству, так как уменьшают скорость обезвоживания массы и понижают качество бумаги, снижая объемный вес, ухудшая просвет, гладкость и даже механическую прочность бумаги.

Применение водяных спрысков для уничтожения пены вызывает необходимость расхода большого количества свежей воды, вследствие чего снижается использование оборотной воды и увеличивается промой волокна. Холодная спрысковая вода в зимнее время охлаждает массу и ухудшает ее обезвоживание на сетке бумагоделательной машины. По этой причине приходится иногда снижать скорость машины и уменьшать выработку.

Задача удаления воздуха из массы была недавно полностью решена применением специальных установок для деаэрации массы, так называемых «декулаторов», устанавливаемых между узлоловителями и напорным ящиком бумагоделательной машины.

Установка состоит из приемника (ресивера), в котором поддерживается очень высокий вакуум (650—725 мм рт. ст.), парового эжектора, конденсатора и вакуум-насоса. Масса впрыскивается в приемник через специальные насадки, которые вращают массу с большой скоростью и отбрасывают ее на поверхность отражателей. Это способствует тонкому диспергированию массы и выделению из нее воздуха.

В приемнике поддерживается постоянный уровень массы. Весь процесс деаэрации: разрежение, температура и уровень жидкости в приемнике находятся под автоматическим контролем.

Для декулатора быстроходной газетной машины требуется вакуум-насос мощностью 30 л. с. и 0,45 т в час пара давлением 7 ат. Для перекачки бумажной массы в напорный ящик необходим специальный насос с большой высотой всасывания вследствие высокого разрежения в приемнике.

Декулатор располагается у напорного ящика, а находящийся под заливом насос в первом этаже. Схема установки показана на рис. 95.

Первая установка такого рода была пущена в работу на одной из быстроходных газетных машин в конце 1950 г. в Канаде. С тех пор подобные установки стали применяться на многих машинах, вырабатывающих газетные, писчие и печатные бумаги.

Рис. 96. Вакуумный вихревой очиститель «Форвак»:

1 — поступление массы; *2* — выход очищенной массы; *3* — выброс отходов; *4* — к вакуум-насосу

При использовании декулатора количество воздуха в массе снижается почти до нуля, ликвидируются пена и сгустки в бумажной массе. Водяные и паровые пеноразбиватели становятся ненужными. Качество бумаги в отношении гладкости, объемного веса и просвета значительно улучшается. Сокращаются холостые пробеги машины из-за сгустков и пены. Скорость обезвоживания бумажной массы увеличивается на 10—30%. В последнее время разработана конструкция вакуумного вихревого очистителя «форвак», который удаляет не только сор, но и воздух из бумажной массы.

Исследования работы вихревого очистителя показали, что в центральной части трубы между движущимися по спирали потоками массы скапливается воздух, который можно удалить, соединив это пространство трубы очистителя трубкой, присоединенной к вакуум-насосу.

Конструкция такого вакуумного вихревого очистителя показана на рис. 96 и особых пояснений не требует. Очистка бумажной массы от сора и воздуха вакуумными вихревыми очистителями производится обычно в две ступени. Установка этих аппаратов проста, но

Рис. 97. Схема установки декулатор-клинера:

1 — сборник неочищенной массы; *2* — насос первой ступени; *3* — ресивер декулатора; *4* — насос, подающий очищенную массу в напорный ящик; *5* — напорный ящик; *6* — центриклинеры первой ступени; *7* — сборник отходов первой ступени очистки; *8* — насос второй ступени; *9* — центриклинеры второй ступени; *10* — насос третьей ступени; *11* — центриклинеры третьей ступени очистки; *12* — в сток; *13* — к вакуум-насосу; *14* — вода

менее эффективна, чем установка декулаторов или декулатор-клинеров.

В комбинированной установке декулатора и центриклинеров, названной декулатор-клинером, центриклинеры первой ступени очистки располагаются непосредственно над ресивером декулатора, и очищенная масса после них впрыскивается в воздушное пространство ресивера на отражатели, подвергается вакууму и далее, как обычно, подается насосом в напорный ящик бумагоделательной машины. Центриклинеры второй и третьей ступеней стоят отдельно и сортируют отходы после первой ступени очистки. Очищенная на них масса направляется на первую ступень сортирования, а отходы после третьей ступени сортирования сбрасываются в сток. Схема такой установки показана на рис. 97.

Сочетание декулатора и центриклинеров в одной установке дает следующие преимущества: меньшую площадь для установки, сокращение длины трубопроводов, экономию энергии, так как отпадает лишняя перекачка массы в ресивер декулатора, а давление массы на вводе в очистители снижается на величину вакуума в ресивере, отпадает необходимость в разбрызгивающих насадках, упрощается эксплуатация.

ГЛАВА 7

СЕТОЧНАЯ ЧАСТЬ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Сеточная часть бумагоделательной машины состоит из напускного устройства для выпуска массы на сетку и сеточного стола, на котором происходит формование бумажного полотна на движущейся бесконечной сетке.

Сеточный стол состоит в свою очередь из регистровой части, отсасывающих ящиков и гауч-пресса (или гауч-вала).

Бумажный лист образуется на регистровой части сеточного стола. Здесь удаляется основное количество воды, содержащейся в бумажной массе. На отсасывающих ящиках происходит дальнейшее удаление воды из сырого бумажного листа под разрежением, а на гауч-прессе для той же цели применяется прессование или еще более высокое разрежение, чем в отсасывающих ящиках. При этом мокрое бумажное полотно уплотняется, доводится до сухости 15—20% и становится настолько прочным, что может уже покинуть сетку и поступить в прессовую часть бумагоделательной машины для дальнейшего обезвоживания и уплотнения методом отжима между валами.

ПОДВОД МАССЫ К СЕТОЧНОМУ СТОЛУ

После очистной аппаратуры разбавленная волокнистая суспензия подводится к сеточному столу. Задача заключается в том, чтобы превратить сравнительно узкий поток массы, выходящий из желоба узлоловителя или трубопровода, в широкий и равномерный по концентрации поток без завихрений и перекрестных струй и подвести его к выпускной щели напорного устройства, через которую он с надлежащей скоростью мог бы равномерно вытекать на движущуюся сетку бумагоделательной машины.

Первая задача выполняется распределителем потока. Конструкции его разнообразны, наиболее характерные из них: одно- или многоходовый распределительный ящик открытого типа, система с разветвленным трубопроводом, конический одно- или многоходовый распределитель потока и потокораспределитель системы Блек-Клаусона с двумя клиновидными камерами смешения.

Вторая задача — придание потоку массы необходимой скорости при вытекании на сетку бумагоделательной машины и точное регулирование толщины слоя массы по ширине сетки осуществляется напорным устройством в виде поперечных линеек или напорного ящика высокого давления.

Рис. 98. Открытый напорный ящик:

1 — напорный ящик; *2* — распределительный ящик; *3* — перфорированный валик; *4* — выпускная щель; *5* — винт для местного регулирования выпускной щели; *6* — маховичок для общего регулирования выпускной щели и напора массы

На бумагоделательных машинах малой и средней скорости при наличии обычных подпорных линеек или открытого напорного ящика массу подводят к сеточному столу или напорному ящику при помощи распределительного ящика с двумя или четырьмя ходами. Устройство такого ящика показано на рис. 98. Ящик изготовляют из дерева или железобетона и при выработке высокосортных бумаг иногда облицовывают изнутри глазурованными плитками или листовой медью. Повороты в ходах ящика должны быть обтекаемой формы, чтобы в углах ящика не было застоя массы. В дне ящика находится

клапан для промывки и спуска грязи в сток, а также задвижка для выпуска массы в подсеточную ванну.

Распределительный ящик соединяется с грудной доской сеточного стола или с напорным ящиком посредством соединительного резино-

Рис. 99. Подвод массы к сеточному столу:
а — система разветвленного трубопровода; *б* — трехходовой конический распределитель; *в* — потокораспределитель Блэк-Клаусона

ного полотна — фартука. Поперечное сечение отделений ящика выбирается такое, чтобы скорость потока была не очень велика и не слишком мала (обычно 6 м/мин). В первом случае будут наблюдаться завихрения в потоке массы, во втором — интенсивное хлопьеобразование. То и другое вредно для отлива. Для уменьшения

хлопьеобразования массы и сгустков в некоторых отделениях ящика устанавливают перфорированные доски или обтекаемые преграды, которые сужают поток массы и заставляют изменять его скорость. Изменение скорости потока наряду с перемешиванием — наиболее надежный метод диспергирования массы, при котором предотвращается хлопьеобразование волокон на пути к напорному ящику.

Для предотвращения оседания пены и массы на стенках распределительного ящика устанавливают пеноразбиватели или спрысковые трубы с тонкими отверстиями. Без них пена и масса, осевшие на стенках ящика, могут смываться потоком массы и, попадая на сетку, причинять брак.

На больших быстроходных машинах подвод массы к выпускной щели напорного ящика иногда осуществляется системой разветвленных трубопроводов (рис. 99, *а*) или одно- или многоходовым коническим распределителем потока (рис. 99, *б*). В обоих случаях масса подается насосом. Как видно из рис. 99, *б* масса подается сначала в нижнюю узкую часть потокораспределителя, затем поступает по постепенно расширяющейся камере вверх, потом вниз и снова вверх, где камера достигает ширины сетки и переходит непосредственно в напорный ящик с выпускной щелью. В этом потокораспределителе отсутствуют «мертвые» углы, масса плавно без завихрений подводится к выпускной щели, однако установка занимает сравнительно много места.

Потокораспределитель Блек-Клаусона (рис. 99, *в*) с двумя клиновидными камерами смешения состоит из небольшого ящика, разделенного одной или двумя диагональными перегородками на две клиновидные камеры, в которые подводится масса с торцов по двум трубопроводам. Через щелевые отверстия в верхней и нижней частях ящика масса выходит из клиновидных камер в среднее отделение, смешиваясь по всей его ширине, и направляется вверх к напорному ящику. Эта конструкция потокораспределителя очень компактна, занимает мало места и широко применяется на современных машинах.

ВЫПУСК МАССЫ НА СЕТКУ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Выпуск бумажной массы на сетку машины осуществляется напорными устройствами разного типа: подпорными линейками, открытыми и закрытыми напорными ящиками. Назначение этих устройств заключается в том, чтобы хорошо перемешанную и диспергированную массу без водоворотов и перекрестных струй подвести к выпускной щели и выпустить на сетку со скоростью, приближающейся к скорости сетки.

Напорное устройство должно обеспечивать регулирование толщины слоя массы, вытекающего на сетку, по всей ширине машины, а также регулирование ширины выпускной щели и, следовательно, напора, от которого зависит скорость истечения массы.

Между скоростью истечения массы $v_м$ и напором существует зависимость:

$$v_м = 60\mu\sqrt{2gh} \text{ м/мин}, \qquad (61)$$

где:

g — ускорение силы тяжести в м/сек^2;
h — высота напора массы перед выпускной щелью в м (считается до середины щели);
μ — коэффициент истечения.

Коэффициент истечения зависит от формы выпускной щели и рода распределительных элементов перед щелью. Так, для обычных линеек с вертикальной подпорной стенкой этот коэффициент находится в пределах 0,6—0,7, для напорных ящиков с выпускной губой (по данным К. Шмидта) от 0,94 до 0,98, в том числе 0,94—0,95 при наличии перфорированного валика, 0,97—0,98 — пластинчатого распределителя потока перед щелью.

Скорость истечения бумажной массы при выходе на сетку должна быть равна или немного меньше скорости движения сетки. Считают, что наиболее удовлетворительное формование бумаги происходит при коэффициенте отставания скорости массы от скорости сетки в пределах 0,90—0,95, при более значительном отставании просвет бумаги ухудшается и увеличивается продольная ориентация волокон, что вызывает повышение прочности бумаги в продольном направлении. Подобный метод работы применяют при выработке бумаги для прядения. При увеличении скорости истечения массы выше скорости сетки просвет бумаги также ухудшается, но при этом повышается прочность бумаги в поперечном направлении листа.

Большое значение для формования бумажного листа имеет угол, под которым струя, вытекая из выпускной щели, ложится на сетку. Этот угол должен приближаться к нулю, а соприкосновение струи с сеткой должно происходить за вертикальной линией, проходящей через центр грудного вала. Лучше всего, если струя ложится над кромкой формующей доски, расположенной сразу же за грудным валом. В этом случае она ложится на сетку ровно, без брызг.

Обычно при работе на очень низких скоростях наблюдается некоторое опережение потока массы, при работе же на высоких скоростях — отставание массы от сетки. Это объясняется тем, что при работе на низких скоростях требуется очень малый напор. При нем трудно получить устойчивый режим работы машины, поэтому лучше работать с несколько большим напором.

Скорость сетки всегда меньше скорости сушильной части бумагоделательной машины или скорости бумажной ленты на накате из-за вытяжки мокрого бумажного полотна в мокрой части машины. В зависимости от вида бумаги и типа бумагоделательной машины отставание скорости сетки от скорости бумаги на накате составляет от 5 до 15%, в том числе для массовых видов бумаги от 5 до 10%,

т. е. коэффициент отставания скорости сетки от скорости бумагоделательной машины (по накату) составляет 0,85—0,95. Поэтому при расчете требуемого напора массы для данной скорости машины это необходимо учитывать. Если обозначить через $K_с$ — коэффициент отставания скорости сетки от скорости бумаги на накате, а через $K_м$ — коэффициент отставания массы от сетки, то можно написать:

$$v_м = K_с \cdot K_м \cdot v = 60\mu\sqrt{2gh} \text{ м/мин}, \quad (62)$$

где:

$v_м$ — скорость массы в м/мин;

v — скорость бумажной ленты на накате в м/мин.

Рис. 100. Зависимость между напором массы и рабочей скоростью машины

Зависимость между напором и скоростью бумагоделательной машины, подсчитанная по этой формуле для разных скоростей, представлена графически на рис. 100.

Из приведенной формулы и графика видно, что напор массы растет гораздо быстрее, чем скорость бумагоделательной машины, и при скорости последней, например, 600 м/мин требуется напор 4,5 м, а при скорости машины 1000 м/мин — уже около 12 м. Из этих данных видно также, что обыкновенные линейки могут обеспечить нормальную работу бумагоделательной машины при горизонтальном сеточном столе только на скоростях, не превышающих 100—120 м в минуту. Работа на более высоких скоростях с линейками возможна только при наличии уклона сеточного стола, благодаря чему масса приобретает дополнительное ускорение.

Напорные ящики открытого типа успешно применяются при работе бумагоделательных машин на скорости 400 м/мин и даже выше. Однако при таких высоких скоростях ящики получаются очень громоздкими и неудобными, так как приходится поднимать на значительную высоту узлоловители и другую очистную аппаратуру.

За последнее время на высокоскоростных машинах стали использовать более компактные напорные ящики закрытого типа, требуемый гидравлический напор у которых создается при помощи

массного насоса или давлением воздуха. Поскольку масса в этом случае подается насосом, а не самотеком, узлоловители устанавливают прямо на полу зала бумагоделательных машин.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЕСА И ТОЛЩИНЫ БУМАГИ ПО ШИРИНЕ СЕТКИ

Важной функцией напорных устройств является регулирование толщины листа по ширине сетки или, вернее, равномерное распределение волокнистой массы по ширине сетки. Эта задача выполняется путем местного воздействия на выпускную щель, ее сужения или расширения в том месте, где волокнистая масса выходит в большем или соответственно меньшем количестве. При этом общее сечение всей выпускной щели практически не изменяется так же, как не изменяется общий вес 1 м^2 всего бумажного полотна.

О неравномерности выхода массы из напорного устройства можно судить по весу 1 м^2 бумаги, который периодически проверяется по всей ширине бумажного полотна, а также визуально, по зеркалу залива массы на сетке.

Лица, изучающие бумажное производство, часто впадают в ошибку, полагая, что при помощи напорных устройств можно регулировать вес 1 м^2 и толщину всего полотна бумаги. На самом деле такое регулирование при помощи напорных устройств невозможно.

Какое же значение имеет ширина выпускной щели напорного устройства и что произойдет, если, например, увеличить ширину щели одновременно по всей ширине сетки? Ширина выпускной щели при неизменном потоке массы, поступающем на машину, обусловливает напор массы. Таким образом, напор есть функция ширины или площади сечения выпускной щели. Поэтому, если увеличить ширину щели, то напор снизится и одновременно уменьшится скорость вытекания массы на сетку машины. При этом, несмотря на увеличение сечения выпускной щели, количество вытекаемой массы останется неизменным. Если уменьшить ширину выпускной щели, то напор массы повысится и увеличится скорость истечения массы. Количество же поступающей на сетку массы останется неизменным.

Ширина выпускной щели зависит также от объема протекающей через нее массы. Чем больше массы надо выпустить на сетку при данной высоте напора, тем большей должна быть ширина щели. Таким образом, ширина выпускной щели напорного устройства увеличивается с повышением степени разбавления протекающей массы при неизменном напоре.

Ширину выпускной щели напорного ящика a можно определить, если известно количество массы, поступающей на сетку Q, скорость вытекания массы $v_м$ и длина щели l.

Тогда

$$Q = l \cdot a \cdot v_м \cdot \mu = la\mu^2 \cdot 60 \sqrt{2gh}, \qquad (63)$$

откуда:

$$a = \frac{Q}{60l \cdot \mu^2 \sqrt{2gh}}. \quad (64)$$

Так как $60l\mu^2\sqrt{2g}$ есть величина постоянная, то обозначим ее через C и представим формулу в следующем виде:

$$a = \frac{Q}{C\sqrt{h}}. \quad (65)$$

Из этого выражения видно, что ширина выпускной щели обратно пропорциональна корню квадратному из высоты напора и прямо пропорциональна количеству протекающей массы (по объему).

НАПОРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Подпорные линейки

Наиболее старым типом напорного устройства являются обычные подпорные линейки (рис. 101), устанавливаемые над сеткой сразу за грудным валом. Обычно устанавливают две-три линейки, из которых первые задерживают лишь пену, а последняя по ходу массы является контрольной. Между нижней кромкой этой линейки и плоскостью сетки образуется выпускная щель, ширину которой можно регулировать поднятием и опусканием линейки. Для создания необходимого напора между грудной доской и последней линейкой пропускается резиновое полотно — фартук, лежащий на сетке и образующий как бы дно напорного ящика, ограниченного с боков неподвижными стенками, а со стороны выхода массы на сетку — подпорной линейкой с выпускной щелью.

Подпорные линейки изготовляют обычно из тонких латунных пластин шириной 120—200 мм. Вполне естественно, что они не могут обеспечить большого напора массы, как это требуется при скорости бумагоделательной машины свыше 120—150 м/мин.

Ввиду того, что каждая линейка изготовлена из двух или трех частей, скрепленных зажимными винтами, изменение ширины выпускной щели возможно только в трех или четырех точках, что затрудняет регулирование потока бумажной массы по ширине сетки.

Из-за этих недостатков подпорные линейки указанной конструкции на новых машинах теперь больше не ставят.

Лучшей конструкцией обладает наклонная подпорная линейка, которая является переходной формой к напорному ящику. Она установлена непосредственно над сеткой вместо обычной контрольной линейки. Нижней линейки, как в напорном ящике, здесь нет, и выпускная щель образуется между линейкой и сеткой (или фартуком). Наклонная линейка крепится к массивной трубе форматной

коляски и имеет ряд винтов с маховичками, при помощи которых можно регулировать выпускную щель по всей ширине сетки, как и в напорных ящиках.

Рис. 101. Вертикальные подпорные линейки:

1 — грудной вал; 2 — шабер; 3 — водяной спрыск; 4 — соединительное полотно, соединяющее напускной ящик с грудной доской; 5 — грудная доска; 6 — подсеточная доска; 7 — резиновый фартук; 8 — линейка; 9 — маховички для установки линеек; 10 — декельный шкив; 11 — декельный ремень; 12 — регистровые валики; 13 — желоб для подсеточной воды

Обычные линейки можно легко переделать на наклонную линейку, при этом первые линейки и форматная коляска сохраняются, а наклонная линейка располагается вместо контрольной. При

работе на малой скорости машины наклонная линейка может заменять напорный ящик.

Напорные ящики открытого типа

Как уже указывалось, обычные подпорные линейки не могли обеспечить требуемый напор массы при работе машины на высокой скорости и это тормозило дальнейшее развитие скорости и повышение производительности. В 1911 г. в Германии, а затем и в Америке были сконструированы ящики высокого напора массы, которые быстро получили распространение в бумажной промышленности и обеспечили дальнейший успех в повышении скоростей бумагоделательных машин.

В настоящее время выпущено большое количество разнообразных конструкций ящиков высокого напора. Их можно разделить на два главных типа: напорные ящики открытого и закрытого типа. Последние в свою очередь можно разделить на ящики с воздушной подушкой и без нее. Рассмотрим наиболее типичные конструкции.

Открытый напорный ящик представляет собой (см. рис. 98) массивный чугунный ящик *1*, с наружными ребрами жесткости (для прочности), в нижней части которого со стороны сетки находится выпускная щель *4*, образуемая двумя латунными пластинами (линейками), из которых нижняя, горизонтальная, неподвижна, а верхняя, наклонная к первой под углом около 10—20°, подвижная. Она закреплена шарнирно своим концом в боковой стенке напорного ящика. Другой же конец ее удерживается рядом латунных винтов *5*, закрепленных хомутами на эксцентриковом поворотном валу, который снабжен зубчатой передачей и ручным маховичком *6* для поднятия и опускания линейки. Обе линейки, называемые также выпускной губой, образуют между собой выпускную щель для выхода массы, а массивный и достаточно высокий ящик обеспечивает необходимые напор и скорость вытекания массы на сетку. Винты, удерживающие верхнюю линейку, расположены через каждые 125—180 мм и снабжены маховичками для местного подъема или опускания линейки. Таким образом, общая ширина выпускной щели, а следовательно, напор и скорость вытекания массы устанавливаются поворотом эксцентрикового вала маховичком *6*, а местное регулирование ширины выпускной щели по ширине сетки осуществляется посредством установочных винтов *5*. Для лучшего диспергирования массы перед выходом ее на сетку внутри ящика перед выпускной щелью устанавливается небольшой перфорированный валик *3* диаметром от 100 до 250 мм, вращающийся от небольшого двигателя.

При работе на малой скорости (ниже 70—80 м/мин) между выпускной губой напорного ящика и сеткой ставится небольшой резиновый фартук, чтобы предотвратить обратный сток массы по грудному валу. При работе на более высокой скорости фартук не требуется.

Описанная конструкция напорного ящика открытого типа является более совершенной по сравнению с подпорными линейками. Она позволяет регулировать напор массы в более широких пределах и обеспечивает более тонкую настройку выпускной щели по ширине сетки. Однако она имеет и недостатки. Наиболее существенным из них является наличие перекрестных струй в потоке массы, выходящем на сетку. Струи могут появляться в результате неудовлетворительного перемешивания и плохого выравнивания потока при подводе его к выпускной щели или из-за неудовлетворительной

Рис. 102. Пластинчатый распределитель потока:
а — вращающийся; *б* — неподвижный

конструкции выпускной губы. Линейки выпускной губы не должны быть тонкими, так как в этом случае они могут приобретать недопустимые искривления при регулировании выпускной щели, что служит одной из наиболее частых причин образования перекрестных струй.

Перфорированный валик, устанавливаемый перед выпускной губой, в напорных ящиках описанной конструкции может только перемешивать массу, способствуя диспергированию волокон. Однако он не может предотвратить образования перекрестных струй в потоке массы, вытекающем на сетку. Эту задачу может выполнить пластинчатый распределитель потока, помещаемый вместо валика на машинах, вырабатывающих газетную бумагу. Пластинчатый распределитель потока представляет собой батарею, набранную из пластин листовой латуни или нержавеющей стали толщиной 1—1,5 мм. Пластины располагаются на расстоянии 25—30 мм друг от друга и стягиваются тремя болтами.

Пластинчатый распределитель (рис. 102, *а*) обладает весьма ценным свойством: он выравнивает поток массы перед выходом его на сетку и дает направление струям потока по ходу сетки, что

не может сделать перфорированный валик. Это улучшает характер залива массы на сетке и облегчает регулирование массы по ширине сетки. К сожалению, неподвижные пластинчатые распределители потока обладают серьезными недостатками. Они задерживают длинное волокно на своих кромках, из-за этого образуются сгустки, которые, отваливаясь, вызывают обрывы и пятна в бумаге. Поэтому неподвижные пластинчатые распределители могут применяться только при выработке бумаги из коротковолокнистой массы для бумаги газетной, а иногда печатной и писчей № 3.

В новейших конструкциях напорных ящиков закрытого типа применяют вращающиеся пластинчатые распределители потока массы (рис. 102, *б*), которые представляют собой комбинацию из перфорированного валика и встроенного в него пластинчатого распределителя. Этот валик самоочищается, так как оседающие на его тонких кромках волокна немедленно смываются потоком массы при вращении валика. Он обладает также диспергирующим и выравнивающим действием и устраняет перекрестные струи в потоке массы.

Рис. 103. Закрытый напорный ящик без воздушной подушки

Напорные ящики закрытого типа

Напорные ящики закрытого типа могут быть с воздушной подушкой и без нее. Во втором случае напор бумажной массы при вытекании из выпускной щели создается только за счет гидродинамического напора, создаваемого смесительным или массным насосом; в первом же случае напор массы складывается из гидростатического напора массы в напорном ящике и давления воздуха в воздушном пространстве над массой.

На рис. 103 показан закрытый напорный ящик без воздушной подушки. Масса подается насосом через трехходовой конический распределитель потока, расположенный в первом этаже бумажного зала, и поднимается вверх в очень компактный закрытый ящик с выпускной щелью. Внутри напорного ящика при движении к выпускной щели масса перемешивается целой серией перфорированных валиков. Необходимый напор массы здесь создается массным насосом, который требует очень тщательного выполнения и должен поддерживать точное и постоянное число оборотов.

На рис. 104 представлен напорный ящик закрытого типа с воздушной подушкой.

Масса подается в напорный ящик насосом через общий коллектор в вертикальную расширяющуюся камеру, в верхней части ко-

Рис. 104. Закрытый напорный ящик с воздушной подушкой:
1 — уровень массы; *2* — воздушное пространство; *3* — выпускная губа; *4* — выходное отверстие для воздуха; *5* — подвод сжатого воздуха; *6* — перемешивающие валики

торой находится перфорированный валик, снабженный приводом с регулируемой скоростью вращения.

Напорный ящик имеет небольшие размеры по высоте и закрыт сверху крышкой. Внутри камеры находятся еще две пары перфорированных валиков: первая пара валиков располагается в средней части ящика, а вторая пара — перед выходом массы из напорного ящика. Назначение валиков — поддерживать волокнистую массу в дисперсном состоянии, предотвращать хлопьеобразование и ликвидировать перекрестные струи в потоке, выходящем на сетку.

Для выполнения этого некоторые валики имеют встроенные внутри них пластинчатые распределители потока.

Выпускная губа напорного ящика может регулироваться по отношению к грудному валу в вертикальном и горизонтальном направлениях.

В напорном ящике поддерживается постоянный уровень массы около 800 мм, а в верхнее пространство над массой непрерывно подается воздух в строго постоянном объеме. Воздух подается небольшим компрессором мощностью 10 л. с. На уровне верхнего края жидкости в боковой крышке ящика имеется небольшое отверстие, по которому избыток воздуха отводится из камеры наружу.

Давление массы при выходе через щель складывается из статического напора жидкости и давления воздуха над массой.

Уровень массы в напорном ящике всегда постоянен, давление же воздуха над массой изменяется автоматически при изменении ширины щели или подачи массы.

Если, например, сеточник увеличит ширину выпускной щели при постоянном притоке массы, уровень массы в напорном ящике будет понижаться, а сечение бокового отверстия увеличиваться и из-за этого из ящика будет удаляться большее количество воздуха. В результате этого давление воздуха в ящике снизится, а уровень жидкости в ящике понизится на ничтожно малую величину. При уменьшении ширины щели, уровень массы несколько прикроет отверстие для выхода воздуха и давление повысится.

Таким образом, при постоянном количестве подаваемой массы напор может регулироваться путем изменения ширины выпускаемой щели. При постоянной же ширине щели напор массы будет изменяться с изменением количества массы, подаваемой в напорный ящик.

При работе машины на низкой скорости можно переключить клапаны на воздушном трубопроводе, тогда компрессор начнет работать как вакуум-насос, создавая разрежение в воздушном пространстве напорного ящика.

Все внутренние части напорного ящика изготовляют из нержавеющей стали и полируют, чтобы волокна не собирались в сгустки. Внутри напорного ящика над уровнем жидкости помещают спрысковые трубы для предотвращения образования пены и сгустков. Однако спрыски не нужны, если перед вводом в напорный ящик масса подвергается деаэрации в декулаторе.

Описанная конструкция напорного ящика наиболее совершенна и с успехом применяется на современных быстроходных бумагоделательных машинах.

К этому же типу напорных ящиков с воздушной подушкой следует отнести новую конструкцию с так называемым «замороженным потоком массы», которую стали применять на современных гигантских машинах для выработки газетной бумаги и тарных картонов (рис. 105).

Установка состоит из коллектора, в который подается масса насосом, наклонного подводящего канала, внутри которого находятся параллельно уложенные трубы небольшого диаметра, и напорного ящика с воздушной подушкой с одним или двумя крупными перфорированными валиками.

В этой системе поток бумажной массы движется в подводящем канале по трубам параллельными струями ламинарным потоком, причем эта направленность и параллельность струй потока сохраняется и в самом напорном ящике, что предотвращает образо-

Рис. 105. Напорный ящик с «замороженным потоком массы»:
1 — коллектор; *2* — подводящий канал с трубами; *3* — перемешивающие валики; *4* — воздушное пространство; *5* — грудной вал

вание перекрестных струй и завихрений, перфорированный же валик обеспечивает активное движение волокон и разбивку хлопьев перед выходом массы в выпускную щель.

Напорные ящики с постоянным переливом

Неравномерная подача массы на сетку бумагоделательной машины вызывает, как известно, изменение веса 1 м² бумаги. Часто эти колебания в весе бумаги бывает трудно предотвратить, так как они могут зависеть от причин, которые трудно распознать и устранить, например: от изменения числа оборотов смесительного насоса при изменении в сети напряжения или частоты тока, от неравномерного засорения прорезей узлоловителей по окружности барабана и от некоторых других причин. Чтобы исключить влияние подобных факторов, иногда применяется система работы открытого напорного ящика с постоянным переливом избытка массы во всасывающий патрубок смесительного насоса. Внутри напорного ящика устанавливают переливную перегородку, через которую небольшой избыток массы переливается и выводится из ящика. Этим достигается постоянство уровня массы в напорном ящике, а, следовательно, и постоянство веса бумаги, если, конечно, концентрация массы при этом не изменяется. Одновременно в перелив отводится и пена, находящаяся на поверхности бумажной массы.

В последних конструкциях напорных ящиков закрытого типа с воздушной подушкой постоянный уровень массы также обеспечивается переливной перегородкой.

СЕТОЧНЫЙ СТОЛ

Сеточный стол бумагоделательной машины (рис. 106) состоит из регистровой, обычно подвижной, части сеточного стола, подвергаемой воздействию тряски, отсасывающих ящиков и гауч-пресса. Разбавленная волокнистая суспензия непрерывным потоком вытекает на движущуюся бесконечную сетку и, пройдя сеточный стол, теряет большую часть содержащейся в ней воды, превращаясь в мокрое бумажное полотно, которое при сухости около 15—20% покидает сетку и передается на сукно первого пресса для дальнейшего уплотнения и механического обезвоживания прессованием. Сетка же, обогнув нижний вал гауч-пресса, возвращается обратно. При обратном движении к грудному валу сетка, направляемая несколькими сетковедущими валиками, промывается водой при помощи водяных спрысков, и, очищенная, снова подходит к регистровой части сеточного стола. Для сбора оборотной воды от регистровой части машины внутри сетки находятся желоба и сливы, отводящие воду в сборник оборотной воды. Чтобы предотвратить растекание жидкой массы по краям сетки в начале регистрового стола устанавливают ограничительные линейки. Для обрезания неровных частей сырого бумажного полотна гауч-прессом имеются две краевые отсечки (водяные ножи) и одна переводная, используемая для разрезания бумажного полотна при заправке бумаги. Между отсасывающими ящиками над сеткой иногда устанавливают легкий равнительный валик (эгутер), который применяется для улучшения просвета бумаги, уплотнения ее структуры и нанесения водяных знаков.

У современных машин сеточный стол монтируется на солидных фундаментных шинах горизонтально, реже ему придается некоторый уклон по ходу сетки. У машин, вырабатывающих широкий ассортимент бумаги, сеточный стол иногда снабжается приспособлением для изменения уклона с целью создания лучших условий при отливе бумаги на различных скоростях. Раньше, когда не было современных напорных ящиков, недостаточную скорость вытекания массы компенсировали приданием уклона сетке. Теперь же, при наличии современных напорных устройств, надобность в уклоне сеточного стола для быстроходных машин отпала.

Для облегчения смены сеток сеточный стол делают выдвижным. При помощи специальных вспомогательных балок и привода (чаще всего ручного) сеточный стол может выдвигаться на рабочую или приводную сторону. В новейших конструкциях машин сеточный стол может посредством специального нажимного приспособления удерживаться консольно на опорах. Это используется при надева-

Рис. 106. Сеточный стол бумагоделательной машины:

1 — грудной вал; *2* — регистровые валики; *3* — ограничительные линейки; *4* — формующая доска; *5* — отсасывающие ящики; *6* — равнитель; *7* — отсасывающий гауч-пресс; *8* — сетковедущие валики; *9* — правительный валик; *10* — натяжной валик

нии сетки, предварительно растянутой на вспомогательном станке, методом надвигания.

Длина и ширина сеточного стола зависят от производительности и скорости бумагоделательной машины и вида вырабатываемой бумаги.

Длина сеток может колебаться от 12—14 до 42 м. Обычная длина сетки при выработке массовых видов бумаги 25—30 м. В этих условиях длина сеточного стола составляет 11,5—13,5 м, так как отношение между длиной сетки и длиной сеточного стола обычно находится в пределах 2,15—2,25.

Ширина сетки может достигать 8 м и даже больше. Однако такие широкие сетки являются исключением. В настоящее время считают, что целесообразная ширина сетки, а следовательно, и машины 6—7 м. При большей ширине резко увеличивается вес машины и ее стоимость.

Площадь сеточного стола F определяется как произведение длины сеточного стола L на его ширину B.

$$F=LB. \tag{66}$$

За длину сеточного стола принимают расстояние между центрами грудного и нижнего (головного) вала гауч-пресса. За ширину же сеточного стола принимают условно необрезную ширину бумаги на накате.

Удельный съем бумаги с 1 м^2 сеточного стола в час является важной характеристикой работы бумагоделательной машины. В зависимости от технического оснащения сеточного стола, скорости машины и вида вырабатываемой бумаги удельный съем бумаги с сеточного стола может колебаться в очень широких пределах, от 2—5 кг при выработке тончайшей конденсаторной бумаги до 150 кг и выше при выработке газетной и мешочной бумаги.

Регистровая часть сеточного стола

Регистровая часть сеточного стола начинается грудным валом и состоит из регистровых валиков, расположенных в одной плоскости. В этой части сеточного стола происходит формование бумажного полотна из разбавленной волокнистой массы и удаление большей части воды путем ее отекания под влиянием очень незначительного напора массы на сетке и отсасывающего действия валиков.

Регистровые валики для небольших бумагоделательных машин изготовляют из цельнотянутых латунных труб. Регистровые валики большого диаметра делают из стальных труб и обтягивают медной рубашкой толщиной 2—3 мм или резиной.

Диаметр регистровых валиков находится в пределах 80—350 мм и зависит главным образом от ширины машины.

Ориентировочно диаметр регистрового валика может быть подсчитан по эмпирической формуле

$$D = KS \text{ мм}, \tag{67}$$

где:

D — диаметр валика в мм;
K — коэффициент, равный 0,047;
S — ширина сетки в мм.

Длина регистрового валика обычно больше ширины сетки на 130—150 мм.

Регистровые валики должны обладать достаточной прочностью, чтобы прогиб от собственного веса не превышал 1/5000, и хорошо отбалансированы. Плохо отбалансированный регистровый валик подбрасывает массу на сетке, что недопустимо, так как это нарушает процесс формования бумажного листа.

Количество регистровых валиков зависит от длины сеточного стола и диаметра валиков. Обычно они располагаются чаще в начале сеточного стола, чтобы предотвратить провисание сетки от веса бумажной массы.

Во избежание заброса воды в сетку или на соседний валик на быстроходных машинах ставят между регистровыми валиками отражатели.

Регистровые валики снабжены шариковыми подшипниками, которые установлены в гнездах, расположенных на регистровых шинах и имеющих приспособление для установки валика по высоте, а иногда и по горизонтали.

Обе регистровые шины, на которых находятся подшипники регистровых валиков и устанавливаются подшипники грудного вала, имеют прямоугольное сечение, изготовляются из стали и обтягиваются листовой медью или нержавеющей сталью для защиты от коррозии. Регистровые шины закреплены шарнирно на вертикальной оси со стороны отсасывающих ящиков и поддерживаются на шарнирных опорах или подвешены на стальных лентах, допускающих тряску части сеточного стола в горизонтальной плоскости параллельно оси грудного вала. Если сеточный стол не имеет тряски то опоры его делают неподвижными.

При работе машины необходимо наблюдать, чтобы все регистровые валики вращались. Неподвижность валика вследствие неправильной его установки или неисправности подшипников приводит к повреждению рубашки валика, повышенному износу сетки и ухудшению обезвоживания. Обращение с регистровыми валиками при смене сетки и ремонтах должно быть самое осторожное, чтобы не погнуть шейки и не повредить поверхности валика. При смене сетки и разборке сеточного стола нужно ставить каждый валик на свое место, для чего целесообразно пронумеровать регистровые валики и их гнезда. Это облегчает их установку и повышает надежность в работе.

Регистровые валики выполняют две важные функции: они поддерживают сетку, устраняя ее провисание, и способствуют обезвоживанию бумажной массы на сеточном столе.

Удаления воды на свободных участках между регистровыми валиками, за исключением лишь первой части сеточного стола, почти не происходит, так как поверхностное натяжение воды под сеткой достаточно велико и противодействует силе тяжести и напору массы над сеткой. Вода стекает лишь на участке регистрового валика между точками AB (рис. 107), когда сетка входит в соприкосновение с поверхностью регистрового валика в пункте A.

Рис. 107. Схема всасывающего действия регистрового валика:

H — сетка и слой массы над сеткой; h — слой воды под сеткой, удерживаемый силами поверхностного натяжения воды; w — зона отсоса

Благодаря смачиванию и силам сцепления воды с поверхностью регистрового валика, а также кинетической энергии вращения валика и движения сетки происходит всасывание воды в кармане ABC. В некоторой точке B всасывающее действие валика прекращается, так как подвод воды из слоя массы на сетке оказывается недостаточным, чтобы заполнить карман водой.

По данным Риста и Беннета, отсасывающее действие регистрового валика P определяется по формуле

$$P=\frac{\rho\cdot v^2}{2}+\frac{2Tv}{g}+\rho h\left(g-\frac{v^2}{r}\right)\text{ кг/см}^2, \qquad (68)$$

где:

v — скорость движения сетки, или окружная скорость валика, в см/сек;

ρ — плотность воды в кг·сек²/см⁴;

T — поверхностное натяжение воды в кг/см;

h — высота слоя массы над регистровым валиком в см;

r — радиус валика в см;

g — ускорение силы тяжести в см/сек².

Первый член этой формулы свидетельствует о значении кинетической энергии движения сетки и валика. Второй член формулы характеризует значение сил поверхностного натяжения воды и третий член — значение гидростатических сил над и под сеткой. Первый член формулы оказывает наибольшее влияние на отсасывающее действие регистрового валика. Величина остальных членов незна-

чительна по сравнению с первым и изменяется от валика к валику. Практически можно считать, что всасывающее действие валиков зависит только от скорости машины. Отсасывающее действие валика зависит и от диаметра валика, так как с увеличением диаметра возрастает поверхность соприкосновения его с пленкой воды. Однако значение этого фактора невелико. На грудном валу и первом регистровом валике доминирующее влияние на обезвоживание оказывает сила тяжести. На последних валиках обезвоживание уменьшается из-за сжатия волокнистого слоя на сетке и повышения сопротивления фильтрации. Благодаря этому обезвоживание бумажной массы на регистровой части сеточного стола увеличивается не согласно квадратичному закону, как это имеет место на первых регистровых валиках, а примерно пропорционально скорости машины. Таким образом, скорость машины является весьма важным фактором работы регистровой части сеточного стола. Этим объясняется тот факт, что длина сеточного стола на быстроходных машинах увеличивается в меньшей степени, чем повышается рабочая скорость машины, удельная же производительность сеточного стола возрастает. На современных быстроходных машинах процесс обезвоживания на первых регистровых валиках протекает слишком интенсивно, что вредно отражается на формовании бумажного полотна. Поэтому стремятся несколько затормозить обезвоживание. С этой целью вместо обычных регистровых валиков устанавливают проволочные или желобчатые валики такого же диаметра, как и регистровые, но не обладающие отсасывающим действием. Устанавливают также и формующие доски.

В некоторых конструкциях бумагоделательных машин регистровые валики заменяют частично или даже полностью неподвижными вертикально расположенными регистровыми планками, которые, как шаберы, снимают воду с нижней поверхности сетки. Регистровые планки изготовляют из стали и облицовывают с поверхности резиной. Для устранения бокового прогиба планки снабжают ребрами жесткости. Регистровые планки меньше удаляют воды по сравнению с валиками, но поставленные в промежутках между регистровыми валиками, они могут усилить обезвоживание и одновременно могут служить отражателями, предотвращающими заброс воды с валиков в сетку. На рис. 108 показаны различные типы регистровых планок и отражателей.

На одном из предприятий установлена бумагоделательная машина, вырабатывающая типографскую бумагу № 2 при скорости 200—240 м в минуту, у которой сеточный стол вообще не имеет ни одного регистрового валика. Вместо них установлены 25 регистровых планок таврового профиля, облицованных резиной твердостью 65—70 пунктов по Пуссей-Джонсу. Каждая планка на концах имеет опорные болты, посредством которых ее можно устанавливать по высоте. Все регистровые планки заключены в камеру из листовой меди, вода из камеры стекает через сифонный отвод и

регулируется дросселем при помощи поплавкового устройства. Изменяя перепад воды, регулируют степень вакуума в камере под регистровыми планками.

Устройство регистровых планок и их установка в камере показаны на рис. 109.

Достоинствами этой системы являются простота конструкции сеточного стола и более длительная работа сетки. При этой конст-

Рис. 108. Регистровые планки и отражатели:
а — наклонные, типа шабера; *б* — воздушные; *1* — сетка; *2* — регистровый валик; *3* — регистровая планка (отражатель); *4* — сжатый воздух

рукции сеточного стола с успехом работает трясочное устройство одного грудного вала, так как скольжение сетки по обрезиненным планкам хорошее.

К недостатку системы следует отнести трудность получения бумаги с хорошим просветом, так как обезвоживание в первой части сеточного стола более интенсивно, чем это требуется для нормального формования бумаги. Указанный недостаток, по-видимому, можно устранить путем разделения регистровой части на две отдельные камеры с самостоятельным регулированием вакуума.

Грудной вал. Сеточный стол начинается грудным валом. Этот вал делают легким, достаточно прочным и большим по диаметру (до 800 мм), чтобы ткань сетки не испытывала чрезмерных напряжений при повороте сетки на 180°.

Диаметр грудного вала может быть определен по эмпирической формуле

$$D = 0{,}08 \cdot B_c + 275 \text{ мм}. \qquad (69)$$

где B_c — ширина сетки в мм.

Длина грудного вала должна быть больше ширины сетки на 80—100 мм.

Грудной вал изготовляют из стальной трубы, в которую вставляют с торцов чугунные патроны и запрессовывают в них сталь-

Рис. 109. Сеточный стол без регистровых валиков:
1 — сетка; 2 — регистровые шины; 3 — вакуум-камера; 4 — воронка водослива; 5 — выход воды из камеры в воронку; 6 — поплавок; 7 — дроссель-клапан; 8 — выход воды в сборник оборотной воды

ные цапфы. Вал с поверхности покрывают медной рубашкой толщиной 3—4 мм или слоем твердой резины. Шейки вала должны быть достаточно прочными, а сам вал тщательно отбалансирован. Так как грудной вал не имеет отдельного привода и вращается сеткой, он должен снабжаться подшипниками качения. На старых машинах можно встретить у грудного вала подшипники скольжения с густой смазкой. Подшипники грудного вала крепятся к регистровым балкам снизу при помощи откидных хомутов. Для подъема и опускания грудного вала при смене сетки и ремонтах пользуются лебед-

кой, смонтированной на стойках над грудным валом. На современных машинах для этой цели имеется специальный гидравлический подъемник. На малых машинах подъем и опускание вала выполняют вручную.

Для очистки поверхности вала от приставших к ней волокон изнутри сетки устанавливают деревянный шабер и водяной спрыск. Шабер должен быть особо тщательно подогнан к поверхности вала, чтобы вода не проходила под его лезвием. Плохая подгонка шабера может служить причиной образования полос на сетке. При наличии напорных устройств без фартуков установки спрыска к шаберу грудного вала не требуется.

Формующая доска. У бумагоделательных машин, оборудованных ящиками высокого напора, часто вместо первых двух регистровых валиков устанавливают формующую доску шириной от 300 до 500 мм, изготовляемую из дерева или твердой резины. Доску набирают из отдельных параллельных брусков шириной 30—50 мм с такими же промежутками и монтируют на жесткой чугунной балке. Последняя может перемещаться по высоте. Иногда формующие доски изготовляют в виде отсасывающих ящиков, в которых можно регулировать отсос.

Формующая доска устраняет прогибы сетки в наиболее ответственном месте сеточного стола, улучшает разлив бумажной массы, замедляет водоотдачу, уменьшает потерю мелких волокон и частиц наполнителя и способствует лучшему формованию бумажного полотна. На современных быстроходных машинах часто устанавливают две и более формующих досок, чередуя их с регистровыми валиками.

Декельные ремни и ограничительные линейки

Для предотвращения растекания массы по сторонам сеточного стола с давних пор применялись подвижные декельные ремни. Позже стали использовать неподвижные ограничительные линейки.

Декельные ремни изготовляют бесконечными из резины, они имеют прямоугольное сечение со сторонами от 40 до 60 мм. Огибая направляющие колеса, декельные ремни ложатся своими нижними ветвями на кромки сетки и вместе с ней движутся до отсасывающих ящиков. Здесь они огибают широкие шкивы и возвращаются обратно. При обратном движении декельные ремни промываются и освобождаются от приставших к ним волокон. Для этой цели служат промывные коробки, снабженные водяными спрысками и скребками, через которые проходят верхние ветви декелей. Промывные воды, содержащие волокно, направляются посредством резинового шланга в подсеточную ванну.

Направляющие колеса декелей крепятся на форматной каретке и перемещаются вместе с боковыми ограничительными щитками последней при изменении формата бумаги. Широкие же шкивы со

стороны отсасывающих ящиков позволяют декельным ремням свободно перемещаться при перестановке формата. Декели приводятся в движение трением от сетки. Поэтому при работе декелей нужно следить, чтобы ремни не останавливались, так как этим можно повредить сетку. Ремень может остановиться при перепуске сетки.

Ограничительные неподвижные линейки начали применяться с появлением напорных ящиков. Они представляют собой тонкие металлические пластины длиной 1,5—2 м и шириной 100—150 мм, с нижней стороны которых прикреплена полоска резины, соприкасающаяся с сеткой.

Линейки устанавливают с обеих сторон сетки, начиная от выпускной губы напорного ящика, и крепят на двух опорах, установленных на регистровых балках. Крепление должно допускать перемещение линейки по высоте и по ширине сетки. Несмотря на простоту и удобство в работе, неподвижные ограничительные линейки имеют и отрицательные стороны. Наиболее существенными из них являются отражение потока массы от линеек, что нарушает равномерность залива массы по краям сетки, а также растекание массы по краям. По этой причине при наличии неподвижных ограничительных линеек приходится работать с более широкими отсечками, чем при наличии подвижных декелей.

Сетковедущие валики

Кроме грудного и регистровых валиков, в сеточной части машины имеется еще несколько сетковедущих валиков, по которым движется сетка при своем обратном движении. Среди этих валиков один «правительный», снабженный подшипниками с подвижными суппортами для перемещения валика в горизонтальном направлении. При помощи этого валика регулируется движение сетки и предотвращается ее смещение на сторону.

Другой натяжной валик имеет подшипники, перемещающиеся в вертикальном направлении, т. е. перпендикулярно движению сетки.

Все сетковедущие валики сходны между собой по конструкции и отличаются лишь местоположением и опорами. Подобно грудному валу их изготовляют из стальной трубы и обтягивают медной рубашкой или резиной. Диаметр сетковедущих валиков несколько больше, чем регистровых. Они более массивны, так как воспринимают значительно большую нагрузку. Нижние сетковедущие валики, расположенные снаружи сетки, снабжены деревянными шаберами для очистки поверхности валиков от приставших комочков массы. Для предотвращения неравномерного износа на современных машинах шаберам придают колебательные движения вдоль оси вала. Первый нижний сетковедущий валик иногда снабжают самостоятельным приводом, для того чтобы он не останавливался и не вызывал повреждения сетки. Все валы сеточной части на быстроходных

машинах подвергаются тщательной динамической балансировке. Подробнее о работе натяжных и правительных валиков указано на стр. 349.

Желоба и сливы для подсеточной воды

Внутри сетки под регистровой частью сеточного стола устанавливаются желоба и сливы для сбора оборотной воды, стекающей с регистровых валиков, и отвода ее в сборник. Сборник регистровой воды располагается около сеточного стола или непосредственно под сеткой.

Регистровая вода, как наиболее богатая волокном и наполнителями, используется в качестве оборотной для разбавления бумажной массы перед бумагоделательной машиной.

Желоба и сливы обычно изготовляют из оцинкованного железа или нержавеющей стали. При смене сетки их тщательно очищают от грязи, слизи и промывают. Важно, чтобы в оборотную воду не попадала смазка от регистровых валиков. Для этой цели иногда накрывают желоба под регистровыми балками предохранительными крышками.

ТРЯСКА СЕТКИ

В движущемся потоке разбавленной волокнистой массы перед напорным ящиком волокна не ориентированы и располагаются во всех направлениях. При прохождении же массы через выпускную щель напорного ящика и выходе на сетку машины благодаря ускорению движения возникает продольная ориентация волокон в направлении потока, которая еще больше усиливается при наличии разницы между скоростью сетки и оседающих на сетку волокон.

Ориентация волокон в потоке массы над сеткой бумагоделательной машины, доказанная кинофотосъемкой, служит причиной неоднородности бумаги в продольном и поперечном направлениях. Поэтому разрывная длина, сопротивление излому и впитывающая способность у бумаги машинного отлива всегда больше в продольном направлении, тогда как растяжимость и деформация значительно больше в поперечном направлении листа.

В большинстве случаев желательно иметь бумагу более однородную по своим физическим свойствам в обоих направлениях листа, однако иногда необходима продольная ориентация волокон и большая прочность бумаги в продольном направлении листа. Такие требования, например, предъявляются к шпагатной, кабельной, телефонной бумаге, а также к бумаге для изготовления бумажной пряжи. Отсюда ясно, как важно иметь возможность регулировать расположение волокон в бумажном листе. В известных пределах это можно сделать тряской сетки. Колебательные движения сетки, совершаемые в плоскости сеточного стола, в направлении, перпен-

дикулярном движению сетки, передаются волокнистой суспензии. Они выводят волокна из продольной ориентации и способствуют размещению волокон в поперечном направлении листа. В этом заключается первая задача тряски.

Вторая, не менее важная задача состоит в том, чтобы предотвратить хлопьеобразование и диспергировать волокна в суспензии при отливе. Для получения хорошей, однородной по структуре бумаги, характеризуемой ровным безоблачным просветом, очень важно, чтобы волокна при осаждении на сетке не собирались в хлопья. Колебательные движения массной суспензии, передаваемые сеткой за счет вязкостного трения, способствуют выполнению этой задачи.

Волокна в бумажной массе ведут себя как типичные коллоидные суспензии. Они удерживаются во взвешенном состоянии без хлопьеобразования электрическими силами (ζ-потенциалом) и слоями адсорбированных на поверхности волокна молекул воды. По этой причине хорошо размолотые, гидратированные волокна меньше склонны к хлопьеобразованию, чем менее размолотые и менее гидратированные волокна.

Хлопьеобразование волокон в разбавленной суспензии зависит от многих факторов. Оно повышается с увеличением длины волокон и их концентрации и уменьшается с увеличением степени помола массы. Животный клей и глинозем способствуют хлопьеобразованию. Некоторые гидрофильные коллоиды действуют как диспергаторы волокнистой массы. К таким веществам относятся, например, метилцеллюлоза, карайская смола и некоторые другие. Эти вещества образуют на поверхности волокон гидратированные пленки, которые действуют как смазка, предотвращая хлопьеобразование. При введении в массу подобных веществ можно получить однородный по просвету лист бумаги из длинных волокон. При выработке тонкой шелковой бумаги из длинноволокнистого материала растения кодзу в Японии применяют добавку к массе камеди семян акации.

Наиболее простой и доступный метод предотвращения хлопьеобразования волокон в суспензии — изменение скорости потока и перемешивание. Поэтому на всем пути движения разбавленной волокнистой суспензии от узлоловителей до напорного ящика и далее на сетке применяют перемешивание с целью диспергирования волокон. Для этого в подводящих к сетке желобах и напорном ящике устанавливают перфорированные доски, обтекаемые преграды (для изменения скорости потока), перфорированные вращающиеся валики, пластинчатые решетки и т. п., для диспергирования же волокон на сетке применяют тряску.

Тряска сетки осуществляется трясочным механизмом, соединенным тягой с регистровыми балками сеточного стола по одной из схем, описанных ниже. В зависимости от типа машины частота тряски может регулироваться в пределах от 100 до 500 и даже

иногда до 1000 колебаний в минуту, размах же изменяется в пределах от 0 до 15 мм.

По типу и характеру колебательных движений, сообщаемых сетке, различают следующие системы трясок: однозональную тряску сеточного стола; двухзональную тряску сеточного стола; тряску одного грудного вала; тряску грудного вала и одного регистрового валика (тряска Мак-Донеля) и прочие, более сложные комбинированные системы трясок.

Рис. 110. Схемы тряски сетки:

1 — однозональная тряска регистрового стола; *2* — тряска одного грудного вала; *3* — двухзональная тряска с одинаковым размахом в обеих зонах тряски; *4* — то же, но с меньшим размахом в первой зоне; O_1 и O_2 — оси вращения регистровых шин

Принципиальные схемы трясок в виде графиков движения сетки показаны на рис. 110.

Наиболее распространенным типом тряски, особенно на старых машинах, является однозональная тряска, при которой колебательные движения от трясочного механизма передаются регистровым балкам всего или части регистрового стола вместе с грудным валом. Максимальный размах тряски в этом случае у грудного вала, минимальный — у отсасывающих ящиков. Таким образом, размах колебательных движений плавно затухает по ходу сетки.

При двухзональной тряске регистровые балки сеточного стола разрезают на две части и каждая из них получает самостоятельную тряску. В этом случае можно изменять график тряски в более широких пределах. Можно иметь затухающий график колебаний сетки, как при однозональной тряске, можно иметь параллельные колебания сетки в первой части и затухающие во второй части стола и, наконец, максимальный размах сетки в середине сеточного стола. Эта система тряски более совершенна и применяется на современных

бумагоделательных машинах при выработке высокосортных и технических видов бумаги.

Третья схема тряски одного грудного вала при неподвижном положении всей остальной регистровой части машины привлекает своей простотой и меньшим износом регистровой части сеточного стола, однако она недостаточно эффективна, так как из-за значительного трения сетки о регистровые валики колебательные движения сетки быстро затухают. Поэтому график колебательных движений в этом случае сильно отличается от графика однозональной тряски. Эта система тряски может эффективно применяться только у сеточных столов с неподвижными регистровыми планками, обеспечивающими легкое скольжение сетки.

Для улучшения работы трясочных устройств одного грудного вала автором книги была предложена схема, в которой в дополнение к грудному валу сообщаются колебательные движения еще одной, средней, секции сеточного стола. Схема такой тряски осуществлена на машинах Архангельского и Соликамского комбинатов при выработке высокосортных видов бумаги из беленой целлюлозы.

В системе Мак-Донеля в дополнение к грудному валу колебательные движения получает еще один из валиков во второй половине сеточного стола. Последний имеет больший диаметр, а сеточному столу в этом месте придается некоторый перегиб, чтобы увеличить сцепление валика с сеткой и тем самым повысить эффективность тряски. Подобная система тряски применяется на быстроходных машинах и может обеспечить частоту колебаний до 1000 в минуту.

Известны еще более сложные системы тряски, у которых колебательные движения сетке передаются в трех и даже в четырех точках. Однако такие системы не получили значительного распространения.

Тряска мало эффективна на быстроходных машинах при скоростях свыше 300—400 м/мин и потому при выработке бумаги со значительным содержанием древесной массы на быстроходных машинах тряска обычно не применяется. Однако она необходима при выработке чисто целлюлозной бумаги с более длинным волокном, склонным к хлопьеобразованию на сетке машины.

Вопрос о рациональных режимах тряски сетки еще мало изучен. Поэтому в условиях производства пользуются режимами тряски, установленными на основе практического опыта. Максимальные амплитуды колебаний желательны в зоне образования листа бумаги, т. е. в середине регистровой части сеточного стола. Энергичная тряска сетки в районе грудного вала, где волокна хорошо диспергированы и где имеется много воды, даже вредна, так как приводит к образованию волн.

По данным И. Д. Кугушева, существует определенная зависимость между частотой и амплитудой колебаний при выработке

бумаги постоянного качества. Эта зависимость определяется выражением

$$\alpha\omega^{2-\frac{K}{2}} = \text{const}, \qquad (70)$$

где:

α — амплитуда колебаний;

ω — круговая частота тряски;

K — коэффициент, зависящий от концентрации бумажной массы.

Согласно этому выражению можно получать одинаковый эффект тряски при различных трясочных режимах, одновременно изменяя амплитуду и частоту тряски.

Повышение амплитуды и частоты тряски до определенного максимума улучшает однородность бумаги. Однако при чрезмерной интенсивности тряски можно получить худший эффект вследствие нарушения листообразования.

В практике работы при установлении трясочных режимов на бумагоделательных машинах пользуются следующим руководящим принципом: при садком помоле массы — частая тряска, при жирном — медленная, при коротковолокнистой массе — короткий размах, при длинноволокнистой массе — длинный размах.

На основании указанного принципа можно ориентировочно подобрать параметры тряски и окончательно уточнить их после проверки при работе на машине.

Усиление тряски сетки (увеличение произведения $\alpha\omega$) вызывает улучшение просвета бумаги вследствие замедленного обезвоживания массы на сетке и образования более плотной структуры бумаги.

ТРЯСОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

К любому трясочному механизму предъявляют требования надежности в работе и возможности регулирования частоты и размаха колебательных движений в широких пределах. Трясочный механизм устанавливается обычно с приводной стороны сеточного стола против грудного вала и приводится в движение от электродвигателя с регулируемым числом оборотов. На старых машинах можно еще встретить трясочные механизмы, приводимые в движение от общей трансмиссии постоянной части машины с регулированием числа колебательных движений при помощи передвижения ремня на двух конических шкивах или передвижения ремня на фрикционном диске.

В настоящее время применяются главным образом эксцентриковые трясочные устройства; и реже вибрационные трясочные устройства; на быстроходных же машинах используются быстроход-

ные трясочные механизмы, приводимые в движение сжатым воздухом или основанные на принципе использования электромагнитных явлений.

Эксцентриковый трясочный механизм показан на рис. 111. Он имеет вал, приводимый в движение от электродвигателя с регу-

Рис. 111 Эксцентриковый трясочный механизм:

1 — стойка; *2* — корпус; *3* — вал; *4* — эксцентриковый цилиндр; *5* — кольцо; *6* — тяга; *7* — маховик с винтом для передвижения кольца; *8* — стопорный болт для закрепления кольца; *9* — клиноременная передача; *10* — электродвигатель; *11* — продольная балка регистрового стола; *12* — вертикальные пружины регистрового стола; *13* — регистровый валик

лируемым числом оборотов. На вал под углом насажен эксцентриковый цилиндр, на котором укреплено кольцо, соединенное тягой с подвижной рамой сеточного стола. Перемещая кольцо при помощи винтовой передачи, можно изменять величину эксцентриситета и регулировать размах тряски в нужных пределах. Весь эксцентриковый механизм заключен в маслонепроницаемый кожух и работает в масле.

Принцип действия вибрационного трясочного механизма основан на использовании центробежной силы неуравновешенных вращающихся на валу масс. Изменение частоты колебаний здесь достигается смещением двух эксцентрически расположенных друг

к другу шайб при помощи специального винта, амплитуда же зависит от массы колеблющихся частей и жесткости пружин, на которые опирается грудной вал.

Основной недостаток этой конструкции трясочного механизма заключается в том, что амплитуда тряски связана с частотой колебаний и трудно регулируется отдельно от частоты.

При наличии трясочного устройства регистровые балки вместе с грудным валом устанавливают на шарнирных опорах или подвешивают на вертикальных плоских пружинах, допускающих колебание сеточного стола в горизонтальном направлении.

ОТСАСЫВАЮЩИЕ ЯЩИКИ

Скорость обезвоживания бумажного полотна на регистровой части сеточного стола снижается по мере того, как повышается сухость бумажного полотна. Путем свободного отекания воды из волокнистой суспензии на сетке машины нельзя получить достаточно сухое полотно с содержанием сухого вещества выше 3—4%. Для этого потребовалось бы значительно удлинить сеточный стол. Поэтому на регистровой части довольствуются обычно достижением сухости бумажного полотна в 2—3%, а при выработке тонких видов бумаги жирного помола еще ниже. Дальнейшее же обезвоживание ведут принудительным способом, под вакуумом на отсасывающих ящиках сеточного стола. Пройдя эти ящики, бумага достигает сухости 8—12% и может уже обезвоживаться механическим отжимом в гауч-прессе без риска быть раздавленной. Отсасывающие ящики резко повышают эффективность обезвоживания на сетке машины и сокращают длину сеточного стола. Подробные данные о сухости разных видов бумаги до и после отсасывающих ящиков приведены в табл. 39 на стр. 368.

Количество отсасывающих ящиков, устанавливаемых на бумагоделательной машине, зависит от типа машины, вида вырабатываемой бумаги и скорости машины и может варьировать в пределах от 2 до 12.

Ниже указано количество отсасывающих ящиков, устанавливаемых на машинах при выработке следующих видов бумаги:

Тонкая бумага садкого помола, вырабатываемая на самосъемочных машинах	2—3
То же на открытых столовых машинах	3—4
Впитывающая бумага	3—4
Высокосортная бумага типа документной, чертежной, картографической, фотоподложки и пр.	5—7
Массовые виды бумаги: газетная, печатная № 2 и 3 и др.	7—8
Мешочная	8—10
Жиронепроницаемая бумага	8—12
Конденсаторная бумага	9—10

Отсасывающие ящики (рис. 112) покрывают сверху несколькими продольными брусками толщиной 40—60 мм и шириной 20—40 мм

с такими же промежутками, либо покрывают сплошной перфорированной крышкой с отверстиями диаметром 13—16 мм, расположенными в шахматном порядке. Корпус ящика изготовляют из чугуна, стали или силумина, крышку же делают из твердых пород дерева (ясень, дуб, клен), из резины, текстолита или бронзы. Поверхности ящиков тщательно выстругивают и размещают в одной плоскости. Живое сечение составляет 0,3—0,35 для ящиков с перфорированными крышками и 0,45—0,60 для ящиков с брусками.

Рис. 112. Отсасывающий ящик:

1 — корпус отсасывающего ящика; 2 — верхняя крышка ящика; 3 — перегородка для регулирования ширины отсоса; 4 — винт для перемещения перегородки; 5 — патрубок для отвода воды и воздуха; 6 — болты для регулирования ящика по высоте

С обоих концов внутри ящика установлены перегородки, которые могут перемещаться посредством винтов, выходящих через боковые торцы ящика. Перегородки предназначены для ограничения камеры ящика в соответствии с шириной бумажного полотна. Для устранения засоса воздуха в боковые карманы отсасывающего ящика заливается вода, которая образует гидравлический затвор. Внутренняя камера ящика соединена при помощи трубы и гибкого армированного шланга с трубопроводом вакуум-насоса. Разрежение в каждом ящике регулируется краном, устанавливаемым на трубопроводе.

Ширина отсасывающих ящиков 160—300 мм, высота 150—200 мм, длина же больше ширины сетки на 500—600 мм. Раньше применяли более широкие ящики, теперь же применяют узкие, так как они более эффективны.

Отсасывающие ящики устанавливают на раме сеточного стола неподвижно, либо на гибких пружинах, допускающих перемещение

ящиков в направлении их длины от вибрационного механизма. Каждый ящик должен иметь возможность перемещаться по высоте посредством установочных винтов.

Верхние планки или перфорированные крышки — сменяемая часть ящиков и по мере износа их заменяют новыми.

В качестве материала для крышек и планок ящиков целесообразно применять прочные на истирание материалы, обладающие низким коэффициентом трения, которые сами мало изнашиваются и меньше изнашивают сетку. Особое значение имеет последнее обстоятельство, так как трение сетки о поверхность отсасывающих ящиков является главной причиной ее износа.

Наиболее пригодными материалами для покрытия ящиков являются текстолит, эбонит, резина и древесина, набранная в торец (т. е. с расположением волокон древесины перпендикулярно плоскости сетки). При расположении древесины волокнами параллельно плоскости сетки наблюдается повышенный и притом неравномерный износ самой древесины. Больше всего изнашивают сетку покрытия из бронзы, меди и латуни, а потому их применение для этой цели не рационально. В табл. 32 приводятся данные Ф. Г. Шухмана о коэффициенте трения, износе сетки и самого материала, полученные при лабораторных испытаниях различных образцов покрытий отсасывающих ящиков. Условия опыта были во всех случаях одинаковыми.

Таблица 32

Коэффициент трения, износ сетки и материала покрытия отсасывающих ящиков

Испытываемый материал	Коэффициент трения	Износ в мг	
		сетки	испытуемого материала
Текстолит	0,12	Малый	42,3
Эбонит	0,098	8	0,9
Резина	0,22—0,25	0—3,6	7,1—14,6
Бук (в торцовой плоскости)	0,188	7,45	548
» (в плоскости слоев древесины)	0,229	Малый	759
Клен (в торцовой плоскости)	0,223	6,42	606
» (в плоскости слоев древесины)	0,255	Малый	725
Латунь	0,288	12,66	356
Бронза	0,4	13,5—26,25	8,2—12,4
Медь	0,4	13,6	11,6
Сталь с хромированной поверхностью	0,063	55,9	3,28

Лучшим покрытием следует считать: для первых отсасывающих ящиков, над которыми проходит влажное полотно бумаги, твердую резину, а для остальных деревянное покрытие из клена, бука или дуба в виде отдельных блоков, поставленных на торец. Для удли-

нения срока службы деревянных покрытий ящиков эти покрытия иногда пропитывают парафином, восками и фенольными смолами.

При неравномерном износе покрытий отсасывающих ящиков на них образуются выбоины и углубления, что ухудшает работу сетки. Кроме того, на поверхности крышек часто образуются мелкие бороздки от проволок основы сетки, которые усиливают износ ткани и особенно шва.

С целью улучшения условий работы сетки и устранения неравномерного износа крышек отсасывающих ящиков, последним придают колебательные движения в направлении оси ящика. Иногда ящикам сообщают боковое или более сложное колебательное движение. Каждый ящик установлен на гибких стальных лентах и приобретает самостоятельное движение через червячную передачу от небольшого электродвигателя, либо от гидропривода с числом колебательных движений от 12 до 45 в минуту и с размахом 12—18 мм. Фазы колебательных движений у отдельных ящиков не должны совпадать, чтобы не вызвать перемещения сетки.

Вакуум-насосы отсасывающих ящиков и коммуникации

На первый отсасывающий ящик поступает бумажное полотно с относительно высоким содержанием воды и для ее удаления не требуется применения высокого вакуума. Поэтому очень часто первый, а иногда и второй ящики не соединяются с вакуум-насосом, а требуемое разрежение в них достигается при помощи барометрической (сифонной) трубы. Подобная сифонная труба должна иметь длину не менее 1,5 м. Она соединяется своим верхним концом с корпусом отсасывающего ящика, а другим загнутым концом опускается в приямок, наполненный оборотной водой. Труба снабжается краном и перед пуском должна заливаться водой так же, как и сам ящик. Второй ящик иногда устанавливают таким образом, что он может работать либо от сифона, либо от вакуум-насоса. Все остальные ящики работают от вакуум-насоса.

В качестве вакуум-насосов раньше использовались поршневые насосы с резиновыми клапанами, позже стали применять коловратные насосы. Обе эти конструкции насосов не чувствительны к количеству воды в мокровоздушной смеси и могут работать без отделения воды от воздуха, однако они обладают серьезными недостатками. Первые требуют частых ремонтов клапанов и малопроизводительны, вторые значительно лучше первых, но со временем вращающиеся поршни изнашиваются и производительность насосов падает. Ремонт же изношенных поршней очень сложен. Коловратные вакуум-насосы выпускаются различных размеров производительностью от 1 до 40 м^3/мин и потребляют от 2 до 80 л. с.

Наиболее широко применяются ротационные или водокольцевые насосы. Водокольцевой насос имеет ротор с лопатками, вращающийся в эллиптическом корпусе. Вода, поступающая в насос с мок-

ровоздушной смесью или вводимая туда специально по трубке, вращается вместе с ротором в виде водяного кольца, образуя зону разрежения при отходе лопаток ротора от стенок корпуса и зону нагнетания при входе лопаток к стенкам ротора. В соответствующих местах в стенках корпуса сделаны каналы, соединенные с всасывающей и нагнетательной трубой насоса.

Имеется несколько разновидностей водокольцевых насосов, но всем им свойственны наличие водяного кольца внутри корпуса,

Рис. 113. Раздельное удаление воздуха и воды из отсасывающих ящиков: *1* — отсасывающий ящик; *2* — перегородка; *3* — вакуум-насос; *4* — воздушный трубопровод; *5* — барометрическая труба для удаления воды; *6* — сборник воды; *7* — насос

вращающегося вместе с ротором при работе насоса, и отсутствие клапанов, распределительных механизмов и трущихся частей внутри корпуса. Эта система вакуум-насосов обеспечивает непрерывность отсоса и отличается высокой производительностью.

Водокольцевые вакуум-насосы выпускаются самой разнообразной производительности от 0,15—1 до 200 м^3/мин и выше и мощностью от 1,5 до 400 л. с. и выше.

Применение водокольцевых вакуум-насосов, успешно работающих только при относительно небольшом содержании воды в мокровоздушной смеси, потребовало отделения воды от воздуха перед поступлением мокровоздушной смеси в насос. Для этой цели стали применять водоотделители, включаемые между вакуум-насосом и коллектором, собирающим воду от отсасывающих ящиков, или схему раздельного удаления воды и воздуха из ящиков.

Водоотделитель представляет собой цилиндрический резервуар, к верхнему воздушному пространству которого присоединяется трубопровод вакуум-насоса. Мокровоздушная смесь от коллектора отсасывающих ящиков направляется в среднюю часть резервуара, а нижняя часть последнего соединяется барометрической трубой со сборником воды от отсасывающих ящиков.

При раздельном удалении воды и воздуха (рис. 113) каждый ящик с одной стороны присоединен к вакуум-насосу, а с другой имеет барометрическую трубу для отвода воды самотеком. Труба загнута на конце и опущена в сборник оборотных вод, расположенный обычно под машиной. Чтобы вода не могла попасть в значительном количестве в вакуум-насос, в каждом отсасывающем ящике со стороны воздушной трубы устанавливают поперечную перегородку, не доходящую до верха ящика. Таким образом, под влиянием разрежения в ящике вода будет направляться в главной своей массе к барометрическим трубам и по ним отводиться в сборник воды от отсасывающих ящиков.

В некоторых случаях практикуется выпуск комбинированных насосов, у которых на одном валу с крыльчаткой вакуум-насоса насажена и крыльчатка центробежного насоса. Насос снабжен водоотделителем, в котором вода отделяется от воздуха и направляется к крыльчатке центробежного насоса. Подобные насосы не получили, однако, значительного распространения.

Поступление воды от отсасывающих ящиков в общий сборник оборотных вод непосредственно из вакуум-насоса без воздухоотделителя не удобно еще и потому, что при этом происходит очень сильное пенообразование. Поэтому применение воздухоотделителей целесообразно также и при использовании вакуум-насосов, допускающих работу без отделения воды от воздуха.

Установка отсасывающих ящиков и применяемое разрежение

Раньше отсасывающие ящики размещали со значительными интервалами между собой. Такое размещение не рационально, так как плохо используется площадь сеточного стола. Гораздо рациональнее располагать отсасывающие ящики вплотную друг к другу или группами по два-три ящика вместе. В этом случае лучше используется площадь сеточного стола и процесс обезвоживания бумаги на ящиках протекает без перерывов и более эффективно, требуя меньшего разрежения. Групповое расположение отсасывающих ящиков применяют при работе машины с равнителем, устанавливаемым в промежутке между группами отсасывающих ящиков.

Вакуум должен постепенно повышаться от ящика к ящику. График изменения вакуума в отсасывающих ящиках зависит от вида вырабатываемой бумаги, а также от конструктивных особенностей бумагоделательной машины — числа ящиков, скорости машины и т. д. Так, при выработке тончайших видов конденсаторной бумаги

из массы очень жирного помола (95—98° ШР) вакуум нарастает от 0,02 до 0,25 м вод. ст., при выработке жиронепроницаемых видов бумаги (помол 75—90° ШР) — от 0,05 до 0,5 м вод. ст., при выпуске писчей и печатной бумаги № 1 — от 0,1 до 1,0—1,5 м вод. ст., при изготовлении массовых видов бумаги (писчая и печатная №№ 2 и 3) — от 0,1—0,3 до 2—3 м вод. ст., при выработке газетной и крафт-мешочной — от 0,2—0,5 до 2—3,5 м вод. ст.

Таким образом, максимальный вакуум, который требуется в отсасывающих ящиках, редко превышает 2,5—3,5 м вод. ст.

Теория процесса обезвоживания на отсасывающих ящиках и расчет насосов

Процесс обезвоживания бумажного полотна на отсасывающих ящиках протекает под действием разности давлений, равной величине вакуума в ящиках. При этом удаление воды происходит не только за счет разности давлений над сеткой и под ней, но и за счет кинетической энергии воздушного потока, движущегося через слой бумажного полотна. В первый период времени, когда в бумаге содержится еще много воды, процесс обезвоживания протекает главным образом из-за сжатия волокнистого слоя. В дальнейшем же обезвоживание происходит преимущественно за счет кинетической энергии воздушного потока воздуха, проходящего через толщу бумаги. Практически переход первого периода обезвоживания во второй соответствует границе «зеркала залива» в отсасывающих ящиках, что соответствует сухости бумажного полотна 6,5—7,5%.

Основные факторы процесса обезвоживания на отсасывающих ящиках: величина вакуума, толщина бумаги, вязкость воды, зависящая от температуры, и физико-химические свойства массы.

Изменение сухости бумажной массы в первый и второй периоды обезвоживания над отсасывающими ящиками, по данным Н. А. Телепнева, подчиняется закону показательной функции

$$C_к = C_н \cdot e^{Kt}, \tag{71}$$

или

$$\frac{1}{C_к} = \frac{1}{C_н} \cdot e^{-Kt}, \tag{72}$$

где:

$C_н$ и $C_к$ — начальная и конечная сухость бумажного полотна над ящиками в кг/кг;

K — коэффициент обезвоживания, зависящий от физико-химических свойств бумажной массы и периода обезвоживания;

t — время обезвоживания от сухости $C_н$ до сухости $C_к$ в сек.;

e — основание натуральных логарифмов.

По данным А. Н. Телепнева, коэффициент обезвоживания определяется по формуле

$$K = \frac{\sqrt{2gP} \cdot 10^6}{\alpha \mu q} = \frac{4{,}43\sqrt{P} \cdot 10^6}{\alpha \mu q}, \qquad (73)$$

где:

α — константа, характеризующая сопротивление бумажной массы обезвоживанию и зависящая от физико-химических свойств бумажной массы, в м²/кг·сек;
P — величина вакуума в м вод. ст.;
g — ускорение силы тяжести в м/сек²;
μ — динамический коэффициент вязкости воды в кг·сек/м²;
q — вес абсолютно сухой бумаги в кг/м².

Значение констант (α) для разных видов бумажной массы, по данным А. Н. Телепнева, приводятся в табл. 33.

Таблица 33

Величина константы обезвоживания разных видов бумажной массы

Вид бумажной массы	Помол по ШР	Значение константы α	
		1-й период	2-й период
Сульфитная беленая целлюлоза . .	89	$270 \cdot 10^6$	$861 \cdot 10^6$
» » » . .	69	$177 \cdot 10^6$	$370 \cdot 10^6$
» » » . .	62	$128 \cdot 10^6$	$246 \cdot 10^6$
» » » . .	45	$48 \cdot 10^6$	$155 \cdot 10^6$
Древесная масса	65	$67 \cdot 10^6$	$216 \cdot 10^6$
Газетная бумажная масса (30% целлюлозы)	60	$46 \cdot 10^6$	$141 \cdot 10^6$
Масса для печатной бумаги № 1 .	50	$58 \cdot 10^6$	$164 \cdot 10^6$
Масса для основы-фибры	30	$37{,}5 \cdot 10^6$	$126 \cdot 10^6$
Сульфатная небеленая целлюлоза .	25	$34 \cdot 10^6$	$71 \cdot 10^6$

Время обезвоживания на отсасывающих ящиках может быть определено по формуле

$$t = \frac{226 \cdot 10^{-9} \cdot \alpha \mu \cdot q}{\sqrt{P}} \ln \frac{C_к}{C_н} \text{ сек.} \qquad (74)$$

Из формулы видно, что скорость обезвоживания (величина обратная времени обезвоживания) зависит от величины разрежения в отсасывающих ящиках. Она пропорциональна корню квадратному из величины разрежения и обратно пропорциональна толщине листа и вязкости воды, т. е. увеличивается с уменьшением толщины бумаги и с повышением температуры массы. Анализ формулы показывает, что выгоднее увеличивать количество ящиков на машине, уменьшая их ширину, чем повышать разрежение в них, которое тому же вызывает усиленный износ сетки.

Из данных, приведенных в табл. 33, видно, что константы сопротивления обезвоживанию на отсасывающих ящиках (α) резко возрастают с увеличением степени помола массы, а при одинаковой степени помола они выше у волокнистых материалов с большей гидратационной способностью, например у целлюлозы, по сравнению с древесной массой.

Зная продолжительность обезвоживания на отсасывающих ящиках t при данной величине разрежения P и скорости машины v, можно подсчитать суммарную ширину ящиков для каждого периода обезвоживания B по формуле:

$$B = vt. \tag{75}$$

Однако ввиду того, что числовые значения констант сопротивления обезвоживанию для различных видов бумаги еще не достаточно точно установлены, проще и надежнее воспользоваться для практических расчетов удельными съемами бумаги с общей поверхности отсасывающих ящиков.

Производительность ящиков легче охарактеризовать по съему бумаги, чем по съему воды, так как начальная и конечная сухость бумаги до и после ящиков подвержена значительным колебаниям, вследствие чего можно легко впасть в ошибку. Характеристика удельных съемов с поверхности «живого» сечения ящиков также не надежна, так как требует точного знания разрежения в каждом ящике и коэффициента живого сечения ящиков. Поэтому мы характеризуем работу отсасывающих ящиков удельными съемами бумаги S_{co} в кг/час с 1 м² общей поверхности ящиков F_{co}, определяемой по формуле

$$F_{co} = Bbn \text{ м}^2, \tag{76}$$

где:

B — ширина бумажной ленты на накате в м;
b — ширина отсасывающего ящика в м;
n — количество ящиков.

В табл. 34 приведены данные, полученные автором в результате обследования и анализа работы большого количества бумагоделательных машин отечественных предприятий и дополненные некоторыми данными из литературных источников.

На основании указанных выше удельных съемов можно подсчитать общую поверхность отсасывающих ящиков и определить их количество.

Производительность вакуум-насосов можно рассчитать, исходя из количества воды, удаляемой в ящиках, и количества воздуха, содержащегося в мокровоздушной смеси, поступающей к насосу. Количество воздуха в мокровоздушной смеси зависит от вида бумаги и сухости ее до и после ящиков. Оно мало на первых ящиках и постепенно повышается, достигая на последнем 7—10-кратного количества по отношению к воде. В среднем по всем отсасывающим

Таблица 34

Характеристика работы отсасывающих ящиков бумагоделательных машин

Наименование бумаги	Рабочая скорость v в м/мин	Удельный съем бумаги с общей поверхности отсасывающих ящиков S_{co} в кг/час
Бумага с древесной массой		
Газетная	До 400 400—600	500—700 750—1100*
Писчая и печатная № 2 и 3	До 300 300—450	400—500 600—800
Мундштучная, обойная, писчая цветная, пачечная, шпульная и др.	До 200	450—600
Бумага из сульфитной целлюлозы		
Писчая и печатная № I	До 240	250—400
Литографская, офсетная, чертежная, рисовальная, основа фотоподложки и др.	До 100	210—360
То же, но с садким помолом, например перфокарточная и др.	До 100	500—650
Специальные виды бумаги		
Впитывающие	До 100	250—300
Жирного помола:		
пергамин	100—120	100—150
подпергамент	До 80	65—100
чертежная прозрачная	До 40	20—40
Тонкие:		
папиросная и копировальная до 20 г/м²	До 80	35—50
пропиточная и основы для парафинирования до 25 г/м²	До 100	65—80
Другие виды бумаги до 40 г/м²	До 120	100—160
Бумага из сульфатной целлюлозы		
Конденсаторная:		
толщиной 7—10 μ	40—65	10—22,5
» 12 μ и выше	40—65	24—40
Двуслойные электроизоляционные и технические виды бумаги:		
телефонная, изоляционно-намоточная, пик и др.	До 125	90—125
кабельная, патронная, неактиничная и др.	До 100	190—230
Мешочная и упаковочная	До 220	350—580
То же	225—400	600—1000**

* Съемы для быстроходных машин ориентировочные.

** Съемы с отсасывающих ящиков для салфеточной и фруктовой бумаг весом 20—25 г/м² занижены, так как ограничены возможностью сушильной части соответствующих машин.

Продолжение

Наименование бумаги	Рабочая скорость v в м/мин	Удельный съем бумаги с общей поверхности отсасывающих ящиков S_{co} в кг/час
Бумага, вырабатываемая на самосъемочных бумагоделательных машинах		
Весом 20—25 г/м² (салфеточная, фруктовая)	До 100	200—300**
Весом 30—60 г/м² (афишная, билетная, спичечная и др.)	До 150	400—650
Санитарно-гигиенические на быстроходных машинах		500 и выше

ящикам это отношение может колебаться в пределах от 2 до 5-кратного.

При необходимости иметь резерв в мощности вакуум-насосов рассчитывают их, исходя из 5—10-кратного объема воздуха в мокровоздушной смеси. Необходимо иметь также резервный насос, который в любое время мог бы заменить насос, вышедший из строя или остановленный на ремонт.

Отсасывающие ящики являются весьма ответственной частью бумагоделательной машины. Успешная их работа во многом зависит от работы вакуум-насосов.

В практике наших проектных организаций принято определять производительность вакуум-насосов, пользуясь эмпирическим правилом, согласно которому на каждый метр ширины сетки и метр рабочей скорости бумагоделательной машины принимают от 14 до 18 л воздуха в минуту.

Работа и обслуживание отсасывающих ящиков

От работы отсасывающих ящиков в значительной мере зависит успешная работа всей бумагоделательной машины. Значительное количество обрывов бумажного полотна и брака в бумаге происходит из-за неисправной работы отсасывающих ящиков. Плохое обезвоживание бумажного полотна; дробление его на гауч-прессе, колебания в натяжении бумаги между сеткой и первым прессом часто происходят по вине отсасывающих ящиков. Неудовлетворительное обезвоживание бумаги на ящиках не только приводит иногда к обрывам полотна бумаги, но и служит причиной загрязнения чулков гауч-пресса и прессовых сукон, вызывая появление брака в бумаге. Поэтому нужно следить, чтобы все отсасывающие ящики работали бесперебойно и полотно бумаги выходило после них достаточно сухим.

Основным в работе и настройке ящиков является их сборка, строжка и установка во время очередной смены сетки. Очень важно, чтобы камера отсасывающего ящика была достаточно герметична и во время работы внутрь нее не засасывался воздух. Для этого деревянные бруски должны возможно плотнее лежать на стенках корпуса ящика. Для лучшего уплотнения их кладут на суконных прокладках с суриковой замазкой. Торцовые подвижные стенки ящика не должны иметь слишком широких прорезей, но вместе с тем они должны достаточно легко передвигаться при помощи винтов. Верхняя поверхность отсасывающих ящиков должна лежать в одной плоскости и должна быть хорошо выструганa. Правильность строжки ящиков и их установки на машине проверяют металлической линейкой, которую ставят ребром на каждый брусок: параллельно, перпендикулярно и по диагонали. Строжку отсасывающих ящиков выполняют опытные столяры, работу должен принимать мастер.

При пуске бумагоделательной машины после смены сетки следует уделять максимум внимания установке ящиков. Это достигается регулировкой положения ящиков по высоте и правильной установкой боковых перегородок ящиков по ширине формата бумаги. Это необходимо для устранения нежелательных засосов воздуха. Боковые перегородки ящиков устанавливают так, чтобы кромки бумажного полотна на сетке шли сырыми.

Необходимо иметь один отсасывающий ящик в резерве для того, чтобы можно было своевременно менять изношенные крышки и производить необходимый ремонт ящиков.

Отсос на отсасывающих ящиках регулируют путем постепенного повышения вакуума от первого ящика к последнему с тем, чтобы «зеркало залива» кончалось примерно в середине всех отсасывающих ящиков или даже несколько раньше. Совершенно недопустимо, особенно при наличии обычного гауч-пресса, держать залив до последнего ящика, так как в случае прохода сырого полотна бумаги под гауч-пресс оно будет неизбежно раздавлено и может произойти обрыв бумажного полотна.

Для контроля за работой ящиков необходимо иметь вакуумметры на каждом ящике.

Другие конструкции отсасывающих ящиков

Уже указывалось, что трение сетки о неподвижные ящики служит одной из главных причин износа сетки. Вполне естественно поэтому стремление уменьшить это трение путем создания конструкции вращающихся ящиков или ящиков с подвижной верхней крышкой.

Известно несколько конструкций вращающихся ящиков, однако ни одна из них не получила распространения ввиду сложности выполнения.

В последнее время появилась конструкция ящиков с подвижным перфорированным ремнем, движущимся по роликам между поверхностью неподвижных ящиков и сеткой. Подобная конструкция (ротобелт Эванса) представлена на рис. 114. Установка состоит из трех отсасывающих ящиков, укрепленных неподвижно под сеткой. По верхней поверхности ящиков, непосредственно под сеткой и со скоростью последней движется бесконечная желобчатая и перфорированная резиновая лента, приводимая в движение трением от сетки. С обеих сторон ящиков расположены направляющие валики, огибая которые, лента возвращается обратно. Таким

Рис. 114. Ротобелт Эванса:
1 — отсасывающий ящик; *2* — труба; *3* — бесконечный резиновый ремень; *4* — валики; *5* — сетка

образом, в этой конструкции трение сетки о поверхность ящиков исключается и заменяется трением резиновой ленты о ящики.

Систему ротобельт Эванса обычно устанавливают во второй половине отсасывающих ящиков машины там, где бумажное полотно идет более сухим и где требуется более высокое разрежение для обезвоживания. Как показывает практика, срок службы сеток при этом значительно повышается.

ГАУЧ-ПРЕСС

После отсасывающих ящиков бумага содержит еще сравнительно много влаги (88—92%) и потому не обладает достаточной прочностью, которая необходима для того, чтобы передать ее с сетки в прессовую часть машины. Поэтому сетку заставляют пройти вместе с бумажным полотном через гауч-пресс, после чего сухость бумаги возрастает до 15—20%. Подробные данные о сухости бумажного полотна после гауч-пресса для разных видов бумаги приведены в табл. 39.

Таким образом, гауч-пресс завершает операцию формования и обезвоживания бумажного листа на сетке бумагоделательной машины.

Различают обычный и отсасывающий гауч-пресс. Последний появился значительно позже первого и теперь находит широкое применение.

Обычный гауч-пресс

Обычный гауч-пресс (рис. 115) состоит из двух валов, из которых нижний лежит в неподвижных стойках, а верхний, обычно несколько большего диаметра, закреплен своими подшипниками в подвижных рычагах, допускающих перемещение верхнего вала и его присадку

Рис. 115. Обычный гауч-пресс:

1 — нижний вал гауча; *2* — стойка нижнего вала; *3* — съемная стойка; *4* — верхний вал гауча; *5* — рычаги верхнего вала; *6* — грузы для увеличения давления между валами; *7* — маховичок для подъема верхнего вала; *8* — винт с рукояткой для перемещения верхнего вала; *9* — спрыск для промывки чулка; *10* — круглая щетка; *11* — механизм для опускания и подъема щетки; *12* — шаберный валик; *13* — шабер; *14* — грузы для вывешивания шаберного валика; *15* — сетка

к нижнему валу посредством рычажно-грузовой системы или поршня, приводимого в действие сжатым воздухом. Обычно давление прессования регулируется в пределах 15—20 кг/см.

Нижний вал гауч-пресса, называемый также головным, приводится в движение от привода. Верхний вал, а вместе с ним и сетка приводятся в движение от нижнего вала за счет трения. Нижний вал изготовляют из массивной чугунной трубы со стенкой толщиной от 40 до 110 мм, в которую запрессованы с торцов стальные цапфы. Сверху вал покрыт медной рубашкой толщиной 4—[illegible] мм или облицован твердой резиной толщиной 15—20 мм. Верхний вал более легкий, чем нижний. Толщина стенки его не превышает 40 мм. Он также облицован медной рубашкой и для более эластичного отжима на него надевают шерстяной чулок из плотной ткани.

Длина валов на 80—100 мм больше ширины сетки, диаметр же нижнего вала можно ориентировочно подсчитать по формуле:

$$D = K \cdot S + 220 \text{ мм}, \qquad (77)$$

где:

K — коэффициент берется равным 0,1 при ширине сетки до 3 м и 0,11 при ширине сетки свыше 3 м;

S — ширина сетки в мм.

Диаметр верхнего вала бывает больше нижнего на 100 мм и выше.

Чтобы сделать отжим постепенным и не раздавить еще слабое полотно бумаги, верхний вал смещают по отношению к нижнему в сторону отсасывающих ящиков на 150—250 мм.

Избыток влаги, остающейся в ткани чулка, а также загрязнения от волокон, клея и наполнителей должны непрерывно удаляться и чулок должен поддерживаться при работе достаточно сухим и чистым. Эти операции выполняются щеткой, водяным спрыском и отжимным валиком (валик Киттнера). Все они монтируются на рычагах верхнего вала и располагаются на верхнем валу.

Неподвижная плоская или вращающаяся круглая щетка непрерывно очищает чулок от приставших к нему волокон и прочих загрязнений. Водяной спрыск промывает ткань чулка, а резиновый валик отжимает ее досуха.

Отжимной валик изготовляют из чугунной трубы с толщиной стенки 18—45 мм и облицовывают мягкой резиной твердостью 75—95 пунктов по Пуссей-Джонсу. Валик с абжают шабером, под который подвешивают корыто. В случае прилипания бумажного полотна к чулку приставшая масса передается на отжимной валик и счищается с последнего в корыто, чем в значительной степени предотвращается повреждение сетки. Отжимной валик имеет присадочное приспособление в виде пружин или рычагов с грузами, при помощи которых можно регулировать степень прижима валика к верхнему гауч-валу.

Оба вала гауч-пресса шлифуются цилиндрически без всякой бомбировки, отжимному же валику придается бомбировка (выпуклость посередине), чтобы компенсировать прогиб его при прижиме к верхнему валу.

Чулки и их эксплуатация

Чулки, или маншоны, как их еще называют, надеваемые на верхний вал гауч-пресса, изготовляют из доброкачественной шерсти в виде бесконечных рукавов и надевают на вал «чулком», отсюда и их название.

Различают чулки тканые и валяные. Первые изготовляют на ткацком станке, затем сращивают и ворсуют с поверхности. Во втором случае чулок изготовляют путем валки. Однако

и в этом случае для придания прочности основной каркас чулка делают тканым. Тканые чулки имеют вес около 3,5—3,8 кг/м², они обладают высокой прочностью, но служат недолго, обычно не дольше месяца, и снимают их потому, что ворс с поверхности ткани вынашивается и ткань становится грубой. Это приводит к образованию брака на машине и излишним обрывам бумаги под сетку. Поэтому чулок приходится менять, несмотря на то, что ткань его еще достаточно толста.

Валяные чулки работают значительно дольше, до 3 и даже до 4 месяцев. Несмотря на износ, ткань валяного чулка сохраняет свою структуру и мягкость при длительной работе, чем они выгодно отличаются от тканых чулков.

Перед надеванием на вал чулок предварительно растягивают на растяжном станке, так называемых «пялах», на 3—4 см больше окружности вала. Валяный чулок сразу после растяжки можно надевать на вал, тканый же чулок быстро «садится» после снятия с пял. Поэтому его растягивают за 2—3 дня до надевания на машину или даже значительно раньше, в растянутом состоянии замачивают водой и, оставляя на пялах, дают высохнуть. После этого чулок можно снять с пял и хранить в сухом месте без опасения, что он приобретет усадку.

Надетый на вал чулок замачивают горячей (кипящей) водой, после чего чулок плотно садится на валу. Замачивание рекомендуется производить от середины вала к краям, чтобы воздух мог выйти из-под ткани наружу.

Изготовляют также чулки, которые не нужно предварительно растягивать и можно сразу надевать на вал. После замочки горячей водой они плотно садятся на валу.

Надетый на вал чулок закрепляют на торцах, сшивая веревкой или прибивая гвоздями к деревянным кружкам, надеваемым на шейки вала. Лучший способ крепления чулка — торцовыми зажимами в виде колец, которые входят в паз боковых стенок вала и зажимают ткань чулка.

При растяжке тканого чулка без предварительной замочки и высушивания он настолько быстро «садится» после снятия с пял, что его часто не успевают надеть на вал и он застревает на полпути. Это причиняет много хлопот и вызывает излишний простой бумагоделательной машины, так как приходится прибегать к очень трудоемкой работе снятия или надевания чулка при помощи деревянных клиньев.

Излишняя растяжка вредна, так как такой чулок плохо садится на валу и при последующей работе будет проворачиваться, что может привести к образованию закатышей из шерсти внутри чулка и к отставанию ткани чулка от корпуса вала. Для предотвращения образования закатышей прибегают иногда к опаливанию ворса с внутренней поверхности чулка. При сильной вытяжке и несвоевременной перешивке чулка возможно попадание волокон вместе

с отжимаемой водой под ткань чулка, что также служит причиной образования закатышей под тканью. В этом отношении более надежным является крепление чулка с торцов деревянными торцовыми кружками или торцовыми зажимами, при которых попадание волокон внутрь чулка исключается.

Скопления волокон шерсти или бумажной массы в виде закатышей под тканью — крайне нежелательное явление, так как при этом сильно ухудшается работа чулка, возникают обрывы бумажного полотна, а также появляется брак в бумаге в виде «давленых» пятен.

Для устранения образовавшихся закатышей можно расшить с одной стороны чулок и направить с противоположной стороны под ткань чулка струю воды из шланга. После вымывки волокон, скопившихся под чулком, необходимо снова перешить чулок.

Даже при хорошей посадке всегда имеет место небольшое провертывание чулка на валу при его работе. Проворачивание чулка увеличивается с уменьшением степени запрессовки вала, а также при более слабой посадке чулка на валу.

Слабая посадка на валу и неравномерная его запрессовка по сторонам приводит часто к искривлению ткани и может вызвать сползание чулка в сторону, при этом рвутся торцовые крепления и обнажается вал.

Причинами сползания чулка в сторону, кроме отмеченного выше, может быть неправильное положение верхнего вала по отношению к нижнему (перекос). Чтобы выровнять ткань чулка, необходимо затормозить сторону, которая идет вперед. Торможение чулка производится более сильным нажатием отжимного валика, либо более сильной запрессовкой гауч-пресса с этой стороны. Если же этот прием не дает результатов, то приходится прибегать к смещению одного конца верхнего вала по отношению к нижнему для устранения перекоса валов. Верхний гауч-вал смещают очень осторожно на 2—3 мм, руководствуясь правилом, согласно которому нижний вал гауч-пресса является как бы правительным валиком по отношению к верхнему валу, а следовательно, и к чулку. Так как верхний вал сместиться не может, то смещается чулок. Это средство является весьма сильным и к нему без нужды прибегать не следует. Чрезмерный перекос валов может повредить сетку, так как быстрое смещение чулка на сторону может вызвать перекос ткани чулка и образование на нем морщин, которые неизбежно передадутся сетке.

При описанных выше неполадках с чулком желательна проверка параллельности валов гауч-пресса. Такая проверка может быть проведена по отвесам, опущенным из центров обоих валов с обеих сторон, либо путем накладывания металлических линеек ребром на боковую поверхность обоих валов так, чтобы они образовали тупой угол в центре над верхним валом. По величине несовпадения линеек можно судить о величине перекоса и о характере смещения

валов. Первый метод более кропотлив, чем второй, который может быть выполнен в очень короткий срок.

Гауч-пресс требует внимательного обслуживания и зачастую может служить причиной обрывов, образования дефектов в бумаге и даже повреждения сетки.

Основным условием надежной работы гауч-пресса является хорошая работа отсасывающих ящиков бумагоделательной машины, достаточная сухость бумажного полотна после ящиков и отсутствие поступления сырой бумаги под гауч-пресс, что неизбежно вызывает «дробление» бумажного полотна и его обрыв. Поступление сырой бумаги вызывает загрязнение ткани чулка волокном и может послужить причиной «взятия на чулок» бумажного полотна, а это уже грозит повреждением сетке.

Вторым условием надежной работы гауч-пресса является хорошее состояние чулка, его чистота, мягкость и хороший отжим от воды. Очень важно, чтобы чулок хорошо отжимался, так как сырой чулок плохо прессует бумажное полотно, раздавливает его и сам быстро загрязняется.

Третьим условием надежной работы гауч-пресса является хорошая посадка чулка на валу, отсутствие перекосов ткани и закатышей на валу.

Сразу после надевания на машину новые чулки, особенно тканые, не могут работать с нормальной нагрузкой. Обладая длинным ворсом, они быстро загрязняются, так как волокна прилипают к ним. По этой причине при работе на новых тканых чулках приходится уменьшать рабочую скорость машины и снижать давление прессования. Для ускорения периода обкатки новых чулков практикуют иногда заклейку ворса канифольным молочком и каолином, а также предварительную обкатку чулка на машине без бумаги с сильной допрессовкой в течение 20—30 минут. Такой прием позволяет сразу пустить машину на большую скорость. Валяные чулки такой обкатки обычно не требуют.

Для промывки загрязнившегося чулка используют горячую воду с добавкой кальцинированной соды. Применение каустической соды исключается, так как щелочь вредно действует на шерсть.

Отсасывающий гауч-вал

Идея замены гауч-пресса отсасывающим валом возникла еще в конце прошлого столетия, но практически осуществить ее удалось только в 1908 г., когда была разработана конструкция вала Миль- (Германия). Широкое же внедрение отсасывающих гауч-валов продолжалось только двадцать лет спустя. Теперь мы можем с полной уверенностью отметить, что замена обычного гауч-пресса отсасывающим валом явилась одним из значительных усовершенствований бумагоделательной машины, которое позволило резко повысить скорость машины.

Уже при скорости свыше 150 м/мин работа бумагоделательной машины с обычным гауч-прессом становится очень затруднительной из-за неполадок с гауч-прессом и малой сухости бумажного полотна, выходящего с сетки, вследствие чего количество обрывов полотна на машине растет.

Введение отсасывающих валов и применение высокого вакуума (до 400—600 мм рт. ст.) позволило значительно увеличить сухость бумаги при выходе ее с сеточного стола при высоких скоростях, сократить обрывы бумаги и резко улучшить работу машины. Все затруднения, вызываемые ранее неполадками с чулком, отпали. Срок службы сеток повысился.

Первое время при внедрении отсасывающих гауч-валов недооценивали значение вакуума и снабжали установки маломощными вакуум-насосами. В результате этого степень обезвоживания бумажного полотна была недостаточной и валы работали неудовлетворительно. В этом заключалась одна из главных причин первоначального неуспеха валов Мильспо.

В настоящее время отсасывающие гауч-валы широко применяются не только на быстроходных, но и на тихоходных бумагоделательных машинах, вырабатывающих самые разнообразные виды бумаги, вплоть до тончайших конденсаторных из массы очень жирного помола. Большие преимущества дает отсасывающий гауч-вал по сравнению с обычным при выработке толстых видов бумаги и бумаги из массы жирного помола, так как опасность раздавливания бумаги здесь полностью исключается.

Отрицательным моментом является более высокий расход энергии. Другим недостатком отсасывающих валов является забивание отверстий вала волокном и частицами наполнителя, что может вызвать брак, а также образование теневой маркировки при выработке бумаги, окрашенной минеральными красителями.

Эти недостатки незначительны по сравнению с преимуществами, которые дает отсасывающий вал. Из них отметим:

улучшение обезвоживания бумажного полотна в смысле равномерности и большей сухости бумаги, что дает возможность повысить скорость машины;

сокращение брака при выработке бумаги в результате ликвидации дробления, обрывов и т. п.;

снижение аварий и удлинение срока службы сетки из-за отсутствия чулка;

простота обслуживания.

По конструкции отсасывающие гауч-валы бывают двух основных типов: к а м е р н ы е и я ч е й к о в ы е.

Отсасывающие гауч-валы с вакуум-камерой

К этому типу относятся отсасывающие валы с одной, двумя и тремя камерами. Наиболее старой является конструкция Мильспо с одной камерой и отсасывающий гауч-вал Беллойт консольного типа.

Отсасывающий гауч-вал камерного типа представляет собой перфорированную трубу из бронзы со стенкой толщиной от 25 до 40 мм, в которую вставлена чугунная неподвижная камера шириной от 180 до 230 мм. Диаметр вала у малых машин при наличии одной камеры составляет 600—800 мм, у широких машин — 900—1100 мм, а у современных быстроходных машин при наличии двух и трех камер диаметр вала достигает 1500 мм.

Длина трубы вала должна быть больше ширины сетки по крайней мере на 200 мм, длину же сверленой части вала изготовляют по ширине сетки или делают несколько уже ширины сетки.

Отверстия вала имеют диаметр 7—8 мм; с целью увеличения площади отсоса и устранения маркировки бумаги эти отверстия увеличивают снаружи зенковкой до диаметра 13—14 мм. Их располагают по спирали, чтобы уменьшить износ уплотнений. Расстояния между ними по оси вала 16,3 мм, по окружности вала 14,2 мм.

В конструкции вала Мильспо камера прижимается к внутренней вращающейся стенке вала при помощи массивных пружин и установочных винтов (рис. 116). Корпус камеры чугунный, боковые же стенки камеры в местах соприкосновения их с валом для лучшего уплотнения выполняют из специальной резины, прорезиненной ткани или текстолита.

Рис. 116. Отсасывающий гауч-вал Мильспо:

а — схема отсасывающего вала; *б* — схема расположения отверстий в рубашке вала; *1* — неподвижная вакуум-камера; *2* — вращающаяся рубашка вала; *3* — отверстия в рубашке

У современных отсасывающих валов уплотнения камеры прижимаются к внутренней стенке вала пневматически при помощи надувных шин. С целью создания большей герметичности уплотнений и снижения трения внутри вала устанавливают водяной спрыск. С торцов камеры располагаются подвижные перегородки — декели, ограничивающие камеру по ширине бумаги. Камера может поворачиваться внутри вала на некоторый угол, что необходимо для

установки ее в оптимальное положение. Вакуум-камера соединяется со всасывающим трубопроводом мощного вакуум-насоса посредством армированного рукава.

Отсасывающий вал типа Беллойт (рис. 117) отличается от описанного вала тем, что он является валом консольного типа и при удалении передней стойки может удерживаться в горизонтальном положении специальным устройством, нажимающим на удлиненную шейку вала с приводной стороны. Это создает удобство при смене сетки.

Рис. 117. Отсасывающий вал консольного типа:

а — продольный разрез; *б* — поперечный разрез; *1* — стойка вала с приводной стороны; *2* — удлиненная приводная цапфа вала; *3* — подшипник вала; *4* — подшипник отсасывающей камеры; *5* — крышка с цапфой вала; *6* — рубашка вала; *7* — хвостовик отсасывающей камеры; *8* — уплотнения камеры; *9* — лицевая крышка вала; *10* — подшипник вала; *11* — воздуховод для пневматического прижима камеры; *12* — съемное звено стойки, являющейся и воздуховодом; *13* — отсасывающая камера; *14* — ролики для выкатки камеры; *15* — продольные уплотнения камеры

Вакуум-камера вала Беллойт опирается на подшипник качения, расположенный внутри приводной цапфы, и закрепляется на станине с лицевой стороны вала. Бронзовый корпус вала вращается в роликовых подшипниках, из которых приводной установлен на стойке, а лицевой укреплен на шейке вакуум-камеры. Для удобства установки и передвижения камеры внутри вала она снабжена опорным роликом. Привод вала осуществляется через редуктор, расположенный с приводной стороны вала.

Валы консольного типа получили широкое распространение в силу ряда преимуществ, которые они имеют перед другими. Валы аналогичной конструкции выпускаются нашими отечественными заводами и многими иностранными фирмами.

Для лучшего уплотнения бумаги над вакуум-камерой отсасывающего вала часто устанавливают отжимной валик диаметром 300—500 мм, изготовляемый из алюминиевой трубы и облицованный очень мягкой резиной (твердостью 200—225 пунктов по Пуссей-Джонсу). Подъем и опускание валика на современных машинах

производится пневматически действующим поршнем. Для очистки поверхности валика от приставшего волокна над валиком устанавливается постоянный или вибрирующий спрыск с малым расходом воды. Несмотря на непрерывное орошение валика водой, сухость бумажного полотна не только не уменьшается, но даже несколько увеличивается. Кроме того, бумажное полотно так же, как и случайные комочки массы, уплотняется, вакуум возрастает на 25—80 мм рт. ст. и обрывы бумаги сокращаются. Давление отжимного валика на бумажное полотно составляет около 1 кг/см.

Вакуум в камере отсасывающего гауч-вала поддерживается различным в зависимости от вида вырабатываемой бумаги и скорости машины. Так, при выработке бумаги из массы жирного помола на тихоходных машинах (жиронепроницаемые, конденсаторные бумаги и пр.) вакуум составляет 250—300 мм рт. ст.; при изготовлении чисто целлюлозных бумаг со средним и невысоким помолом массы — 300—400 мм рт. ст.; при выработке бумаги с большим содержанием древесной массы на быстроходных машинах — 400—500 мм рт. ст., а при выпуске газетной и крафт-бумаги на быстроходных машинах вакуум достигает 550 и даже 600 мм рт. ст.

Однако повышение вакуума выше 500 мм рт. ст. вызывает резкое увеличение мощности, потребляемой вакуум-насосами. Поэтому на современных быстроходных бумагоделательных машинах прибегают к установке двухкамерных валов, что дает возможность снизить вакуум в первой по ходу бумаги камере до 380—400 мм рт. ст.

Более значительное снижение вакуума удалось достигнуть при использовании вакуум-пересасывающих устройств на современных машинах.

Производительность вакуум-насосов можно подсчитать, исходя из количества воды, удаляемой гауч-валом, и содержания воздуха в мокровоздушной смеси. Ориентировочно можно принять, что количество воздуха в мокровоздушной смеси составляет: при выработке бумаги из массы жирного помола 100—200-кратное по отношению к воде; при изготовлении целлюлозных видов бумаги из массы невысокой степени помола на средних скоростях 200—300-кратное; при выработке бумаги с древесной массой в композиции на быстроходных машинах 300—400-кратное.

По данным НИИБуммаша, на каждый метр ширины сетки и 1 м скорости бумагоделательной машины следует принимать объем удаляемого воздуха для машин со скоростью ниже 300 м/мин — 45—50 л/мин, а для быстроходных машин со скоростью выше 300 м/мин — 50—60 л/мин.

В качестве воздушных насосов для создания вакуума в камере отсасывающих валов применяют водокольцевые насосы, которые выпускаются различной производительности. Их можно устанавливать без водоотделителей, так как в мокровоздушной смеси содержится мало воды.

При эксплуатации отсасывающих гауч-валов обращают внимание на то, чтобы в камере поддерживался необходимый вакуум и чтобы отверстия рубашки вала оставались открытыми. Если вакуум в камере понизился и это не связано с понижением степени помола бумажной массы или понижением веса 1 м^2 бумаги, причину надо искать в неплотном прилегании камеры к валу, в наличии засосов воздуха через уплотнения камеры или в плохой работе самого вакуум-насоса. В целях профилактики рекомендуется один или два раза в год вскрыть вал, вынуть камеру, осмотреть и смазать подшипники, заменить негодные уплотнения, прочистить отверстия рубашки вала.

Чтобы поддерживать отверстия вала в чистоте, один или два раза в год их необходимо прочищать пробойником, во время же смены сетки рубашку вала нужно промывать под давлением 50—70 ат при помощи брандспойта. Для этой цели на фабрике нужно иметь передвижную установку, состоящую из насоса высокого давления и электродвигателя, смонтированного на тележке, которую можно подвезти к любой машине и включить в работу в нужном месте.

Для облегчения промывки отверстий рубашки гауч-вала в зарубежной практике применяется обработка вала специальными растворами патентованных химикатов, размягчающих отложения в ячейках вала и облегчающих их последующую промывку при помощи брандспойтов.

Понижение вакуума в отсасывающем гауч-вале влечет за собой ухудшение обезвоживания бумажного полотна и может вызвать излишние обрывы бумаги. Забивание отверстий вала массой вызывает прекращение обезвоживания в этих местах и может послужить причиной возникновения брака в бумаге.

Отсасывающие гауч-валы ячейкового типа

Наличие сравнительно узкой зоны отсоса у валов камерного типа, необходимость сильного прижима камеры с целью устранения засоса воздуха извне, что вызывает сильное трение и повышенный расход энергии на вращение вала, а также сравнительная сложность конструкции являются отрицательными факторами работы валов этого типа.

Этих недостатков лишены отсасывающие валы ячейкового типа. Они обладают большой зоной отсоса, требуют меньше энергии на вращение и более просты по своей конструкции.

В 1910 г. наш соотечественник В. Фисейский впервые разработал конструкцию ячейкового отсасывающего гауч-вала с торцовым отсосом. Однако его изобретение в царской России не было реализовано.

Первые гауч-валы ячейкового типа стали строить в Германии только в 1929 г.

Ячейковые отсасывающие валы выпускаются как с перфорированной рубашкой, так и щелевые. В первом случае более толстая, чем у камерных валов, бронзовая рубашка вала имеет в стенках продольные каналы, соединяющиеся с наружными отверстиями таких же размеров, как и у камерных валов. Во втором случае продольные ячейки в стенке вала соединяются с узкими щелями шириной 2 мм, расположенными параллельно оси вала. Фирма Банинг изготовляет ячейковый вал из чугунного корпуса и бронзовой рубашки со щелями. К торцовым стенкам вала с обеих сторон при помощи рычажно-грузовой системы прижимаются отсасывающие головки, соединенные армированными рукавами с трубопроводом вакуум-насоса. Имеющийся между торцовой стенкой вала и отсасывающей головкой зазор уплотняется гибким бандажом.

При вращении вала ячейки соединяются попеременно с торцовыми отсасывающими головками и в них возникает вакуум, под влиянием которого происходит удаление влаги из бумаги. Вода поступает в ячейки вала и выбрасывается из них центробежной силой при дальнейшем вращении вала.

Ячейковый вал фирмы Банинга изображен на рис. 118.

Отсасывающие гауч-валы ячейкового типа широко применяются при выработке технических видов бумаги на тихоходных машинах и на целлюлозных пресспатах. При работе на более высоких скоростях применяют

Рис. 118. Ячейковый отсасывающий гауч-вал (щелевой):

1 — чугунный пустотелый цилиндр; 2 — подшипники; 3 — бронзовые колосники; 4 — отсасывающая головка; 5 — отводящий патрубок

главным образом камерные валы, так как удаление воды из ячеек ячейкового вала при этом затруднено.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ОТСАСЫВАЮЩИХ ГАУЧ-ВАЛОВ

Для более эффективного проведения процесса обезвоживания бумажного полотна в гауч-прессе применяют двухкамерные и даже трехкамерные валы. В первой камере шириной 200—300 мм создают меньший вакуум (380—400 мм рт. ст.), а во второй, узкой камере шириной 100—180 мм более высокий вакуум (500—600 мм рт. ст.). Это дает возможность провести процесс обезвоживания более рационально с меньшей затратой энергии на вакуум-насосы. При установке двух камер требуются отсасывающие валы большего диаметра, в связи с чем на современных широких быстроходных машинах диаметр вала достигает 1500 мм.

Рис. 119. Схема двух- (*а*) и трех камерных (*б*) гауч-валов

При установке трех камер последняя, наиболее узкая из них, служит для осушки отверстий рубашки гауч-вала от воды. При работе машины на высоких скоростях вода, удаляемая из бумажного полотна под влиянием вакуума, не успевает попасть в камеру и выбрасывается затем из отверстий рубашки вала центробежной силой наружу. При этом вода может забрасываться в бумажное полотно или заноситься обратно в сетку, создавая брак в бумаге и даже обрывы бумажного полотна.

Третья, узкая, неуплотненная бумагой камера соединяется с эксгаустером высокого давления, который, засасывая с большой скоростью воздух через открытые отверстия вала, осушает их. Схематический чертеж двухкамерного и трехкамерного отсасывающих гауч-валов представлен на рис. 119.

ЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ ВАКУУМ-УСТАНОВКА НА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

В 1954 г. на одном из бумагоделательных предприятий в Швейцарии была смонтирована на крупной бумагоделательной машине централизованная установка для создания разрежения в отсасывающих ящиках, двухкамерном гауч-вале, в двух отсасывающих прес-

сах и в промывных головках сукномойки «Виккери». Схема такой установки показана на рис. 120.

Как показано на схеме, разрежение в системе производится при помощи многоступенчатой турбовоздуходувки, приводимой в движение от электродвигателя, через ускоряющий движение редуктор с числом оборотов 7000 в минуту. Каждый отсасывающий узел машины, соединенный с соответствующей ступенью турбовоздухо-

Рис. 120. Централизованная вакуум-установка для бумагоделательной машины:

1 — турбовоздуходувка; *2* — насос; *3* — сепаратор; *4* — капельный сепаратор; *5* — отсасывающие ящики; *6* — отсасывающий гауч-вал; *7* — отсасывающий пресс; *8* — сукномойка «Виккери»

дувки, снабжен цилиндрическим сепаратором для отделения воды от воздуха и, кроме того, на каждой воздушной линии перед турбовоздуходувкой стоит еще второй капельный сепаратор для окончательной очистки воздуха от капель воды и предотвращения заноса волокна и прочих загрязнений в турбовоздуходувку.

Установка проста в эксплуатации и надежна в работе. Экономия в энергии по сравнению с индивидуальными установками водокольцевых насосов, по данным Томана, составляет 58%.

Холодный и влажный воздух нагревается за счет сжатия в турбовоздуходувке с 15—16° до 160—165°, при этом относительная влажность его снижается до 1%. Нагретый воздух используется для обдувки сушильных сукон и для вентиляции. Таким образом, можно регенерировать до 70—80% тепла. Этот воздух отличается высокой чистотой и не требует дополнительной очистки, что очень важно для бумажного производства. Давление воздуха при выходе из турбовоздуходувки около 750 мм рт. ст.

В настоящее время такие установки работают уже на ряде бумагоделательных машин. На крупных машинах турбовоздуходувка может приводиться в движение непосредственно от паровой турбины без промежуточного редуктора.

СЕТКИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Сетка является наиболее ответственным рабочим органом бумагоделательной машины и, в частности, сеточного стола. Ее наряду с прессовыми и сушильными сукнами относят к одежде машины. Однако ее роль и значение далеко выходят из рамки одежды, играющей обычно вспомогательную роль. На сетке происходит непрерывное формование бумажного полотна из разбавленной волокнистой суспензии, обезвоживание его до сухости 15—20% и передача на последующие операции в прессовую часть машины. Таким образом, сетка является своеобразным конвейером, на котором непрерывно и автоматически, в строго определенной последовательности совершаются весьма важные операции бумажного производства, притом с большой скоростью. Достаточно напомнить, что современные машины работают на скоростях, достигающих 700 м/мин и выше. Наряду с этим сетка выполняет также функции приводного ремня, вращая все валики сеточной части и грудной вал. Сама же сетка получает движение от гауч-пресса.

Отсюда понятны те высокие требования, которые предъявляются к сеткам. Ткань сетки должна обладать хорошей водопропускной способностью и вместе с тем должна быть достаточно плотной. Она должна обладать такой структурой, чтобы волокна не уходили сквозь ячейки сетки, а полученный лист бумаги не имел заметной маркировки от проволок ткани. Наряду с этим ткань сетки должна быть достаточно прочной на разрыв и на изгиб, чтобы выдержать многократные перегибы, трение и растяжение, т. е. противостоять тем усилиям, которые испытывает сетка при своей работе на машине. Так как pH массы обычно находится в пределах 4,5—5,5, ткань сетки должна обладать стойкостью по отношению к слабым растворам кислот и не должна при этом подвергаться коррозии.

Сеточная ткань вырабатывается на металлоткацких станках, а затем спаивается или сращивается электросваркой в бесконечное полотно требуемых размеров. Продольные нити основы, воспринимающие основную нагрузку при натяжении и работе сетки, а также подвергающиеся трению и перегибам при движении по сеточному столу, изготовляются обычно из фосфористой бронзы и являются наиболее прочными и эластичными. Поперечные же проволоки утка́, расположенные внутри ткани и испытывающие меньшие напряжения, изготовляются из менее эластичной и менее прочной полутомпаковой проволоки (табл. 35). По существующему ГОСТ сетки, предназначающиеся для тихоходных бумагоделательных машин, изготовляются целиком из полутомпака.

Таблица 35

Сравнительная характеристика проволоки из фосфористой бронзы и полутомпака

Наименование показателей	Фосфористая бронза	Полутомпак
Химический состав проволоки		
Содержание в %;		
меди	92,5—93,7	80
олова	6—7	—
фосфора	0,3—0,4	—
цинка	—	20
Механические показатели проволоки		
Временное сопротивление разрыву в кг/мм²	43	34—40
Удлинение в %	45—58	32

Изготовление сеток

Производство металлических сеток для бумажной промышленности было организовано в СССР в 1921 г. В царской России сетки не вырабатывали, их привозили из-за границы, главным образом из Франции и Германии.

Изготовление металлических сеток производится следующим образом. Поступающая на завод проволока из фосфористой бронзы толщиной 2,6—3,4 мм, а также полутомпаковая «катанка» толщиной 7,2 мм подвергаются многократному волочению на специальных станках с целью получения тонкой проволоки необходимых размеров.

Перед протяжкой проволока каждый раз подвергается отжигу в электрических печах, а затем протравке в растворе серной кислоты. Протяжка тонкой полутомпаковой проволоки производится через победитовые, а фосфористо-бронзовой проволоки через алмазные фильеры.

Готовая проволока направляется на ткацкие станки для изготовления из нее металлической ткани. Затем ткань разрезают на куски в соответствии с размерами изготовляемых сеток.

Раньше сетки сшивали вручную, теперь же это делается при помощи электропайки или электросварки. Так называемый электропаяный шов изготовляется следующим образом. Оба конца сетки отрезают, а крайние уточные нити удаляют; в один из концов сетки закладывают проволоку, покрытую тонким слоем серебряного припоя. Затем оба конца сетки сводят вместе и выполняют так называемую «стыковку», далее специальным электроаппаратом расплавляют припой на припойной нити по всей ширине сетки,

при этом концы основных нитей прочно спаиваются и образуется ровный шов с такой же фильтрующей способностью, как и полотно сетки. Получаемый при этом шов отличается прочностью и тонкостью исполнения.

Изготовленная тем или иным способом бесконечная сетка подвергается растяжке на специальной машине, на которой сетка выравнивается и доводится до нужных размеров по длине. После этого сетку осматривают, свертывают на три скалки и упаковывают в деревянный ящик.

Характеристика сеток

В соответствии с назначением сетки изготовляются различных номеров и типов ткани. Номер ткани характеризует плотность и частоту расположения проволок. Он определяется числом про-

Рис. 121. Виды ткани сетки:
а — простая; *б* — двойная; *в* — тройная; *г* — крученая; *д* — полусаржевая

волок основы, приходящихся на 1 пог. дюйм (или на 1 пог. см). Обычно сетки, применяемые на бумагоделательных машинах, имеют номер в пределах от 40 до 100 (от 16 до 40 в метрической системе).

По типу ткани различают сетки: одинарные, двойные, тройные и крученые. Ткань одинарных сеток имеет основу, состоящую из отдельных проволок. У двойных сеток каждая прядь основы состоит из пары нескрученных проволок, у тройных из трех нескрученных проволок, а у крученых сеток из 3—7 тонких проволочек, скрученных в канатик (рис. 121).

Плотность ткани по утку делается обычно меньше, чем по основе; так, у одинарных сеток она меньше на 20%. Таким образом, ячейки ткани имеют несколько вытянутую по ходу сетки форму с отношением сторон 5 : 4.

Таблица 36

Сравнительные данные прочности одинарных сеток из фосфористой бронзы и полутомпака

№ сетки	Сопротивление разрыву сетки в кг/см	
	из фосфористой бронзы	из полутомпака
60	37,0	26,0
65	30,5	25,0
70	30,5	22,5
80	27,0	19,0

Таблица 37

Данные о выборе типа и номера сетки при выработке разных видов бумаги

Вид бумаги	Вес 1 м² в г/м²	№ сетки	Тип ткани
Тончайшая конденсаторная бумага	7—15	85/255	Тройная
	7—15	100/300	»
Тонкая бумага: папиросная, копировальная, основа для парафинирования и др.	14—28	60/180	»
		75/225	»
		80/240	»
		90 и 100	Одинарная
Легкая бумага лучшего качества и для самосъемочных машин . . .	30—60	70—80	»
Высокосортная бумага типа № 0 и 1 и технические виды бумаги типа кабельной, основы фотоподложки и др.	60—200	65—70	»
Массовые виды бумаги: газетная, писчая и печатная № 2 и 3, мундштучная, обойная, крафт-мешочная, обложечная и др.	50—200	60—65	»
Оберточная, упаковочная и др. . . .	90—200	40—60	Крученые и одинарные
Картон и целлюлозная папка . . .	300—1000	20—40	Крученые

Толщина проволоки — основы для одинарных сеток находится в пределах 0,13—0,30 мм, а живое сечение составляет от 23 до 44%. Живое сечение у тройных сеток примерно в полтора раза меньше, чем у одинарных. Прочность сеток на разрыв уменьшается с увеличением номера сетки (табл. 36). По этой причине во избежание образования морщин более тонкие сетки следует натягивать в меньшей степени, чем более толстые.

При выборе типа и номера сетки (табл. 37) следует учитывать вес 1 м² вырабатываемой бумаги, характер помола и требования, предъявляемые к поверхности бумаги. Чем мельче волокнистая масса и чем тоньше бумага, тем выше должен быть номер сетки, чтобы мелкие волоконца не уходили сквозь сетку. При выработке самых тонких видов бумаги с ровной поверхностью применяют двойные и тройные сетки. При выработке грубых видов бумаги с высоким весом 1 м² из относительно больших по размерам волокон больше заботятся о прочности ткани сетки, чем о возможной маркировке бумаги и потому выбирают низкие номера сеток, а иногда и крученые сетки. При выработке высокосортной бумаги выбирают более высокие номера ткани, так как заботятся об отсутствии маркировки бумаги.

Выбор ширины и длины сетки

Как уже указывалось, длина сетки зависит от скорости и производительности машины, а также свойств массы, подвергаемой обезвоживанию. Ширина сетки зависит от формата на накате и степени усадки бумаги в процессе ее прессования и сушки на машине.

Ориентировочные данные о длине сеток приведены в табл. 38.

Таблица 38

Данные о длине сеток

Тип бумагоделательной машины	Вид бумаги	Длина сеток в м
Самосъемочные машины	Тонкие садкого помола	12—16
Открытые столовые машины	Тонкие	16—20
То же	Конденсаторные	20—23
» »	Высокосортные	20—25
» »	Жиронепроницаемые	25—32
» »	Массовые виды бумаги при скорости до 300—400 м/мин	25—30
» »	Газетная бумага при скорости 400—750 м/мин	30—42
» »	Крафт-мешочная и оберточная бумага при скорости до 200 м/мин	25—30
» »	То же при скоростях от 200 до 600 м/мин	30—38
Длинносеточные картонные машины	Тарный картон при скорости до 400 м/мин	30—42

Сетки изготовляются по длине точно по заказу с допусками, не превышающими ±50 мм. При больших отклонениях от нормальной длины сетку трудно надеть на машину, так как возможности изменения длины сетки за счет передвижения натяжного валика очень ограничены.

Ширину сетки рассчитывают, исходя из обрезной ширины бумаги на накате, к которой прибавляют запас в ширине на обрезки, на усадку бумаги в сушильной и в мокрой частях машины, на отсечки, декели, свободное пространство за декелями и, наконец, на разбег сетки.

Наиболее приемлемы следующие показатели:

Ширина обрезков на станках в мм	20×2=40
Усадка бумаги на машине по ширине в зависимости от вида бумаги в %	от 1,5—2 до 12 и выше
Ширина отсечек на сетке в мм:	
при работе с декелями	20×2=40
при работе с неподвижными линейками	40×2=80
Ширина декелей в мм:	
при работе с подвижными декелями . .	80—100
при работе с неподвижными линейками	10
Ширина свободных кромок сетки за декелями в мм при работе с неподвижными линейками	20—40
Запас на разбег сетки в мм	20—30
Всего без припуска на усадку бумаги	около 200 мм

Припуск на усадку бумаги, в зависимости от ширины машины и типа бумаги, составляет от 50 до 200 мм, а в некоторых случаях даже выше. Таким образом, ширина сетки должна быть больше обрезной ширины бумаги на накате на 250—500 мм или в среднем на 300—400 мм.

Эксплуатация сетки

Надевание сетки. Сетки, надеваемые на бумагоделательную машину, не должны иметь ткацких дефектов, оттяжек и вмятин, так как все эти даже самые незначительные дефекты приводят к преждевременному износу и выводу сеток из строя, вследствие чего фабрика будет иметь ущерб из-за простоя и недовыработки бумаги.

При надевании сетки на машину особое внимание нужно уделить состоянию сетки после ее распаковки. Необходимо убедиться в том, что упаковка цела, не повреждена гвоздями от ящика и сетка не имеет поверхностных дефектов от упаковки.

Сетку обычно меняют тогда, когда ткань сетки изношена и не обеспечивает нормальной работы машины, что вызывает брак в бумаге и излишние внеплановые остановки машины для починки сетки. Целесообразно, однако, не доводить машину до такого

состояния и заранее наметить плановую остановку для смены сетки и ремонта. Старший мастер и начальник цеха всегда должны хорошо знать состояние сеток на машинах.

Простой такого крупного агрегата, как бумагоделательная машина, дорого обходится предприятию, поэтому смена сетки должна происходить организованно, чтобы не вызвать излишнего простоя. Обычно для смены сетки назначается две, а иногда и три бригады рабочих. К моменту остановки машины все приспособления, необходимые для смены сетки, должны быть подготовлены заранее. На малых машинах сетку часто меняют вручную, полностью разбирая сеточный стол. На средних и больших машинах эта операция облегчена применением выдвижного сеточного стола или надвижного приспособления, при которых сеточный стол не разбирается.

Смену сетки осуществляют в следующей последовательности. После остановки машины и споласкивания сеточного стола струей воды из шланга снимают старую сетку. Для этого ее ставят швом на нижний вал гауч-пресса и, сделав два надреза ножом, вырывают полоску сетки со швом. Далее, включив на тихий ход гауч-пресс и первый пресс, сматывают сетку на скалку, вращая ее по движущемуся сукну первого пресса.

После снятия старой сетки приступают к разборке сеточного стола и одновременно промывают все детали сеточного стола — подсеточную ванну, желоба и сливы. Все детали, находящиеся внутри сетки (регистровые валики, грудной вал, сетковедущие валики, отсасывающие ящики, желоба, сливы и спрыски), должны быть удалены.

Выдвижной сеточный стол не разбирают, а выдвигают на сторону специальным приспособлением, состоящим из массивных балок, которые установлены рядом с сеточной частью машины, и шестеренно-червячной передачи. Затем приступают к надеванию сетки. Для этого прежде всего сетку надевают на нижний вал гауч-пресса, или отсасывающий гауч-вал. На удлиненную цапфу нижнего вала надевают массивную железную трубу, на которую осторожно заводят сетку в виде петли. Затем при помощи крана или вручную приподнимают вал за конец трубы и, удалив стойку вместе с подшипником, надевают сетку на гауч-вал, после чего снова ставят убранную стойку и опускают на место гауч-вал.

При наличии отсасывающего гауч-вала консольного типа эта операция упрощается, так как нажатием домкрата на удлиненную шейку вала с приводной стороны он удерживается консольно, и стойку с рабочей стороны вала можно убрать, не прибегая к описанному выше приему.

При надевании сетки на больших машинах ее иногда растягивают на специальное приспособление и в таком виде заводят на отсасывающий гауч-вал, пользуясь краном или тележкой. Сетку, заведенную петлей на нижний гауч-вал, кладут смотанной частью

на сукно первого пресса и начинают постепенно разматывать, одновременно растягивая сетку в направлении грудного вала, вставив скалку в петлю сетки. Во время растяжки для поддержания сетки устанавливают несколько регистровых или специальных растяжных валиков. Размотав сетку и растянув ее до напорного ящика, заводят внутрь сетки грудной вал и ставят на свое место. На малых машинах это делается вручную, на больших же машинах — при помощи крана и тележки, передвигаемой по рельсам.

После установки грудного вала приступают к сборке сеточного стола: ставят на место желоба и сливы, затем регистровые валики, отсасывающие ящики, сетковедущие валики и спрыски. При наличии выдвижного стола его вновь осторожно задвигают на место.

После окончания сборки сеточного стола натягивают сетку и, проверив равномерность натяжения сторон, включают сетку на тихий ход и осматривают ее.

За время смены сетки отсасывающие ящики должны быть тщательно выструганы, проверены и промыты. Если при осмотре сетки будет обнаружен какой-либо дефект, необходимо принять меры к его устранению, чтобы он не послужил причиной преждевременного выхода сетки из строя. Масляные и грязные пятна, обнаруженные на сетке, нужно тщательно отмыть. Особое внимание уделяют шву, он должен быть строго параллелен отсасывающим ящикам. Если же шов изгибается, то сетка натянута неправильно по сторонам или неправильно установлены отдельные сетковедущие валики. Причину перекоса шва нужно найти и устранить.

При смене сетки нужно проявлять особую осторожность, чтобы не повредить ее ткани и, если вмятины на сетке все же образовались, их необходимо разгладить. При сборке сеточного стола регистровые валики следует ставить в свои старые места, так как иначе они могут оказаться не в одной плоскости и потребуется их регулировка. Особое внимание уделяется строжке и установке отсасывающих ящиков.

После осмотра сетки на тихом ходу машины и после того как установлено, что сетка находится в полной исправности, можно приступать к пуску машины.

Смена сетки при отсутствии механизации работ отнимает 4—6 часов, при наличии выдвижного сеточного стола на смену такой же сетки тратится 2—3 часа.

За последнее время стали применять так называемое «надвижное» приспособление для надевания сетки, при наличии которого сеточный стол, вывешенный консольно, остается на месте, сетка же растягивается на специальном растяжном устройстве, выдвигаемом из сеточного стола при помощи электродвигателя, и после растяжки на нем надвигается на сеточный стол (рис. 122). В настоящее время имеется несколько типов подобных устройств. Они дают возможность менять сетку на большой машине в очень короткий срок (около 1 часа) и при меньшем количестве рабочих.

Рис. 122. Надвижное устройство для смены сетки:
а — устройство для предварительной растяжки сетки; *б* — надевание сетки

Натяжение сетки. Натяжение сетки может осуществляться вручную или от электродвигателя при помощи одного или двух натяжных валиков, расположенных на нижней ветви сетки. Подшипники натяжных валиков могут передвигаться в вертикальных стойках посредством винтов.

Нормальным натяжением конструкторы считают 5 кг на 1 пог. см. Однако эту цифру следует рассматривать как максимальную для сеток № 60—70. Грубые сетки натягиваются сильнее, а более тонкие сетки, № 90—100, должны натягиваться значительно слабее во избежание повреждения ткани.

Степень натяжения сетки устанавливается опытным путем. При слишком слабом натяжении возможна пробуксовка отсасывающего вала и даже полная остановка сетки. Наряду с этим при слабом натяжении сетки под влиянием действия тряски, усиленного явлением резонанса, когда собственный период колебаний сетки совпадает с колебаниями тряски, могут возникнуть косые морщины. Слишком сильное натяжение также вредно, так как оно может привести к разрывам ткани или шва, особенно при наличии старой сетки. Тонкая же сетка при чрезмерном натяжении может образовать продольные складки.

Во время работы сетка немного вытягивается и провисает. Поэтому ее нужно время от времени натягивать. Показателем равномерного натяжения сетки по сторонам служит шов сетки. Он, как уже указывалось, должен быть строго параллелен отсасывающим ящикам, т. е. перпендикулярен продольной оси машины. Если одна сторона сетки отстает, то это свидетельствует о том, что она сильнее натянута и ее необходимо несколько ослабить.

Правка сетки. При своем движении сетка может сместиться в сторону. Это может вызвать повреждение кромки сетки, если она заденет за боковые стойки стола. Чтобы этого не случилось, сетка должна иметь устройство для регулирования ее движения в поперечном направлении. Таким устройством является правительный валик, который может управляться вручную или действовать автоматически.

В качестве правительного валика применяется обычный сетковедущий валик, устанавливаемый в подвижных подшипниках, которые перемещаются в горизонтальном направлении при помощи суппорта и ручного маховичка. У машин с обычным гауч-прессом правительный валик чаще всего устанавливается между отсасывающими ящиками и гауч-прессом в месте небольшого перелома сетки, у машин же с отсасывающим гауч-валом — на нижней ветви сетки.

Действие валика понятно из рассмотрения схемы, показанной на рис. 123. Если передвинуть один конец правительного валика A в положение A_1 против хода сетки, то он сместит сетку в направлении BB_1. Не трудно убедиться в том, что движение сетки будет направлено в противоположную сторону, если передвинуть конец валика по ходу сетки.

Таким образом, основное правило правки сетки, а также и сукна, можно сформулировать следующим образом: при перемещении одного конца правительного валика сетка пойдет в ту сторону, с которой она раньше достигнет правительного валика.

Рис. 123. Схема действия правительного валика

Во время правки сетки не рекомендуется быстро (рывками) перемещать конец правительного валика, так как это может вызвать появление морщин и складок, в особенности при работе с тонкой сеткой. Перемещать правительный валик следует осторожно, небольшими толчками, не больше, чем на один-два оборота винта за один прием.

В некоторых случаях перемещение правительного валика не влияет на ход сетки, и последняя продолжает смещаться в сторону. Причина этого может заключаться в конструкции шва и в образовании бороздок от проволоки основы на крышках отсасывающих ящиков. Чтобы заставить сетку двигаться в нужном направлении, прибегают к снижению или даже полному выключению вакуума в первых отсасывающих ящиках. Применяют также перекос некоторых из сетковедущих валиков в помощь правительному валику. Однако эти мероприятия нельзя признать удовлетворительными, так как выключение отдельных отсасывающих ящиков или снижение вакуума в них может привести к обрывам бумаги. Перекос же

сетковедущих валиков может вызвать резкое смещение сетки при выключении подачи массы. Правильнее принять меры к устранению бороздок на крышках отсасывающих ящиков. Это можно сделать путем придания вибрации ящикам или самой сетке. Если

Рис. 124. Механическая автоправка сетки:
1 — пластинка, ограничивающая смещение сетки; *2* — сетка; *3* — рычаги; *4* — вилка; *5* — собачка; *6* — храповик; *7* — винт; *8* — правительный валик

сетка в процессе работы смещается периодически в ту и другую сторону, то поверхность отсасывающих ящиков изнашивается равномернее и бороздки сглаживаются. Это наблюдается при автоматической правке сетки, когда сетка не стоит на одном месте.

На современных бумагоделательных машинах применяют автоматическую правку сетки — механическую, гидравлическую или пневматическую.

При механической автоправке (рис. 124) смещение подшипника правительного валика на суппорте производится при помощи храпового колеса, вращаемого от колеблющейся вилки, которая связана с эксцентриком правительного валика. Импульсом для передвижения вилки и включения ее для правого или левого вращения храпового колеса служит толчок набегающей кромки сетки на металлическую пластинку, установленную с одной стороны сетки. При смещении в сторону сетка своей кромкой нажимает

на пластинку и через систему рычажков включает вилку, вращающую храповое колесо. В свою очередь колесо вращает винт, на котором укреплен подшипник правительного валика и передвигает его согласно правилу правки сетки.

Гидравлический регулятор струйного типа состоит из водяного сопла с воронкой, жидкостного регулятора с масляным насосом и поршня, соединенного с правительным валиком.

Рис. 125. Пневматическая автоправка сетки

Водяное сопло устанавливается над кромкой сетки. Струя же воды, выходящая из сопла, улавливается вороночкой, которая расположена под кромкой сетки. От воронки идет трубка к мембране регулятора, соединенная с передвижным соплом, через которое посредством насоса прокачивается масло. Когда сетка перекрывает водяную струю, давление воды на мембрану снижается и наоборот. Это вызывает перемещение подвижного сопла регулятора, которое устанавливается против одного из двух отверстий, и насос нагнетает масло по соответствующей трубке к поршню, заставляя перемещаться подшипник правительного валика в нужном направлении.

Наиболее проста и надежна в работе пневматическая сеткоправка (рис. 125), применяемая на современных бумагоделательных машинах. Правительный валик в этой системе под-

ошен шарнирно к стойке и уравновешивается пружиной. Конец правительного валика передвигается посредством сжатого воздуха через мембрану. Импульсом для регулирования давления сжатого воздуха, подводимого к мембране, служит набегание кромки сетки на пластинку и отклонение последней от своего первоначального положения.

Аналогичные аппараты устанавливаются теперь также для правки мокрых и сушильных сукон.

Во всех системах автоматической правки сетка непрерывно совершает небольшие перемещения в ту и другую сторону. Это обстоятельство играет положительную роль, так как поверхность крышек отсасывающих ящиков срабатывается равномерно и бороздок от проволок сетки на них не образуется.

Очистка сетки. Во время работы ткань сетки может засоряться волокнами, клеящими и наполняющими веществами, а также гуминовыми веществами и минеральными солями, осаждающимися из воды, особенно в летнее время. Кроме того, на сетку может попасть смазочное масло и смола.

Забивание пор сетки приводит к тому, что в этом месте не будет происходить фильтрация воды, а следовательно не будет и нормального отложения волокон, вследствие чего в таких местах образуются светлые на просвет пятна или даже сквозные дыры. Особенно много хлопот причиняет смола, которая может выделиться на сетке в виде пятен вследствие коагуляции смолы из волокнистых материалов или из клея при неудачном его приготовлении.

Для очистки ткани сетки и поддержания ее в чистоте на нижней, обратной ветви сетки устанавливается несколько водяных спрысков с трубами диаметром 40—50 мм, в зависимости от ширины машины. Диаметр отверстий спрысков 1—2 мм. Первый от гауч-пресса спрыск устанавливается над гауч-мешалкой и служит также для смывки под сетку отсечек и бумажного полотна в период его обрывов.

Отверстия спрысков могут засоряться, а потому сеточник должен периодически прочищать их специальным «ершом». Плохой надзор за работой спрысков может привести к образованию брака в бумаге и даже к обрывам, что может случиться, например, при засорении шва сетки. Работа спрысков эффективна при очистке сетки от гуминовых и волокнистых загрязнений, но совсем не эффективна при загрязнениях сетки смолой и маслом.

Для чистки масляных пятен можно применять органические растворители: бензин, керосин, спирт, скипидар и др., а также раствор соды. Удаление масляных пятен с сетки не представляет какого-либо труда, однако для этого нужно остановить машину.

Значительно хуже обстоит дело с удалением смоляных пятен. Свежие смоляные пятна в некоторых случаях можно отмыть перечисленными выше растворителями, однако затвердевшие старые пятна таким образом удалить не удается. Поэтому прибегают к продувке сетки струей пара или выдавливанию пятен из ткани сетки

механическим путем при помощи мела, который втирают в ткань изнутри сетки.

Последний способ можно применять только на узких машинах. Продувка сетки паром из шланга весьма эффективна, но при этом необходимо следить, чтобы смола, сдуваемая паром с сетки, отводилась и не попала на обратную ветвь сетки.

Минеральные и гуминовые отложения из воды происходят обычно в теплое время года. Они иногда сплошь забивают ткань сетки, сильно снижают ее фильтрующую способность и приводят к образованию просвечивающих пятен в бумаге.

При сильном загрязнении сетки ее очищают серной кислотой. Эту операцию выполняют во время остановки машины. Готовят раствор серной кислоты концентрацией 15—20% и обрабатывают им сетку на медленном ходу машины. Наносить кислоту на ткань сетки можно путем орошения сетки кислотой из спрыска, для чего используется один из нижних спрысков, в который через воронку выливается кислота. Другой способ — обработка сетки кислотой при помощи валика из свинцового корыта, устанавливаемого под сеткой. Обработанная кислотой ткань сетки становится более гибкой и эластичной, так как минеральные и гуминовые загрязнения растворяются. На сетке остаются только смоляные пятна.

Износ и повреждение сетки. При нормальной работе сетки изнашивается только проволока основы, которая движется своей поверхностью по валикам и отсасывающим ящикам, испытывая значительное трение и подвергаясь изгибающим действиям. Проволока же утка, находящаяся внутри ткани, непосредственно трения не испытывает и износу обычно не подвергается.

Износ проволоки основы нижней поверхности ткани может достигать 50% по диаметру проволоки. При более сильном износе отдельные проволоки основы начинают ломаться, отчего происходят прорывы ткани сетки и трещины. Чаще всего такие прорывы получаются на дефектах ткани или вмятинах. Там, где проволоки основы подвергаются более сильному истирающему действию, они быстрее переламываются и выкрашиваются.

Срок службы сеток различен. Он зависит от типа применяемой сетки, скорости бумагоделательной машины, конструктивных особенностей сеточного стола и режима работы машины. На быстроходных машинах срок службы сеток составляет только 10—15 дней, для машин, работающих на средних скоростях,— 20—30 дней, а для тихоходных машин — около месяца и выше. Эти цифры следует рассматривать как ориентировочные, так как они не учитывают других факторов, кроме скорости. Средний срок службы сеток в летнее время меньше, чем в зимнее, на 10—20%. Это связано с понижением вязкости воды и увеличением трения сетки в более теплое время года, а также, по-видимому, с большей активностью кислой среды при повышении температуры. Имеет значение и большее загрязнение ткани сетки в летнее время гуми-

новыми веществами, солями жесткости воды и смолой. Износ сетки различен в зависимости от типа сетки — ее длины, номера и вида ткани. Тонкие сетки изнашиваются быстрее, чем более грубые, так же как и короткие сетки по сравнению с более длинными. Обычные сетки с миткалевой тканью меньше работают, чем сетки с полусаржевой тканью. Испытания, проведенные на отечественных предприятиях, показали, что сетки с полусаржевым плетением имеют увеличенный срок службы по сравнению с обычными в 1,5—2 раза.

Из конструктивных особенностей сеточного стола имеет большое значение материал крышек отсасывающих ящиков и состояние их поверхности, так как от этих факторов зависит коэффициент трения сетки о ящики, о чем уже указывалось выше. Для снижения износа сетки следует хорошо очищать бумажную массу от песка.

Из элементов режима работы машины на износ сетки наибольшее влияние оказывает величина разрежения, применяемого в отсасывающих ящиках, так как трение растет прямо пропорционально разрежению. Однако степень обезвоживания бумажной массы на отсасывающих ящиках повышается при этом значительно медленнее. Поэтому целесообразно работать при относительно невысоком разрежении в отсасывающих ящиках. Вредное влияние на износ сетки оказывает также и чрезмерное натяжение последней.

Дефекты сетки. Очень часто сетки изнашиваются преждевременно. Причинами этого являются механические повреждения сетки, получившиеся во время работы или при надевании сетки, а также заводские дефекты ткани. К механическим повреждениям сетки относятся вмятины, отверстия, высыпки, трещины, морщины и складки на ткани сетки. К заводским дефектам относятся ткацкие дефекты («заработанная» нитка, пропуски и т. п.), дефекты шва и дефекты, полученные в результате плохой упаковки сетки.

Вмятины появляются в результате повреждения сетки при ее надевании или работе, а также из-за попадания на сетку посторонних твердых предметов (щепок, крупных сучков из массы, окалины, штукатурки и др.).

Крупные вмятины (оттяжки) на ткани сетки в виде пузыря образуются при прохождении через сетковедущие валики или через валы гауч-пресса крупных комков массы. Каждую вмятину или морщину, замеченную на сетке, следует разгладить приспособлением в виде плоской пластинки из слоновой кости или пластмассы. При исправлении вмятины следует осадить возвышающиеся и поднять углубившиеся места ткани.

При крупных вмятинах сетки, когда проволока ткани вытянулась, приходится прибегать к частичной обработке ткани крепкой серной кислотой (концентрации 15—20%) и последующей вытяжке сетки. Для этого кислоту наносят щеткой через всю ширину сетки против «оттяжки» и через 1—2 минуты после смывки кислоты

ставят сетку обработанным местом на натяжной валик и сильно натягивают. Эластичная ткань сетки после обработки кислотой вытягивается и вмятина уменьшается. В своей практической работе автор не раз с успехом применял описанный метод.

Если вмятины не будут своевременно разглажены, то проволока основы на выступающих местах быстро перетрется, вывалится и образует «высыпку» — отверстие на сетке, у которого, однако, сохранились еще проволоки утка. Если же нарушены и проволоки утка, то образуется сквозное отверстие, что бывает при проколах и продавливании сетки твердыми металлическими предметами.

Поперечные трещины на сетке чаще появляются на шве (или рядом со швом) и с кромок. Поперечные прорывы в самой ткани встречаются значительно реже и связаны с наличием ткацких дефектов в виде выступающих нитей основы или поперечных выгибов ткани из-за дефектов упаковки.

Наиболее слабым местом сетки является шов, так как он немного выступает над поверхностью ткани и испытывает более интенсивное трение на отсасывающих ящиках. При шарнирном шве часто наблюдается прорыв сетки рядом со швом, особенно при наличии планочных отсасывающих ящиков. Это объясняется ударом шва о планки ящиков и более интенсивным трением ткани непосредственно за швом. При наличии отсасывающих ящиков с перфорированными крышками шов проходит над ящиками более плавно и подобных прорывов ткани не наблюдается.

Трещины на кромках сетки могут появиться в результате перепуска сетки на одну из сторон, а также при сильном износе грудного или головного гауч-вала и наличия у них утолщенных краев. Особенно быстро срабатывается поверхность отсасывающих гауч-валов. Поэтому каждые 2—3 года необходимо проверять их диаметр и протачивать по краям.

Морщины и складки могут образоваться от разных причин: при прилипании бумажного полотна к чулку и попадании массы на сетку, при намотке бумажной массы на сетковедущий валик, при очень слабом или очень сильном натяжении сетки, при перекосе ткани при слабой посадке чулка и провертывании его на валу и т. п.

Во всех указанных случаях следует немедленно остановить машину и разгладить морщины, пока они не превратились в складки. Если этого не сделать, то ткань по этим морщинам неизбежно разрежется уже через 1 или 2 дня и сетка выйдет из строя. Разглаживать морщины нужно очень осторожно.

Продольные полосы на сетке в виде сплошных «оттяжек» во всю длину сетки могут быть как наружными, так и внутренними. Причинами их могут служить: масса, намотавшаяся на валике и скопившаяся на крышках отсасывающих ящиков или под сеткой на шабере, а также дефекты валов сеточной части в виде забоин или царапин на поверхности рубашек. В первом случае будет

сплошная полоса, а во втором — полоса в виде отдельных мелких вмятин на сетке.

В обоих случаях нужно найти и устранить причину образования полосы на сетке. Причина появления сплошной полосы может быть найдена без большого труда и устранена без простоя машины. Гораздо труднее бывает определить причину появления полосы, образованной из отдельных мелких вмятин, тем более, что полоса в этом случае появляется не сразу и на нее можно вначале не обратить внимания. Чтобы найти царапину на валике, нужно остановить машину и осмотреть все валы против полосы и, найдя ее, зачистить наждачной шкуркой или напильником. Подобные дефекты на валиках образуются в результате неосторожного обращения с ними во время смены сетки и ремонтов.

Рис. 126. Виды штопок сетки:
а — вид сверху; *б* — вид сбоку; *1* — штопка спирали; *2* — штопка восьмеркой; *3* — заплата

После устранения причины появления полосы нужно выправить ткань на полосе во время хода сетки, нажав на ее вершину разглаживающим приспособлением. Эта операция требует определенного уменья и может выполняться только опытным мастером.

Из изложенного видно, какое значение имеет надлежащий надзор за состоянием и работой сетки. При каждом простое машины сеточник обязан внимательно осмотреть всю сетку, пропустив ее на медленном ходу, и принять меры к устранению всех замеченных дефектов: разгладить вмятины и морщины, починить, если надо, сетку, отмыть масляные и удалить смоляные пятна. Особое внимание уделяется шву сетки. О всех замеченных дефектах сетки и ее состояния записывают в журнал.

Починка сетки. Штопка сетки производится сеточником с помощью прессовщика, который ложится на доску, вводимую внутрь сетки в удобном для починки месте, и подает проволоку сеточнику

снизу. Починка сетки с кромок может производиться одним человеком.

Обычно сетку штопают «по спирали» или «восьмеркой». Последний способ применяют при широких прорывах ткани. Мелкие высыпки и отверстия, если они не дают брака в бумаге, обычно не чинят. В случае же крупных повреждений ткани сетки — больших отверстий и «оттяжек», не поддающихся исправлению, иногда вырезают дефектные места и ставят заплатки. Эта операция, однако, требует от рабочего специальной выучки и занимает много времени. Заплату делают прямоугольной формы и точно подгоняют по размерам вырезанного места. Поперечные швы делают как обычно, продольные же сшивают более редким косым швом.

В последнее время получил применение способ починки сеток методом припаивания заплат. При прорыве ткани вырезают отверстие прямоугольной формы, расположенное по диагонали, и точно такую же заплату (размер ее должен быть достаточно точным), которую затем припаивают к ткани сетки серебряным припоем. Вся работа может быть выполнена за 10—12 минут. Виды штопок сетки представлены схематично на рис. 126.

РАВНИТЕЛЬ. НАНЕСЕНИЕ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ НА БУМАГУ

Нанесение на бумагу водяных знаков производится обычно при помощи равнителя (эгутера). Другой способ получения водяных знаков заключается в использовании для этой цели цилиндров круглосеточной машины.

Равнитель представляет собой легкий, полый валик, изготовленный из проволочного каркаса и обтянутый снаружи сеткой.

Специальными штампами на сетку, еще до надевания на равнитель, наносится нужный рисунок (рельеф), который может быть сплошным для выработки так называемых узорных бумаг или местным для выработки бумаг с локальным знаком.

Равнитель устанавливают в легких подшипниках и ставят на сетку бумагоделательной машины в промежуток между отсасывающими ящиками, например, после второго или третьего ящика. Он обычно вращается трением от сетки. На широких и быстроходных машинах равнитель имеет самостоятельный привод. При своем вращении равнитель оставляет на влажном бумажном полотне отпечаток своего рельефа. Выпуклые места равнителя раздвигают волокна еще довольно влажного и рыхлого полотна бумаги, создают в нем более тонкие и более толстые места, которые при просмотре бумаги на просвет выглядят как свет и тени.

Для успешной работы равнителя необходима определенная влажность бумажного полотна, которая регулируется отсасывающими ящиками, расположенными до равнителя. Бумага должна обладать достаточным количеством воды, и слой массы на сетке должен иметь такую высоту, чтобы мог заполнить весь рельеф

сетки равнителя. Практически необходимую влажность бумажного полотна устанавливают по заливу на сетке. Если бумага перед равнителем обезвожена больше, чем надо, то водяной знак не получится или будет плохим. При чрезмерном содержании воды перед равнителем водяной знак получится размытым или дробленым.

Узорные сетки изготовляют обычно штамповкой, локальные же знаки могут наноситься и нашивкой при помощи проволоки. При изготовлении узорной сетки, особенно сетки с локальным знаком, нужно учесть вытяжку бумаги по длине и усадку ее по ширине при прохождении бумаги через мокрую и сушильную части машины и изготовить сетку с таким расчетом, чтобы водяной знак в готовой бумаге имел нормальные размеры. Если же этого не предусмотреть, то знак получится вытянутым по ходу сетки.

Узорные бумаги применяются для документов и ценных бумаг: чеков, аккредитивов, паспортов и пр. Бумага с локальным знаком используется главным образом для денежных знаков. Кроме того, вырабатывают еще бумагу верже с продольной и поперечной штриховкой в виде линеек, что выполняется специальным равнителем, изготовленным из проволочного каркаса такого же рисунка.

При выработке бумаги с водяными знаками предъявляются особые требования к качеству массы. Для получения четкого хорошего водяного знака нужно иметь достаточно жирный помол. При этом волокна не должны быть длинными. Хороший водяной знак получается при добавке в массу тряпичной хлопковой полумассы, которая придает необходимую пухлость бумажному листу в момент формования водяного знака.

Кроме нанесения водяных знаков, равнитель широко применяется при выработке высокосортных и целлюлозных видов бумаги для улучшения структуры поверхности и просвета бумаги. Реже его используют при выработке бумаги с древесной массой. Для этой цели на равнитель нашивается обыкновенная гладкая сетка.

Равнитель выравнивает поверхность бумаги, делает ее более однородной, сглаживает разницу между нижней и верхней сторонами листа, улучшает структуру бумаги и просвет.

Весьма важно правильно выбрать номер сетки, который должен быть на 20—25 пунктов ниже номера сетки, надетой на машину. Так, если на машине установлена сетка № 60, то на равнитель ставят сетку № 40. При наличии одинаковых сеток на равнителе и на машине наблюдается прилипание бумаги к равнителю, что создает большие затруднения при работе машины, вызывает брак и обрывы бумажного полотна. Здесь наблюдается явление, которое встречается в бумажном производстве — бумажное полотно стремится прилипать к той поверхности, которая менее груба и пориста. По этой причине бумага меньше прилипает к более грубой сетке равнителя, при обрыве всегда идет на верхний прессовый вал,

Рис. 127. Равнитель с опорами барабана на две пары роликов:

1 — корпус равнителя; *2* — ролики; *3* — опоры; *4* — подъемное приспособление; *5* — разгрузочное устройство; *6* — паровая труба; *7* — фартук

а не на сукно и сильнее прилипает к более гладким чугунным прессовым валам, чем к гранитным.

При работе с равнителем уже на скорости свыше 70 м/мин часто наблюдается образование воздушных пузырьков в бумажном полотне после равнителя. При выработке цветной бумаги с наполнителями эти пузыри и пена могут служить причиной образования брака в бумаге в виде пятен от лопнувших пузырьков воздуха. Для предотвращения подобных дефектов рекомендуется направлять струю пара в зазор между сеткой и равнителем при помощи парового спрыска, устанавливаемого за равнителем.

Рис. 128. Схема установки отсасывающего ящика под равнителем:

1 — сетка; *2* — равнитель; *3* — отсасывающий ящик равнителя; *4* — отсасывающие ящики сеточной части машины

Равнители бывают с внутренним валом и спицами, без внутреннего вала, но с цапфами и спицами по краям и полые без цапф на роликовых опорах.

Первая, более старая конструкция встречается на узких машинах, вторая и третья применяются на более широких машинах. Последняя конструкция позволяет иметь паровую спрысковую трубу внутри равнителя для очистки его при работе, чего нельзя сделать с первыми двумя. Диаметр равнителя на узких и тихоходных машинах составляет 200—400 мм, на широких и быстроходных машинах — 500—800 мм.

Для очистки равнителя от приставшего волокна, наполняющих и проклеивающих веществ устанавливается спрыск, а также опускается сверху полоска шерстяного сукна, закрепленная на неподвижной штанге.

Общий вид установки равнителя представлен на рис. 127. При помощи рычажного приспособления с грузами давление равнителя на сетку может быть облегчено. При пуске бумагоделательной машины равнитель находится в приподнятом положении, когда же бумага заправлена, равнитель опускают и придают ему вращение.

За последнее время равнитель стали устанавливать с приводом, имеющим регулируемую скорость по типу секционного привода бумагоделательной машины. Это дает возможность избежать скольжения между сеткой и равнителем, которое достигает 4% и причиняет затруднения при работе с равнителем особенно на высоких скоростях машины. Введение привода позволяет резко улучшить качество водяного знака, просвет и сократить количество дефектной бумаги.

Для улучшения работы равнителя иногда устанавливают небольшой отсасывающий ящик непосредственно под сеткой, в зоне контакта равнителя с бумагой. Регулируя разрежение в отсасывающем ящике в пределах от 20 до 50 мм рт. ст., удается избежать раздавливания бумажного полотна и устранить ряд других дефектов при работе равнителя. Как видно из рис. 128, в верхней крышке ящика имеется продольная щель шириной 40—50 мм, ограниченная двумя полосками резины толщиной 10 мм, расположенными наклонно по ходу сетки.

БРАК В СЕТОЧНОЙ ЧАСТИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Брак бумаги в сеточной части машины бывает по вине размольно-подготовительного отдела; из-за плохой работы очистной аппаратуры; из-за дефектов отлива на сеточном столе и дефектов сетки; по вине гауч-пресса и по другим случайным причинам.

Брак по вине размольно-подготовительного отдела. Плохо подготовленная масса может затруднить выработку бумаги на машине. Слишком жирный помол массы может затруднить обезвоживание бумажной массы на сетке машины и вызвать дробление бумаги на гауч-прессе и в мокрых прессах. С другой стороны, слишком садкий помол массы может изменить характер залива массы на сетке, что приведет к ухудшению просвета бумаги. Чрезмерное укорочение волокон при размоле может сильно снизить прочность бумаги, особенно по показателям сопротивления излому и раздиранию, а это в свою очередь повлечет за собой повышенную обрывность бумажного полотна на машине. Наоборот, недостаточное укорочение волокон при размоле может ухудшить просвет бумаги и будет способствовать образованию сгустков при выработке тряпичных и целлюлозных видов бумаги. К аналогичным результатам может приводить и нарушение композиции бумаги.

При недостаточно тщательном размоле сухих полуфабрикатов и оборотного брака в бумажную массу попадают неразмолотые комочки массы и узелки, которые проходят частью через прорези узлоловителей и вызывают брак в бумаге. Для предотвращения подобного брака необходимо при выработке бумаги из сухих полуфабрикатов и тряпичной полумассы внимательно контролировать качество массы с просмотром ее «на ковш». Весьма желателен также пропуск массы перед бумагоделательной машиной через рафинирующую коническую мельницу, которая хорошо очищает массу от неразмолотых комочков массы и пучков.

Большим злом являются такие дефекты бумаги, зависящие в значительной мере от размольно-подготовительного отдела, как разновес и разнооттеночность.

Разновес, т. е. колебание в весе 1 м^2 бумаги, происходит главным образом в результате изменения концентрации массы, поступающей из подготовительного отдела в машинный бассейн.

Поэтому установка регуляторов концентрации и надлежащий надзор за их работой являются весьма важными условиями для борьбы с этим видом брака.

Колебания в весе бумаги могут зависеть и от работы бумагоделательной машины, если меняется, например, скорость машины или число оборотов смесительного насоса из-за изменений напряжения тока в сети. Колебания в весе бумаги могут происходить также при колебаниях напора массы в напорном ящике или в переливном массном бачке.

Весьма эффективным средством для снижения разновеса бумаги является установка бетаметров — аппаратов для автоматического контроля и регулирования веса и толщины бумаги.

Разнооттеночность бумаги происходит главным образом из-за несоблюдения постоянства дозировки красителей при подцветке или окраске бумаги, из-за колебаний в композиции бумаги и изменения оттенков волокнистых материалов и наполнителей. Причиной изменения оттенка бумаги может служить также изменение кислотности массы при проклейке, так как многие красители очень чувствительны к изменению pH среды и меняют при этом свою окраску.

Брак из-за плохой работы очистной аппаратуры. Крупный сор, слизь и сгустки в бумаге при надлежащей организации работы в бумажном зале могут быть предотвращены. Мелкий волокнистый сор очистная аппаратура обычно не задерживает, однако более крупные загрязнения не должны поступать в бумагу. Причинами попадания крупного сора в бумагу могут служить узлоловители, если у них прогнуты и расширены некоторые прорези, и прочая очистная аппаратура, если она своевременно не была промыта. Грязь и слизь попадают в бумагу при отсутствии регулярных чисток и промывок оборудования. Слизь проходит любую очистную аппаратуру и не может быть удалена из массы методом осаждения или сортирования. Меры борьбы со слизеобразованием подробно изложены в 13-й главе этой книги.

Сгустки в виде рыхлых комочков массы, а также пена попадают в массу главным образом из желобов, со стенок напускных ящиков и линеек, где они накапливаются, а затем смываются потоком массы и образуют крупные пятна в бумаге. Особенно сильное образование сгустков в бумаге происходит при прибавлении воды и поднятии уровня массы в напорном ящике, так как масса при этом смывается со стенок. Целесообразным размещением спрысков и пногасителей этот дефект может быть в значительной мере снижен. О борьбе с пенообразованием более подробно было сказано на стр. 279.

Более плотные комочки массы («закатыши») образуются под бандажами узлоловителей, при неисправной их работе и установке. Эти комочки массы образуют темные пятна в бумаге, сильно пергаментированные вследствие раздавливания их в каландре. Очень часто «закатыши» создают обрывы бумаги на машине.

Дефекты отлива бумаги на сеточном столе. К дефектам отлива бумаги относятся: плохой и неравномерный просвет, неравномерная толщина бумаги по ширине сетки, «дробление» бумажного полотна в гауч-прессе, дефекты от неисправной работы чулка, отсечек, декелей, фартука и прочих частей сеточного стола.

О значении факторов отлива —напора и скорости вытекания массы, степени разбавления, тряски и пр. уже указывалось. От этих факторов зависит получение бумаги хорошего отлива, характеризующегося однородным просветом. Ухудшение просвета бумаги обычно не приводит к повышению обрывности бумаги на машине, но при этом ухудшается внешний вид бумаги и ряд ее свойств, связанных с просветом: гладкость, влажность, пылимость, механическая прочность и др. Это подробно изложено в 10-й главе книги.

Весьма серьезным дефектом отлива бумажного полотна является неравномерность толщины бумаги по ширине полотна. Эти колебания нежелательны не только потому, что они нормируются ГОСТ, но и потому, что при их наличии бумага неравномерно просушивается и приобретает морщины, коробление, «продушины», зачерненные места, залощенные полосы и т. п. Выработка бумаги равномерного веса и толщины по ширине сетки особенно важна для ролевой бумаги, так как наличие тугих и слабых мест в рулоне является серьезным дефектом, значительно понижающим сортность бумаги. Колебания в весе бумаги по ширине полотна должны быть меньше, чем колебания по длине бумажного полотна, которые нормируются обычно в пределах 2,5—5%. Желательно, чтобы колебания веса по ширине листа не превышали 1—2%. Только в этом случае можно избежать дефектов в бумаге, указанных выше.

Недостаточное обезвоживание на регистровой части и отсасывающих ящиках сеточного стола может происходить из-за слишком сильного разбавления массы, низкой температуры воды, жирного помола массы и плохой работы отсасывающих ящиков. Целесообразно снизить жирность или повысить температуру массы, если это возможно по условиям работы. При работе с равнителем возможны выщипы из бумажного полотна вследствие загрязнения сетки равнителя, «дробление» бумажного полотна при пропуске слишком сырой бумаги под равнитель, так называемые «петли» в бумаге в том случае, если к равнителю прилипает бумажное полотно, и некоторые другие дефекты.

Большое значение для безобрывной работы машины имеют отсечки, обрезающие кромки бумажного полотна на сетке. Необходимо, чтобы отсечки давали ровную и тонкую струю воды с достаточным напором. Малейший перебой в работе отсечек сразу же вызывает обрыв. Поэтому целесообразно подавать в отсечки фильтрованную воду, для чего желательно устанавливать непосредственно перед ними небольшой сетчатый фильтр. Отсечку устанавливают под углом 60° навстречу движению сетки и направляют ее наружу в сторону кромки. Обрез бумажного полотна должен быть

ровным, а сама кромка несколько утолщенной, чтобы бумажное полотно не рвалось. Оптимальный диаметр отверстия отсечки 0,5 мм.

Весьма серьезным дефектом бумаги является пена и пузырьки воздуха, присутствующие в бумажной массе. Эти пузырьки выделяются при формовании бумаги и лопаются на отсасывающих ящиках, образуя при этом в бумаге просвечивающие пятнышки, которые ухудшают вид бумаги. Объемный вес бумаги при этом снижается. Более крупные пузырьки воздуха могут заноситься в зону формования листа самой сеткой со стороны грудного вала. Для предотвращения заноса воздуха сеткой нужно перед грудным валом помещать водяной спрыск или вакуум-камеру. Для разбивки пузырьков воздуха над сеткой на расстоянии 3—4 м от напорного ящика устанавливают паровой или лучше воздушный спрыск. Однако все эти средства борьбы с пузырьками воздуха недостаточно эффективны. Наиболее радикальное решение вопроса достигается при деаэрации массы перед поступлением ее на сетку машины, на что уже указывалось в 6-й главе.

Из других дефектов формования бумаги, отметим неравномерную плотность бумаги по ширине полотна из-за наличия перекрестных струй в потоке массы вследствие неудовлетворительной работы напорных устройств и боковых линеек; наличие продольных полосок в бумаге, видимых на просвет или в отраженном свете, причиной которых может быть неровно обрезанный или неровно лежащий на сетке фартук; поперечные полосы в бумаге из-за вибрации регистровых валиков.

Дефекты бумаги от сетки. Дефекты сетки вызывают дефекты в бумаге, а в некоторых случаях даже обрывы бумажного полотна. Такими дефектами сетки являются: крупные отверстия, «высыпки», трещины, морщины, полосы, загрязнения ткани и др.

Большие отверстия, крупные высыпки и грубые штопки могут маркировать бумагу или образовывать в бумажном полотне сквозные отверстия. Мелкие морщины и трещины на сетке обычно остаются незаметными на поверхности бумаги, но более крупные трещины приводят к образованию сквозных отверстий. Крупные морщины и «оттяжки» на сетке влекут за собой образование в бумаге светлых (более тонких) или темных (более толстых) мест.

Продольные полосы на сетке большей частью дают в бумаге такие же полосы, видимые на просвет и отличающиеся от остального полотна по весу 1 м^2.

Серьезным дефектом бумаги является маркировка шва сетки. Этот дефект происходит в тех случаях, когда поры шва забиваются волокнами и другими веществами и фильтрация в этом месте затрудняется. В результате этого в бумаге получаются поперечные светлые полосы, видимые на просвет. При сильном засорении шва в бумаге образуются сквозные отверстия. При маркировке шва наблюдаются обрывы бумаги в сушильной части машины или в каландрах. Чистку шва сетки осуществляют продувкой паром, но

это дает лишь временный эффект, так как причина загрязнения шва, по-видимому, больше зависит от конструкции шва и его плотности.

Брак по вине гауч-пресса. По вине гауч-пресса могут происходить «дробление» бумажного полотна, маркировка бумаги из-за загрязнения ткани чулка, а также обрывы, получающиеся по разным причинам, например при появлении «закатышей» под чулком.

К старому чулку с износившейся тканью может прилипать бумажное полотно. Это всегда связано с обрывом полотна и риском повреждения сетки. Чаще всего на чулок поднимаются отсечки, а иногда и кромки полотна. Это вызывает появление морщин и складок в бумаге с края полотна.

При наличии отсасывающего гауч-вала все эти дефекты почти полностью отпадают за исключением «дробления» бумаги, если работают с верхним отжимным валиком. Зато при работе с отсасывающим валом могут возникнуть другие виды брака. Сюда следует отнести маркировку бумаги отверстиями рубашки при износе рубашки и уменьшении живого сечения отверстий, загрязнение самих отверстий рубашки и т. п. Резко ухудшается работа машины при снижении вакуума в отсасывающей камере при «засосах» воздуха и неплотном прилегании камеры к валу. При этом снижается степень обезвоживания бумажного полотна, что может вызвать повышенную обрывность бумаги на машине и ухудшение работы первого мокрого пресса из-за перегрузки его работы по обезвоживанию. Поэтому поддержанию надлежащего вакуума в отсасывающем гауч-вале следует уделять особое внимание.

ОБРАЗОВАНИЕ ЛИСТА НА СЕТКЕ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Как было сказано выше, процесс образования листа бумаги на сетке машины протекает непрерывно и неразрывно связан с удалением воды из волокнистой массы. Можно, таким образом, различать две стороны в этом процессе: качественную и количественную. Первая обусловливает качество бумажного листа, характеризуемого просветом бумаги, ее структурой и прочими физическими показателями бумаги, включая и показатели механической прочности. Вторая обусловливает скорость процесса и производительность машины.

Чтобы умело управлять процессом отлива на бумагоделательной машине и получать бумагу требуемых свойств, а также регулировать скорость процесса обезвоживания, необходимо ознакомиться с факторами процесса. К ним относятся: степень разбавления волокнистой массы при выпуске ее на сетку машины; скорость поступления бумажной массы на сетку; свойства бумажной массы; толщина бумажного листа; тряска сетки; температура воды; прочие факторы, зависящие от оборудования бумагоделательной машины.

Рассмотрим данные, характеризующие процесс удаления влаги

в разных стадиях производства бумаги на бумагоделательной машине.

В табл. 39 приводятся обобщенные данные по действующим предприятиям для наиболее типичных видов бумаги, полученные автором на основании анкетных данных и обследования предприятий.

Пределы колебаний в цифрах, указанных в табл. 39, зависят от конструктивных особенностей бумагоделательных машин на разных предприятиях, рабочей скорости, веса бумаги и ее композиции, степени помола и количества минеральных наполнителей.

Из данных табл. 39 видно, что около 70—90% всей воды удаляется в регистровой части машины, от 5 до 20% — на отсасывающих ящиках, а остальная вода удаляется примерно в равных количествах на гауч-пресс, на прессах и в сушке.

Количество воды, протекающей через единицу площади капиллярнопористой волокнистой массы, находящейся на сетке, или скорость фильтрации при листообразовании, может быть выражена формулой Козени, разработанной на основании уравнения фильтрации Пуазейля.

$$\frac{Q}{F} = \frac{P\varepsilon^3}{f\eta LS^2(1-\varepsilon)^2} \text{ см/сек}, \tag{78}$$

где:

Q — объем протекающей жидкости в см³/сек;
F — площадь, через которую течет поток, в см²;
P — давление прессования, или напор, в кг/см²;
L — толщина слоя массы в направлении потока в см;
η — вязкость жидкости в пуазах;
ε — объем пор в см³;
$(1-\varepsilon)$ — объем твердого вещества в см³;
S — удельная поверхность материала, или отношение его общей поверхности к объему;
f — числовой фактор, равный по Кемпбеллу 5.

Если мы выразим объемную концентрацию массы в слое через C, тогда:

$$C=(1-\varepsilon),$$
$$\varepsilon=(1-C).$$

В этом случае толщина слоя $L = 0{,}92\,\frac{T}{C}$, где 0,92 объем, занимаемый 1 г набухшей целлюлозы, ибо 1 г абсолютно сухой целлюлозы занимает объем 0,62 см³, а вода набухания, которая рассматривается как твердое тело, препятствующее фильтрации, при насыщении в 30% занимает объем 0,30 см³, а всего 0,92 см³. Здесь T - сухой вес массы на единицу площади слоя листа.

Подставив значение L в формулу Козени, получим:

$$\frac{Q}{F} = \frac{P(1-C)^3}{f\eta(0{,}927T)S^2C} \text{ см/сек}. \tag{79}$$

Таблица 39

Сухость бумажной массы и бумажного полотна в разных стадиях обезвоживания на бумагоделательной машине

Вид бумаги	Вес в г/м²	Скорость бумагоделательной машины в м/мин	Помол по ШР	Концентрация, или сухость, в %					
				напорный ящик	до отсасывающих ящиков	после отсасывающих ящиков	после гауч-пресса	после прессов	на накате
Тончайшие:									
конденсаторные толщиной 6—14 микрон	7—16	40—70	94—98	0,2—0,3	0,8—1,2	6—8	8—10	25—28	7—8
Тонкие:									
копировальная, папиросная, основа для парафинирования	14—28	60—150	75—90	0,3—0,35	1,5—2,0	8—10	13—15	28—34	6
Легкого веса:									
курительная, словарная и др. из сульфитной целлюлозы	24—45	45—100	50—60	0,3—0,45	2	10	14—16	32—36	5—6
шпагатная, пик, для патронирования и др. из сульфатной целлюлозы	40	80—150	30—40	0,25—0,4	2	10	16—17	32—36	7—8
Впитывающие:									
фильтровальная лабораторная, основа фибры и нергамента, пропиточные	50—75	45—75	24—35	0,4—0,6	3—3,5	10—11	17—19	36—40	4—5
Жиронепроницаемые:									
подпергамент, пергамин, и др.	40—55	50—100	70—85	0,5—0,7	1,5—2,0	8—10	14—16	28—34	6—8
Газетная	52	180—380	60—65	0,6—0,7	2—2,5	11—13	18—20	28—32	7—9
	52	400—700	60—65	0,6—0,7	2—2,5	11—13	18—20	30—34	7—9
Массовые:									
писчая №№ 2 и 3	60—65	100—300	50—55	0,7—0,8	2—3	11—13	16—20	30—38	5—7
печатная №№ 2 и 3	60—65	100—300	50—55	0,8—1,0	2—3	11—14	16—20	30—38	5—7
мундштучная и обойная	80—100	100—180	40—45	0,9—1,2	3—4	11—14	17—20	34—40	6—8
иачечиая и шпульная	160—300	20—70	35—40	1,1—1,4	3—4	11—14	18—22	38—42	7—8

Вид бумаги	Вес в г/м²	Скорость бумагоделательной машины в м/мин	Помол по ШР	Концентрация, или сухость, в %					
				напорный ящик	до отсасывающих ящиков	после отсасывающих ящиков	после гауч-пресса	после прессов	на накате
Целлюлозные:									
писчая № 1	70—80	70—240	30—40	0,7—0,9	2,5—3,5	10—13	18—20	32—40	4—6
печатная № 1	70—80	70—240	30—40	0,8—1,2	3—4	11—14	18—20	32—40	4—6
литографская, офсетная, форзацная, основа фотоподложки и рисовальная	90—160	40—100	30—40	0,8—1,4	3—4	10—13	18—24	36—42	5—7
Высшие тряпичной полумассой:									
писчая и печатная № 0, документная	70—90	40—70	45—66	0,7—0,9	2,5—3	10—12	17—18	36—40	5—6
Электроизоляционные на двухсеточной машине:									
телефонная бумага	40	80—120	52—55	0,2—0,25	2	6—8	16—18	32—35	6—7
кабельная 0,12	100	70—80	35—40	0,30—0,35	2—2,5	9—10	18—20	32—36	6—7
Крафт-бумага:									
крафт-мешочная	70—90	100—210	25—27	0,4—0,6	2—2,5	10—12	15—17	28—32	6—8
бумага для гофры, наждачная и др.	160—180	60—75	17—19	0,7—0,8	2,5—3,5	10—12	16—18	32—36	6—8
Тонкие односторонней гладкости на самосъемочной машине:									
салфеточная, билетная и др.	20—40	50—120	24—28	0,4—0,5	3—4	9—10	14—18	28—32	5—6

Это же уравнение можно написать в виде

$$\frac{Q}{F} = \frac{P}{RT\eta}, \tag{80}$$

где

$$R = \frac{0{,}92 \cdot fS^2C}{(1 - C)^3}, \tag{81}$$

здесь R — удельное сопротивление единицы массы фильтрующемуся потоку жидкости.

Таким образом, скорость обезвоживания, или фильтрации воды через слой массы, прямо пропорциональна действующему напору и обратно пропорциональна толщине слоя массы на сетке или весу 1 м^2 бумаги, вязкости воды и удельному сопротивлению фильтрации самой массы.

Действующий напор при обезвоживании бумажной массы на регистровой части бумагоделательной машины невелик и складывается из напора массы над сеткой и разрежения в зоне отсоса регистровых валиков. В некоторых конструкциях скоростных самосъемочных машин для увеличения действующего напора на сетке используют скоростной напор, направляя поток бумажной массы при выходе ее из щели напорного ящика под некоторым углом к сетке и заставляя ее таким образом интенсивно обезвоживаться в первой части сеточного стола.

Величина действующего напора сильно повышается на отсасывающей части сеточного стола, где она численно равна разнице давлений над и под сеткой. Увеличение вакуума в отсасывающих ящиках машины и камере отсасывающего гауч-вала является важным фактором интенсификации процесса обезвоживания бумажного полотна. Однако этот фактор ограничивается повышением износа сетки о неподвижные крышки отсасывающих ящиков, а также мощностью вакуум-насосов.

Анализируя выражение (81), можно сделать заключение, что сопротивление массы фильтрации очень сильно зависит от удельной поверхности волокон, причем оно растет в квадрате с ростом этой поверхности. Как известно, увеличение удельной поверхности происходит в результате размола массы. Отсюда видно, какое большое влияние оказывает размол на обезвоживание массы. Поэтому с ростом степени помола скорость обезвоживания массы резко понижается.

Другим важным свойством массы, от которого зависит скорость обезвоживания, является степень сжимаемости массы в процессе отлива и прессования, характеризуемая коэффициентом объемной концентрации. Объемная концентрация массы зависит от степени сжатия слоя массы при отливе и прессовании, а также от гидратационных свойств массы.

По данным Рида, больше всего сжимается сульфатная целлюлоза (относительная сжимаемость 0,71), меньше всего сжимается древесная масса (0,46), сульфитная целлюлоза занимает промежуточное положение (0,62). Эти данные зависят от гидратационных свойств этих волокнистых материалов. С увеличением сжимаемости объемная концентрация массы повышается и сопротивление фильтрации растет. Этим объясняется тот общеизвестный факт, что при одном и том же градусе помола древесная масса обезвоживается значительно быстрее, чем сульфитная и особенно сульфатная целлюлоза.

Сопротивление фильтрации резко уменьшается с увеличением пористости массы (пропорционально диаметру пор в третьей степени).

Более жирная масса обычно имеет и более тонкую структуру волокнистых частиц, и по закону Стокса они должны медленнее оседать из разбавленной суспензии на сетке машины. Это обусловливает более медленный процесс формования бумажного листа по сравнению с садкой массой в первой зоне сеточного стола.

Для ускорения процесса листообразования из жирной массы уменьшают степень разбавления без особого ущерба для качества, так как жирная, хорошо гидратированная масса меньше флокулирует по сравнению с более садкой массой.

Как видно из формулы (80), скорость обезвоживания зависит от вязкости воды. Последняя же изменяется с изменением температуры.

Из приведенных ниже данных видно, что вязкость воды сильно уменьшается с повышением температуры: например, при нагреве воды с 10 до 40° вязкость снижается вдвое, это значит, что скорость обезвоживания увеличится тоже вдвое.

Температура в град. Ц	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Вязкость воды в сантипуазах	1,79	1,3	1,0	0,8	0,65	0,55	0,47	0,4	0,35	0,31	0,28

К нагреву массы перед поступлением ее на сетку прибегают довольно часто при выработке бумаги с жирным помолом: конденсаторной, жиронепроницаемой, документной. Однако эта операция дорога, так как требует дополнительного расхода пара. Поэтому ее применяют только тогда, когда повышение скорости машины и ее производительности в результате нагрева бумажной массы дает выгоды большие, чем расходы, связанные с потреблением пара на подогрев.

Скорость обезвоживания можно регулировать подбором соответствующего оборудования и настройкой его работы. Так, при необходимости понизить скорость обезвоживания устанавливают вместо регистровых валиков одну или несколько формующих досок, заменяют обычные регистровые валики проволочными или совсем выключают некоторые регистровые валики из работы,

опуская их. Для этой же цели снижают вакуум в отсасывающих ящиках и уменьшают давление прессования на гауч-прессе и в прессах.

Если желают повысить скорость обезвоживания бумажной массы, устанавливают большее количество регистровых валиков, между ними ставят неподвижные планки и отражатели для предотвращения заброса воды обратно в сетку и удаления дополнительного количества воды из бумажной массы, усиливают вакуум в отсасывающих ящиках и отсасывающих валах, увеличивают давление прессования в гауч-прессе и прессах, повышают температуру массы и бумажного полотна перед прессованием.

Из прочих факторов процесса листообразования и обезвоживания наибольшее значение имеют: скорость сетки, число регистровых валиков и их тип, количество отсасывающих ящиков и применяемое в них разрежение, тип гауч-пресса и номер сетки.

Влияние на качественную сторону процесса таких факторов отлива, как степень разбавления и скорость выхода бумажной массы на сетку бумагоделательной машины, тряска сетки, а также равнитель, здесь не рассматривается, поскольку об этом достаточно подробно сказано в соответствующих разделах книги.

ГЛАВА 8

ПРЕССОВАЯ ЧАСТЬ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

После отлива на сеточном столе бумагоделательной машины сырая бумага имеет от 12 до 24% сухого вещества (в среднем 18—20%). Таким образом, на 1 кг бумаги в бумажном полотне остается еще от 3 до 8 кг воды. Эта вода удаляется сначала механическим отжимом путем пропуска бумажного полотна через несколько вальцовых прессов, расположенных последовательно, а затем сушкой на нагретой поверхности сушильных цилиндров. При отжиме влаги на прессах ряд свойств бумаги изменяется, повышается объемный вес, снижается пористость, воздухопроницаемость, впитывающая способность, увеличивается механическая прочность по сопротивлениям разрыву, излому и продавливанию, повышается прозрачность.

Прессование производится на шерстяных сукнах, которые предохраняют слабую еще бумагу от разрушения, пропускают отжатую влагу и одновременно транспортируют бумагу от пресса к прессу и далее к сушильным цилиндрам.

Обычно на машине устанавливаются два-три мокрых пресса. На самосъемочных машинах можно встретить один мокрый пресс, при выработке высокосортных видов бумаги — четыре, а при выработке жиронепроницаемых видов бумаги даже пять прессов.

Кроме мокрых прессов с сукнами, часто устанавливают еще сглаживающие, или офсетные, прессы без сукон. Они предназначены не для удаления влаги, а лишь для уплотнения бумаги и придания ей гладкости.

Путем механического отжима в прессовой части машины удается достигнуть сухости бумажного полотна от 25 до 42 и даже иногда до 45%. Конечная сухость бумаги после прессов зависит от вида вырабатываемой бумаги, удельного давления, скорости машины, типа и количества мокрых прессов. Эти факторы будут разобраны более подробно.

Количество влаги, удаляемой мокрыми прессами, уменьшается от пресса к прессу, а потому установка большого количества прессов в ряде случаев не оправдывается экономически, так как количество воды, удаляемой на последнем прессе, может обойтись

дороже, чем обезвоживание сушкой. Количество прессов, устанавливаемых на бумагоделательную машину, следует определять в каждом отдельном случае путем технико-экономических расчетов.

Количество воды W'' в килограммах, удаляемой в прессах на 1 кг абсолютно сухой бумаги, рассчитывается по формуле

$$W'' = \frac{100 - C_г}{C_г} - \frac{100 - C_н}{C_н} = \frac{100\,(C_н - C_г)}{C_н C_г}, \qquad (82)$$

где:

$C_г$ — сухость бумаги после гауч-пресса в %;

$C_н$ — начальная сухость бумаги перед сушильной частью в %;

Количество воды W' в килограммах, удаляемой в прессах на 1 кг воздушно-сухой бумаги, определяется по формуле

$$W' = \frac{(C_н - C_г)\cdot C_к}{C_н C_г}, \qquad (83)$$

где $C_к$ — конечная сухость бумаги после сушки в %.

Таблица 40

Влияние работы прессовой части бумагоделательной машины на количество испаряемой воды и расход пара при сушке бумаги

Начальные параметры бумаги перед сушкой			Количество воды в кг, испаряемой на 1 кг бумаги		Снижение расхода пара в % при повышении начальной сухости перед сушкой на 1 %
Сухость в % $C_н$	Влажность в % $100-C_н$	Содержание воды на 1 кг абсолютно сухой бумаги в кг $\frac{(100-C_н)}{C_н}$	абсолютно сухой W_1	воздушно-сухой W	
26	74	2,85	2,80	2,66	5,1
27	73	2,70	2,65	2,52	5,0
28	72	2,57	2,52	2,40	4,9
29	71	2,45	2,40	2,28	4,85
30	70	2,34	2,29	2,17	4,7
31	69	2,23	2,18	2,07	4,7
32	68	2,12	2,07	1,97	4,6
33	67	2,03	1,98	1,88	4,5
34	66	1,94	1,89	1,80	4,5
35	65	1,86	1,81	1,72	4,5
36	64	1,78	1,73	1,64	4,4
37	63	1,70	1,65	1,57	4,3
38	62	1,63	1,56	1,51	4,2
39	61	1,56	1,51	1,43	4,2
40	60	1,50	1,45	1,37	4,1
41	59	1,44	1,39	1,32	4,1
42	58	1,38	1,33	1,26	4,0
43	57	1,33	1,28	1,21	4,0
44	56	1,28	1,23	1,16	4,0

Для расчета количества воды W_1 в килограммах, испаряемой в сушильной части машины на 1 кг абсолютно сухой бумаги, можно пользоваться формулой

$$W_1 = \frac{100\,(C_к - C_н)}{C_н C_к}. \qquad (84)$$

Расчет же количества воды W в килограммах, испаряемой в сушильной части машины на 1 кг воздушно-сухой бумаги, производится по формуле

$$W = \frac{C_к - C_н}{C_н}. \qquad (85)$$

Данные о количестве воды, остающейся в бумаге после прессов при различной сухости бумажного полотна, и о количестве воды, испаряемой при сушке, приведены в табл. 40. При расчете данных табл. 40 принято $C_к = 95\%$.

Данные табл. 40 показывают, что повышение сухости бумажного полотна в прессовой части бумагоделательной машины на 1% снижает расход пара от 4 до 5%. Соответственно уменьшается сушильная поверхность при той же производительности машины. Поэтому нужно стремиться к лучшему отжиму бумаги на прессах.

РАСПОЛОЖЕНИЕ И ТИПЫ МОКРЫХ ПРЕССОВ

По своей конструкции мокрые прессы разделяются на обычные и сдвоенные. Первые состоят из одной пары прессовых валов, а вторые представляют собой комбинацию из двух прессов и состоят из трех прессовых валов.

Обычные мокрые прессы могут быть прямые и обратные. Сдвоенные же прессы бывают: горизонтальные, вертикальные, пирамидальные и «симплекс».

Наибольшее применение в промышленности имеют обычные прессы, поэтому рассмотрим их подробно. Сдвоенные прессы получили распространение на больших бумагоделательных машинах, а также на машинах, подвергаемых модернизации, так как они требуют меньше места для своей установки и позволяют повысить мощность машины, не удлиняя ее.

На рис. 129 представлены три наиболее типичные схемы расположения обычных мокрых прессов: с двумя прямыми прессами; с двумя прямыми и одним обратным прессом и с двумя прямыми и двумя обратными прессами.

Первая из этих схем часто применяется при выработке тонких и впитывающих бумаг, вторая — массовых видов бумаги и третья — высокосортной бумаги. В добавление к мокрым прессам, показанным на схемах, иногда устанавливают сглаживающие прессы без сукна.

В первой схеме бумага поступает в оба пресса, не меняя своего направления, при этом бумага своей нижней поверхностью соприкасается с шероховатым сукном, а верхней поверхностью с гладким валом. Благодаря этому бумага приобретает неодинаковую гладкость с каждой стороны листа. Схема проста и удобна для работы, но применять ее можно при выработке бумаги, к которой

Рис. 129. Типичные схемы расположения прессов:
а — два прямых пресса; *б* — два прямых и один обратный пресс; *в* — два прямых и два обратных пресса

не предъявляют особых требований к однородности обеих поверхностей.

Во второй схеме бумага, пройдя два прямых пресса, огибает третий пресс снизу и поступает на валы с обратной стороны, поворачиваясь к сукну своей верхней стороной. Благодаря этому нижняя, шероховатая сторона бумаги, соприкасаясь с гладкой поверхностью гранитного вала, разглаживается.

Теперь вместо обратного пресса начали применять так называемый «перевернутый» прямой пресс, у которого гранитный вал установлен внизу, а покрытый резиной или отсасывающий приводной вал вместе с сукном — вверху. При таком расположении валов и сукна бумага соприкасается своей нижней стороной с гладкой поверхностью гранитного вала, не меняя своего направления.

В третьей схеме два прямых пресса чередуются с двумя обратными прессами. При таком размещении прессов бумага имеет наиболее однородную поверхность сторон, а если еще добавить один или два сглаживающих пресса, то можно получить высококачественную бумагу с гладкой однородной поверхностью по обоим сторонам листа.

Как видно из схем, у прямых прессов сукна находятся внизу, а у обратных прессов свободная ветвь сукна располагается наверху, над прессовыми валами. Второе конструктивное отличие обратных прессов — противоположное направление движения и смещение валов.

На рис. 141 и 142 (см. стр. 405 и 406) представлены четыре типичные схемы, расположения сдвоенных прессов: вертикального, горизонтального, пирамидального и пресса «симплекс». Схемы со сдвоенными прессами применяются главным образом на быстроходных машинах, вырабатывающих крафт-оберточную, крафт-мешочную бумагу и тарный картон. Вертикальный сдвоенный пресс и пресс «симплекс» удачно комбинируются с вакуум-пересасывающим устройством, применяемым на современных быстроходных машинах для съема и автоматической передачи бумаги в прессовые валы. Подробнее об устройстве и применении этих прессов сказано ниже.

ПРОЦЕСС ОБЕЗВОЖИВАНИЯ БУМАГИ В МОКРЫХ ПРЕССАХ

Согласно исследованиям Бойд-Кемпбелла, повышение сухости бумаги при мокром прессовании ΔT прямо пропорционально удельному давлению и времени прессования и обратно пропорционально квадрату веса бумаги, квадрату удельной поверхности бумажной массы и вязкости воды при данной температуре, т. е.

$$\Delta T = \frac{Pt}{q^2 S^2 \eta}, \qquad (86)$$

где:

P — удельное давление прессования в кг/см^2;
t — время прессования в сек;
q — вес 1 м^2 бумаги в кг;
S — удельная поверхность бумажной массы в см^2/кг;
η — вязкость воды при данной температуре.

Анализируя это выражение и условия прессования на бумагоделательной машине, приходим к выводу, что факторами, обусловливающими процесс мокрого прессования на машине, являются: давление прессования, твердость резины, скорость бумагоделательной машины, водопропускная способность мокрых сукон, сопротивление массы обезвоживанию, температура массы, вес 1 м^2 бумаги, тип пресса.

Рассмотрим влияние этих факторов на процесс мокрого прессования бумажного полотна.

Давление прессования. Сухость бумаги повышается с увеличением давления прессования, поэтому выгодно применять большее давление на прессах. Однако величина давления ограничивается прочностью мокрой бумаги. Чем влажнее бумага, тем она менее прочна и тем меньшее давление следует применять на прессах, иначе структура бумаги разрушается и она подвергается «дроблению». По мере удаления влаги бумага становится более прочной и может выдерживать более сильное прессование. Поэтому повышают давление от пресса к прессу. Нормальное давление на 1 пог. см прессовых валов для типичных видов бумаги указано в табл. 41.

Таблица 41

Нормальное давление на 1 пог. см прессовых валов для типичных видов бумаги

Вид бумаги	Нормальное давление на 1 пог. см вала в кг			
	1-й пресс	2-й пресс	3-й пресс	4-й пресс
Жиронепроницаемые. . .	8	15	18	20
Печатные и писчие № 2 и 3	12	16—18	22—25	—
Газетная	16—20	20—25	25—30	—

Повышение давления прессования гораздо эффективнее, чем увеличение количества пропусков бумаги через прессы при меньшем давлении.

Твердость резиновой облицовки прессового вала. Для создания эластичного и упругого прессования нижние прессовые валы облицовывают слоем резины толщиной 20—40 мм и твердостью от 30 до 80 пунктов по Пуссей-Джонсу.

Вал на первом прессе облицовывают более мягкой резиной, твердостью 60—75 пунктов, на втором — 50—65 пунктов, а вал третьего пресса облицовывают более твердой резиной — 40—55 пунктов.

Валы с твердой резиной допускают более высокое давление прессования. При этом удельное давление на 1 см^2 поверхности соприкосновения валов возрастает по сравнению с более мягкими валами, а зона прессования уменьшается с повышением твердости резины при том же давлении.

По данным А. П. Бендрышева и И. О. Вагенгейма, ширина зоны прессования для бумагоделательных машин с рабочей шириной до 3 м обычно находится в пределах 30—45 мм, а удельное давление составляет 3—10 кг/см^2 (при линейном давлении 12—38 кг/см^2).

С увеличением диаметра прессовых валов при одинаковых линейных давлениях и твердости резины скорость обезвоживания снижается. Это объясняется увеличением зоны прессования и по-

нижением давления прессования на единицу площади. Кроме того, значительно затрудняется отвод воды из зоны наибольшего давления.

Скорость бумагоделательной машины. Обезвоживание бумажного полотна в прессах снижается с повышением скорости бумагоделательной машины, так как уменьшается продолжительность прессования и затрудняется отвод воды из зоны прессования.

Вторая причина оказывает влияние при работе на обычных прессовых валах. При наличии отсасывающего прессового вала вода под влиянием разрежения в вакуум-камере уходит из зоны прессования не в направлении плоскости листа, навстречу его движению, как у обычных прессов, а через сукно в перпендикулярном плоскости листа направлении.

Применение отсасывающих облицованных резиной прессов позволяет более эффективно вести процесс обезвоживания бумажного полотна, предотвращает его «дробление» и дает возможность вести процесс прессования с большим удельным давлением.

Влияние сукон. Мокрые прессовые сукна оказывают большое влияние на процесс обезвоживания бумаги на прессах. Имеет значение вид ткани и степень загрязнения сукна, определяющие водопропускную способность сукна. На первый пресс, где влаги в бумаге много, ставят наиболее пористые, а на второй и третий прессы — более плотные сукна. При работе сукон поры их загрязняются и обезвоживание ухудшается. Нередко по этой причине приходится снижать скорость бумагоделательной машины. Поэтому при работе бумагоделательной машины следует уделять внимание надлежащей очистке и промывке сукон.

Сопротивление массы обезвоживанию. Сопротивление бумажного полотна обезвоживанию при прессовании зависит от композиции бумаги и степени помола массы, т. е. свойств, от которых зависит удельная поверхность волокнистой бумажной массы. Как видно из формулы (86), обезвоживание бумаги резко снижается с увеличением удельной поверхности волокон. К сожалению, этот важнейший показатель бумажной массы изучен еще недостаточно, что затрудняет пользование приведенной формулой для практических расчетов.

Сопротивление обезвоживанию в прессах растет с повышением степени помола массы. При одной и той же степени помола оно больше у бумаги из 100% целлюлозы по сравнению с бумагой, содержащей в композиции древесную массу.

Температура бумажного листа. На эффективность прессования оказывает большое влияние вязкость воды. Вязкость, как известно, зависит от температуры и уменьшается с повышением последней. По этой причине в зимнее время, когда температура массы ниже, процесс обезвоживания на сетке и на прессах протекает значительно труднее, чем летом. Для повышения эффекта обезвоживания иногда подогревают бумажное полотно перед последним мокрым прессом,

для чего за последнее время с успехом начинают применять радиационные лампы инфракрасного излучения. Еще больше можно интенсифицировать процесс обезвоживания бумажного полотна в мокрой части бумагоделательной машины путем прогрева бумажного полотна паром при сходе его с сеточной части машины. Для этой цели недавно предложено устройство, названное «аквавак». Аквавак представляет собой легкую металлическую камеру, устанавливаемую над последними тремя отсасывающими ящиками сеточного стола, где бумажное полотно уже содержит мало воды и наблюдается значительный просос воздуха. В камеру подается в регулируемом количестве насыщенный или с небольшим перегревом пар, который просасывается через бумажное полотно под влиянием разрежения в ящиках и таким образом нагревает мокрое полотно бумаги до 50—60°. Расход пара составляет около 0,1 кг/кг бумаги, сухость же бумажного полотна в прессовой части повышается на 3—4%, что означает увеличение производительности машины на 15—18% и сокращение расхода пара на сушку бумаги на 12—15%.

Рис. 130. Влияние веса и толщины бумаги на обезвоживание при отжиме в прессах

Влияние веса и толщины бумаги. Согласно формуле Кемпбелла (86), скорость обезвоживания снижается с увеличением веса и толщины бумаги. Однако это справедливо только для толстой бумаги и картонов. Как показали исследования Н. Е. Новикова, подтверждаемые практическими наблюдениями, при снижении веса бумаги ниже 200—300 г/м² степень обезвоживания бумаги в прессе также уменьшается (рис. 130).

Ухудшение обезвоживания тонкой бумаги при отжиме в прессе, по-видимому, можно объяснить неравномерностью давления решетки сукна на бумагу, при котором против пор сукна в бумаге остаются более влажные участки. Это явление больше сказывается при выработке тонкой бумаги, чем толстой, так как последняя обладает относительно большим коэффициентом сжатия на указанных выше участках.

Ухудшение же обезвоживания более толстой бумаги (свыше 300 г/м²) объясняется увеличением сопротивления фильтрации более толстого волокнистого слоя.

Из изложенного видно, что на обезвоживание бумаги в прессах оказывают влияние многие факторы, среди которых наибольшее значение имеют свойства массы, скорость машины и давление прессования. Вполне естественно поэтому, что сухость

Таблица 42

Сухость бумажного полотна перед сушильной частью бумагоделательной машины

Вид бумаги	Вес в г/м²	Помол по ШР	Скорость машины в м/мин	Сухость после прессов в %
Тонкая конденсаторная . . .	7— 15	94—98	35— 50	25—28
Жиронепроницаемая	40— 90	75—94	30—120	25—32
Целлюлозная и тряпичная высокосортная	90—160	30—50	40—100	36—42
То же	70— 90	30—50	70—250	34—40
Бумага с древесной массой:				
писчая и печатная . . .	60— 80	50—60	150—400	32—37
типа мундштучной и обойной	90—200	30—40	40—200	35—42
Газетная	52	60—65	250—700	30—34

Таблица 43

Изменение свойств бумаги в зависимости от различных условий прессования

Помол сульфатной целлюлозы по ШР	Давление при прессовании в кг/см²			
	0	2	10	40
Силы сцепления между волокнами в кг/мм²				
14	0,006	0,026	0,033	0,045
27	0,094	0,114	0,129	0,140
52	0,138	0,180	0,177	0,180
71	0,145	0,190	0,200	0,206
Разрывная длина в м				
14	560	1310	1980	2340
27	4270	5620	6720	6720
52	4850	5970	7310	7480
71	5100	5920	7600	7610
Объемный вес в г/см³				
14	0,33	0,39	0,46	0,59
27	0,49	0,72	0,83	0,92
52	0,69	0,78	0,88	0,93
71	0,71	0,81	0,91	0,95
Воздухопроницаемость в см³				
14	10 000	10 000	7800	3600
27	1 440	285	97	72
52	207	40	25	12
71	28	13	9	8

бумажного полотна для различных видов бумаги, вырабатываемых на бумагоделательных машинах различных типов и при разной скорости, бывает очень разнообразной. Данные о сухости бумажного полотна после прессовой части машины для типичных видов бумаги приведены в табл. 42.

При выработке на машине (при низкой скорости) бумаги повышенного веса 1 м² с высокой зольностью из массы садкого помола иногда сухость бумажного полотна после прессов достигает 44—45%.

Рис. 131. Влияние прессования на свойства бумаги:
1 — сопротивление излому; *2* — разрывная длина; *3* — толщина

Влияние работы прессовой части бумагоделательной машины на свойства бумаги. При прохождении бумажного полотна через прессовую часть бумагоделательной машины свойства бумаги значительно изменяются: бумага уплотняется, становится более прочной на разрыв, продавливание и излом, толщина ее уменьшается, прозрачность возрастает, впитывающая способность и воздухопроницаемость бумаги снижается. Все эти изменения в свойствах бумажного листа находятся в неразрывной связи с уплотнением бумаги при мокром прессовании, вследствие чего увеличиваются контакт и сопряжение поверхностей волокон в бумаге и повышается прочность межволоконных связей.

Изменение свойств бумаги из сульфатной небеленой целлюлозы при различном давлении мокрого прессования видно из данных, полученных автором в лабораторных условиях (табл. 43).

Данные табл. 43 показывают, что в результате мокрого прессования можно повысить прочность бумаги на разрыв почти на 50%. Показатель же воздухопроницаемости снижается при этом еще в большей степени. Влияние прессования на толщину, разрывную длину и сопротивление излому бумаги из беленой сульфитной

целлюлозы (помол 16° ШР), по данным Н. Е. Новикова, показано на рис. 131.

Из этих данных видно, что с увеличением линейного давления с 6 до 78 кг/см толщина бумаги уменьшилась с 0,28 до 0,20 мм

Рис. 132. Влияние мокрого прессования, сушки и каландрирования на бумагоделательной машине на свойства бумаги:

а - кабельная бумага, *б* – тетрадная бумага.
1 — продольная разрывная длина; *2* — толщина; *3* — объемный вес; *4* — поперечная разрывная длина; *5* — сопротивление излому; *6* — разрывной груз в продольном направлении; *7* — то же в поперечном; *8* — воздухопроницаемость

(т. е. на 28%), разрывная длина повысилась с 1600 до 2130 м (т. е. на 32%), а сопротивление излому повысилось с 6 до 12, т. е. в два раза.

При прохождении бумаги через прессовую часть бумагоделательной машины на свойства бумаги оказывает влияние еще, кроме

давления прессования, натяжение бумажного полотна. Благодаря действию этого фактора бумага вытягивается в длину и ориентация волокон в продольном направлении листа повышается. Этому способствует также в какой-то мере раскатывающее действие прессовых валов. В результате этого бумага приобретает большую прочность на разрыв и меньшую растяжимость в продольном направлении листа. Прочность бумаги на разрыв в поперечном направлении листа повышается в гораздо меньшей степени, растяжимость же бумаги в поперечном направлении возрастает.

Влияние мокрого прессования на бумагоделательной машине при выработке кабельной бумаги из сульфатной небеленой целлюлозы и тетрадной бумаги № 1 показано на рис. 132. Кривые изменения свойств бумаги, представленные на рисунках, получены путем отбора проб бумаги в разных местах бумагоделательной машины и испытания предварительно высушенных образцов на сушильном цилиндре без натяжения.

Из этих данных видно, что наибольшее изменение прочности бумаги на разрыв, впитывающей способности и воздухопроницаемости происходит в прессовой части бумагоделательной машины. На изменение таких показателей, как объемный вес и толщина бумаги, оказывают существенное влияние не только мокрое прессование бумаги в мокрой части машины, но также и каландрирование бумаги в машинном каландре.

КОНСТРУКЦИЯ МОКРОГО ПРЕССА

Обычный мокрый пресс (рис. 133) состоит из двух массивных прессовых валов и сукна, движущегося по сукноведущим валикам через прессовые валы вместе с бумагой.

Нижний, покрытый резиной прессовой вал лежит своими подшипниками в неподвижных стойках. Верхний, чугунный или гранитный вал располагается над первым в подвижных рычагах и может перемещаться относительно нижнего вала и прижиматься к нему при помощи поршня или рычажно-грузовой системы. Последняя позволяет повысить силу прессования почти в два раза по сравнению с прессованием от собственного веса верхнего вала. Присадочное устройство дает возможность регулировать присадку по обеим сторонам пресса.

Верхний прессовый вал смещен по отношению к нижнему навстречу движению бумаги на 50—100 мм, чтобы облегчить сток воды, отжимаемой валами. Для очистки от приставших волокон и прочих загрязнений, а также для предотвращения наматывания бумаги, верхний прессовой вал снабжен шабером, который располагается сверху. Для равномерного износа лезвия шабера, плотного прилегания его к поверхности вала и предупреждения неравномерного износа вала шаберу иногда придают прямолинейно-возвратное движение от специального привода или от шейки

Рис. 133. Устройство обычного мокрого пресса:

1 — нижний обрезиненный вал; *2* — верхний гранитный вал; *3* — шабер; *4* — корыто для сбора отжатой воды; *5* — присадочное, рычажно-грузовое устройство; *6* — сукно; *7* — вальцовая сукномойка; *8* — правительный валик; *9* — натяжной валик; *10* — отсасывающий ящик для сукна; *11* — переходная площадка

самого вала через червячную передачу. Иногда, кроме основного шабера, на первом и втором прессах устанавливают второй вспомогательный шабер. Лезвие шабера делают из нержавеющей стали или бронзы, а иногда из твердой резины или пластмассы. Посредством рычага шабер может подниматься для прочистки.

Под нижний прессовой вал, внутри сукна, подвешивается корыто из оцинкованного железа для отвода воды, стекающей с пресса. Нижний прессовой вал приводится в движение от привода, верхний же вал вращается от нижнего за счет трения так же, как и сукно, которое в свою очередь приводит в движение все сукноведущие валики, а иногда и вальцовую сукномойку. В более редких случаях принудительно приводится в движение и верхний вал.

Сукноведущие валики располагаются на стойках. Последние укрепляются на общей станине пресса или непосредственно на шинах машины. В каждом сукне имеются один натяжной и один правительный валик, а также аппарат для очистки сукна на ходу машины. Для удобства обслуживания верхних прессовых валов прямые прессы снабжаются переходными площадками.

Кроме показанной на рис. 133 присадочной системы с верхним расположением рычагов, применяется также система с нижним расположением рычагов (рис. 134, *а*).

Подъем и опускание верхнего прессового вала в этом случае производится винтом при помощи домкрата или маховичка. Добавочное же рычажное устройство с передвижными грузами не связано с подъемным приспособлением, оно подвешивается к корпусу подшипника верхнего вала цепной тягой и располагается внизу у самого пола. Это присадочное устройство значительно проще первого, менее загромождает пресс, однако оно менее удобно для обслуживания и регулирования присадки пресса.

За последнее время все шире начинают применять пневматическое присадочное устройство для прессов (рис. 133, *б*). Схема присадочного устройства является наиболее простой. Один конец рычага, на котором расположен прессовой вал, имеет шарнир, а другой его подвижной конец опирается на шток поршня, приводимого в движение сжатым воздухом давлением 6—7 ат от специального компрессора с аккумулятором. Давление воздуха, подаваемого на поршень, можно регулировать, а также контролировать при помощи манометра.

Возможность быстрого и легкого регулирования давления присадки, наглядность в определении величины давления являются ценными преимуществами пневматического присадочного устройства. При недостаточно хорошем состоянии трущихся частей поршня может происходить заедание его в цилиндре и нарушение равномерности прессования.

Рис. 134. Схемы других присадочных устройств:

а — рычажно-грузовая система с нижним расположением рычагов; *б* — пневматический механизм прижима и подъема валов

Прессовые валы

Верхние прессовые валы изготовляют из чугуна, из гранита или искусственных материалов: стонита, микророка, руброка и др.

Гранитные валы имеют сквозную ось (сердечник), на которую надет полый каменный корпус, соединенный с сердечником слоем бетона. Гранитные валы меньше истираются при работе, чем чугунные, и реже требуют шлифовки, однако они менее прочны и сравнительно часто выходят из строя из-за ослабления посадки каменного корпуса на сердечнике или образования трещин в граните, что может произойти, например, из-за сильного разогрева подшипника, а от него и сердечника вала. Поэтому при работе гранитных валов необходимо с особой тщательностью следить за состоянием и смазкой подшипников вала, не допускать их нагревания. Прессовые валы имеют диаметр от 300 до 900 мм, в зависимости от ширины машины. Длина прессовых валов должна быть больше ширины мокрой бумаги на 150—200 мм. По нормалям НИИБуммаш длина прессовых валов должна быть равна ширине сетки или меньше нее не более чем на 50 мм. Верхний вал должен быть длиннее нижнего на 70—80 мм, чтобы кромка сукна не загибалась вверх, так как при этом она быстрее изнашивается.

Нижние прессовые валы имеют чугунный корпус, полый внутри. Валы облицовывают слоем резины толщиной от 20 до 40 мм, в зависимости от диаметра вала. Ввиду того что давление прессования повышают от пресса к прессу, твердость резины у прессовых валов должна соответственно повышаться, чтобы выдержать возрастающее давление.

Для измерения твердости резины обычно применяют пластометр Пуссей-Джонса. В этом приборе стальной шарик диаметром 3,1 мм вдавливается грузом в 1 кг в течение 1 минуты в испытуемый предмет. Глубина погружения шарика на поверхности испытуемого тела измеряется прибором в сотых долях миллиметра и указывается на шкале.

Облицованные резиной валы широко применяются в бумажном производстве. Кроме прессовых валов, резиновая облицовка применяется у регистровых валиков, нижнего вала гауч-пресса, сукномоечных валов, отжимных валиков гауч-пресса и отсасывающих прессовых валов, сглаживающих валов, лощильных валов самосъемочных бумагоделательных машин, а также у многих валов картоноделательных машин.

Для всех этих валов требуется подбирать такую твердость резины, которая больше всего подходит по условиям работы данного вала. В табл. 44 приведены данные о твердости резины валов, применяющихся в бумажном производстве.

Обрезиненные нижние прессовые валы шлифуют с выпуклостью посредине, или с так называемой «бомбировкой». Это делается для того, чтобы компенсировать прогиб валов при прессовании и обес-

Таблица 44

Твердость резиновой облицовки валов

Наименование валов	Твердость резины по Пуссей-Джонсу	
	по немецким данным	по американским данным
Регистровые валики	12—15	2
Гауч-вал	30—35	—
Нижние валы обычных прессов:		
1-й пресс	65—75	50—65
2-й пресс	60—65	40—65
3-й и 4-й прессы	50—55	35—60
Отсасывающие прессовые валы	30—45	30—35
Сглаживающие валы (верхние)		40—50
Сукномоечные валы	70—95	65
Отжимные валики обычного гауч-пресса	75—95	—
Отжимные валы отсасывающих гауч-валов	—	200—225
Нажимные валы самосъемочных машин	20—25	30
Отжимные валы круглосеточных машин	80—95	—
Верхний прессовой вал над отсасывающим бронзовым	—	35—40
Клеильный пресс:		
верхний	—	2
нижний	—	20
Предварительные прессы картоноделательных машин:		
верхний	—	30
нижний	—	40

Примечание. Твердость резиновой облицовки нижних валов обычных прессов, по данным отечественных заводов, следующая: первого пресса 60—80, второго 50—60, третьего и четвертого 30—50.

печить равномерный отжим бумаги по всей ширине полотна. Необходимая величина бомбировки, или разность в диаметрах посредине и по краям вала, должна повышаться с увеличением прогиба вала. Последний же определяется диаметром и длиной вала, а также давлением прессования.

На широких машинах целесообразно придавать бомбировку обоим прессовым валам. В этом случае суммарная величина бомбировки распределяется на два вала.

Для шлифовки прессовых и каландровых валов устраивается шлифовальная мастерская, удобно сообщающаяся с залом бумагоделательных машин и оборудованная станками, которые позволяют придавать валам необходимую бомбировку. Шлифовальные станки устанавливаются на солидном фундаменте, не связанном со стенами и полом помещения, чтобы колебательные движения станков и машин, работающих в соседних помещениях, не могли вызвать вибрацию шлифовального камня. Это особенно важно для шлифовки металлических каландровых валов.

Размеры бомбировки приходится уточнять в каждом случае в зависимости от условий работы и типа оборудования. Если бомбировка вала недостаточна, то пресс сильнее отжимает бумагу по краям, если же величина бомбировки велика, то, наоборот, больший отжим будет посредине, а кромки бумаги будут более влажными.

В табл. 45 приведены данные о величине бомбировки прессовых валов на некоторых бумагоделательных машинах.

Таблица 45

Практические данные о величине бомбировки прессовых валов на некоторых действующих бумагоделательных машинах

Наименование предприятия	Ширина сетки в мм	№ или название пресса	Диаметр вала в мм	Тип пресса	Величина бомбировки по окружности в мм
Балахнинский комбинат	5970	3	800	Обычный	7—10
	5970	1 и 2	860	Отсасывающий	4
	2500	1 и 2	400	Обычный	1,5
	2500	3	400	»	2,0
Вишерский комбинат .	5050	1	760	Отсасывающий	6,5
	5050	2	760	»	7,0
	5050	3	760	»	7,5
Камский комбинат . .	4600	1	750	»	2,2
	4600	2	750	Обычный	3,0
	4600	3	750	»	3,5—4
Краснокамская бумажная фабрика	3600	1	550	»	2,5
	3600	2,3 и 4	550	»	2,75
	3600	Сглаживающий	550	»	2,0
	2000	1	350	»	1,25
	2000	2 и 3	350	»	1,6

На старых предприятиях практикуют иногда пришлифовку резиновых валов непосредственно на бумагоделательной машине при помощи переносного шлифовального аппарата, который устанавливают на шинах машины перед прессом. Шлифовка ведется на тихом ходу пресса, когда машина не работает. Этим способом можно устранять отдельные неровности вала и исправлять дефекты в отжиме бумажного полотна. Работа на шлифовальном аппарате требует известного навыка и может выполняться только опытным мастером. Хорошо пришлифованный пресс не должен пропускать воду на отдельных участках вала, если направить струю воды из спрыска в зазор между прессовыми валами при снятом сукне, даже при очень малом давлении прессования.

Равномерность бомбировки вала можно проверить также по отпечатку зоны прессования, если между прессами заложить лист

белой бумаги, а сверху на нее положить копировальную бумагу и нажать верхним валом.

Резиновые валы должны храниться в прохладном, темном и влажном помещении, лучше в нераспакованном виде. Если же валы распакованы, то они должны лежать на стеллажах, опираясь на них своими шейками, чтобы не повредить резины. Время от времени валы нужно поворачивать на 180°, чтобы не было прогиба. При длительном лежании на полу на резине образуются пролежни.

Не следует хранить шлифованные резиновые валы, так как на поверхности резины образуется более твердая корка. Валы нужно шлифовать непосредственно перед установкой на бумагоделательную машину.

При низкой температуре (ниже 0°) резина портится, поэтому не рекомендуется транспортировать облицованные резиной валы с заводов в зимнее время.

Резиновая облицовка прессового вала служит 3—4 года и больше. За это время она подвергается износу и многократной шлифовке. Когда резина становится тонкой, вал вторично облицовывают. При наличии недоброкачественной резины или при случайных ее повреждениях приходится направлять вал на переоблицовку значительно раньше нормального срока. При чрезмерном давлении прессования резина может деформироваться, образуя продольные складки. Иногда резина даже отстает от корпуса вала. Поэтому не следует применять слишком высокого давления на прессах и в случае появления на резине продольных складок нужно направлять вал на шлифовку.

При переоблицовке вала старую резину снимают, обтачивая ее на токарном станке, и на валу наносят винтовую нарезку для лучшего сцепления резины с корпусом вала. Затем на вал наматывают два слоя сырой резины: нижний, более твердый (эбонит) и верхний, более мягкий. Затем резину подвергают вулканизации, для чего вал помещается в нагревательную камеру и обогревается изнутри паром через имеющееся в торце вала отверстие. Процесс вулканизации продолжается несколько часов. После вулканизации вал обтачивают, упаковывают и отправляют обратно на бумажную фабрику.

На фабрике всегда следует иметь запасный вал на каждый пресс бумагоделательной машины, чтобы не иметь перебоев в работе из-за шлифовки или переоблицовки вала.

Резиновая обкладка валов портится от действия керосина или бензина, а потому не следует пользоваться этими растворителями для чистки прессовых сукон и самих валов. Очень вредно и попадание на резину смазочных масел.

Нельзя допускать одностороннюю запрессовку валов, так как при этом можно перегрузить вал. При остановке пресса нужно сразу же снять с него нагрузку. Невыполнение этого правила влечет за собой образование пролежней на резине.

Валы, закрепленные посредине

Как указывалось, прессовые валы требуют сравнительно большой бомбировки для компенсации прогиба. Величина бомбировки определяется размерами вала и его нагрузкой. Таким образом, каждой нагрузке для данного вала должна отвечать определенная величина бомбировки. Это ограничивает пределы регулирования давления прессования.

С целью улучшения работы прессовых валов была предложена конструкция так называемых «несгибающихся» валов, которые тре-

Рис. 135. Вал, закрепленный посредине (с консольной рубашкой):
1 — гранитная рубашка; *2* — стальной сердечник; *3* — резиновое кольцо; *4* — цементная заливка

буют значительно меньшей величины бомбировки. В этой конструкции гранитный или чугунный цилиндр закреплен на стальном валу только посредине на небольшом участке в 400—600 мм. Таким образом, рубашка вала состоит из трех частей: центральной, прочно связанной с валом, и двух консольных, не связанных с валом. Свободный кольцевой зазор по торцам вала уплотнен легкосжимающимся резиновым кольцом. Схематический чертеж такого вала представлен на рис. 135.

По данным И. Я. Эйдлина, при использовании валов, закрепленных посредине, величина бомбировки уменьшается примерно в семь раз. Это позволяет вести процесс отжима влаги в прессах более эффективно путем изменения давления в более широких пределах.

Отсасывающие прессовые валы

На быстроходных бумагоделательных машинах широко применяются отсасывающие прессовые валы, которые устанавливаются на первом и втором прессах, вместо обычных облицованных резиной валов. Применение их повышает степень обезвоживания бумаги в прессе, так как отжатая механическим прессованием вода под влиянием разрежения в камере беспрепятственно уходит из зоны прессования через сукно в отверстия отсасывающего вала, из которых затем выбрасывается центробежной силой. Наряду с этим значительно улучшается работа сукон, так как через их поры

просасывается воздух. Сукна меньше загрязняются и дольше работают. Количество обрывов бумаги резко сокращается, так как бумага присасывается к сукну и меньше прилипает к верхнему валу.

Отсасывающий вал по своей конструкции сходен с камерным отсасывающим гауч-валом, однако изготовляется меньшего диаметра. Ширина камеры у малых и средних машин 70 мм, у широких достигает 150 мм. Рубашку отсасывающего вала изготовляют из толстостенной перфорированной трубы из бронзы или нержавеющей стали.

Металлический корпус вала обычно облицовывают слоем резины толщиной 25 мм, твердостью 30—35 пунктов. Это значительно улучшает работу пресса, повышает степень обезвоживания бумаги и удлиняет срок службы сукон.

Отверстия в корпусе вала имеют диаметр 4—5 мм; чтобы уменьшить маркировку бумаги, их делают без раззенковки. С этой же целью при работе с отсасывающими прессами применяют более плотные сукна.

Рис. 136. Положение вакуум-камеры в отсасывающем прессовом валу

Верхний вал отсасывающего пресса обычно располагается отвесно над нижним. Боковое смещение вала здесь не требуется, а при наличии облицованного резиной нижнего вала даже является вредным, так как ухудшаются условия работы резиновой облицовки.

Вакуум-камера устанавливается под зоной прессования. Она имеет смещение навстречу движению бумаги с таким расчетом, чтобы на другую сторону, за центр вала, камера выступала только на 5 мм, как это показано на рис. 136. Камера должна герметично закрываться сукном и бумагой.

Вакуум-камера соединена с мощным вакуум-насосом такого же типа, как и у отсасывающего гауч-вала, но несколько меньшей производительности. Вакуум-насос должен обеспечить разрежение в камере вала 300—500 мм рт. ст., в зависимости от вида вырабатываемой бумаги.

Нормальное давление прессования (14—18 кг/см) обеспечивается весом верхнего вала, максимальное (24—30 кг/см) — добавочными грузами или нажатием верхнего вала при помощи пневматического присадочного устройства.

При работе отсасывающего пресса нужно следить за тем, чтобы отверстия вала не забивались волокнами, частицами клея и наполнителей. Отверстия вала периодически промывают во время смены сукон струей воды с давлением до 70 ат. Если же это не помогает, приходится пробивать засорившиеся отверстия вала механическим или пневматическим пробойником. Забивание отверстий вала вызывает появление брака в бумаге в виде мокрых полос и раздавленных мест, так как бумажное полотно в этих местах не обезвоживается.

Чтобы предотвратить образование канавок и желобков от трения камеры на внутренней поверхности вала, рекомендуется систематически (один раз в неделю или при смене сетки) промывать уплотнения вакуум-камеры и передвигать их в ту и в другую сторону. Уплотнения камеры нужно менять два раза в год.

Снижение вакуума в камере отсасывающего вала может произойти не только из-за снижения жирности массы, но также и из-за засоса воздуха через уплотнения. Наоборот, повышение вакуума может произойти из-за загрязнения сукна или забивания отверстий вала так же, как и от повышения жирности массы.

Отсасывающий пресс с прососом воздуха через сукно

Недавно разработана новая рациональная конструкция отсасывающего пресса с прососом воздуха через сукно, которая позволила значительно повысить эффективность обезвоживания бумаги в мокрой части машины и устранить неудобный в обслуживании обратный пресс. Эта конструкция отличается от конструкции обычного отсасывающего прямого пресса схемой движения сукна и бумаги между валами и более широкой отсасывающей камерой (175 мм вместо 100 мм), которая устанавливается симметрично относительно зоны соприкосновения валов.

Как видно из рис. 137, сукно огибает нижний вал, плотно прикрывая камеру, бумага же огибает верхний вал и соприкасается с сукном только в зоне контакта валов. При таком расположении бумаги и сукна и наличии широкой камеры вода, отжимаемая валами, проходит через сукно в камеру как обычно, сукно же при выходе из зоны контакта валов, не прикрытое бумагой, осушается воздухом, просасываемым через сукно. При этом одновременно осушаются и ячейки вала. Благодаря этому сукно делается более сухим, больше впитывает воды при отжатии между валами и вода из ячеек вала не забрасывается снова в сукно. Этим объясняется эффективность подобной установки.

Вал с прососом воздуха через сукно устанавливается на втором и третьем прессах, т. е. там, где бумага уже достаточно прочна и не нуждается в транспортировании сукном. Удельное давление при прессовании обычно не превышает 36 кг/см, а вакуум в камере не выше 250 мм рт. ст. Подобная установка позволяет повысить сухость бумажного полотна на 2—3% против обычного.

С использованием этого принципа и установкой отсасывающего вала над верхним гранитным валом с верхним расположением сукна стало возможным при прямом расположении пресса заменить

Рис. 137. Схема отсасывающего пресса с прососом воздуха через сукно:
1 — бумага; *2* — сукно

обратный пресс. Этот же принцип применяется и при установке горячего отсасывающего пресса в сушильной части бумагоделательной машины.

ПРЕССОВЫЕ СУКНА

Прессовые сукна служат для улучшения условий прессования сырого бумажного листа. Они, впитывая и пропуская через себя воду, выделяющуюся при отжиме, предотвращают раздавливание бумаги, а также транспортируют ее через прессовую часть машины.

Прессовые сукна должны обладать хорошей пористостью и впитывающей способностью, чтобы пропускать через себя отжатую из бумаги влагу. Ткань сукна должна быть упругой и плотной, чтобы не маркировать поверхности бумаги, и достаточно прочной, чтобы выдерживать сравнительно большое натяжение при работе на машине.

Чтобы прессовые сукна удовлетворяли таким разнообразным требованиям, их изготовляют из высококачественной шерсти. Их ткут бесконечными и с поверхности ворсуют.

Волокна шерсти, имея чешуйчатое строение поверхности, обладают свойством самоочищения при работе. Это свойство в сочетании с высокой упругостью шерстяного волокна, в результате чего после сжатия при прохождении через валы пресса сукно быстро

восстанавливает свою первоначальную толщину и открытую структуру, делает шерсть наиболее пригодным материалом для изготовления прессовых сукон.

Для повышения износоустойчивости и прочности сукон на разрыв в шерстяную пряжу добавляют до 20—25% искусственных волокон капрона или нейлона. Добавка этих волокон повышает также сопротивление ткани действию кислот, щелочей и микроорганизмов, однако упругость, эластичность и свойство ткани самоочищаться понижается. По этой причине искусственные волокна не могут пока вытеснить шерсть в производстве прессовых сукон.

Для повышения износоустойчивости прессовых сукон и удлинения срока их службы в настоящее время многие зарубежные фирмы применяют дубление шерстяных сукон, а также подвергают их специальной химической обработке, в результате которой между цепями кератина, из которых построены белковые молекулы протеина шерсти, возникают дополнительные химические связи, не подверженные разрушению при термохимических воздействиях во время работы сукна.

В зависимости от назначения прессовые сукна изготовляют различного веса 1 м^2 и различной структуры ткани. Вес 1 м^2 сукон варьирует от 440 до 900 г и выше. По характеру ткани различают сукна с гарнитурным, саржевым (или киперным) и сатиновым плетением. Более редкие сукна с гарнитурным плетением и меньшим весом 1 м^2 применяют на первом прессе. Более плотные сукна с саржевым и сатиновым плетением применяют на втором и третьем прессе. Наименьшую маркировку дает сатиновое плетение. Поэтому такие сукна используются для машин, вырабатывающих высокосортные бумаги.

Данные о применяемых в СССР прессовых сукнах приведены в «Справочнике бумажника-технолога». (Гослесбумиздат, 1956, том II).

На современных быстроходных машинах за рубежом для отсасывающих прессов применяются сукна с двойной тканью и весом от 700 до 1100 г/м^2.

По ширине мокрые сукна делают шире корпуса прессового вала примерно на 100—150 мм, чтобы при последующей продольной вытяжке и усадке сукон по ширине они все-таки были шире мокрого полотна бумаги на 150—200 мм. Длина сукон зависит от конструкции и расположения прессов и обычно находится в пределах 10—20 м. Короткие сукна быстрее загрязняются и изнашиваются, а потому требуют более частой смены.

Срок службы мокрых сукон зависит от скорости машины, композиции бумаги и типа пресса и сукномоечных устройств. Обычный срок службы мокрых сукон первого пресса 10—14 дней, второго — 15—20 дней, третьего — 20—30 дней.

При отсутствии на машине сукномоек срок службы сукон, в особенности на первом прессе, резко сокращается.

Прессовое сукно приводится в движение от прессовых валов и само вращает при своем движении все сукноведущие валики. Последние по своей конструкции сходны с сетковедущими валиками. Их изготовляют из стальной трубы и покрывают сверху листовой медью или твердой резиной. Диаметр валиков изменяется в пределах 160—350 мм, диаметр же цапф — 36—75 мм, в зависимости от ширины машины. Для расширения сукна и предотвращения его сморщивания у одного или двух так называемых «разгонных» валиков, располагающихся в петле сукна, делают спиральную напайку из полоски металла.

В каждом сукне имеются один правительный и один натяжной валик так же, как и в сетке. На правительном валике сукно делает незначительный перегиб, а подшипник валика передвигается посредством суппорта в направлении, примерно параллельном плоскости сукна. Правила правки сукна и сетки одни и те же (см. стр. 349).

Натяжной валик располагается в петле сукна, где оно делает поворот примерно на 180°. Суппорт натяжного валика имеет значительную длину (обычно около 10% от длины сукна) и располагается в направлении петли сукна. Натяжной винт суппорта приходится делать длинным, так как сукно сильно вытягивается при работе (до 10—12%). Натяжное устройство должно допускать натяжение с одной или одновременно с обеих сторон сукна, чтобы выравнивать натяжение по сторонам. Натяжение сукна у малых машин производится обычно вручную при помощи маховичка и цепной передачи, а на больших машинах посредством электродвигателей.

Правка сукна может осуществляться как вручную, так и автоматически. Одно из таких автоматических устройств было описано на стр. 352.

Иногда случается, что сукно плохо подчиняется действию правительного валика, тогда прибегают к помощи натяжного валика. Многие практики считают, что сукно всегда идет на ослабленную сторону, однако, это не всегда верно, так как иногда сукно идет на более натянутую сторону. Это зависит от расположения сукноведущих валиков и величины ветвей сукна, набегающих и сбегающих с натяжного валика. Наблюдением автора установлено, что управляет смещением больший отрезок сукна. Это наглядно представлено на схеме (рис. 138), на которой показано движение точки сукна a при перемещении одного конца натяжного валика из точки A в точку A_1 у двух сукон с разной величиной набегающей и сбегающей ветвей сукна. Как видно из рисунка, в первом случае сукно смещается на ослабленную, а во втором на натянутую сторону. При равенстве набегающей и сбегающей ветвей ($AB = AC$) сукно должно стоять на месте.

Пользоваться натяжным валиком для правки сукна не рекомендуется, так при этом перекашивается ткань сукна. Следует проверить положение всех сукноведущих валиков и в первую очередь

натяжного и, если нарушений в положении валиков обнаружено не будет, можно сместить в помощь правительному валику один из сукноведущих валиков, на котором сукно делает незначительный

Рис. 138. Схема движения сукна при перекосе натяжного валика

перегиб. При смещении одного конца валика руководствуются правилом, применяемом при правке.

Смена сукон

Сукно меняют, когда оно загрязнилось или износилось и начинает браковать бумагу. Старое сукно, не пригодное более для употребления на машине, обычно прямо срезают, чтобы ускорить его смену. Загрязненное, но еще достаточно прочное и плотное сукно снимают целиком и затем промывают. Такие сукна после промывки могут быть использованы на той же или на другой машине, вырабатывающей менее ответственный вид бумаги.

Перед надеванием сукна все части пресса тщательно промывают и очищают от смазочного масла, чтобы не запачкать сукна. Новое сукно осматривают и определяют направление ворса, а также направление движения сукна по стрелке, нашитой на его кромке. Если сукно надеть не по стрелке, то ворс при движении сукна будет топорщиться, увлекать воздух, и между бумагой и сукном перед прессом появится воздушный пузырь, который будет создавать брак в бумаге.

Сукно складывают жгутом и заводят петлей на нижний прессовой вал. Для этой цели краном или крюком, подвешенным к шейке верхнего прессового вала, зацепляют шейку нижнего вала, приподнимают вместе с верхним валом подъемным механизмом и уби-

рают стойку нижнего вала с рабочей стороны. После этого заводят сукно под пресс, ставят обратно стойку, опускают вал и, убрав крюк, заправляют сукно между прессовыми валами. Затем начинают надевать сукно на сукноведущие валики, находящиеся внутри сукна. Последним ставится натяжной валик, который должен находиться в крайнем ослабленном положении. По окончании надевания сукно расправляют, натягивают и, опустив верхний вал, пропускают на тихом ходу, обильно увлажняя по всей ширине из спрыска.

Окончательную натяжку сукна осуществляют после увлажнения. При этом контролируют правильность положения натяжного валика.

На прессовых сукнах имеется так называемая контрольная нитка, окрашенная в синий или красный цвет, по положению который можно судить о правильности натяжки сукна. При перекосе контрольной нитки ткань сукна суживается, сукно становится менее пористым, хуже пропускает воду и при сильном перекосе может даже образовать складку.

В том случае, когда одна сторона сукна отстает, а другая идет вперед, необходимо натянуть сторону, идущую вперед или ослабить отстающую. Натягивая какую-нибудь сторону, мы удлиняем, а ослабляя, уменьшаем ее путь.

В том случае, когда кромки сукна идут ровно, а середина забегает вперед, прибегают к ускорению движения кромок сукна путем подмоток бумажной ленты по краям одного из петлевых сукноведущих валиков. Целесообразнее, однако, установка сукноведущего валика со спиральной напайкой по краям валика.

В третьем случае, когда отстает середина, следует повысить скорость сукна посредине или уменьшить по краям. Это можно сделать, сняв подмотки с краев валика, если они были ранее поставлены, или заменив разгонный валик со спиралью по концам валиком со спиралью по всей его длине. Если эти мероприятия не дают результатов, то причина неправильного положения контрольной нитки заключается в бомбировке прессовых валов.

Промывка сукон

Во время работы поры сукна загрязняются волокнами, клеем и частицами наполнителя. Это ухудшает фильтрацию воды, отжимаемой прессом, и при сильном загрязнении ткани бумага может раздавливаться валами, так как вода, не находя выхода через ткань сукна, будет размывать (разрушать) структуру бумаги. Как говорят, сукно начинает «марать» и в бумаге получаются отверстия самой разнообразной формы.

При выработке целлюлозной бумаги с низкой степенью помола массы и без наполнителей сукна загрязняются меньше, чем при выработке бумаги с содержанием в композиции древесной массы, наполнителя и проклеивающих веществ. Для улучшения работы

сукон используются сукномоечные устройства непосредственно на машине.

Чаще применяются вальцовые и отсасывающие сукномойки (рис. 139), а также сукномойки «Виккери». Реже применяются сукномойки пневматические (Франка) и с отсасывающим валом.

Рис. 139. Сукномоечные устройства:
1 — вальцовая сукномойка; *2* — трубчатая сукномойка; *3* — пневматическая сукномойка Франка; *4* — сукномоечный отсасывающий вал

Вальцовая сукномойка. Состоит она из двух валов наподобие прессовых, но меньшего диаметра: верхнего, чугунного с бронзовой рубашкой, и нижнего, облицованного мягкой резиной. Оба вала снабжены роликовыми подшипниками и легко вращаются от сукна, не имея специального привода. Нижний вал установлен в неподвижных стойках, верхний же имеет подъемно-присадочное устройство, как и у пресса.

Назначение сукномоечных валов заключается в том, чтобы отжать воду из мокрого сукна, подвергаемого промывке двумя спрысками, установленными с обеих сторон сукна перед поступлением его в валы. Таким образом, сукно при своем обратном движении непрерывно промывается сильной струей воды и отжимается на вальцах досуха.

Резиновая облицовка нижнего вала должна быть мягкой (твердость 70—85 по Пуссей-Джонсу) и хорошо отшлифована с приданием ей необходимой бомбировки. Твердая резина сильно изнашивает сукно. Плохая же шлифовка или выработка резины на валу служит причиной пропусков воды в сукне, быстрого его загрязнения в этих местах и образования брака в бумаге.

Вальцовые сукномойки помещают обычно в сукне первого пресса, реже их ставят на втором прессе. У больших машин сукномоечные валы снабжают иногда отдельным приводом. Вальцовые сукномойки позволяют вести работу сукна первого пресса без

снятия для промывки до полного износа. Однако сукно при этом сильно изнашивается и работает недолго (7—12 дней).

Перед входом сукна в валы первого пресса под сукном почти всегда устанавливается небольшой отсасывающий ящик, назначение которого заключается в присосе бумажного полотна к сукну с целью устранения воздушного пузыря между сукном и бумагой. Если этого не сделать, то воздушный пузырь проходит в валы пресса и в бумаге образуются складки, видимые на просвет в виде «елки».

Изготовляется отсасывающий ящик обычно из бронзовой трубы диаметром 75—100 мм с узкой продольной щелью на его поверхности шириной 15—25 мм. Разрежение в камере ящика поддерживается воздушным насосом в пределах 10—25 мм рт. ст.

На многих старых фабриках вместо ящика или в дополнение к нему ставят так называемый «пузырный валик», чтобы обеспечить хорошее прилегание бумаги к сукну и устранить воздушный пузырь.

Легкий валик из меди или алюминия помещают шейками в открытые вилки, установленные над первым сукноведущим валиком первого пресса, и он свободно катится по бумажному полотну, прижимая его к сукну. Иногда валик обертывают по спирали полоской сукна.

Применение пузырного валика причиняет больше хлопот, чем применение отсасывающего ящика. Загрязнение поверхности пузырного валика и несвоевременная смена его или очистка часто являются причинами образования брака в бумаге вследствие попадания комочков массы.

Трубчатые сукномойки. На быстроходных машинах, вырабатывающих газетную и печатные бумаги, у первого и второго пресса часто устанавливают трубчатые сукномойки. Трубчатая сукномойка по своей конструкции напоминает только что описанный отсасывающий ящик, но более мощной конструкции. Диаметр трубы 100—125 мм, ширина щели 15 мм, разрежение 220 мм рт. ст. Иногда их устанавливают попарно. Разрежение в трубчатой сукномойке производится мощными воздушными насосами. Промывка сукна, как и при наличии вальцовой сукномойки, производится водяными спрысками. Спрыски включают в работу главным образом только при холостом ходе машины, так как отсасывающие ящики не могут достаточно осушить сукно после промывки. Поэтому при работе машины действие вакуума сводится лишь к отсосу загрязнений с поверхности сукон и поддержания пор открытыми.

Трубчатые сукномойки проще в эксплуатации, чем вальцовые, однако они менее эффективны и потому их применение целесообразно только при выработке бумаги без наполняющих и проклеивающих веществ в композиции.

Сукномоечный отсасывающий вал. Для отжима сукна после промывки спрысками стали применять сукномоечный отсасывающий

камерный вал примерно такого же типа, как и отсасывающий гауч-вал, но меньшего диаметра и без самостоятельного привода. Сукно соприкасается с валом на дуге 90°. Это необходимо, чтобы сукно не проскальзывало по поверхности вала. Вакуум-камера изготовляется более широкой и соединяется с мощным вакуум-насосом.

Преимущество отсасывающего сукномоечного вала перед вальцовой сукномойкой заключается в более равномерном отсосе влаги

Рис. 140. Сукномойка «Виккери»:
1 — промывная головка; *2* — ходовой винт; *3* — коробка переключения хода головок; *4* — армированные рукава

из сукна по ширине бумагоделательной машины и меньшем износе при этом ткани сукна.

Для более эффективной промывки съемного сукна вакуум-пересасывающего устройства на быстроходных машинах применяют обычно вальцовую сукномойку с отсасывающим камерным валом.

Сукномойка «Виккери». Состоит она (рис. 140) из одной или нескольких промывных головок, плотно прилегающих к наружной стороне сукна. Они медленно передвигаются взад и вперед по ширине сукна и очищают его от загрязнений. Металлическая промывная головка имеет форму башмака и представляет собой камеру, ограниченную плоской перфорированной крышкой, по которой скользит сукно. Ширина крышки 80—100 мм, длина 300—400 мм. Камера разделена на два самостоятельных отделения. В первую по ходу сукна камеру подается вода с температурой 35—40° и давлением 1—2,5 атм для промывки сукна, вторая же

соединена с вакуум-насосом и служит для осушения сукна после промывки.

Таким образом, очистке подвергается лишь узкая полоска сукна шириной около 40—50 мм. Движение головок сукномойки координировано с движением сукна так, что за один оборот сукна головка передвигается на ширину камеры с таким расчетом, чтобы вся поверхность сукна равномерно была подвергнута действию чистки.

Для ускорения очистки на каждые 1,5 м сукна ставят одну промывную головку. Таким образом, на широкой, 6-метровой машине устанавливают три-четыре таких головки, которые работают параллельно каждая на своем участке сукна. Все промывные головки передвигаются по балке углового сечения, укрепленной на шинах бумагоделательной машины поперек сукна. Движение головок производится при помощи ходового винта, приводимого в движение через ременную или цепную передачу от приводного вала пресса. Перемена движения головок осуществляется посредством автоматического переключающего механизма, помещаемого в отдельной коробке и устанавливаемого сбоку машины.

В случае необходимости можно направить движение промывной головки только по определенному участку сукна, вручную, переключая ее движение. Этим пользуются, когда хотят очистить сукно на каком-либо одном участке.

Правильная эксплуатация сукномойки «Виккери» позволяет значительно удлинить срок службы сукна и сохранить его в работоспособном состоянии.

Вакуум в камере сукномойки 75—125 мм рт. ст. В некоторых конструкциях применяют вакуум до 250 мм рт. ст. Расход воды на одну промывную головку составляет от 11,5 до 30 л в минуту. Производительность вакуум-насоса на одну промывную головку от 1 до 2,8 $м^3$/мин.

Сукномойки «Виккери» считаются в настоящее время наиболее эффективными сукномоечными устройствами, особенно при выработке клееной бумаги и бумаги с наполнителем в композиции. Они с успехом применяются на первом и втором прессах быстроходных машин.

В новейших конструкциях сукномоек «Виккери» зона отсоса разделена на три отсасывающие камеры. При этом первая и третья работают при низком разрежении, а средняя на высоком.

Пневматическая сукномойка Франка. Представляет собой полый перфорированный вал диаметром 300—600 мм из чугуна, покрытый сверху бронзовой рубашкой и разделенный изнутри на несколько секций (обычно восемь). Отверстия у вала имеют коническую форму. Через полые цапфы внутрь вала подводится от компрессора сжатый воздух давлением 0,1—0,2 атм.

Сукномоечный вал устанавливают так, чтобы сукно охватывало его петлей и воздух продувался на дуге вала в 180°. Действие сукномойки заключается в том, что движущееся вокруг вала сукно

увлажняется спрыском, причем конические ячейки вала наполняются водой, а затем вместе с воздухом продуваются сжатым воздухом через поры сукна, очищая их от загрязнений. Продувка воздухом производится обычно периодически, по мере загрязнения сукна.

Действие сукномойки довольно эффективно, однако она имеет тот недостаток, что сукно отдувается от вала и может смещаться в сторону, причиняя затруднения в работе.

Пневматические сукномойки указанного типа применяются сравнительно мало.

Промывка и хранение сукон, снятых с машины. Для промывки сукон, снятых с машины, применяются сукномойки, которые состоят из небольшой ванны с двумя деревянными вальцами, расположенными один над другим над ванной. Один из них, нижний, приводится во вращение от привода через ременную передачу.

Сукно заправляется между валами и опускается в ванну, в которую наливается вода с моющим реагентом. Промывка производится мыльной водой при температуре не выше 50°. При этом сукно медленно передвигается через вальцы в ванну и снова в вальцы. Для промывки сукна следует применять нейтральное мыло, так как щелочь разрушает шерсть. После обработки сукна мыльной водой в течение 20—30 минут и промывки без воды сукно поступает на просушку. При плохой промывке в сукне могут развиваться так называемые шерстяные бактерии, разрушающие ткань.

Хранить сукна следует в чистом холодном и сухом помещении, так как влага в сукне способствует образованию плесени. Для предохранения от повреждения молью сукна обильно пересыпают нафталином. В самом помещении пол и полки также посыпают нафталином. Новые сукна лучше всего хранить в своей первоначальной упаковке. Распакованные и старые сукна, бывшие в употреблении, также целесообразно хранить завернутыми в просмоленную или гудронированную бумагу.

Промывка сукон на бумагоделательной машине. В Америке часто практикуется промывка сукон на самой машине во время ее простоя. Промывка сукон производится на малой скорости машины (60—120 м/мин) при снятых грузах и вылегченных прессах. Ослабленное сукно орошают из спрыска подогретым моющим реагентом в течение примерно 10 минут, затем сморщивают его примерно до половины ширины и обрабатывают моющим раствором еще 10—20 минут. Далее расширяют сукно и промывают его свежей водой в течение 10—20 минут. Таким образом, общая продолжительность промывки сукна составляет 30—50 минут.

В качестве моющего реагента применяют кальцинированную соду, бикарбонат натрия, силикаты, тринитрофосфат, а также другие химикаты, как щелочного, так и кислотного характера.

Иногда эти моющие растворы в подогретом виде даются при работе машины через промывные головки сукномоек Виккери

или в ванну, через которую проходит сукно с последующим обезвоживанием его на отсасывающих ящиках или отсасывающем сукномоечном валу.

СДВОЕННЫЕ ПРЕССЫ

В 1931 г. в Англии при реконструкции одной из бумагоделательных машин, вырабатывающих газетную бумагу, был установлен трехвальный вертикальный сдвоенный пресс. В 1936 г. американской фирмой Беллойт был сконструирован горизонтальный сдвоенный пресс. Позже появились трехвальные прессы: пирамидальный и «симплекс».

Сдвоенные прессы очень компактны, они экономят место и поэтому часто применяются при модернизации бумагоделательных машин. В этом случае имеется возможность увеличить мощность сушильной части путем установки добавочных сушильных цилиндров на площади, высвободившейся от замены обычных трех прессов на один сдвоенный пресс. Все эти конструкции используют более эффективные отсасывающие валы и потому один сдвоенный пресс вполне может заменить два и даже три обычных пресса.

Рис. 141. Схемы сдвоенного вертикального пресса:

а — с вакуум-пересосом бумажного полотна с сетки на сукно; *б* — с отдельным расположением пресса

Сдвоенный вертикальный пресс, показанный на рис. 141, состоит из трех прессовых валов, расположенных непосредственно над свободной ветвью сетки за отсасывающим гауч-валом. Два из этих валов — отсасывающие, каждый из которых имеет по две вакуум-камеры, верхний вал гранитный с шабером на нем. Нижний и средний валы приводные. При помощи нижней вакуум-камеры в нижнем прессовом вале бумажное полотно пересасывается на сукно, поступает сначала в первую зону,

а затем во вторую зону прессования и далее в офсетный пресс или непосредственно на сушильные цилиндры. В этой конструкции используются обычно два прессовых сукна, однако она может работать и с одним только верхним сукном.

Сдвоенный вертикальный пресс может стоять и отдельно.

В этом случае бумагу снимают с сетки при помощи вакуум-пересасывающего устройства.

Горизонтальный сдвоенный пресс (рис. 142, *а*) состоит из трех прессовых валов, расположенных горизонтально. Средний гранитный вал не имеет привода и установлен в неподвижных подшипниках, а два крайних отсасывающих вала — в подвижных шарнирных стойках, приводные. Посредством присадочного устройства они могут перемещаться в горизонтальном направлении и создавать необходимое давление при прессовании. На сдвоенный горизонтальный пресс надевают одно общее сукно или два отдельных, одно из которых надевают на первый вал, а другое на третий вал.

Рис. 142. Схемы сдвоенных прессов:
а — горизонтальный; *б* — пирамидальный; *в* — «симплекс»

Бумага огибает первый вал сверху, проходит первую зону прессования, огибает средний вал снизу и, пройдя вторую зону прессования, направляется в сушку. Недостатком этой конструкции является трудность подбора необходимой величины бомбировки валов.

Сдвоенный пирамидальный пресс (рис. 142, *б*)

является видоизмененной конструкцией горизонтального пресса. Он состоит из двух отсасывающих прессовых валов, расположенных рядом, на поверхности которых располагается один большой гранитный вал диаметром 1,2 м и выше.

Пирамидальный пресс имеет два прессовых сукна и приводится в движение так же, как и горизонтальный пресс.

Сдвоенный пресс «симплекс» (рис. 142, *в*) состоит из одного приводного большого нижнего вала с двумя отсасывающими камерами, на поверхности которого располагаются два гранитных вала меньшего диаметра, вращающихся от трения и имеющих присадочное устройство.

Этот пресс удачно комбинируется с вакуум-пересасывающим устройством для автоматического съема бумаги с сетки и подачи ее в прессовую часть машины.

Пирамидальные сдвоенные прессы широко применяются на больших машинах, вырабатывающих крафт-бумагу и тарный картон. Сдвоенный пресс «симплекс» применяется при выработке более тонкой бумаги. Общим недостатком сдвоенных прессов (кроме пресса «симплекс») является трудность синхронизации движения приводных валов и возможность неполадок по этой причине.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ СЪЕМ БУМАГИ С СЕТКИ И ЗАПРАВКА БУМАГИ В МОКРОЙ ЧАСТИ БЫСТРОХОДНОЙ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Заправка бумаги в мокрой части на быстроходных машинах производится при помощи сжатого воздуха давлением 4—6 атм. Узкая полоска бумаги, отрезанная водяным ножом (переводной отсечкой) шириной 50—70 мм сдувается с отсасывающего гауч-вала на сукно первого пресса посредством воздушной трубки, помещенной внутри вала с рабочей стороны машины. С верхнего вала прямого пресса бумажная лента также сдувается при помощи пары воздушных сопел, управляемых вручную. Заправка бумаги в обратный пресс и далее на сушильные цилиндры, а также передача с последнего прямого пресса в сушку осуществляются при помощи заправочных канатиков Шихена, действие которых описано в 10-й главе.

На тихоходных машинах (до скорости 150—180 м/мин) заправка бумаги в мокрой части производится большей частью вручную.

С повышением скорости машины снижается сухость бумажного полотна после гауч-пресса, увеличивается растяжение слабой влажной бумаги и это затрудняет передачу ее в прессовую часть, создаются обрывы бумаги и увеличиваются холостые пробеги машины.

Для улучшения работы машины приходится устанавливать мощные вакуум-насосы для создания большого разрежения в камере отсасывающего гауч-вала и получения более сухой, а следовательно, и более прочной бумаги.

Подобная практика привела к тому, что на больших быстроходных бумагоделательных машинах мощность вакуум-насосов для гауч-пресса и отсасывающих прессов чрезвычайно возросла.

На современных быстроходных бумагоделательных машинах теперь стали применять автоматический съем бумажного полотна с сетки при помощи сукна и вакуум-пересасывающего вала.

Рис. 143. Схемы вакуум-пересасывающего устройства для передачи бумаги с сетки на сукно первого пресса:
а — с верхним расположением пересасывающего вала; *б* — с нижним расположением пересасывающего вала

Влажное бумажное полотно присасывается к верхнему съемному сукну и передается затем автоматически в валы первого пресса. Обогнув верхний прессовый вал, съемное сукно возвращается обратно.

В настоящее время разработано несколько типовых схем автоматической передачи бумаги с сетки в прессовую часть машины, и теперь все современные быстроходные машины при скорости свыше 500 м/мин оборудуются такими установками. Это позволяет устранить вредную вытяжку влажной бумаги при переходе ее с сетки на первый пресс, достигающую 3—5%, повысить ее прочность и устранить обрывы бумаги под сетку. При использовании вакуум-пересасывающих устройств оказалось возможным понизить вакуум в камере отсасывающего гауч-вала и, следовательно, снизить мощность вакуум-насоса.

Применение автоматической передачи бумаги с сетки в прессовую часть машины дает возможность повысить прочность готовой бумаги на 15—20% за счет устранения вредной вытяжки влажной бумаги и снизить содержание целлюлозы в композиции газетной бумаги.

Наиболее типичные схемы вакуум-пересасывающего устройства современных быстроходных машин, вырабатывающих газетную бумагу, показаны на рис. 143. В обеих схемах бумага снимается съемным сукном при помощи пересасывающего вала, работающего с разрежением 300—400 мм рт. ст., который в первой схеме находится над свободной ветвью сетки между отсасывающим гауч-валом и вторым ведущим сетку валом, имеющим привод от вспомогательного двигателя постоянного тока, сблокированного с секционным двигателем отсасывающего гауч-вала.

Рис. 144. Валик для передачи бумаги с сетки на пресс:

1 — передаточный валик; *2* — поршневой подъемный механизм; *3* — сукноведущий валик; *4* — отсасывающий гауч-вал; *5* — прижимной вал; *6* — груз

Во второй схеме этот ведущий сеточный вал находится на обратной ветви сетки и вакуум-пересасывающий вал располагается под этой ветвью, пересасывая бумагу на себя сверху.

В первой схеме съемное сукно надето на вспомогательный прессовый вал, назначение которого состоит в том, чтобы снять бумагу с верхнего съемного сукна. С этой целью вакуум-камера у него повернута по ходу сукна и работает на присос бумаги к нижнему сукну при выходе ее из пресса. Во второй схеме съемное сукно надето прямо на основной пресс. Вторая схема проще, но, по-видимому, менее надежна, так как при нормальном положении вакуум-камеры, обеспечивающем лучшее удаление влаги, бумага будет иметь тенденцию прилипать к верхнему съемному сукну.

Другие схемы автоматической передачи бумажного полотна при наличии вертикального сдвоенного пресса и пресса «симплекс» были показаны на рис. 141 и 142.

Заправка бумаги с сетки на пресс в машине, оборудованной вакуум-пересасывающим устройством, производится полным полотном во всю ширину сетки. Мокрый брак снимается шабером с верхнего вала первого пресса и поступает на транспортер, которым

сбрасывается в мешалку. От первого пресса бумага заправляется далее узкой полоской, отсекаемой на сетке отсечкой.

Для успешной работы вакуум-пересасывающего устройства большое значение имеет качество съемного сукна и хорошая его очистка от загрязнений. Наиболее пригодны для этой цели сукна с саржевым плетением весом 880—850 г/м^2, обладающие открытой структурой и хорошей впитывающей способностью.

Для промывки сукон от загрязнений устанавливают сукномойки «Виккери» и сукномойки с отсасывающим валом. Пересасывающий вал снабжен подъемным приспособлением для перемещения его при пуске и остановке машины.

Вакуум-пересасывающее устройство сильно усложняет конструкцию прессовой части, а потому его применение целесообразно при выработке газетной и печатной бумаги только на быстроходных машинах, при скоростях свыше 500 м/мин.

При работе машин на скоростях от 300 до 500 м/мин обрывность бумаги можно снизить установкой между сеткой и сукном первого пресса передаточного валика (рис. 144). Валик диаметром 250—300 мм имеет самостоятельный привод и может перемещаться при помощи пневмопоршня. Он устанавливается таким образом, чтобы бумажное полотно, сходя с сетки, не отрывалось под прямым углом, а, огибая валик, сходило с гауч-вала по касательной.

СГЛАЖИВАЮЩИЙ ПРЕСС

Сглаживающий, или офсетный, пресс по своей конструкции сходен с обычным прессом, однако он не имеет прессового сукна. Он состоит из двух валов, из которых нижний — гранитный или чугунный, а верхний покрыт резиной твердостью 40—50 пунктов по Пуссей-Джонсу. Диаметр валов и устройство присадочного приспособления аналогично применяемым в обычных прессах.

Сглаживающий пресс устанавливается перед сушильной частью машины. Он предназначен для уплотнения бумаги, выравнивания поверхности, придания ей хорошей гладкости и устранения маркировки от сукон и сетки. Отжима воды на этом прессе обычно не происходит.

Сглаживающий пресс устанавливается при выработке следующих видов бумаги: печатной, картографической, основы фотоподложки, документной и других, требующих хорошей машинной гладкости. В большинстве случаев устанавливают один такой пресс. При выработке же высокосортной бумаги иногда устанавливают последовательно друг за другом два и даже три сглаживающих пресса.

Пропуск влажной бумаги через сглаживающий пресс оказывает существенное влияние и на процесс сушки бумаги, так как при сглаживании поверхности бумаги улучшается контакт с греющей поверхностью сушильных цилиндров, повышается коэффициент теплоотдачи и возрастает эффективность сушки.

БРАК В ПРЕССОВОЙ ЧАСТИ МАШИНЫ

Брак, образующийся в прессовой части бумагоделательной машины, может приводить к обрывам полотна в прессах и в сушильной части машины, а иногда дефекты обнаруживаются дальше при отделке бумаги, затрудняя работу станков и создавая брак в готовой бумаге. Очень часто причиной обрывов и выдирания полотна на прессах служат дефекты, образующиеся в сеточной части или даже раньше и только выявляющиеся на прессах (слизь, комочки массы, сучки и т. п.).

Чтобы уменьшить количество обрывов, очень часто при выработке слабой бумаги на машинах устарелой конструкции без отсасывающих прессов применяют нитки, которые устанавливают на прессах. Бесконечная нитка движется через прессовые валы вместе с бумагой, а затем возвращается обратно, огибая верхний прессовый вал. В случае местного выдирания бумаги разрыв полотна ограничивается лишь узким пространством между двумя соседними нитками. Соединяя нитки, между которыми произошел разрыв полотна, прессовщик ликвидирует этот разрыв.

В процессе работы необходимо следить за состоянием ниток. Если какая-либо нитка загрязнилась, ее нужно заменить новой. Узел нитки должен быть возможно малым. Нитки следует применять только белые, так как черные оставляют в бумаге темные полосы. На современных машинах, оснащенных отсасывающими прессовыми валами, и при выработке более прочных целлюлозных бумаг даже на старых машинах работают без ниток.

Дефекты бумаги, образующиеся в прессовой части бумагоделательной машины, можно классифицировать следующим образом: обрывы и выдирки бумажного полотна на прессах по вине предыдущих операций и узлов машины (очистной аппаратуры, сеточной части машины, вентиляции и др.), из-за неисправной работы прессовых сукон и самих прессов, привода и по другим причинам.

Обрывы и выдирание бумажного полотна по вине предыдущих операций и узлов машины. Многие дефекты бумаги не влекут за собой обрыв полотна под сетку и выявляются на прессах, где происходит обрыв полотна или выдирание части его. Комочек массы, сгусток, слизь, грязь, крупный сучок или щепочка, трещина или отверстие в бумаге могут пройти сеточную часть машины, но на первом или втором прессе вызвать обрыв или выдирание части полотна. Иногда обрыв может произойти еще дальше: в сушильной части или в каландре, в зависимости от характера повреждения и степени натяжения бумаги в разных секциях машины.

При плохой вентиляции бумажного зала и при сильном охлаждении потолка в зимнее время наблюдается падение водяных капель с потолка. Крупные капли воды, падая с большой высоты, часто пробивают бумажное полотно насквозь, особенно при выработке тонкой и слабой бумаги, или образуют раздавленные пятна,

Чтобы падающие с потолка или с переходных площадок капли воды не вызывали брака бумаги, часто навешивают отработанные сукна, предохраняющие бумажное полотно от попадания на него капель. Однако это ухудшает условия обслуживания машины и не всегда спасает от брака. Поэтому главное внимание следует уделять исправной работе вентиляции и рациональному проектированию вентиляционных устройств бумажного зала.

Дефекты бумаги от неисправной работы сукон. При загрязнении ткани сукна волокнами, проклеивающими и наполняющими веществами, смолой или маслом сукно начинает «марать», в бумаге появляются крупные отверстия и «дробленые» места. Чаще всего загрязнению подвергаются более уплотненные места ткани. Смолу, масляные пятна и прочие местные загрязнения можно иногда отмыть, не останавливая машины, а лишь выключив пресс и промыв загрязненное место горячей содовой водой или органическим растворителем.

При более сильном общем загрязнении сукна приходится останавливать машину и менять сукно или промывать его на месте, как было описано выше. Иногда можно помочь делу выравниванием контрольной нитки, расширением ткани и натяжкой сукна. При этом поры сукна делаются более открытыми и сукно начинает работать лучше.

Давление же при прессовании в этом случае следует снизить.

При прорыве сукна и износе ткани в бумаге появляются повреждения в виде крупных отверстий и «дробленых» мест. Износ ворса и огрубление ткани влечет за собой образование отпечатков ткани сукна — маркировку бумаги. Маркировка поверхности бумаги сукном считается серьезным дефектом для писчей, печатной, документной и другой высококачественной бумаги. Для снижения этого дефекта применяют более плотные немаркирующие сукна, а также снабжают машину сглаживающим прессом.

«Дробление» бумажного полотна на прессах может произойти из-за загрязнения сукна, чрезмерного давления прессования и высокой влажности сукна, что наблюдается, например, при плохой работе сукномоечных устройств. Во время пуска машины и при ликвидации обрывов может происходить «дробление» бумаги и обрывы на прессах из-за попадания воды в бумагу с шаберов.

При работе с нитками возможно выщипывание волокон из бумаги вследствие загрязнения ниток. Это влечет за собой появление тонких продольных полос в бумаге.

Брак из-за неисправной работы прессовых валов. Верхний прессовый вал может загрязняться смолой и волокнами, особенно при наличии смолистой массы и при плохой подгонке шабера. Вал становится шероховатым, маркирует бумагу и может вызывать выдирание полотна и его обрывы. Особенно плохо в этом случае бывает при работе чугунных валов, к которым масса прилипает сильнее. Эти явления усиливаются при работе на новом сукне

и при наличии массы низкой степени помола. Тогда наблюдается интенсивное выщипывание отдельных волокон из бумаги на верхний вал пресса.

Для очистки верхнего прессового вала от смолы применяют керосин, подкладывают полоску сукна под лезвие шабера, увеличивают давление шабера на вал и плотнее подгоняют лезвие, увеличивают дозировку глинозема в массу.

Износ резины нижнего вала отражается на равномерности отжима: в бумаге появляются сырые полосы, которые плохо затем высушиваются в сушильной части машины и могут раздавливаться на каландрах. Неправильная бомбировка валов и неравномерная запрессовка по ширине полотна приводит к тем же результатам. Чрезмерное давление при прессовании может вызвать «дробление» бумажного полотна и быстрое загрязнение сукна.

Брак из-за неисправностей привода и неправильного натяжения бумаги. Неправильное натяжение бумаги между прессами вызывает образование складок и обрывы. Первые получаются при слишком слабом, а вторые при слишком сильном натяжении бумаги. Иногда бумага только приобретает небольшие надрывы в прессовой части, которые вызовут обрывы в последующих секциях машины или приведут к ослаблению бумаги.

При слабом натяжении и загрязненных сукнах бумага прилипает к сукну, что вызывает образование морщин. Чтобы предотвратить прилипание бумаги к сукну, ее направляют через бумаговедущий валик.

Обрывы и складки в бумаге могут происходить и при колебаниях натяжения бумажного полотна из-за скольжения приводных ремней, неисправной работы муфт, а также из-за изменения скорости секционных двигателей.

РЕГУЛИРУЮЩАЯ И КОНТРОЛЬНАЯ АППАРАТУРА, ПРИМЕНЯЕМАЯ В МОКРОЙ ЧАСТИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

На современных бумагоделательных машинах широко используют контрольные аппараты для контроля за работой отдельных узлов бумагоделательной машины и за ходом технологических процессов. Некоторые процессы регулируются при помощи аппаратов автоматического действия. К объектам контроля и регулирования в мокрой части машины относятся: вес 1 м^2 бумаги, ее просвет, pH массы, температура массы, уровень массы в машинном бассейне, вакуум в отсасывающих ящиках и отсасывающих валах, скорость машины, холостой ход машины и некоторые другие.

Контроль веса 1 м^2 бумаги. Вес 1 м^2 бумаги является одним из важнейших показателей многих видов бумаги. При обычном контроле за этим показателем, когда образцы бумаги отбирают и взвешивают периодически, возможны значительные отклонения от установленного стандартом веса. Поэтому очень важно контро-

лировать и регулировать этот показатель не периодически, а непрерывно.

Непрерывный контроль веса бумаги стал возможным с применением радиоактивных изотопов. Принцип этого метода заключается в том, что при прохождении радиоактивного излучения через вещество это излучение претерпевает изменение в своей интенсивности, что может служить мерой массы, сосредоточенной в единице поверхности поглотителя излучения. В практике бумажного производства наибольшее применение нашли изотопы, излу-

Рис. 145. Принципиальная схема бетаметра:
а — с компенсационной камерой; *б* — дифференциальный

чающие β-лучи, а потому приборы для измерения и регулирования веса 1 м² бумаги получили название бетаметров.

Бетаметры бывают двух типов: для измерения абсолютного значения веса бумаги и для измерения отклонений в весе от стандартного образца.

Бетаметр первого типа измеряет вес бумаги при помощи компенсационной ионизационной камеры. Принципиальная схема такого прибора показана на рис, 145, *а*. Камера состоит из двух изолированных частей: с большим рабочим объемом *А* и с малым рабочим объемом, компенсационным, *Б*. На высоковольтные электроды обеих частей камеры подаются потенциалы противоположного знака. В компенсирующем объеме расположен дополнительный ионизирующий источник излучения S_2. Оба источника излучения S_1 и S_2 подобраны таким образом, чтобы ионизация была одинакова и результирующий ионизационный ток i на собирающем электроде был равен нулю. При прохождении между главным источником излучения и рабочим объемом камеры *А* некоторая часть излучения будет поглощаться листом бумаги *В* и ионизация в рабочем объеме будет уменьшаться. Так как в компенсирующем объеме ионизация остается постоянной, результирующий ионизаци-

онный ток становится отличным от нуля и пропорционален весу бумаги. Падение напряжения, создаваемое током i на известное сопротивление R, является мерой этого веса.

Бетаметр второго типа выполнен по дифференциальной схеме, представленной на рис. 145, *б*. Источник S излучает β-частицы в обе стороны. Между рабочей *А* и эталонной камерой *Б* движется бумажная лента *В* и помещен эталонный лист бумаги стандартного веса *Г*. Бета-лучи, частично поглощаясь бумагой *В* и *Г*, попадают в камеры *А* и *Б*, где вызывают ионизацию определенного уровня. Эти ионизационные токи суммируются на нагрузочном сопротивлении R и вызывают падение в нем напряжения $\Delta V = \kappa (i_1 - i_2)$.

Если листы бумаги *В* и *Г* имеют одинаковый вес 1 м^2, то токи i_1 и i_2 равны и напряжение равно нулю. Если же вес бумаги отличается от эталона, напряжение ΔV будет положительным или отрицательным. Таким образом, в этой схеме измеряются только отклонения в весе бумаги от стандартного образца. Эта схема проще первой и удобнее для автоматического регулирования веса бумаги. Точность измерения веса 1%.

Датчик прибора может устанавливаться как после гауч-пресса, так и между машинным каландром и накатом. Считают, что на тихоходных машинах целесообразнее устанавливать датчик после гауч-пресса в целях более быстрого его действия. Датчик укрепляется на монорельсе, а бумага проходит в зазоре между излучателем и ионизационными камерами. Разность в напряжении ионизационных токов, характеризующая отклонения в весе 1 м^2 бумаги, записывается на диаграмме самописцем. При отклонении веса бумаги от нормального контроллер автоматически включает пневмомотор, который воздействует на клапан массной задвижки и регулирует приток массы на бумагоделательную машину. При обрывах бумаги перо регистратора веса падает вниз и автоматический контроль массной задвижки отключается.

При помощи бетаметра, установленного вне машины, можно удобно и быстро проверять вес в 1 м^2 бумаги по ширине полотна, не разрезая его на отдельные полоски.

Контроль просвета бумаги. Формование характеризуется обычно просветом бумаги, рассматриваемой в проходящем свете. Визуальная оценка просвета бумаги весьма субъективна, и кроме того, она затруднительна при большой скорости движения бумажного полотна. Поэтому непрерывный и автоматический контроль этого показателя бумаги является весьма важным, так как позволяет своевременно устранить недостатки в отливе.

В последнее время были созданы приборы, контролирующие просвет бумаги, вырабатываемой на бумагоделательной машине. В приборе Вильямса за меру оценки просвета бумаги принято отношение в отклонениях прозрачности от средней прозрачности бумаги. Тонкий пучок света фокусируется в этом приборе на проходящий лист бумаги от источника света малого напряжения по-

стоянного тока, и свет, прошедший через лист бумаги, падает на фотоэлемент. Напряжение прошедшего тока пропорционально прозрачности бумаги и, следовательно, изменения в вольтаже этого тока отражают изменения в прозрачности бумаги.

Напряжения тока усиливаются и автоматически приводятся к постоянному среднему уровню. Таким образом, здесь регистрируется средняя прозрачность бумаги и отклонения от этой средней прозрачности в бумажном листе. Частота составляющих, зависящая от скорости движения бумажной ленты, не оказывает влияния на отсчет. Приборы этого типа уже успешно работают в промышленности и дают возможность персоналу своевременно реагировать на отклонения от нормальных условий формования бумаги.

Контроль температуры массы. Температура массы является серьезным фактором скорости ее обезвоживания. Большое значение имеет контроль температуры массы при выработке жиронепроницаемой и высокосортной бумаги, когда масса перед отливом подогревается острым паром. Контроль температуры массы позволяет избежать колебания в скорости обезвоживания массы при отливе и сэкономить пар. Контроль температуры массы важен также и на быстроходных машинах, так как позволяет поддерживать оптимальные температурные условия с целью предотвращения слизеобразования при замкнутых схемах использования оборотных вод.

Автоматическое регулирование температуры массы выполняется при помощи электронного потенциометрического пирометра с дисковой диаграммой и с пневматическим исполнительным механизмом. Чувствительный пирометр вставлен в массный трубопровод после смесительного насоса и осуществляет контроль за температурой. Его показания записываются на диаграмме и служат импульсом для работы исполнительного механизма, регулирующего подачу пара в смеситель для подогрева массы или оборотной воды.

Контроль уровня массы в машинном бассейне. Для измерения уровня массы в бассейнах служат уровнемеры. Применяются уровнемеры барботирующего и мембранного типа.

В аппаратах первого типа небольшая струя сжатого воздуха непрерывно барботирует через слой массы, поступая по трубке в нижнюю часть бассейна. Водяной затвор позволяет наблюдать за пузырьками и регулировать подачу воздуха. Давление воздуха в воздуховоде пропорционально высоте массы в бассейне. Поэтому, измеряя давление, можно судить об уровне массы в бассейне. Давление воздуха записывается на диаграмме и может служить импульсом для регулирования работы массного насоса, подающего массу в бассейн. Принципиальная схема барботирующего уровнемера показана на рис. 146, *а*.

Мембранный уровнемер применяют обычно при высоких уровнях массы в бассейне. Его работа основана на принципе измерения

гидростатического давления столба массы. Основание бассейна соединяется с мембраной измерителя уровня посредством импульсной трубки, вход в которую со стороны бассейна защищен от забивания массой фильтрующей решеткой. Под давлением гидростатического давления жидкости в бассейне мембрана растягивается, и, сжимая пружину, перемещает шток, который через систему рычагов поворачивает стрелку указателя давления. Показания уровнемера дублируются вторичным прибором, установленным на пульте управления. Принципиальная схема прибора приведена рис. 146, *б*.

Рис. 146. Уровнемеры:

а — барботирующего типа; *б* — мембранный; *1* — воздушная трубка; *2* — манометр; *3* — ротаметр; *4* — бассейн; *5* — решетка; *6* — мембрана; *7* — первичный прибор; *8* — вторичный прибор; *9* — вода для промывки

Контроль кислотности среды. Поддержание постоянной pH массы в процессе отлива бумаги очень важно при выработке клееных видов бумаги и бумаги с наполнителями, так как это дает возможность получить хорошую проклейку, более высокое удержание наполнителей в бумаге и вместе с тем позволяет избежать перерасход химикатов. Правильная, экономичная дозировка химикатов снижает возможность коррозии оборудования и удлиняет срок работы одежды машины.

Регулятор pH состоит из трех частей: датчика, регистрирующего контроллера и исполнительного механизма, управляющего питательным клапаном глиноземного бачка. Датчик состоит из комплекта электродов, погруженных в массу или оборотную воду. Он генерирует ток, напряжение которого пропорционально pH измеряемой среды. Генерируемый электродами ток поступает на усилитель и напряжение его измеряется электронным прибором, тарированным непосредственно в pH. Показания pH записываются на диаграмме, а электрический ток служит импульсом для приведения в действие механизма, который управляет клапаном бачка, регулирующим подачу глинозема или щелочи.

Регулятор настроен на оптимальную pH, показывает отклонения от этого оптимума и регулирует pH по этому оптимуму. Принципиальная схема регулятора показана на рис. 147.

Контроль вакуума в отсасывающих ящиках и в отсасывающих валах. Для успешной работы отсасывающих ящиков и отсасывающих валов важно поддержание оптимального разрежения в соот-

Рис. 147. Принципиальная схема регулирования pH массы на бумагоделательной машине:

1 — сеточный стол; *2* — напорный ящик; *3* — смесительный насос; *4* — массный переливной бачок; *5* — регулируемый клапан на линии подачи глинозема; *6* — электрод для измерения pH; *7* — соединительный провод; *8* — усилитель; *9* — пневматический регистратор

ветствии с видом вырабатываемой бумаги и скоростью машины. Поскольку вакуум в отсасывающих ящиках различен и должен постепенно возрастать по ходу сетки, необходима установка приборов на каждый ящик.

В качестве приборов указывающего типа для отсасывающих ящиков применяются вакуумметры, ртутные и водяные тягомеры.

Применяются и аппараты для автоматического регулирования вакуума в каждом отсасывающем ящике, например регулятор Фоксборо. Принцип действия его основан на том, что при повышении вакуума сверх установленного предела открывается клапан на обводной линии и засасывается воздух, при снижении же вакуума приток воздуха уменьшается. Отсасывающие валы обычно снабжаются вакуумметрами указывающего типа.

ГЛАВА 9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В БУМАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И УЛАВЛИВАНИЕ ВОЛОКНА

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При отливе бумаги на бумагоделательной машине в отходящих водах с сеточной и прессовой частей машины всегда содержится волокно, наполнители и проклеивающие вещества. Количество этих веществ в отходящих водах различно в зависимости от места образования вод, вида вырабатываемой бумаги (композиции, степени помола, содержания наполнителей), веса 1 м² бумаги, степени разбавления, номера применяемой сетки, рабочей скорости, конструктивных особенностей бумагоделательной машины и режима ее работы. Общее количество волокна, содержащегося в отходящих водах машины при выработке целлюлозных видов бумаги без содержания наполнителя, составляет от 5 до 20%, а у газетной бумаги 35—40% от поступающего на сетку волокна. Отсюда ясно, что рациональное использование отходящих вод является одним из основных условий рентабельности бумажного производства.

Богатые волокном и наполнителями отходящие воды, используемые для целей разбавления массы на самой машине и при подготовке массы, называют оборотной водой. Избыточная оборотная вода направляется на массоулавливающие устройства. Менее ценные отходящие воды, содержащие меньше волокна и наполнителя, а также осветленные воды с ловушек, сбрасываемые в сток, называют сточными водами.

Наибольшее количество воды — 75—90% отходит от регистровой части машины, от 5 до 25% воды — на отсасывающих ящиках; 1—2% — на гауч-прессе, 1—2% — на прессах и около 1% испаряется в сушильной части машины.

Количество отходящей воды увеличивается в результате разбавления ее спрысковыми водами при промывке сетки, чулка или сукон, а также за счет свежей воды, подаваемой для создания гидравлических уплотнений в отсасывающие ящики и вакуум-насосы.

Для примера приведем данные о количестве отходящей и спрысковой воды на 1 т бумаги — газетной, афишной и основы светочувствительной, по данным одного предприятия (табл. 46).

Таблица 46

Данные о количестве отходящей и спрысковой воды в мокрой части бумагоделательных машин

Наименование показателей	Величина показателей при выработке бумаги		
	газетной 51 г/м²	основы светочувствительной 70 г/м²	афишной 40 г/м²
Скорость в м/мин	360	120	70
Количество воды в м³/т:			
регистровой	180,5 (74,6%)	145,6 (79,5%)	296 (91,5%)
из отсасывающих ящиков	53,6 (22,2%)	34 (18,5%)	16 (5,0%)
от гауч-пресса	5,2 (2,1%)	2 (1,1%)	3,0 (1%)
от прессовой части	2,4 (1%)	2,5 (1,4%)	5,0 (1,5%)
Количество всей отходящей воды из бумажного полотна в м³/т	241,7 (100%)	184,1 (100%)	320 (100%)
Количество спрысковой воды для промывки сетки в м³/т	17,5	6,3	143
Количество воды гидравлического затвора вакуум-насоса отсасывающих ящиков в м³/т	3,5	9,2	27,2
То же вакуум-насоса гауч-вала в м³/т	6,2	2,8	14,8
То же вакуум-насоса прессов в м³/т	11,0	7,6	—
Количество всей спрысковой воды, добавляемой к отходящей воде, в м³/т	38,2 (15,8%)	25,9 (14,2%)	185 (58%)

Малое количество воды от отсасывающих ящиков при выработке афишной бумаги на самосъемочной машине объясняется садкостью массы и высоким разбавлением перед поступлением массы на сетку. Большое же количество спрысковой воды объясняется относительно малой производительностью машины.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОТХОДЯЩЕЙ ВОДЫ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Характеристика отходящих вод по концентрации и зольности весьма разнообразна и зависит от многих факторов, упомянутых выше. Из них наибольшее значение имеют место отвода воды, вид вырабатываемой бумаги (состав по волокну, вес 1 м²), количество наполнителей, степень помола массы и номер сетки.

Наиболее богата волокном и наполнителями регистровая вода. При выработке газетной бумаги с большим содержанием мелкого

волокна древесной массы концентрация регистровой воды достигает 3—4 г/л, а при выпуске печатной бумаги с наполнителями — 5 г/л и выше. Вода из отсасывающих ящиков имеет концентрацию обычно в 2—3 раза меньшую, чем регистровая вода. Отходящая же вода, отжимаемая на гауч-прессе и мокрых прессах, имеет часто высокую концентрацию, приближающуюся к концентрации регистровой воды. При наличии отсасывающих валов на гауч-прессе и мокром прессе истинную концентрацию отсасываемой из бумажного полотна воды бывает трудно определить, так как часть отходящей воды попадает в отверстия рубашки вала и затем выбрасывается оттуда центробежной силой наружу, часть воды впитывается сукнами (у прессов) и только часть воды попадает в вакуум-камеру. Эта вода затем разбавляется свежей водой, добавляемой в вакуум-насос для создания водяного кольца. Таким образом, концентрация воды, определяемая обычно после вакуум-насоса отсасывающего вала, оказывается по абсолютной величине заниженной и не дает верного представления об истинной концентрации этой воды.

Спрысковая вода от промывки сетки содержит относительно небольшое количество волокна и наполнителей так же, как и вода от промывки мокрых сукон. Промывная вода узлоловителей иногда содержит значительное количество волокна, особенно если узлоловители работают с перегрузкой.

Содержание наполнителей в отходящей воде, характеризуемое зольностью сухого остатка, зависит от дозировки наполнителей и обычно увеличивается по ходу машины от регистровой части к прессам.

Наименьшее содержание волокна наблюдается в отходящей воде при выработке чисто целлюлозной и тряпичной бумаги без наполнителей. Наибольшее содержание волокна отмечается в отходящей воде при выработке бумаги с большим содержанием в композиции древесной массы. Концентрация отходящей воды понижается с увеличением веса 1 м^2 бумаги и степени помола массы, а повышается с понижением толщины бумаги и увеличением содержания наполнителей. При выработке одного и того же вида бумаги на разных фабриках и даже на той же самой бумагоделательной машине концентрация отходящей воды может быть весьма различной. Это зависит не только от колебаний в композиции бумаги, но и от режима работы самой машины. Очень большое значение в этом отношении имеет степень разбавления массы перед выходом на сетку, режим обезвоживания на отсасывающих ящиках и прессах, скорость машины, номер сетки, степень использования оборотной воды, pH подсеточной воды, а также добавка коагулирующих веществ (активированный силикат, животный клей и глинозем).

С увеличением использования оборотной воды концентрация отходящей воды возрастает. При употреблении же животного клея или активированного силиката и повышении кислотности среды концентрация отходящей воды значительно снижается благодаря

Таблица 47

Характеристика отходящей воды бумагоделательных машин при выработке бумаги без наполнителей (по данным автора)

Вид бумаги	Вес 1 м² в г	Скорость машины в м/мин	Помол по-ШР	Концентрация массы в напорном ящике в г/л	Концентрация отходящей воды в г/л с машины			
					регистровый	от отсасывающих ящиков	от гауч-пресса	от прессов
Конденсаторная	10	45	97	3,0	0,35	0,02	0,01	0,10
Основа для парафинирования	20	80	35	2,1	0,47	0,25	0,16	0,20
Телефонная (две сетки)	36	100	40	2,0	0,55	0,34	0,22	0,10
Для патронирования	40	80	36	2,8	0,39	0,19	0,16	0,20
Пропиточная толщиной 0,12 мм	55	80	18	2,3	0,31	0,40	0,18	0,10
Основа для пергамента	55	75	32	5,5	0,50	0,23	0,29	0,31
Основа для фибры	65	56	26	6,2	0,53	0,27	0,24	0,38
Крафт-мешочная	80	200	27	4,0	0,40	0,09	0,05*	0,04*
Кабельная толщиной 0,12 мм (две сетки)	100	70	35	3—4	0,30	0,26	0,13	0,10
Перфокарточная	175	42	24	9,2	0,28	0,19	0,29	0,30
Упаковочная	195	53	35	14,4	0,60	0,65	0,26	0,30
Подпергамент	55	50	72	4,9	0,10	0,06	0,05	0,07
Газетная	52	350	65	7,2	3,46	0,78	0,64*	0,29*

* Машина оборудована отсасывающим валом

Таблица 48

Характеристика отходящей воды бумагоделательных машин при выработке бумаги с наполнителями без флокулирующих веществ (по данным автора)

Вид бумаги	Вес 1 м² в г	Зольность бумаги в %	Скорость машины в м/мин	Помол по ШР	Масса в напорном ящике		Характеристика отходящей воды в г/л с машины							
							регистровой		от отсасывающих ящиков		от гауч-пресса		от прессов	
					концентрация в г/л	зольность в %	концентрация в г/л	зольность в %	концентрация в г/л	зольность в %	концентрация в г/л	зольность в %	концентрация в г/л	зольность в %
Писчая № 1	70	6	100	36	8,5	12	1,80	45	0,90	54	0,19*	72	2,10	62
Типографская № 1	80	15	90	34	11,7	45	5,40	72	2,80	80	0,42*	72	6,00	82
Литографская № 1	120	11,5	44	32	12,2	21	1,70	64	1,30	67	1,65	73	5,10	71
Для глубокой печати № 1	90	18	40	35	13,0	46	6,20	77	3,20	80	4,08	80	4,50	82
Основа светочувствительной	70	5	118	32	7,8	14	1,98	29	0,63	48	0,55*	47	2,00	42
Писчая № 2	65	6	250	50	7,2	17	2,80	33	1,50	52	0,53*	52	1,10*	62
То же	65	7,5	140	50	7,9	20	2,90	43	0,88	59	2,30	59	1,61	65
Печатная № 2	65	14	250	50	10,7	37	5,20	60	2,42	67	0,81*	72	1,74*	74
Писчая № 3	55	9	120	55	7,0	20	2,52	40	0,75	56	0,87	58	1,83	62
Печатная № 3	60	12	150	55	9,2	36	4,35	52	1,97	60	1,40	67	2,10	68
Мундштучная	100	4	103	40	10,0	9	2,00	26	0,56	38	0,70	33	1,20	44
Оберточная	130	10	60	35	12,9	27	4,20	65	3,00	72	3,10	74	2,00	71

* Машина оборудована отсасывающим валом.

коагулирующему действию этих веществ на мелкие взвеси волокна и наполнителей.

Номер сетки при наличии относительно крупных волокон не имеет большого значения при выработке бумаги с большим весом 1 м^2. При выработке же тонкой бумаги он играет более существенную роль, так как мелкие волокна в условиях сильного разбавления массы на относительно редкой сетке и при наличии тонкого фильтрующего волокнистого слоя в большем количестве проходят сквозь ячейки сетки.

Данные табл. 47 и 48 показывают, что зольность отходящей воды от отсасывающих ящиков и от прессов превышает зольность массы в напорном ящике в 2—3 раза и достигает при выработке высокозольной бумаги 80—85%.

СХЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В БУМАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Основной принцип использования оборотной воды в бумажном производстве заключается в том, что наиболее богатая волокном и наполнителями регистровая вода, а иногда и вода от отсасывающих ящиков, составляет воду первого разбора и используется на машине для разбавления бумажной массы, а вся остальная вода, отходящая от гауч-вала, от прессов, спрысковая от промывки сетки, а также избыточная вода первого разбора составляет воду второго разбора. Эта вода направляется в размольно-подготовительный отдел для разбавления бумажной массы в бассейнах, роллах и регуляторах концентрации, а также для разбавления оборотного брака при его размоле. Остаток неиспользованной оборотной воды второго разбора направляют в ловушки, в которых улавливают волокно и часть наполнителей. Сгусток направляют обратно в поток массы, осветленную же воду сбрасывают в сток или используют в производстве.

Кроме осветленной воды, с ловушек в сток сбрасывают также загрязненную и малоценную отходящую воду от узлоловителей, вихревых очистителей, от промывки прессовых сукон, а иногда и прессовую воду и даже воду от промывки сетки, если последняя содержит мало волокна. Прессовая вода хотя и имеет сравнительно высокую концентрацию, но по количеству ее немного, кроме того, она загрязнена волокнами шерсти, что затрудняет ее использование для высококачественной бумаги. Осветленную воду от ловушек применяют часто в производстве вместо свежей воды.

Для скопления запаса воды в размольно-подготовительном отделе часто устанавливают сборник-аккумулятор, снабжающий водой размалывающие аппараты, перелив же из сборника направляют на массоулавливающую аппаратуру (рис. 148).

На старых фабриках часто пользовались конусными отстойниками, которые устанавливали вблизи рольного отдела и направляли

в них воду второго разбора. Осветленная вода отводилась в сток, а сгущенная вода отбиралась из нижнего конуса отстойника и использовалась для загрузки и спуска роллов.

Обычно при применении оборотной воды по указанным выше схемам не удается использовать всей имеющейся в наличии воды для разбавления массы в рольном отделе, вследствие чего всю оставшуюся неиспользованную воду следует направлять в ловушки для улавливания из нее волокна. Невыполнение этого условия приводит к высоким безвозвратным потерям волокна в производстве («промоям»), которые могут достигать 5—6% и даже больше. При современном уровне техники бумажного производства и при надлежащей организации производства потери волокна не должны превышать 1—1,5%.

Рис. 148. Типовая схема использования оборотной воды с бассейном аккумулятором или конусным отстойником:

1 — роллы; *2* — массный бассейн; *3* — машинный бассейн; *4* — переливной массный ящик; *5* — смесительный насос; *6* — очистная аппаратура; *7* — напорный ящик; *8* — регистровая часть; *9* — отсасывающие ящики; *10* — гауч-пресс; *11* — мокрые прессы; *12* — сборник регистровой воды; *13* — сборник избыточной воды; *14* — аккумулятор оборотной воды; *15* — ловушка

Чтобы уменьшить потери волокна и наполнителей в бумажном производстве, можно рекомендовать следующие мероприятия:

1) максимально использовать в производстве оборотную воду, сократив до минимума потребление свежей воды; создавать замкнутый цикл оборотной воды на бумагоделательной машине;

2) с целью максимального использования оборотной воды в размольно-подготовительном отделе целесообразно максимально сгущать исходные жидкие волокнистые полуфабрикаты, поступающие из целлюлозного и древесно-массного завода, на вакуум-фильтрах и сгустителях с последующим разбавлением их оборотной водой до нужной концентрации;

3) максимально сократить разбавление оборотной воды на машине свежей водой за счет выделения из потока бедной волокном спрысковой воды;

4) устранять случайные утечки и переливы массы в сток в разных стадиях производства;

5) использовать осветленную воду с ловушек или отходящую воду от отсасывающих ящиков вместо свежей воды для целей промывки сетки и узлоловителей;

6) применять коагулирующие вещества для коагуляции тонких взвесей на сетке машины (животный клей, активированный силикат и др.);

7) осуществлять систематический надзор и контроль за работой улавливающей аппаратуры и сточными водами, уходящими с фабрики.

Целесообразно иметь ловушку, включенную непосредственно в технологический поток самой машины и расположенную поблизости от машины. Это способствует меньшему загрязнению волокон, сокращает коммуникации и позволяет использовать уловленное волокно на той же машине.

В этом случае для разбавления перед бумагоделательной машиной применяется регистровая вода, недостаток покрывается водой отсасывающих ящиков. Избыточная оборотная вода собирается в сборнике избыточной воды и оттуда направляется в ловушку флотационного типа. Уловленное волокно при концентрации около 3% поступает в машинный или массный бассейн, а осветленная вода используется для спрысков сеточной части машины и узлоловителей. Отходящая вода узлоловителей, содержащая узелки, а также прессовая вода и вода от сукномоек выделяются из потока машины и направляются в общефабричные ловушки, сгусток от которых используется на санитарных машинах для производства оберточной и упаковочной бумаги. При использовании отсасывающего гауч-вала отходящая вода в основном остается в ячейках рубашки вала, откуда затем выбрасывается центробежной силой и попадает в гауч-мешалку. Вследствие этого к вакуум-насосу поступает лишь ничтожное количество отжатой из бумаги воды, которая еще разбавляется свежей водой, подаваемой в насос для создания водяного кольца. Поэтому использовать эту воду в производстве не имеет смысла и ее чаще направляют в сток.

В некоторых случаях отдельные заграничные фирмы рекомендуют использовать всю избыточную воду непосредственно в мешалке под гаучем и вместе с мокрым браком направлять в ловушки. Уловленное волокно поступает в этом случае в машинный бассейн, а осветленная вода используется для разбавления в рольном отделе и на спрыски сетки.

Эту схему нельзя признать удачной, так как ловушки здесь загружаются излишней работой и должны быть рассчитаны с большим резервом. Кроме того, режим работы ловушки подвержен большим колебаниям в нагрузке из-за изменения концентрации при обрывах, что не может не отразиться на ее работе и коэффициенте улавливания.

В другой схеме регистровая вода идет на разбавление перед машиной, вода же отсасывающих ящиков поступает в гауч-мешалку, где смешивается с мокрым браком и переливается в бачок, куда поступает избыточная вода первого разбора и второго сеточного спрыска. Вся масса из гауч-мешалки предварительно пропускается через сгуститель и уловленное волокно направляется в машинный бассейн, а осветленная вода со сгустителя поступает в указанный выше бачок и оттуда подается насосом в ловушку флотационного типа. Сгусток с ловушки направляется в сборник регистровой воды, а осветленная вода идет на разбавление в размольный отдел и на спрыски сетки. Подобная схема в сочетании со сгустителем имеет преимущества по сравнению с предыдущей, так как ловушка при этом разгружается от излишней работы и улучшается режим ее работы.

С целью сокращения количества оборотной воды при выработке газетной бумаги за последнее время с успехом начали применять в качестве спрысковой воды для промывки воду отсасывающих ящиков. На больших быстроходных машинах подсеточная ванна одновременно является и сборником регистровой воды. Поэтому спрысковая вода всегда смешивается с регистровой, и сильно ее разбавляет. Отделить же спрысковую воду от регистровой затруднительно, да и не имеет особого смысла, так как она в данном случае содержит много волокна. Применение воды от отсасывающих ящиков для спрысков значительно улучшает использование оборотной воды.

На рис. 149 показана подобная схема при выработке газетной бумаги. Вода отсасывающих ящиков насосом подается на спрыски сетки узлоловителей и пеногасители. Подсеточная вода, представляющая собой смесь регистровой и спрысковой воды от промывки сетки, собирается в сборник оборотной воды, откуда поступает самотеком к смесительному насосу на разбавление массы. Перелив из подсеточной ванны направляется в сборник избыточной воды и отсюда подается насосом для разбавления древесной массы и целлюлозы в подготовительном отделе. Остальная вода поступает в скребковую ловушку, откуда сгусток направляется в бракомольный ролл Стадлера, а осветленная вода — в регуляторы концентрации массы. Вода, отходящая от прессов и от вакуум-насосов гауч-пресса, поступает в общефабричные ловушки, от которых уловленное волокно идет на санитарные машины. При использовании воды отсасывающих ящиков для спрысков сетки в последних делают более крупные отверстия (диаметром 2—3 мм).

В зарубежной практике применяются иногда технологические схемы, в которых для спрысков сетки используется не только вода отсасывающих ящиков, но и регистровая. В одной из таких схем регистровая вода и вода отсасывающих ящиков собирается в сборнике и оттуда насосом через специальные турбинки подается на сеточные спрыски с крупными отверстиями. Турбинки придают

воде спиральное движение по трубам, что предотвращает забивание отверстий спрысков волокнами.

Спрысковая вода, богатая волокном, собирается в лотки и оттуда самотеком направляется к смесительному насосу для разбавления массы перед машиной. Применение для промывки сетки воды, богатой волокном и наполнителями, ухудшает промывку сетки и может служить причиной наматывания волокна на сетковедущие валики, что опасно и может вызвать повреждение сетки.

Рис. 149. Замкнутая схема использования оборотной воды при выработке газетной бумаги:

1 — сборник подсеточной воды; *2* — сборник избыточной воды; *3* — сборник воды от отсасывающих ящиков; *4* — насос для подачи воды от отсасывающих ящиков на спрыски сетки и узлоловители; *5* — аккумулятор воды; *6* — ловушка; *7* — бракомольный ролл; *8* — смесительный насос; *9* — узлоловитель; *10* — сеточный стол; *11* — машинный бассейн; *12* — гауч-мешалка

Использование для спрысков воды отсасывающих ящиков значительно проще и менее опасно, чем регистровой воды, и не требует какого-либо сложного оборудования. Для этой цели вполне хватает воды от отсасывающих ящиков.

Применение замкнутых схем использования оборотной воды, т. е. таких, при которых вся отходящая вода используется, дает возможность резко снизить потребление свежей воды, уменьшить потери волокна и наполнителей. Вместе с тем имеются и отрицательные стороны. Из них в первую очередь следует отметить более интенсивное слизеобразование на машине, что может привести к повышению обрывности бумажного полотна и к ухудшению качества бумаги. Чтобы этого не случилось, одновременно с внедрением замкнутой схемы использования оборотной воды, необходимо наметить и комплекс мероприятий по предотвращению слизеобразования. О методах борьбы со слизью указано в 13 главе.

АППАРАТУРА ДЛЯ УЛАВЛИВАНИЯ ВОЛОКНА ИЗ ОТХОДЯЩЕЙ ВОДЫ

Улавливание волокна из избыточной оборотной воды имеет большое экономическое значение для предприятия, так как позволяет значительно сократить расход свежего волокна, наполнителей и свежей воды на 1 т вырабатываемой бумаги и, следовательно, удешевить себестоимость бумаги. Наряду с этим осветление отходящей воды перед сбросом ее в водоемы имеет большое значение, так как спуск загрязненной волокном сточной воды наносит большой ущерб народному хозяйству, главным образом рыбоводству и судоходству.

В некоторых водоемах по этой причине произошли отложения из осевшего на дно и гниющего волокна. Известны попытки работников многих фабрик организовать добычу и использование этой «прудовой» массы, осевшей в водоемах, чтобы хоть немного снизить потери волокна. Но эти попытки, конечно, не могут заменить организованную надлежащим образом борьбу с потерями волокна. Гораздо целесообразнее не допускать выпуска волокна в сток, чем улавливать его из водоемов и притом в обесцененном, загрязненном и полусгнившем виде.

Для улавливания волокна применяются ловушки самых разнообразных конструкций.

Ловушки могут работать по принципу: а) осаждения волокна, б) фильтрации и в) флотации.

Рассмотрим наиболее типичные конструкции ловушек каждой группы.

Ловушки, работающие по принципу осаждения волокна

К этому типу ловушек относятся конусные отстойники различных систем, ловушка Полякова, полочная ловушка Добрякова, скребковая ловушка и некоторые другие.

Во всех этих конструкциях используется общий принцип осаждения волокон из потока воды при медленном их движении или даже при полном покое. Как известно, оседание твердых частиц из потока определяется формулой Стокса:

$$U = \frac{1}{18} d^2 (\gamma_1 - \gamma_2) \frac{1}{\eta}, \qquad (87)$$

где:

U — скорость осаждения частиц в мм/сек;
d — диаметр частиц в мм;
γ_1 — удельный вес взвешенных частиц;
γ_2 — удельный вес воды, равный единице;
η — вязкость воды в пуазах.

Таким образом, скорость осаждения частиц в основном определяется их удельным весом. Исходное вещество волокнистых материалов, применяемых в бумажном производстве, обладает

удельным весом, значительно превышающим единицу, так как вещество клеточных стенок целлюлозы имеет удельный вес 1,58—1,59, а древесной массы—1,54. Однако удельный вес волокон, находящихся в воде, поры которых заполнены водой, а иногда частично и воздухом, мало чем отличается от единицы и в отдельных случаях достигает удельного веса 1,09—1,10. Поэтому способность волокон к осаждению сравнительно мала и в зависимости от условий среды и композиции может быть очень различной.

Быстрее всего оседают в воде целлюлозные, тряпичные волокна и минеральные частицы наполнителей. Оседанию волокон способствует кислая среда воды (pH 4,5—5,5), а также добавление раствора животного клея и активированного силиката, которые способствуют коагуляции и хлопьеобразованию взвесей. В слабокислой, нейтральной и щелочной средах осаждение волокон резко ухудшается.

Ловушки этого типа пригодны для улавливания волокна и минеральных наполнителей при выработке высокозольной бумаги. Они отличаются от других относительно большими габаритами, так как для нормального осаждения волокон требуется продолжительное время отстоя (около 100 минут для конусных отстойников и от 150 до 300 минут для скребковых ловушек).

Вторым характерным свойством этих ловушек является малая степень сгущения воды и низкая концентрация сгустка (4—7 г/л). Степень улавливания волокна составляет 80—95%.

Конусный отстойник (рис. 150). Ловушка этого типа имеет коническую форму и выполнена из листового железа или железобетона. Ловушка устанавливается на колоннах конусом вниз непосредственно в размольном отделе или на улице. Вода подводится сверху в центр ловушки по уширяющейся трубке. Сгусток собирается в нижней конической части отстойника и отводится по трубе. Осветленная вода удаляется из верхней части отстойника переливом через радиально расположенные желоба и кольцевой желоб.

Для лучшего осаждения волокна в более совершенных конструкциях применяют приспособления для удаления пены и пузырьков воздуха, прилипших к волокнам. Для этой цели в некоторых конструкциях заставляют стекать поступающую в отстойник воду по стенкам конического приемника, расположенного в верхней части ловушки. Это способствует отделению пузырьков воздуха от волокон и лучшему их осаждению. В других конструкциях воду пропускают перед выходом в отстойник через сосуд, в котором при помощи вакуум-насоса поддерживается разрежение 3—5 м вод. ст.

Конусные отстойники строят объемом 25—100 м^3, их используют обычно у малых бумагоделательных машин, однако известны случаи установки конических отстойников емкостью до 300 м^3 и выше. Объем ловушки рассчитывают с учетом времени пребывания массы в отстойнике около 100 минут. Следовательно, его объем должен

равняться стократному минутному поступлению воды. Кратность сгущения, т. е. отношение объема сгустка к объему поступающей воды, в конусном отстойнике от 1 : 3 до 1 : 4. Степень улавливания волокна 85—90%.

Конусные отстойники обычно устанавливают в размольном отделе, используя при этом сгусток для разбавления массы при

Рис. 150. Конусный отстойник

зарядке и спуске роллов и направляя осветленную воду в сток. В других схемах сгусток с ловушек направляется на дальнейшее сгущение на пап-машины, а осветленная вода используется для зарядки в роллы. В третьих схемах конусный отстойник устанавливается непосредственно у бумагоделательной машины и сгусток направляется в поток бумажной массы за счет исключения до 30% оборотной воды, которая идет на разбавление массы; осветленную же воду используют в размольном отделе.

Конические отстойники в прошлом были наиболее распространенными улавливающими аппаратами. В настоящее же время они применяются реже.

Скребковая, или крацерная, ловушка. Скребковые, или крацерные, ловушки (рис. 151) являются отстойниками большой емкости — от 600 до 1200 м³ и выше. Они оборудованы механическим выгребом осевшего волокна и наполнителей (сгустка) при помощи медленно движущегося скребкового транспортера.

Сам отстойник сделан из железобетона и имеет форму прямоугольной камеры длиной 40 м, шириной 5 м и высотой 6 м. Оборотная вода поступает в отстойник с одного конца и, огибая перегородку, медленно движется вдоль камеры. Сгусток, осевший на

Рис. 151. Скребковая ловушка:

1 — поступление воды; *2* — скребковый транспортер; *3* — шпек; *4* — насос для откачки сгустка; *5* — сливные желоба для сброса осветленной воды; *6* — приямок для осветленной воды; *7* — насос

дно, передвигается планками скребкового транспортера к приямку и оттуда направляется центробежным насосом в производство. Осветленная вода удаляется из отстойника в перелив и затем подается насосом в производство для использования либо отводится в сток.

Описанная ловушка емкостью 1200 м³ может обслужить бумагоделательную машину производительностью 150 т в сутки и даже две такие машины.

Скребковые ловушки проектируются из расчета пребывания в них воды 120—150 минут. Однако практика показала, что они работают гораздо лучше при времени отстоя до 300 минут. При этом достигается степень улавливания 95%. Кратность сгущения составляет здесь от 1 : 4 до 1 : 6, концентрация сгустка от 4 до 7 г/л.

Скребковые ловушки надежны в работе, работают совершенно автоматически, требуют мало ремонта, но занимают много места. К недостатку ловушки следует отнести также трудность их промывки и малую степень сгущения. Скребковые ловушки с успехом применяются при выработке газетной и печатной бумаги на быстроходных машинах.

На некоторых старых фабриках можно встретить еще отстойные бассейны большой емкости, выложенные внизу фильтровальными плитками или решеткой, на которую натянута сетка. Бассейн состоит из двух частей, которые включаются попеременно, и из выключенной части сгусток выгребается обычно вручную. Подобные ловушки служили для окончательной очистки сточной воды, сбрасываемой в сток. В настоящее время они применяются редко.

Ловушки фильтрующего типа

К этой группе относятся ловушки с сетчатым цилиндром: типа обычного сгустителя, вакуум-фильтр, фильтры Вако и Кинцле, а также ловушки с сукном. Во всех случаях избыточная оборотная вода фильтруется через сетку или сукно и слой волокна, осевший на них. Задержанное волокно и наполнители передаются на валик и снимаются с последнего шабером при концентрации от 5 до 10%. Ловушки этой группы, за исключением фильтров Вако и Кинцле, отличаются сравнительно невысокой степенью улавливания, но зато обладают весьма высокой кратностью сгущения (1 : 40 и выше).

Сгуститель. Обычный шаберный сгуститель может служить ловушкой в случае улавливания волокна из богатой волокном воды. Наполнители задерживаются плохо. Рекомендуемый номер сетки 70—80. Применение более высоких номеров не оправдывается вследствие быстрого забивания сетки волокном и наполнителями. Степень сгущения до 4—5%, степень улавливания 70—75%. Пропускная способность сгустителя с диаметром барабана 1250 мм и длиной 2500 мм — около 1,5—2 $м^3$/мин.

Степень улавливания сгустителя может быть повышена до 80—85% путем добавки в поток свежего волокна целлюлозы или древесной массы.

В 1931 г. на одном из крупных комбинатов автором были применены сгустители древесно-массного завода для улавливания волокна из избыточной оборотной воды бумагоделательных машин при выработке массовых видов бумаги. Два сгустителя работали как ловушки, с добавкой свежего волокна древесной массы, осветленная же вода поступала в общий поток оборотной воды древесномассного завода. Вода со сгустителя рафинерной массы, содержавшая немного волокна, отводилась в сток. При такой схеме работы сгустителей в качестве ловушек степень улавливания достигала 85%.

К аналогичному типу относится ловушка Вангнера, которая отличается от обычного сгустителя лишь наличием второго чугунного отжимного валика. Он воспринимает на себя волокно с первого валика и дополнительно его отжимает. Отжатый скоп снимается шабером. Барабану, обтянутому сеткой № 100, придается медленное вращение (0,3—1,5 об/мин). Ловушка имеет малую производительность, но улавливает до 90% волокна.

Вакуум-фильтр. Обычный секционный фильтр также используется как ловушка для улавливания волокна. Наиболее пригоден он при выработке длинноволокнистых видов бумаги из целлюлозы без содержания наполнителя. Вода, содержащая наполнители, осветляется значительно хуже. При этом сетка фильтра быстро забивается волокном и наполнителем и производительность падает. Для улучшения работы вакуум-фильтра на воде с наполнителями и с содержанием мелкого волокна древесной массы рекомендуется добавлять в поток крупное свежее волокно целлюлозы в количестве 2—3 г/л для создания фильтрующего слоя на сетке.

Вакуум-фильтры устанавливают диаметром 1,2—1,75 м, шириной 0,2—2 м и обтягивают сеткой № 100. Степень улавливания при добавлении крупного волокна составляет 80—90% при производительности от 10 до 30 м^3 воды в час с 1 м^2 фильтра.

При выработке чисто целлюлозных видов бумаги без наполнителей (типа крафт-мешочной и кабельной) особых ловушек не ставят, а направляют избыточную оборотную воду в поток целлюлозы и вместе с последней улавливают волокно из оборотной воды на сгустителях или вакуум-фильтрах.

Более эффективно, чем обычный секционный вакуум-фильтр, работает двухзонный вакуум-фильтр. Зону отсоса можно разделить на две части перегородками. Отходящий из первой зоны мутный фильтрат может быть направлен обратно на вакуум-фильтр или использован в производстве для разбавления. Фильтрат, отбираемый из второй зоны отсоса, содержит малое количество волокна и может быть отведен в сток или направлен для использования вместо свежей воды на спрыски бумагоделательной машины.

Двух- и трехзонные фильтры часто снабжают приводом с регулируемым числом оборотов в пределах 1 : 3 с целью создания оптимального режима их работы. Количество мутного фильтрата, отбираемого из первой зоны отсоса, в среднем составляет 15—20% от общего объема потока воды.

Вако-фильтр. Появившиеся недавно Вако-фильтры нашли широкое применение как ловушки, обладающие целым рядом положительных свойств. Вако-фильтр (рис. 152) состоит из двух цилиндров, на которые надета одна общая сетка № 40—50. Основной цилиндр имеет диаметр 1,8—2 м и погружен в ванну, в которую поступает вода для улавливания волокна. Другой, вспомогательный, имеет диаметр 0,4—0,5 м и расположен выше первого. В его ванну подается свежее волокно для создания фильтрующего слоя на сетке. Таким образом, фильтрация воды на этой ловушке происходит через фильтрующий волокнистый слой, образованный на вспомогательном цилиндре. Благодаря этому сетка не загрязняется, а степень улавливания волокна составляет 90—95%. Наполнитель улавливается значительно хуже. Уловленное волокно вместе с подстилочным волокном передается на отжимной валик, снимается с последнего шабером и направляется в мешалку.

Окружная скорость цилиндров составляет от 2 до 15 м/мин. Мощность электродвигателя при длине барабана 4,2 м и диаметре 2 м — 5 л. с. Расход крупного волокна для подслоя от 25 до 40 г на 1 м³ воды. Производительность 1 м² фильтра, считая по поверхности основного барабана, от 4,5 до 30 м³/час: при осветлении воды целлюлозного производства 18—30 м³/час, при осветлении воды бумажного производства 4,5—9 м³/час.

Рис. 152. Фильтр Вако:

1 — основной сеточный барабан; *2* — вспомогательный барабан для нанесения подслоя; *3* — съемный вал для сгустка; *4* — шабер; *5* — сборник сгустка; *6* — сетка

Достоинствами Вако-фильтра являются большая производительность, высокая кратность сгущения, хорошая степень улавливания и простота обслуживания. Недостатком является плохое улавливание наполнителя.

Фильтр Кинцле. На том же принципе, что и фильтр Вако, работает фильтр Кинцле (рис. 153). Он отличается от первого тем, что вспомогательный слой из свежего волокна наносится на вертикальную ветвь сетки, поступающую на фильтрующий барабан *1* ловушки, при помощи напускного ящика *2* и присасывается к сетке посредством ряда отсасывающих ящиков *3*. Для усиления обезвоживания уловленного волокна такой же ряд отсасывающих ящиков *4* установлен и у обратной ветви сетки при сходе с фильтрующего барабана. Отсасывающие ящики работают от небольшого

вакуум-насоса, и разрежение в каждом из них может регулироваться. Сетка приводится в движение от головного вала *5*, уловленное же волокно вместе с подслоем снимается с сетки валиком *6* и шабером направляется по трубе *7* в сборник сгустка. Подача оборотной воды *8* к ванне *9* фильтра из сборника регулируется дроссель-клапаном *10* посредством поплавкового устройства *11*. Рабочая скорость сетки регулируется вариатором в пределах 5—24 м/мин.

Рис. 153. Фильтр Кинцле:

1 — фильтрующий барабан; *2* — напускной ящик; *3* и *4* — отсасывающие ящики; *5* — головной вал; *6* — съемный валик; *7* — труба для отвода сгустка; *8* — поступление оборотной воды; *9* — ванна фильтра; *10* — дроссель клапан; *11* — поплавок

Вода, отходящая от первых двух отсасывающих ящиков фильтрующего подслоя, поступает к смесительному насосу для разбавления свежего волокна, идущего на подслой, остальная же осветленная вода направляется в сток или используется вместо свежей воды в производстве.

Производительность фильтра Кинцле от 0,5 до 2 м^3/мин на 1 пог. м рабочей ширины сетки, в зависимости от характера фильтруемой воды. Размер сетки для фильтра рабочей шириной 2 м 2200 $\times$ 10600 мм.

Цилиндрическая ловушка с сукном. Подобные ловушки выпускаются фирмой Фюлльнер. Ловушка представляет собой барабан диаметром от 2 до 3 м и такой же длины, установленный в ванне, открытой с торцов и имеющей уплотнения по краям в виде бандажных лент (рис. 154). На барабан надето специальное

Рис. 154. Ловушка Фюлльнера:

1 — барабан; *2* — сукно; *3* — пресс; *4* — поступление воды; *5* — ящик для скопа

«ловушечное» шерстяное плотное сукно, огибающее его по дуге 300—320°, которое затем по сукноведущим валикам направляется в отжимной пресс, состоящий из двух чугунных валов, и далее возвращается обратно к барабану. Барабан вращается от электродвигателя через ременную и зубчатую передачи со скоростью около 1 об/мин.

Избыточная оборотная вода поступает в ванну снаружи цилиндра, фильтруется через сукно, а осветленная вода выходит через открытые торцовые поверхности барабана. Сгусток, осевший на сукне, передается валу верхнего пресса и снимается с последнего шабером при концентрации около 10%.

Производительность ловушки с барабаном диаметром 3 м и такой же длиной составляет 2 м^3/мин, а ловушки диаметром и длиной по 2 м — около 0,8 м^3/мин. Степень улавливания волокна колеблется в пределах 90—93%, но может достигать и 95%.

Недостатком этой ловушки является загрязнение сгустка шерстью, вследствие чего его нельзя направлять в общий поток массы при выработке высокосортной бумаги, а также большие эксплуатационные расходы на ремонт и обслуживание.

Ловушки флотационного типа

Как уже указывалось, волокно иногда всплывает в отстойниках под влиянием пузырьков воздуха, прилипших к волокнам, что ухудшает работу отстойников. В ловушках флотационного типа этот фактор используется для отделения волокна от воды.

По закону Генри — Дальтона растворимость любого газа, в том числе и воздуха, зависит от температуры и давления, а при постоянной температуре прямо пропорционально давлению P:

$$L = KP, \tag{88}$$

где:

L — количество газа, растворенного в воде;

K — коэффициент пропорциональности.

При понижении давления избыток воздуха выделяется в виде пузырьков и флотирует волокна. Необходимая разность давлений может быть создана двумя путями: 1) растворением воздуха при атмосферном давлении и созданием разрежения в ловушке; 2) растворением воздуха в оборотной воде под давлением выше атмосферного при работе ловушки в условиях атмосферного давления. По первому способу работает ловушка Адка, по второму ловушка Свен-Педерсена.

Второй способ работы предпочтительнее, так как в этом случае можно растворить в воде большее количество воздуха и, кроме того, такая ловушка удобнее для эксплуатации, чем закрытая ловушка, работающая под вакуумом.

Растворимость воздуха в воде при разных температурах и давлениях представлена на рис. 155. Как видно на рисунке, большее количество воздуха можно освободить из воды, снизив его давление с 1,5—2 атм до 1 атм, а не с 1 до 0,8 атм, как это бывает в ловушке Адка.

Впервые флотационный метод улавливания волокна был предложен шведским инженером Педерсеном в 1918 г. Но тогда этот метод не получил развития, так как ловушка работала неудовлетворительно. В 1934 г. швед Карлштрем создал ловушку Адка и применил к воде специальные добавки (смоляной клей и ализариновое масло) для повышения эффекта флотации и стабилизации пены на поверхности.

Рис. 155. Растворимость воздуха в воде при разной ее температуре

Шведский инженер Свен предложил для этой цели клей, названный его именем, который резко усилил флотационное действие ловушки Педерсена, после чего она получила всеобщее признание.

Клей Свена состоит из 10 кг животного клея (на 1000 л воды), 0,5 кг канифоли, 0,4 кг каустической соды (37%), 0,65 кг глинозема, 0,5 кг формалина (30%).

Клей готовят концентрацией 1% и выдерживают в течение суток для созревания, при котором происходит рост коллоидных частиц клея. pH клея должен при этом быть 4,8—5,1. Расход клея 0,3—0,5 л на 1 м³ воды.

Назначение животного клея заключается в том, чтобы понизить поверхностное натяжение воды и создать стабильную пену на поверхности жидкости. Получению стабильной пены способствует прибавление нейтрального канифольного клея. Глинозем же сообщает положительный заряд выделяющимся пузырькам воздуха и тем самым придает им способность прилипать к волокнам, имеющим, как известно, отрицательный заряд. Таким образом достигается увлечение волокон на поверхность жидкости. Избыток глинозема вреден, так как при этом возможна перезарядка волокна. Положительное действие животного клея заключается также в коагулирующем действии на волокна и частицы наполнителей, так как при этом происходит рост частиц (хлопьеобразование), что облегчает осветление оборотной воды.

Ловушка Адка (рис. 156). Ловушка Адка является аппаратом, работающим под вакуумом. Она состоит из аэрационного открытого

бассейна *1* и вакуумного резервуара *2* в виде железного цилиндра с выпуклым днищем. Вакуум-насос *3* мощностью 2,2 квт поддерживает в резервуаре разрежение 2,2 м вод. ст. Резервуар соединяется с аэрационным бассейном широкой вертикальной трубой *4*, нижний конец которой находится ниже уровня воды в бассей-

Рис. 156. Ловушка Адка:
1 — аэрационный бассейн; *2* — вакуумный резервуар; *3* — вакуум-насос; *4* — труба; *5* — насадка для удаления сгустка; *6* — инжектор; *7* — удаление осветленной воды

не. Через верхнее днище вакуумного резервуара в центре его входит труба вакуум-насоса, присоединенная к вращающейся насадке *5*, через которую засасывается всплывший на поверхность сгусток.

Оборотная вода подается насосом через инжектор *6* в первое отделение аэрационного бассейна. К инжектору подаются по трубке клей и засасывается воздух. Вода, хорошо перемешанная с воздухом и клеем, засасывается под влиянием вакуума по трубе в вакуумный резервуар, где и происходит отделение волокна и наполнителей. Осветленная вода удаляется по четырем патрубкам из

нижней части резервуара в сборник *7*, из которого может спускаться в канализацию или направляться для дальнейшего использования.

Ловушка объемом 18 м³ имеет производительность 1,2 м³/мин. Степень улавливания 90—95%. Кратность сгущения оборотных вод от 1 : 4 до 1 : 5. Недостатком ловушки является трудность обслуживания и малая кратность сгущения воды.

Рис. 157. Ловушка Свен-Педерсена:

1 — приемная камера; *2* — ванна; *3* — карман для сброса сгустка; *4* — сборник избыточной оборотной воды; *5* — насос; *6* — инжектор; *7* — тарельчатый вентиль; *8* — дозатор для клея; *9* — скребковый транспортер; *10* — желоб осветленной воды; *11* — котел для клея; *12* — клеевой бак

Ловушка Свен-Педерсена (рис. 157). Эта ловушка относится к флотационным аппаратам, работающим при атмосферном давлении. Она состоит из открытого бетонного бассейна, облицованного изнутри кафельными плитками и состоящего из трех отделений: приемной камеры *1*, в которой происходит обработка воды клеем, флотационной ванны *2* и кармана *3* для выхода сгустка. Избыточная оборотная вода собирается в сборник *4*, установленный у бумагоделательной машины, и центробежным насосом *5* подается в ловушку. Во всасывающий патрубок насоса при помощи небольшого инжектора *6* засасывается воздух, который смешивается с водой и растворяется под давлением 1,5—2 ат в напорном трубопроводе перед поступлением в ловушку. Обработанная воздухом вода поступает в приемную камеру ловушки через дисковый вен-

тиль *7* и сразу же смешивается с раствором животного клея, который непрерывной струйкой подается из напорного дозировочного бачка *8* через кольцевой трубопровод. Обработанная клеем и воздухом вода переливается во флотационную ванну ловушки, где волокно всплывает вместе с наполнителями наверх в виде пены и сгребается скребковым транспортером *9* в карман для сгустка. Скорость движения транспортера 1,5 м/мин. При большом количестве сгустка транспортеру придают бóльшую скорость — до 4—5 м/мин. Осветленная вода собирается внизу ванны и отводится оттуда по трубам, имеющим выдвижные манжеты на концах, в желоб *10*.

Флотационные ловушки Свен-Педерсена строятся шести величин на производительность от 0,5 до 3 м³/мин. (таб. 49).

Таблица 49

Характеристики ловушек Свен-Педерсена

Величина ловушки	Ширина ванны в м	Объем ванны в м³	Производительность в м³/мин
1	2,0	6	0,5
2	2,0	8	0,7
3	2,0	12	1,0
4	2,0	18	1,5
5	2,5	24	2,0
6	3,0	36	3,0

Степень улавливания волокон при выработке целлюлозной бумаги с малым содержанием наполнителя достигает 98% и даже больше. При выработке бумаги с наполнением степень улавливания снижается до 80—90%. Нормальная концентрация сгустка 2—4%. Таким образом, кратность сгущения составляет 1 : 15—1 : 20 и выше. Время пребывания воды в ловушке 8—12 минут.

Для нормальной работы ловушки чрезвычайно важно соблюдать следующие условия ее оптимальной работы:

1) поддерживать pH оборотной воды не выше 6;

2) надлежащим образом приготовлять животный клей, соблюдая правильное его вызревание, pH и дозировку;

3) поддерживать необходимое давление в напорном трубопроводе не менее 1,25—1,5 атм;

4) следить за работой инжектора.

Несоблюдение этих условий приводит к плохой работе флотационных ловушек, а также к снижению степени улавливания волокна и наполнителя до 70—80% и ниже.

Флотационные ловушки с успехом могут применяться при выработке чисто целлюлозной бумаги и бумаги с содержанием древесной массы без наполнителей или с малым содержанием наполнителей в композиции.

К недостатку флотационных ловушек следует отнести применение дефицитных материалов для клея и наличие пены в сгустке.

Положительными особенностями работы ловушек Свен-Педерсена являются: высокая степень улавливания, высокая степень сгущения воды, компактность и простота устройства ловушки. Однако эти ловушки, как указывалось выше, требуют внимательного обслуживания. Благодаря высокой концентрации сгусток можно давать непосредственно в поток бумажной массы перед машиной или в бассейн.

Помимо описанных выше конструкций флотационных ловушек, имеются и другие, например, ловушка «Савалла», работающая под вакуумом, и ловушка фирмы Вольф, действующая под атмосферным давлением.

Для сравнения между собой основных характеристик ловушек разных систем приводим табл. 50.

Таблица 50

Характеристики ловушек разных систем

Наименование ловушки	Производительность 1 м² фильтрующей поверхности в м³/час	Время пребывания воды в ловушке в минутах	Концентрация сгустка в %	Кратность сгущения оборотной воды	Степень улавливания в %
Конусный отстойник	—	100	0,4—0,6	1:3 1:4	85—90
Ловушка Полякова	—	25	0,3—0,4	1:2,5	85—90
Полочная ловушка	—	45—65	0,5—0,7	1:4 1:6	90—95
Скребковая ловушка	—	150—300	0,5—0,7	1:4 1:6	90—95
Сгуститель	10—15	—	4—5	1:20 1:40	70—75
Вакуум-фильтр	10—30	—	5—8	1:40 1:100	80—90
Двухзонный вакуум-фильтр	10—30	—	5—8	1:40 1:100	90—95
Вако-фильтр	10—30	—	5—8	1:40 1:100	90—95
Ловушка Фюлльнера	4,5—5,3	—	8—10	1:100	90—93
Ловушка Адка	—	15	0,5—0,7	1:4 1:5	90—95
Ловушка Свен-Педерсена	—	10—12	2—4	1:15 1:20	90—98

МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ БАЛАНСА ВОДЫ И ВОЛОКНА

Чтобы иметь правильное представление о потоках массы в разных стадиях производства, определить расход свежего волокна и воды на 1 т бумаги, правильно выбрать новую технологическую схему использования оборотной воды или оценить действующую схему и выявить безвозвратные потери волокна (промой), производят расчет баланса воды и волокна.

При проектировании новых бумагоделательных машин работу начинают с выбора принципиальной схемы использования оборотных вод на машине. На схеме указывается использование как оборотной, так и свежей или осветленной воды, а также пункты отвода сточной воды. Затем на основании литературных источников и практических данных предприятий, вырабатывающих аналогичный ассортимент бумаги, принимаются показатели разбавления массы в разных стадиях производства и концентрации отходящей с машины воды. Расчет ведется обычно на 1 т бумаги нетто с учетом брака в отделке и на машине.

Ввиду того, что в ряде случаев заранее нельзя определить концентрацию оборотной воды, циркулирующей в потоках, и количество этой воды, расчет приходится вести, исходя из параметров готовой продукции с определением неизвестных величин соответствующих потоков в порядке, противоположном ходу технологического процесса, т. е. начиная расчеты от количества готовой продукции, а заканчивая их определением величины потоков массы и воды, поступающих на бумагоделательную машину.

Для определения количества вещества, поступающего на данную стадию производства, можно пользоваться формулой И. И. Богоявленского в том случае, если известно количество вещества, выходящего с данной стадии.

$$X = G + K\left[\frac{(100 - C_н)\cdot X}{C_н} - \frac{(100 - C_к)\,G}{C_к}\right], \qquad (89)$$

где:

K — концентрация отходящих вод в кг/л;

G — количество абсолютно сухого вещества, выходящего с данной стадии производства в кг;

X — количество абсолютно сухого вещества, поступающего на данную стадию производства в кг;

$C_н$ и $C_к$ — начальная и конечная сухость бумаги в %.

Эту формулу нетрудно вывести. Количество сухого вещества, поступающего на данную стадию производства, очевидно, должно быть равно количеству сухого вещества, сходящего с данной стадии, плюс количество вещества, отводимого с отходящей водой. Если количество отходящей воды обозначить через Q, а ее концентрацию через K, то можно написать:

$$X = G + KQ. \qquad (90)$$

Количество отходящей воды при обезвоживании на данной стадии производства можно определить по сухости массы до и после данной стадии производства:

$$Q = \frac{(100 - C_н)\cdot X}{C_н} - \frac{(100 - C_к)\,G}{C_к}. \qquad (91)$$

Подставив значение Q в формулу (90), получим формулу (89).

В более сложных случаях для определения количества сухого вещества в потоках отдельных узлов производства прибегают также к составлению уравнений с двумя неизвестными. Обычно в таких случаях одно уравнение составляется с учетом баланса объемов массы, а второе с учетом баланса веса сухого вещества.

Пусть, например, на данную стадию производства поступает Q_1 литров массы и уходит Q_2, а Q_3 добавляется с оборотной водой. При этом концентрации потоков массы и оборотной воды будут соответственно K_1, K_2, K_3. Тогда будут справедливы равенства:

$$Q_2 = Q_1 + Q_3;$$

$$Q_2K_2 = Q_1K_1 + Q_3K_3,$$

откуда:

$$Q_1 = Q_2 \frac{K_2 - K_3}{K_1 - K_3}; \tag{92}$$

$$Q_3 = Q_2 \frac{K_2 - K_1}{K_3 - K_1}. \tag{93}$$

Если K_1 больше, чем K_2 и K_3, то числитель и знаменатель формулы (93) приобретают отрицательный знак. В этом случае удобнее формулу написать в таком виде:

$$Q_3 = Q_2 \frac{K_1 - K_2}{K_1 - K_3}. \tag{94}$$

Примечание. Размерность Q_1, Q_2 и Q_3 берется в литрах или килограммах, размерность K_1, K_2 и K_3 в граммах на литр, в килограммах на литр или в процентах.

Таким образом определяют количество массы и сухого вещества во всех стадиях бумажного производства. Дойдя до начала технологической схемы подготовки массы, определяют расход свежего волокна и наполнителей на 1 т продукции с учетом уловленного сгустка и возвращенного в поток оборотного брака.

Содержащееся в растворе глинозема сухое вещество в расчете обычно не учитывается, клей же условно считается вместе с волокном.

Если бумага вырабатывается с минеральным наполнителем, то сухое вещество на каждой стадии производства подразделяется на волокно и золу. В этом случае необходимо знать зольность отходящей воды. При точных расчетах золу нужно пересчитывать на наполнитель с учетом потери при прокаливании и естественной зольности волокна.

Рис. 158. Графики баланса воды (*а*) и волокна (*б*)

при выработке 1 т газетной бумаги

По окончании расчета баланса воды и волокна подсчитывают расход свежей воды на 1 т бумаги и определяют безвозвратные потери волокна и наполнителя в сточной воде. Если баланс составлен правильно, то потеря волокна должна равняться разности между расходом свежего абсолютно сухого волокна на 1 т бумаги G и содержанием абсолютно сухого волокна в 1 т бумаги P.

$$G - P = q, \tag{95}$$

где q — потери волокна (промой) в кг.

Безвозвратные потери, отнесенные к расходу свежего волокна и выраженные в процентах от него, характеризуют промой волокна в процентах $\frac{q\,100\%}{G}$.

Полученные при расчете баланса данные сводятся в таблицу прихода и расхода волокна, наполнителя и воды по каждому узлу производства. Эта таблица облегчает ознакомление с результатами расчета и позволяет выявить допущенные ошибки. Очень полезно также составлять графики потоков воды и волокна по данным расчета.

Для примера приведем графики баланса по волокну и воде на 1 т газетной бумаги, вырабатываемой на машине необрезной шириной 5,93 м при скорости 360 м/мин (рис. 158, *а* и *б*). Из этих графиков наглядно видна величина потоков волокна и воды в разных стадиях производства. Точные данные величины потоков в килограммах на тонну по волокну и кубических метрах на тонну по воде обозначены в разных стадиях производства на графиках. В целях некоторого упрощения графиков возврат оборотного брака и уловленного волокна условно отнесены к машинному бассейну.

КОНТРОЛЬ ЗА ПРОМОЯМИ ВОЛОКНА В ПРОИЗВОДСТВЕ

Контроль за промоями волокна в производстве осуществляют путем систематического наблюдения за концентрацией и количеством сточной воды, уходящей с производства. Для этой цели устанавливают наблюдение за главными сточными канавами бумажной фабрики или от каждой машины в отдельности. Отбор проб сточной воды производят вручную через определенные интервалы времени с замерами количества протекающей по канаве воды или автоматически при помощи специальных аппаратов. Для этой цели в сточных канавах устанавливают лотки, например лоток Вентури-Паршаля. Количество воды, протекающей через такой лоток, может быть легко определено по уровню воды перед суженной частью лотка путем непосредственного замера.

Контроль за потерями волокна в сточных канавах позволяет своевременно выявить ненормальную работу отдельных машин

и принять соответствующие меры. В практике работы отечественных предприятий получил значительное распространение аппарат для учета промоев, разработанный ЦНИИБ (рис. 159).

Аппарат состоит из лотка Вентури-Паршаля и обводного канала шириной 190 мм, в который установлен черпак, вращающийся со скоростью 10 об/мин. Черпак приводится в движение от электродвигателя через редуктор и цепную передачу. Уровень воды в обводном канале регулируется задвижкой и соответствует уровню

Рис. 159. Аппарат системы А. С. Гаврилова и Н. К. Полякова для учета промоя волокна:

1 — суженный лоток; *2* — обводный канал; *3* — вращающийся черпак; *4* — сборник сточных вод; *5* — регулирующий шабер

воды в лотке Вентури. Профиль черпака рассчитан так, что он зачерпывает количество воды, пропорциональное величине потока протекаемой воды. Содержимое черпака сливается через полую трубу в мерник, из которого лаборант несколько раз в смену берет среднюю пробу на концентрацию, а по количеству воды, отобранной черпаком, определяет количество сточной воды, прошедшей через лоток. Объем черпака кратен потоку в лотке и выбирается примерно в отношении 1 : 30 000. Ширина ковша 20 мм, его форма видна на рисунке. Точность прибора 0,1—0,3%.

Количество воды W, прошедшей через лоток Вентури-Паршаля определяется по формуле:

$$W = 2{,}365 \cdot BH^{\alpha}, \qquad (96)$$

где:

B — ширина лотка в суженной части;

H — глубина воды в лотке перед суженной частью лотка;

α — показатель, зависящий от ширины лотка и равный 1,52—1,57.

Лоток Вентури-Паршаля может применяться также и при проведении баланса воды и волокна на фабрике. Его преимущество в сравнении с обычными водосливами заключается в самоочищении и отсутствии застоев в сточной канаве.

Для кратковременных замеров количества воды и волокна на фабрике возможно применение и более простых водосливов с боковым сжатием струи и без бокового сжатия струи (рис. 160).

Рис. 160. Водосливы для замеров количества воды, протекаемой через канал:

а — с боковым сжатием струи; *б* — без бокового сжатия струи ($h>0,1$ м, $K>0,15$ м)

Обычно ширину водослива B делают кратной ширине канавы $B_к$ (например, $0,1\,B_к$, $0,2B_к$ и т. д.). Кромки водослива делают с фаской под углом 45°. Уровень воды в канаве измеряется рейкой на расстоянии 2—3 м от водослива.

Расход воды для обоих лотков этого типа можно определить по формуле Брашмана

$$W=0,67\mu\cdot Bh\sqrt{2gh}, \qquad (97)$$

где:

W — расход воды в м³/сек;

μ — $0,5757+0,058\frac{B}{B_к}+\frac{0,0008}{h}$;

B — ширина ворот водослива;

$B_к$ — ширина канала водослива в м;

h — высота уровня воды над порогом в м;

g — 9,81 м/сек².

Для удобства пользования формулой составляют расчетные таблицы для разной высоты жидкости над порогом h, а также вычисляют расход воды при ширине водослива 1 м при разных отношениях $\frac{B}{B_к}$.

Для определения количества сточной и оборотной воды, протекающей в каналах, можно пользоваться измерительным прибором Жестовского (вертушка типа Ж-3), при помощи которого, пользуясь разработанной методикой замеров, можно с достаточной точностью определить среднюю скорость течения потока и по ней, зная сечение канала, вычислить расход воды.

ГЛАВА 10

СУШИЛЬНАЯ ЧАСТЬ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

После прессовой части мокрое бумажное полотно поступает на сушильную часть бумагоделательной машины, где оставшаяся после отжима на прессах влага в количестве 1,5—2,5 кг на 1 кг бумаги удаляется сушкой.

Рис 161. Схема прохождения бумаги в сушильной части бумагоделательной машины:

а — бумага на цилиндре не покрытая сукном; *б* — участок сушки под сукном; *в* — участок свободного хода бумаги; *1* — бумагосушильные цилиндры; *2* — сукносушильные цилиндры; *3* — сукноведущие валики

Сушильная часть бумагоделательной машины состоит из вращающихся обогреваемых изнутри паром и расположенных обычно в два ряда сушильных цилиндров. Движущееся бумажное полотно прижимается к нагретой поверхности цилиндров при помощи су-

шильных сукон, улучшающих теплопередачу и предотвращающих коробление и сморщивание поверхности бумаги при сушке.

Размеры сушильной поверхности, число цилиндров и скорость движения бумажной ленты выбирают с таким расчетом, чтобы бумага, пройдя сушильную часть машины, успела высохнуть до содержания остаточной влаги в размере 5—7%. Продолжительность сушки бумаги в сушильной части машины незначительна и обычно находится в пределах 20—40 секунд для тонкой и средней по весу бумаги.

Для сушки сушильных сукон, воспринимающих значительное количество влаги из бумаги, служат такие же сушильные цилиндры, которые находятся под нижним и над верхним рядом бумагосушильных цилиндров.

Пары, получающиеся при испарении влаги из бумаги и сукон, собираются обычно под колпаком, расположенным над всей сушильной частью машины и оттуда отводятся вытяжным вентилятором или естественной тягой наружу. Вместо влажного воздуха, удаляемого из помещения, вводится свежий воздух, который подогревается в калориферах или теплообменниках. В последнем случае используется тепло отходящего воздуха. Принципиальная схема сушильной части бумагоделательной машины показана на рис. 161.

ТЕОРИЯ СУШКИ БУМАГИ

Общие основы теории сушки коллоидных капиллярнопористых тел разработаны русскими учеными П. С. Коссовичем, А. В. Лебедевым, А. В. Лыковым и другими. Благодаря их работам, а также работам П. А. Ребиндера и С. М. Липатова, установившим характер связи влаги с материалом, что имеет важное значение для механизма сушки, теория процесса сушки получила научное обоснование.

Эти основы теории сушки применимы и к процессу сушки бумаги. Однако процесс сушки бумаги на нагретой поверхности вращающихся сушильных цилиндров изучен пока еще недостаточно.

В специальной зарубежной литературе имеется много работ, посвященных исследованию контактной сушки бумаги: Т. К. Шервуда, Д. В. Мак-Криди, А. Е. Монтгомери, Б. И. Бакстера, В. К. Бурштейна, К. Шмидта и других, однако выводы в этих работах противоречивы.

Значительный вклад в разработку теории процесса сушки бумаги на нагретой поверхности внесли советские исследователи А. В. Лыков, В. В. Красников, И. Л. Любошиц, Д. М. Фляте, Е. К. Громцев и др., труды которых мы и взяли за основу при изложении вопросов теории процесса сушки бумаги.

Сушильный процесс на бумагоделательной машине обладает особыми, специфическими чертами. Он состоит из ряда отдельных

повторяющихся циклов, количество которых равно количеству сушильных цилиндров, причем каждый цикл состоит из двух последовательно протекающих во времени фаз: сушки бумаги на нагретой поверхности сушильного цилиндра и сушки бумаги в промежутках между цилиндрами. Сушка бумаги на нагретой поверхности также не вполне однородна, поскольку не вся поверхность бумаги, соприкасающаяся с сушильным цилиндром, прикрыта сукном. На каждом сушильном цилиндре имеются два небольших участка, при поступлении и при сходе бумаги с цилиндра, на которых бумага, соприкасаясь с греющей поверхностью цилиндра, не прикрыта сукном. Так как величина этих участков невелика и скорость сушки на них мало отличается от скорости сушки бумаги под сукном, можно практически рассматривать процесс как двухфазный.

В первой фазе каждого цикла сушки (т. е. на сушильном цилиндре) бумажное полотно получает тепло от нагретой поверхности сушильного цилиндра и расходует его на испарение влаги из бумаги и на повышение температуры бумаги, охладившейся во второй фазе при прохождении между сушильными цилиндрами. Во второй фазе каждого цикла происходит испарение влаги с обеих сторон бумаги благодаря теплу, накопленному в первой фазе процесса. В этой фазе сушильного процесса бумага охлаждается.

Как показали экспериментальные исследования И. Л. Любошица, Е. К. Громцева и Т. К. Шервуда, главная часть воды испаряется на нагретой поверхности сушильных цилиндров. Эти данные подтверждаются и теоретическими расчетами испарения воды на свободных участках между сушильными цилиндрами с учетом понижения температуры бумажного полотна при переходе от одного цилиндра к другому.

Главная часть воды, удаляемой из бумаги под сукном во время прохождения бумагой поверхности цилиндра, переходит в сушильное сукно в виде пара, который конденсируется в сукне и частично остается в несконденсировавшемся состоянии, и только незначительная часть влаги переходит в сукно в жидкой фазе в результате капиллярного впитывания. Испарение влаги из сукна и выход из него несконденсировавшихся паров происходит с обеих сторон сукна при его движении на свободных участках между сушильными цилиндрами и при обратном ходе сукна. При этом сукно охлаждается. При установившемся режиме сушки количество воды, испаряемой из сукна, равно количеству воды, поглощенной из бумаги. В этом процессе расходуется то количество тепла, которое было накоплено в сукне за счет конденсации в нем водяных паров при сушке бумаги на цилиндрах. Ввиду того, что сушильные сукна имеют большие тепловые потери в окружающую среду, составляющие около 50% всех тепловых потерь в сушильной части машины, или от 15 до 25% от общего тепла, расходуемого на сушку бумаги, эти потери должны компенсироваться сукносушильными цилиндрами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ СУШКЕ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И БУМАГИ

Процесс сушки бумаги на бумагоделательной машине, состоящий из ряда повторяющихся циклов, представляет собой комбинированную сушку с прерывистым режимом, составленную из контактной сушки на нагретой поверхности сушильных цилиндров и конвективной сушки на свободных участках между сушильными цилиндрами. В первом случае сушка протекает более интенсивно при постоянном подводе тепла, а во втором — менее интенсивно без подвода тепла, лишь за счет тепла, накопленного бумагой при прохождении ее через сушильные цилиндры, вследствие чего бумага охлаждается.

Различная скорость сушки бумаги на цилиндрах и в промежутках между ними объясняется не только разницей в температурах, при которых происходит испарение, но также и тем, что на сушильных цилиндрах имеет место иной механизм сушки: при высоких температурах греющей поверхности основную роль играет молярный перенос тепла, тогда как при конвективной сушке происходит молекулярный перенос тепла и влаги за счет диффузии.

Как известно, процессом сушки управляют законы переноса тепла и влаги, а также форма связи влаги с материалом. Поэтому следует рассмотреть формы связи воды с волокном в бумаге.

Бумага, состоящая в основной своей массе из растительных волокнистых материалов, является капиллярнопористым, коллоидным телом. Стенки ее капилляров эластичны и при поглощении влаги набухают. Бумага принадлежит к ограниченно набухающим коллоидным телам.

По классификации П. А. Ребиндера различают три вида связи влаги с материалом:

1) химическую связь в строгих стехиометрических отношениях;

2) физико-химическую связь в различных, не строго определенных соотношениях;

3) физико-механическую связь, при которой вода удерживается материалом в неопределенных количествах.

Химическая связь воды с материалом наиболее прочна. Влага здесь входит в структуру вещества. Химическая связь не разрушается при тепловой сушке материала и может быть разрушена только прокаливанием или химическим взаимодействием. Считают, что такой вид связи воды с целлюлозой имеет место в бумаге.

Физико-химическая связь существует в двух формах: адсорбционной и осмотической. При поглощении воды коллоидным телом выделяется теплота набухания и происходит контракция (сжатие) системы. Теплота набухания является теплотой адсорбции. Процесс набухания можно разделить на две стадии: 1) поглощение с выделением тепла и контракцией системы (присоединение адсорбированной влаги), 2) присоединение воды без вы-

деления тепла и контракции системы (набухание в узком смысле слова). Вода первой стадии набухания — адсорбционно связанная, или гидратационная влага, вода второй стадии набухания — осмотически связанная, или структурная влага.

Физико-механической связью соединена влага, находящаяся в капиллярах, или капиллярная влага, и влага смачивания. В зависимости от размеров различают макрокапилляры с радиусом выше 10^{-5} см и микрокапилляры с радиусом ниже 10^{-5} см. В микро-

Рис. 162. Изотерма адсорбции (*1*) и десорбции (*2*) воды бумагой из сульфитной целлюлозы при температуре 20°

капиллярах есть мениск жидкости, который образуется в результате адсорбции пара с последующим сжижением его на дне капилляра. Обычно влагу смачивания и пор приравнивают к влаге макрокапилляров (свободная влага, не связанная с материалом).

При длительном нахождении бумаги в воздухе с постоянной относительной влажностью и постоянной температурой благодаря процессам сорбции в бумаге устанавливается такая влажность, при которой давление пара над материалом равно парциальному давлению водяного пара в окружающем воздухе. Такая влажность бумаги называется р а в н о в е с н о й в л а ж н о с т ь ю. Таким образом, давление водяного пара над бумагой является функцией его равновесной влажности, а кривая, изображающая эту функцию называется и з о т е р м о й с о р б ц и и.

Типичная изотерма адсорбции (при поглощении влаги из воздуха) и десорбции (при отдаче влаги в воздух) для бумаги представлена на рис. 162. Между кривыми адсорбции и десорбции существует некоторая разница: равновесная влажность при сушке бумаги больше, чем при увлажнении. При изменении содержания влаги в материале в зависимости от изменения влажности окружа-

ющего воздуха, т. е. в случаях чередования явлений адсорбции и десорбции, имеет место явление гистерезиса.

Причина гистерезиса окончательно еще не выяснена. По одной гипотезе причиной его является присутствие воздуха в капиллярах. Воздух сорбируется стенками капилляров и уменьшает смачивание их жидкостью. По другой гипотезе меньшая равновесная влажность зависит от задержки образования мениска в капилляре при поглощении влаги.

Равновесная влажность, соответствующая $\varphi=1$ (100%), называется гигроскопической влажностью. При влажности материала больше гигроскопической давление пара над материалом равно давлению пара над чистой водой.

Первый участок изотермы в интервале $\varphi = 0—0{,}1$ (выпуклая к оси абсцисс часть кривой) соответствует мономолекулярной сорбции воды со значительным выделением тепла. Второй участок изотермы в интервале $\varphi = 0{,}1—0{,}9$ соответствует полимолекулярной сорбции с выделением тепла в меньшем количестве. Третий участок изотермы, обращенный выпуклостью к оси ординат, соответствует капиллярной конденсации в микрокапиллярах без выделения тепла. Максимальная гигроскопическая влажность ($\varphi = 1$) находится в пределах 27—37%. Влажность гидратации соответствует относительной влажности воздуха $\varphi = 0{,}9$ (влажность 7—8%).

Перемещение влаги в капиллярнопористом коллоидном теле может происходить как в форме жидкости, так и в форме пара. Скорость перемещения влаги пропорциональна градиенту влажности. При большой влажности материала влага перемещается главным образом в виде жидкости. С уменьшением влажности количество влаги, перемещающейся в виде пара, увеличивается, а при малых значениях влажности перемещение происходит в основном в виде пара.

Как показал А. В. Лыков, при наличии температурного перепада внутри влажного материала влага перемещается из мест с более высокой температурой к местам с более низкой температурой, т. е. в направлении потока тепла. Это явление носит название термодиффузии. Количество перемещаемой влаги пропорционально градиенту температур. Таким образом, перемещение влаги в материале происходит в результате влагопроводности и термовлагопроводности.

КОНВЕКТИВНАЯ СУШКА МАТЕРИАЛОВ

При конвективной сушке тепло от воздуха или газов передается материалу путем соприкосновения. Этот метод широко применяется для сушки многих материалов. Он изучен более полно и потому мы вкратце рассмотрим его, чтобы лучше понять процессы,

протекающие при сушке бумаги на машине, в частности в промежутках между сушильными цилиндрами.

Процесс конвективной сушки материала состоит из трех этапов: подогрева материала, первого периода сушки с постоянной скоростью и второго периода сушки с падающей скоростью. В начальный, сравнительно кратковременный период тепло, воспринятое от воздуха, расходуется на подогрев материала до некоторой постоянной температуры, при которой происходит испарение воды. При этом влажность материала изменяется мало. Начиная с этого момента, процесс сушки протекает с постоянной скоростью до тех пор, пока поверхность материала находится в состоянии влагонасыщения. В этот период сушки скорость испарения влаги определяется законом испарения со свободной поверхности и зависит только от скорости диффузии водяных паров с поверхности материала в окружающую среду и не тормозится скоростью внутренней диффузии влаги из толщи материала к ее поверхности.

Во второй период сушки материала скорость внутренней диффузии влаги становится уже меньше, чем скорость испарения влаги с поверхности. Поэтому влага не успевает подводиться из толщи к поверхности материала и это начинает тормозить скорость испарения с поверхности. Наступает период падающей скорости сушки, при котором температура материала повышается.

Влажность материала в точке K, при которой первый период сушки переходит во второй, называется критической влажностью материала, а соответствующая точка перелома на кривой сушки — критической точкой.

Процесс сушки материала в потоке нагретого воздуха с постоянными параметрами показан схематически на рис. 163, *а* и *б*. На первом рисунке показан характер убывания влаги из материала в процессе сушки в зависимости от времени. На втором рисунке показана скорость сушки в зависимости от влажности материала. Как видно из второго рисунка, тангенс угла наклона касательной к любой точке кривой сушки определяет скорость сушки в этой точке.

$$\operatorname{tg} \sigma = \frac{dw}{dz}. \tag{98}$$

Наибольшая скорость сушки наблюдается в первый период сушки с постоянной скоростью, а наименьшая в конце второго периода сушки с падающей скоростью.

Общие закономерности в процессе сушки материалов и наличие двух отмеченных выше периодов сушки были открыты в 1904 г. русским ученым П. С. Коссовичем, который впервые разъяснил механизм самого процесса.

При конвективной сушке влажность в середине материала больше, чем на его поверхности, температура же, наоборот, больше на поверхности, чем в середине.

Таким образом, перепады влажности и температур противоположны по знаку и температурный перепад затормаживает движение влаги к поверхности материала. В этом заключается главный недостаток конвективной сушки материалов.

Рис. 163. Кривые сушки материала при конвективной сушке:

а — изменение влажности во времени; *б* — изменение скорости сушки

Чисто конвективная сушка не пригодна для сушки бумаги по двум главным причинам: во-первых, потому, что мала плотность теплового потока и, во-вторых, потому, что бумага при такой сушке не сохраняет ровную поверхность и коробится. По данным В. В. Красникова, плотность теплового потока при конвективной сушке в 13 раз меньше, чем при контактной.

Как уже указывалось, конвективный метод сушки имеет место на бумагоделательной машине при прохождении бумажного полотна на свободных участках между сушильными цилиндрами. Однако процесс испарения происходит главным образом за счет тепла, аккумулированного бумагой за время пребывания ее на сушильных

цилиндрах, и лишь отчасти за счет обдувки бумаги теплым воздухом. Поэтому при прохождении бумаги от цилиндра к цилиндру температура бумаги снижается, а вместе с ней падает и интенсивность испарения.

Перемещение влаги за счет диффузии под влиянием разницы в парциальных давлениях паров воды над материалом и в окружающем воздухе имеет место и при контактной сушке при невысоких температурах греющей поверхности, однако при более высоких температурах греющей поверхности наблюдается уже иной механизм сушки.

Для общей характеристики процесса испарения влаги из бумаги на свободных участках бумагоделательной машины и при низких температурах сушки на цилиндрах можно применить формулу Дальтона испарения жидкости со свободной поверхности

$$\frac{W}{zF} = \frac{C(H-h)}{B}. \qquad (99)$$

Здесь:

W — количество испаренной влаги в кг;
z — время в часах;
F — поверхность испарения в м^2;
H — давление насыщенного пара при температуре испаряющейся жидкости в мм рт. ст.;
h — давление пара в окружающем воздухе в мм рт. ст.;
B — барометрическое давление в мм рт. ст;
C — коэффициент испарения со свободной поверхности.

Коэффициент испарения зависит от скорости воздуха и, по эмпирической формуле Всесоюзного теплотехнического института, составляет:

$$C = 0{,}0229 + 0{,}0174 \cdot v \text{ кг/м}^2\text{/час мм рт. ст.}, \qquad (100)$$

где v — скорость воздуха в м/сек.

Анализ формулы Дальтона показывает, что скорость сушки в первую очередь зависит от разности парциальных давлений водяных паров на поверхности испарения и в окружающем воздухе. Первый из этих показателей зависит от температуры бумаги, второй же от влагосодержания воздуха. На процесс сушки бумаги оказывает также влияние барометрическое давление, при котором протекает процесс. Скорость сушки обратно пропорциональна барометрическому давлению в сушилке.

КОНТАКТНАЯ СУШКА БУМАГИ НА НАГРЕТОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Контактная сушка бумаги на нагретой поверхности сушильных цилиндров изучена менее полно, чем конвективная сушка материалов. Как уже указывалось, процесс сушки бумаги на бумагоделательной машине осложнен цикличностью и многофазностью процесса, что затрудняет его изучение.

Работы, выполненные В. В. Красниковым, А. В. Лыковым, И. Л. Любошицем, Е. К. Громцевым и др., внесли много ясности в этот сложный процесс.

Установлено, что процесс контактной сушки бумаги на нагретой поверхности сушильного цилиндра так же, как и конвективный, протекает в несколько периодов: период подогрева, первый период, с постоянной скоростью сушки, и второй период, с падающей скоростью сушки. Установлено также, что период постоянной скорости сушки занимает 50—65% времени от общей продолжительности сушки бумаги. Он характеризуется постоянной скоростью сушки и постоянной температурой материала, зависящей от температуры греющей поверхности. Период падающей скорости сушки характеризуется убывающей скоростью процесса и наличием второй критической точки, после которой температура бумаги возрастает, а температурный перепад внутри бумаги стремится к нулю.

Рис. 164. Кривые сушки при контактной сушке бумаги:
m — скорость сушки; $t_б$ — температура бумаги; K_1 и K_2 — первая и вторая критические точки (температура греющей поверхности 100°)

Типичные кривые скорости контактной сушки бумаги m и температурная кривая $t_б$ показаны на рис. 164.

Период подогрева бумаги занимает очень мало времени и не сопровождается существенным изменением влажности. Первый период сушки простирается от влажности 175 до 45% до первой критической точки K_1. Во втором периоде сушки кривая скорости сушки имеет изгиб во второй критической точке K_2 при влажности материала около 8—11%. Этой точке соответствует также перелом в кривой температур, начиная с которой температура бумаги возрастает.

Характер изменения скорости сушки и температуры бумаги при контактной сушке, как показали В. В. Красников и А. В. Лыков, определяется главным образом характером связи воды с материалом. В первом периоде сушки бумаги удаляется свободная влага, во втором — гигроскопическая (связанная) влага. Участок кривой от первой до второй критической точки соответствует удалению капиллярной и осмотической влаги. Последний же участок кривой за второй критической точкой K_2 соответствует удалению адсорбционно связанной с материалом влаги. Для бумаги весом 1 м² 100 г в опытах В. В. Красникова первая критическая точка находилась в пределах 40—46% абсолютной влажности,

а вторая критическая точка в пределах 7—9% абсолютной влажности.

По данным Д. М. Фляте, для тонкой бумаги первая критическая точка соответствовала приблизительно 30% абсолютной влажности. Эту цифру указанный автор характеризует как соответствующую количеству связанной воды в бумаге. Вторая критическая точка им не наблюдалась.

При сушке толстой бумаги и картона на нагретой поверхности сушильного цилиндра температура в толще бумаги неоднородна и убывает от контактного слоя, соприкасающегося с греющей поверхностью, к наружному. Таким образом, существует градиент температуры Δt в толще листа бумаги при его сушке ($\Delta t = t_{гр} - t_{к}$). (см. стр. 465).

Изменение температур в разных слоях бумаги толщиной 0,43 мм показано на рис. 165.

Рис. 165. Изменение температуры в разных слоях картона толщиной 0,43 мм при контактной сушке при температуре греющей поверхности 130°:

I — от греющей поверхности 0,08 мм; *II* — то же 0,22 мм; *III* — то же 0,35 мм; *IV* — то же 0,43 мм

Главными факторами контактной сушки являются: температура греющей поверхности и толщина бумаги. Влияние этих факторов при контактной сушке, по данным В. В. Красникова и А. В. Лыкова, показано на рис. 166.

Рис. 166. Влияние температуры греющей поверхности на скорость контактной сушки в первом периоде для бумаги (картона) разной толщины:

I — толщина 0,16 мм; *II* — 0,22 мм; *III* — 0,43 мм; *IV* — 0,72 мм; *V* — 1,65 мм

Как видно из этого рисунка, при низких температурах греющей поверхности, примерно до 80°, кривая сушки обращена выпуклостью к оси абсцисс (температур греющей поверхности). При этом кривые сушки для бумаги разной толщины сближаются. В интервале температур

греющей поверхности 80—100° все кривые обращены выпуклостью к оси ординат (скорости сушки), а в третьем участке, при температуре греющей поверхности выше 100° все кривые переходят в прямые линии. У более толстой бумаги указанные выше характерные участки смещаются вправо, в сторону большего влагосодержания.

Как показали В. В. Красников и А. В. Лыков, форма кривых контактной сушки на трех характерных участках объясняется различным механизмом переноса влаги в материале при сушке. В первой области сушки при низких температурах перемещение влаги происходит главным образом в форме пара и частично жидкостью за счет диффузии к перемещающейся поверхности парообразования, как и при конвективной сушке. Во второй области перемещение пара в материале частично происходит за счет градиента общего давления, а в третьей области этот градиент становится основной движущей силой переноса влаги и тепла. Таким образом, в первой области действует молекулярный перенос, а в третьей молярный перенос тепла и влаги, определяемый градиентом общего давления. Вторая область является переходной.

На основании этих данных можно считать, что процесс удаления влаги при низких температурах контактной сушки аналогичен испарению со свободной поверхности в окружающую среду через пограничный слой, расположенный у поверхности испарения. В этом случае тепло подводится к поверхности испарения от греющей поверхности через слой материала теплопроводностью. Разность температур Δt между греющей поверхностью и температурой контактного слоя бумаги не велика и не превышает 1°. При более высоких температурах греющей поверхности перепад температур Δt резко увеличивается, так как образующиеся пары уносятся из контактного слоя к открытой поверхности бумаги под влиянием градиента давления. Наряду с этим происходит испарение со свободной поверхности. При высоких температурах контактной сушки (температура греющей поверхности свыше 100° Ц) преобладающим является молярный перенос тепла и влаги в результате парообразования во всем объеме сушимого материала. При этом разница температур Δt здесь достигает высоких значений — 30—35° и выше.

По данным этих же исследователей, каждой температуре греющей поверхности соответствует вполне определенная температура контактного слоя. При этом с увеличением толщины бумаги температура контактного слоя повышается за счет большего сопротивления выходу пара из контактного слоя. Зависимость температуры контактного слоя от температуры греющей поверхности при контактной сушке бумаги различной толщины показана на рис. 167.

Таким образом, температура бумаги при контактной сушке обычно не превышает 90° даже при относительно высоких темпера-

турах греющей поверхности. Это хорошо согласуется с практикой сушки бумаги на бумагоделательных машинах.

Закономерности, рассмотренные нами в процессе сушки материалов конвективным и контактным способами, наблюдаются в известной мере и при сушке бумаги на бумагоделательной машине, однако они осложнены многофазностью и цикличностью процесса, а также неоднородностью температур сушильных цилиндров бумагоделательной машины. Кроме того, бумага в процессе сушки на машине попеременно прилегает к нагретой поверхности сушильных цилиндров то одной, то другой своей стороной. Все это сильно усложняет процесс и потому о характерных периодах сушки бумаги можно говорить условно, имея в виду некоторую усредненную кривую процесса сушки по всей сушильной части бумагоделательной машины. На это уже неоднократно обращалось внимание в специальной литературе.

Рис. 167. Зависимость между температурой контактного слоя и температурой греющей поверхности в первом периоде сушки для бумаги разной толщины:
I — толщина 0,16 мм; *II* — 0,22 мм; *III* — 0,43 мм

Если же рассмотреть процесс сушки бумаги в пределах одного цикла на одном из сушильных цилиндров, то можно убедиться, что он весьма неоднороден из-за наличия в нем разных фаз процесса. Так, период подогрева бумаги наблюдается не только в начале сушильного процесса, но и на каждом сушильном цилиндре, поскольку бумага охлаждается в промежутках между сушильными цилиндрами. Сушка бумаги с постоянной скоростью протекает лишь при соприкосновении бумаги с нагретой поверхностью сушильных цилиндров, т. е. при непрерывном подводе тепла, до достижения критического влагосодержания. Практически и в первом периоде скорость сушки бумаги на бумагоделательной машине не совсем одинакова, поскольку температура сушильных цилидров бывает различной. Во втором периоде скорость сушки бумаги на нагретой поверхности постепенно затухает, а в промежутках между сушильными цилиндрами она фактически совсем прекращается.

Изменение основных параметров процесса сушки писчей бумаги на машине с 14 сушильными цилиндрами показано на рис. 168. Из графика видно, что температура сушильных цилиндров поднимается постепенно с 45° до 105° на первых семи цилиндрах, затем до двенадцатого цилиндра остается примерно на одинаковом уровне и далее снижается до 80° на последнем цилиндре.

Постепенный подъем температур сушильных цилиндров в первой половине сушильной части машины способствует сохранению качества бумаги в отношении показателей объемного веса, прочности и проклейки. Снижение температуры в конце сушильной части предотвращает вредное влияние перегрева бумаги, лишенной влаги, на ее свойства.

На этом графике показано также изменение влажности и сухости бумаги в равных частях сушильной части машины, количество

Рис. 168. Изменение основных показателей процесса сушки писчей бумаги на бумагоделательной машине:

C_a — содержание сухого вещества в бумаге в %; W — содержание воды в бумаге в %; $W_и$ — количество воды, испаряемой на сушильных цилиндрах, в кг; S — съем воды с 1 м² полезной поверхности цилиндра в кг/час; $t_ц$ — температура поверхности цилиндра в °Ц

испаряемой воды и скорость сушки, характеризуемая количеством испаряемой воды с 1 м² рабочей поверхности сушильных цилиндров в час.

Чтобы выявить и оценить в общих чертах значение основных факторов, обусловливающих скорость и эффективность процесса сушки бумаги на бумагоделательной машине, можно воспользоваться двумя уравнениями сушки: уравнением Дальтона, испарения влаги со свободной поверхности и уравнением теплового баланса на нагретой поверхности. Первое уравнение, как уже указывалось ранее, может в первом приближении характеризовать процесс испарения влаги из бумаги в промежутках между сушильными цилиндрами, а также процесс сушки бумаги на сушильных цилиндрах при низких температурах. Второе уравнение может характеризовать процесс сушки бумаги на нагретой поверхности сушильных цилиндров при любой температуре.

С первым уравнением мы уже знакомы

$$\frac{W}{zF} = \frac{C(H-h)}{B}.$$

Второе уравнение сушки выведем из баланса тепла при контактной сушке на греющей поверхности. Рассматривая сушку как тепловой процесс, будем исходить из условия, что тепло, воспринятое поверхностью бумаги от греющей поверхности сушильного цилиндра, расходуется только на испарение воды из материала, потерями же тепла в окружающую среду пренебрегаем. Тогда

$$dQ = KF(t_{гр} - t_к)\,dz = dWr, \qquad (101)$$

откуда:

$$\frac{dW}{dz} = \frac{KF(t_{гр} - t_к)}{r} = \frac{KF(t_{гр} - t_к)}{I - t_к}. \qquad (102)$$

Здесь:

K — коэффициент теплопередачи от греющего пара через стенку сушильного цилиндра к бумаге в $\frac{ккал}{м^2 \cdot час \cdot град}$;

Q — тепло, воспринимаемое поверхностью бумаги;

F — поверхность нагрева в $м^2$;

$t_{гр}$ — температура греющего пара в °Ц;

$t_к$ — температура бумаги в контактном слое в °Ц;

W количество воды, испаряемой из бумаги, в кг;

z — время в часах;

r — теплота испарения воды в ккал/кг $(r = I - t_к)$;

I — теплосодержание испаренной влаги.

Из второго уравнения видно, что скорость сушки бумаги зависит от коэффициента теплопередачи от пара к бумаге, а также от температуры греющего пара. Под температурой греющего пара мы подразумеваем температуру насыщенного пара в пограничном слое у стенки цилиндра. При использовании перегретого пара, температура может быть значительно выше, однако в пограничном слое у внутренней стенки сушильного цилиндра, где происходит конденсация, его температура соответствует температуре насыщенного пара при данном давлении в цилиндре.

Скорость сушки повышается также с увеличением перепада между температурой греющего пара и бумаги и с понижением теплосодержания воды, превращаемой в пар, что имеет место при понижении барометрического давления в сушилке. Это вытекает и из анализа первого уравнения сушки (99).

Данными выше уравнениями сушки можно пользоваться для некоторых ориентировочных расчетов в первом периоде сушки, однако они мало пригодны для расчетов скорости сушки во втором периоде, ввиду наличия многих малоизученных факторов, осложняющих процесс. Некоторыми исследователями, в частности И. Л. Любошицем, были разработаны эмпирические формулы для этой цели, однако пользование ими затруднительно из-за наличия в них мало изученных коэффициентов.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС СУШКИ БУМАГИ НА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

Из анализа приведенных выше уравнений вытекает, что основными факторами процесса сушки бумаги на бумагоделательной машине являются: температура греющего пара и температура сушильных цилиндров, скорость машины, свойства окружающего воздуха и система вентиляции, а также коэффициент теплопередачи от пара к бумаге. Последний в свою очередь зависит от ряда факторов: чистоты стенок сушильного цилиндра снаружи и изнутри, наличия в цилиндре воздуха и конденсата, степени натяжения и влажности сушильных сукон, начальной и конечной влажности бумаги и некоторых других.

К перечисленным выше факторам процесса следует добавить свойства самой бумаги: ее толщину, степень помола бумажной массы и композицию, а также конструктивные особенности бумагоделательной машины.

Температура греющего пара

Как это вытекает из основных уравнений сушки, температура пара в пограничном слое со стенкой сушильного цилиндра является одним из главных факторов сушки, от которого зависит скорость и эффективность процесса. Это было достаточно убедительно показано также при изложении теории контактной сушки бумаги.

Анализ работы большого количества бумагоделательных машин, проведенный автором книги, показал, что скорость сушки возрастает примерно по закону прямой линии с ростом средней температуры сушильных цилиндров и температуры греющего пара. Эта зависимость показана на рис. 169.

Данные обследования ряда отечественных машин показывают, что средняя температура сушильных цилиндров по всей машине колеблется в очень широких пределах, от 50—60° при выработке тонкой конденсаторной бумаги и до 120—125° при выработке некоторых массовых видов бумаги с древесной массой, крафт-мешочной и упаковочной, из сульфатной целлюлозы. Максимальное рабочее давление пара в сушильных цилиндрах в этих условиях изменялось в пределах от 1,2 ата до 3—3,5 ата.

Термическое сопротивление металлической стенки сушильного цилиндра невелико, но благодаря наличию воздуха в паре и конденсатной пленки внутри цилиндра перепад между температурой греющего пара и температурой поверхности стенки сушильного цилиндра возрастает до 15—17°. Таким образом, температура сушильных цилиндров в среднем меньше температуры греющего пара на 15—17°.

Ввиду того, что указанный выше перепад температур при установившемся режиме работы бумагоделательной машины более

или менее постоянен, можно считать, что температура сушильных цилиндров вполне характеризует влияние температуры греющего пара на скорость сушки бумаги.

Аналогичные данные о влиянии температуры греющего пара на скорость сушки бумаги получены Д. М. Фляте, Мюллером, Бакстером и Эдемсом в лабораторных условиях сушки бумаги. Все эти данные подтверждают, что повышение температуры сушки

Рис. 169. Зависимость между средней температурой сушильных цилиндров и удельным съемом воды с рабочей сушильной поверхности:

1 — виды бумаги с древесной массой и крафт-мешочные (точки); *2* — целлюлозные виды бумаги (кружочки)

значительно интенсифицирует процесс. Поэтому всегда необходимо стремиться работать при возможно более высокой температуре сушильных цилиндров, если, конечно, при этом не страдает качество бумаги. Однако следует отметить, что применение высоких температур сушки не всегда возможно. Так, бумага плотной структуры, вырабатываемая из массы жирного помола, должна сушиться при более низкой температуре, чем бумага, изготовляемая из массы садкого помола. При форсированной сушке в результате подъема температур сушильных цилиндров может произойти нежелательное коробление бумаги, а также повышение пухлости, пористости и впитывающей способности. Наоборот, бумага рыхлой структуры и впитывающая может с успехом сушиться при более высокой температуре сушки.

В практике работы бумажных предприятий применяется обычно насыщенный или перегретый пар с давлением 3—3,5 ата, однако

и это давление зачастую не используется и сушка бумаги осуществляется при более низком давлении пара.

Более высокую температуру сушки могут выдерживать без ущерба для качества бумага из сульфатной целлюлозы, крафт-картоны и бумага из массы садкого помола, вырабатываемая на самосъемочных бумагоделательных машинах. Поэтому в целях интенсификации сушки при выработе указанных видов бумаги стали применять насыщенный пар давлением 7—8 ата и даже выше. Это дает возможность значительно сократить размеры сушильной части бумагоделательных машин.

Для ориентировочных расчетов увеличения производительности сушильных частей бумагоделательных машин при изменении температуры насыщенного пара с t_1 до t_2 можно воспользоваться эмпирической формулой

$$\frac{S_1}{S_2} = \left(\frac{1{,}8t_1 - 138}{1{,}8t_2 - 138}\right)^{0{,}95},$$

откуда:

$$S_2 = S_1 \frac{(1{,}8t_2 - 138)^{0{,}95}}{(1{,}8t_1 - 138)}, \qquad (103)$$

где:

S_1 — удельный съем воды с 1 м² полезной сушильной поверхности в кг/час при температуре насыщенного пара;

S_2 — искомый удельный съем воды при новой температуре насыщенного пара.

Рис. 170. Кривые распределения влаги в толще бумаги при сушке: *а* — на быстроходной машине; *б* — на тихоходной машине (по данным И. Л. Любошица)

Скорость бумагоделательной машины

Влияние скорости машины на процесс сушки бумаги относительно не велико. В основном оно заключается в том, что с увеличением скорости бумажной ленты возрастает интенсивность испарения влаги на свободных участках, в промежутках между цилиндрами за счет более интенсивного обдувания бумаги воздухом, так как коэффициент испарения со свободной поверхности C, зависящий от скорости воздуха, возрастает.

По мнению И. Л. Любошица, повышение интенсивности сушки на быстроходных машинах происходит также в результате большего числа переворачиваний бумаги, так как количество сушиль-

ных цилиндров на быстроходных машинах больше, чем на тихоходных. Увеличение же числа переворачиваний бумажного полотна при сушке бумаги приводит к выравниванию влажности в толще бумаги, вследствие чего передача тепла от стенки цилиндра к бумаге улучшается. Распределение влаги в бумажном листе на тихоходных машинах с малым числом сушильных цилиндров и на быстроходных машинах с большим числом цилиндров схематично показано на рис. 170. Из этого рисунка видно, что влажность в средних слоях бумаги больше, чем в наружных, и кривая распределения влаги на быстроходных машинах обладает меньшей кривизной.

В результате отмеченных двух факторов скорость сушки бумаги с увеличением скорости бумагоделательной машины несколько возрастает.

Свойства окружающего воздуха

Из анализа уравнения сушки (99) вытекает, что скорость испарения влаги из бумаги зависит от коэффициента испарения со свободной поверхности, разности парциальных давлений паров воды над материалом и в окружающем воздухе и, наконец, от барометрического давления в сушилке.

Парциальное давление паров воды, находящихся в воздухе, желательно иметь возможно более низким для увеличения перепада (H-h). Но парциальное давление паров в воздухе зависит исключительно от его влагосодержания. Поэтому свежий воздух, подаваемый в бумажный зал, должен быть сухим. От температуры же окружающего воздуха зависит его относительная влажность и, следовательно, влагоемкость, т. е. способность воспринимать влагу, испаряемую из бумаги, что очень важно для процесса сушки.

Поэтому желательно иметь воздух более высокой температуры. Практически, однако, мы вынуждены поддерживать в бумажном зале сравнительно умеренную температуру воздуха порядка 20—25°, так как при более высокой температуре условия работы для обслуживающего персонала становятся затруднительными. Температура подводимого к машине свежего воздуха увеличивается далее за счет теплоотдачи от сушильных цилиндров, бумаги и сукон до 35—45°, что значительно повышает его влагоемкость.

При низкой температуре воздуха влагоемкость его снижается и, следовательно, возрастает потребность в количестве воздуха для вентиляции. В случае же недостатка воздуха быстро наступает его насыщение и обратная конденсация паров влаги из воздуха, что может вызвать резкое ухудшение сушки и брак.

Барометрическое давление B, при котором происходит сушка бумаги, не подвержено значительным колебаниям в обычных условиях атмосферной сушки, а потому не может оказать существенного влияния на ход процесса. Однако если применить вакуум, то этот фактор приобретает особое значение. В современных вакуумных

сушилках, работающих под разрежением 700 мм рт. ст., температура сушки снижается до 38—40°, а расход пара на испарение 1 кг воды достигает 1,2 кг вместо 1,75 кг на обычных бумагоделательных машинах. Скорость сушки под вакуумом значительно повышается по сравнению с сушилками открытого типа, а размеры сушильной поверхности сокращаются почти вдвое.

Коэффициент теплопередачи от пара к бумаге

Коэффициент теплопередачи от пара к бумаге K определяется выражением

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \frac{\text{ккал.}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}}. \qquad (104)$$

Здесь:

α_1 — коэффициент теплоотдачи от пара к стенке сушильного цилиндра в $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}}$;

α_2 — то же от стенки цилиндра к бумаге в $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}}$;

δ — толщина стенки сушильного цилиндра в м;

λ — коэффициент теплопроводности материала стенки в $\frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}}$.

Термическое сопротивление чугунной стенки сушильного цилиндра не велико, а потому общий коэффициент теплопередачи от пара к бумаге больше зависит от коэффициентов α_1 и α_2. Из них наибольшее значение имеет коэффициент α_1, который главным образом и определяет величину коэффициента K. При этом численное значение последнего бывает обычно лишь немногим меньше коэффициента α_2.

На величину коэффициента α_1 могут оказать влияние наличие в сушильном цилиндре воздуха и конденсата, а также загрязнений на внутренней поверхности стенки в виде накипи или масла. Они оказывают добавочное сопротивление передаче тепла от пара к стенке и уменьшают значение коэффициента α_1.

На величину коэффициента α_2 влияют загрязнения наружной поверхности стенки сушильного цилиндра, наличие воздушной прослойки и плохой контакт между стенкой цилиндра и бумагой, а также влажность и другие свойства самой бумаги.

Рассмотрим подробнее указанные выше факторы, влияющие на коэффициент теплопередачи K.

Чистота стенок сушильных цилиндров снаружи и изнутри. Загрязнение внутренней поверхности стенки сушильного цилиндра может произойти за счет образования окалины и накипи, а также из-за заноса масла с паром. Коэффициент теплопроводности масла

0,1—0,15 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$, а накипи около 1,5—2,5 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$, т. е. примерно в 25—500 раз меньше теплопроводности чугуна, а потому эти загрязнения оказывают дополнительное термическое сопротивление и снижают коэффициент теплоотдачи от пара к стенке.

Наружная поверхность сушильных цилиндров, в особенности первых, может загрязняться поверхностным слоем, состоящим из частиц клея, наполнителя и волокон, если не выдерживается постепенный подъем температур. Этот поверхностный слой на сушильных цилиндрах сильно ухудшает теплопередачу к бумаге и часто служит причиной понижения качества бумаги, так как поверхность бумаги может оказаться поврежденной из-за прилипания ее к поверхности загрязненных цилиндров.

Для поддержания в чистоте наружной поверхности сушильных цилиндров служат шаберы. Однако основным мероприятием, предотвращающим загрязнение поверхности сушильных цилиндров, является правильный режим их нагрева. Для чистки цилиндров от загрязнений иногда применяют специальные приспособления в виде подвижных скребков, устанавливаемых между двумя смежными цилиндрами.

Цилиндры можно чистить только при длительных простоях машины, но ни в коем случае не при работе машины, так как загрязнения с цилиндров при этом будут переходить на бумагу и загрязнять ее.

Наличие воздуха в сушильных цилиндрах. В паре, подаваемом на сушку из котельной или из отбора турбины, всегда присутствует некоторое количество воздуха. Количество несконденсированных газов в свежем паре не велико и обычно составляет 0,0025—0,005%. Однако, если не принять меры к отводу воздуха из цилиндров, то содержание его в паре может достичь 10% и даже выше. В этих условиях температура пара снизится примерно на 3°, а общий коэффициент теплопередачи от пара к бумаге может уменьшиться даже до 30%. Это происходит потому, что при значительных количествах воздуха в паре воздух неравномерно распределяется в сушильном цилиндре и, по-видимому, имеет тенденцию больше скапливаться у стенок сушильного цилиндра, ухудшая теплоотдачу от пара к стенке. Теплоотдача воздуха к стенке цилиндра (α_1) очень мала и составляет всего 10—30 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$ вместо 5000—10000 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$ для конденсирующегося пара. Кроме того, наличие воздуха в паре вредно тем, что понижает температуру последнего.[1]

---

[1] Данные о понижении температуры пара в зависимости от содержания воздуха в паре приведены в «Справочнике бумажника-технолога», Гослесбумиздат, 1956, т. II, книга 1, стр. 343.

Необходимо иметь в виду, что воздух всегда заполняет сушильные цилиндры во время простоя машины и потому при пуске в работу бумагоделательной машины необходимо принять эффективные меры, чтобы вытеснить воздух из цилиндров. Для этого осуществляют продувку сушильных цилиндров.

Накопление воздуха во время работы машины может быть предотвращено путем непрерывного отвода пара из сушильных цилиндров. По данным Б. М. Бакстера, содержание воздуха в паре во многом зависит от количества пара, отводимого из сушильного цилиндра. Так, если количество отводимого пара отрегулировать в размере 10% от подаваемого в цилиндр, то процент воздуха внутри сушильного цилиндра будет составлять $\approx 2{,}5$. Чтобы в цилиндрах было не больше 1% воздуха, нужно непрерывно отводить из цилиндров 25% от общего количества пара, подаваемого в цилиндры.

Современные схемы подвода пара к сушильным цилиндрам и отвода от них конденсата с последовательным пропуском пара через несколько ступеней или групп цилиндров имеют целью решение задачи непрерывного отвода воздуха из цилиндров наряду с лучшим использованием тепла греющего пара.

Установка конденсационных горшков приводит к застою пара в сушильных цилиндрах и накоплению в них воздуха.

Наличие конденсата в сушильных цилиндрах. Скопление конденсата в сушильных цилиндрах происходит из-за неисправного состояния или неудовлетворительной работы конденсатоудаляющих устройств. Оно приводит к резкому ухудшению теплоотдачи от пара к стенке цилиндра, вызывает понижение температуры стенки сушильного цилиндра и влечет за собой снижение скорости сушки бумаги. Наряду с этим может происходить образование конденсатного кольца внутри сушильных цилиндров при работе на относительно высоких скоростях машины.

Исследования Н. А. Василевского и Малкина показали, что образование водяного кольца из конденсата внутри сушильного цилиндра, вращающегося вместе с последним, но с несколько меньшей скоростью, происходит при некоторой скорости бумагоделательной машины и зависит от количества конденсата в цилиндре, диаметра цилиндра и шероховатости стенки. Толщина конденсатного кольца бывает больше при большей скорости машины и при меньшем диаметре цилиндра. Понижение скорости цилиндра ниже критической вызывает разрушение конденсатного кольца. Установлено также, что образовавшееся в цилиндре кольцо из конденсата может расти по мере накопления конденсата в цилиндре до некоторой критической толщины, по достижении которой кольцо разрушается.

Это весьма важное наблюдение показывает, что явление образования конденсатного кольца в сушильных цилиндрах в практике работы быстроходных машин встречаются чаще, чем это можно было

бы предположить. Поэтому успешное удаление конденсата на быстроходных бумагоделательных машинах является важной проблемой.

Рис. 171. Изменение нагрузки двигателя сушильного цилиндра в момент разрушения и образования водяного кольца в цилиндре (по данным Малкина)

Явления образования и разрушения водяного кольца внутри сушильного цилиндра вызывают изменение нагрузки привода цилиндра и сопровождаются гидравлическими ударами, которые иногда приводят к поломкам шестерен и крышек цилиндров. Изменение нагрузок двигателя сушильного цилиндра при образовании и разрушении водяного кольца показано на рис. 171 (по данным Малкина).

Зависимость между толщиной конденсатного кольца, диаметром сушильного цилиндра и скоростью бумагоделательной машины для образования и разрушения кольца при температуре конденсата 110° представлена на рис. 172 (по данным Н. А. Василевского),

Рис. 172. Зависимость между толщиной кольцевого слоя конденсата и скоростью машины при следующих диаметрах сушильных цилиндров: *I* — диаметр 1 м; *II* — 1,5 м; *III* — 1,8 м

Приведенные кривые показывают, например, что у бумагоделательной машины, работающей при скорости 400 м/мин, конденсатное кольцо, возникшее при относительно малом количестве воды в цилиндре и имеющее незначительную толщину (3,8 мм), может при дальнейшем накап-

ливании конденсата в цилиндре возрасти до толщины 18,6 мм. Только по достижении этой критической толщины водяное кольцо будет разрушено. Такое же разрушение водяного кольца произойдет и при снижении скорости вращения цилиндра ниже критической.

Таким образом, если не принять эффективных мер для удаления конденсата из цилиндров, то уже при скорости бумагоделательной машины 200 м/мин в сушильных цилиндрах диаметром 1500 мм могут образовываться конденсатные кольцевые пленки толщиной до 1,2 мм, при скорости машины 300 м/мин — до 8 мм, при скорости 400 м/мин — до 18,6 мм, при скорости 500 м/мин — до 32,4 мм, а при скорости машины 600 м/мин — до 49 мм.

Из этих же данных следует, что у сушильных цилиндров большего диаметра толщина возможного кольцевого слоя меньше, чем у цилиндров с меньшим диаметром при той же скорости.

При наличии конденсатной пленки внутри сушильного цилиндра резко снижается коэффициент теплоотдачи от пара к стенке цилиндра. По данным Н. А. Василевского, величина коэффициента теплоотдачи α_1 изменяется в зависимости от толщины конденсатной пленки δ при температуре конденсата 110°, наличии воздуха в паре 0,7% и скорости бумагоделательной машины 300 м/мин:

Толщина конденсатной пленки (δ) в мм	1	2	3	4
Коэффициент теплоотдачи (α_1) в $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$ . . .	554	281	189	142

Начальная влажность бумаги. Как уже было указано, влажность бумаги после прессовой части машины может колебаться в очень широких пределах — от 73 до 57% (относительная сухость 27—43%), в зависимости от вида бумаги, рабочей скорости и типа машины. Следовательно, количество испаряемой на сушильной части машины воды может изменяться больше чем в два раза — от 2,52 до 1,2 кг на 1 кг бумаги.

Вполне естественно, что производительность сушильной части бумагоделательной машины, если ее считать по количеству высушенной бумаги, будет больше при поступлении в сушильную часть машины более сухой бумаги. Наоборот, если считать по количеству испаренной воды, то производительность машины будет больше при поступлении на сушку более влажной бумаги. Это объясняется тем, что коэффициент теплоотдачи от стенки к бумаге, а, следовательно, и общий коэффициент теплопередачи, зависят от влажности бумаги и понижаются вместе с понижением влажности бумажного полотна. Таким образом, при всех прочих равных условиях процесса сушки испарение влаги из бумаги происходит более интенсивно при большей ее влажности.

По данным ряда исследователей коэффициент теплоотдачи K от стенки сушильного цилиндра к бумаге изменяется в процессе

прохождения бумажной ленты по сушильной части бумагоделательной машины от 300—600 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$ до 80—200 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$.

По данным С. И. Чувиковского, общий коэффициент теплопередачи K изменяется на бумагоделательной машине в зависимости от влажности бумажного полотна, при всех прочих равных условиях, по следующему эмпирическому выражению:

$$K = 50\sqrt{W}, \tag{105}$$

где W — относительная влажность бумаги в %.

При конструировании бумагоделательной машины и ее эксплуатации всегда стремятся максимально удалить влагу из бумаги отжимом. Это позволяет снизить расход пара на сушку, повысить производительность и уменьшить размеры сушильной части машины.

Контакт бумаги с греющей поверхностью цилиндра. На коэффициент теплоотдачи от стенки цилиндра к бумаге очень сильно влияет контакт бумаги с греющей поверхностью сушильного цилиндра. При плохом контакте между бумагой и сушильным цилиндром возникает воздушная прослойка, которая резко снижает передачу тепла к бумаге.

Для создания хорошего контакта бумаги с греющей поверхностью сушильных цилиндров на бумагоделательной машине служат сушильные сукна. Они прижимают бумагу к поверхности цилиндров и тем самым способствуют лучшей передаче тепла. Одновременно с этим сушильные сукна, прижимая бумагу к гладкой поверхности цилиндров, вызывают уменьшение усадки бумаги и предотвращают ее коробление и сморщивание при сушке.

Большое значение имеет степень натяжения сушильных сукон. В том случае, когда сукна натянуты слабо, испарительная способность на сушильной части меньше, чем при сильном натяжении сукон. Усадка же бумаги и ее деформация при увлажнении увеличиваются при ослаблении сукон.

Влияние сукон на скорость сушки бумаги можно проследить на таком наглядном примере: в том случае, когда сушильное сукно сходит на одну из сторон и при этом обнажается кромка бумаги, сразу же обнаруживается, что кромка бумаги, не прикрытая сукном, хуже просыхает и выходит более влажной.

Натяжением сушильных сукон часто пользуются для усиления сушки бумаги при недостатке притока пара на машине, а также для снижения деформации бумаги и увеличения ширины полотна бумаги на накате.

Для нормального процесса сушки бумаги на машине необходимо, чтобы влажность сушильных сукон была невысокой и была значительно ниже влажности высушиваемой бумаги.

При повышении влажности сукна скорость сушки бумаги под сукном снижается.

Изменение общей скорости сушки бумаги, а также скорости сушки под сукном и на свободных участках в зависимости от влажности сукна показано на рис. 173 (по данным И. Л. Любошица).

При правильном выборе поверхности сукносушителей и их исправной работе влажность сукон не должна выходить за нормальные пределы.

На картоноделательных машинах и прессспатах при выработке толстого картона и целлюлозной папки сушильные сукна обычно не применяются. Контакт картонного полотна с греющей поверхностью сушильных цилиндров в этом случае достигается более сильным натяжением полотна, а также прижимом его к поверхности сушильного цилиндра специальными прижимными валиками.

Рис. 173. Зависимость скорости сушки бумаги от влажности сукна (по данным И. Л. Любошица):

а — испарение под сукном; *б* — испарение на свободных участках; *в* — общее испарение воды

На самосъемочных бумагоделательных машинах особенно хороший контакт бумаги с греющей поверхностью большого сушильного цилиндра достигается сильным прижимом мокрого бумажного полотна гладильным прессовым валом. При этом бумага прилипает к поверхности сушильного цилиндра и сушильное сукно не требуется. Благодаря хорошему контакту бумаги с цилиндром, а также некоторым другим особенностям сушки на самосъемочных машинах, о чем сказано подробнее в 14-й главе, скорость сушки здесь особенно велика.

Значительно улучшается контакт бумаги с сушильными цилиндрами при использовании сглаживающих прессов на бумагоделательных машинах, что также способствует повышению скорости сушки.

Свойства бумаги

Физико-химические свойства бумаги оказывают весьма существенное влияние на процесс сушки бумаги. Из них больше всего влияют толщина или вес 1 м² бумаги и степень помола массы, из которой изготовлена бумага. Меньше влияет композиция бумаги: род волокон, содержание проклеивающих и наполняющих веществ.

Как показали В. В. Красников и А. В. Лыков, толщина бумаги или картона является одним из существенных факторов контактной сушки бумаги при высоких температурах греющей поверхности. Как было указано, скорость сушки понижается с увеличением толщины бумаги. Влияние этого фактора усиливается с повышением температуры греющей поверхности. Это объясняется тем, что с увеличением толщины возрастает сопротивление бумаги прохождению паров из контактного слоя к наружной поверхности и замедляется теплообмен. Второй причиной замедления процесса сушки является смещение критической точки в сторону большей влажности при повышении толщины бумаги. Как видно из рис. 174, критическое влагосодержание возросло примерно с 45% до 100% при изменении толщины бумаги с 0,16 до 1,65 мм.

Рис. 174. Влияние толщины бумаги на скорость контактной сушки и положение критической точки ($t_{гр}$ = 120°):

I — толщина бумаги (картона) 0,16 мм; *II* — то же 0,22 мм; *III* — то же 0,43 мм; *IV* — то же 0,72 мм; *V* — то же 1,65 мм

Благодаря увеличению критического влагосодержания с повышением толщины бумаги первый и наиболее эффективный период сушки сокращается, а второй период замедленной сушки возрастает, что приводит к общему замедлению процесса сушки бумаги на машине.

Д. М. Фляте исследовал влияние толщины на более тонких образцах бумаги. Он также обнаружил влияние этого фактора на скорость сушки, однако в менее резкой форме.

Для вычисления скорости сушки бумаги в зависимости от веса 1 м² Д. М. Фляте предложил следующую эмпирическую формулу:

$$\theta = K_t q^{1,238}, \qquad (106)$$

где:

θ — время сушки в секундах;

K_t — коэффициент, зависящий от температуры сушильной поверхности;

q — вес 1 м² бумаги в г.

Из формулы видно, что продолжительность сушки возрастает не прямо пропорционально весу 1 м² бумаги, а несколько быстрее — в степени 1,238.

Если известна скорость сушки M бумаги весом 1 м² q, то можно вычислить скорость сушки M_1 другой бумаги весом 1 м² q_1, пользуясь соотношением, выведенным из предыдущей формулы:

$$\frac{M}{M_1} = \left(\frac{q}{q_1}\right)^{1,238}. \qquad (107)$$

На основании приведенных данных видно, что при всех прочих равных условиях повышение веса 1 м² бумаги вдвое, например с 65 до 130 г, снижает производительность сушки примерно на 15%.

Рис. 175. Влияние степени помола массы на скорость контактной сушки бумаги (по данным Д. М. Фляте).

Вторым важным свойством бумаги, влияющим на процесс сушки, является степень помола массы. Производительность сушильной части бумагоделательной машины всегда ниже при жирном, чем при более садком помоле массы. Это происходит по ряду причин. Во-первых, бумага жирного помола обладает более плотной структурой листа, вследствие чего сопротивление ее тепло- и массообмену выше, чем в более рыхлом листе, изготовленном из массы более садкого помола. Во-вторых, у бумаги с более жирным помолом массы наблюдается смещение критической точки в сторону большего влагосодержания, из-за чего второй период падающей скорости сушки возрастает, а наиболее эффективный первый период сушки сокращается. В-третьих, при выработке плотной бумаги из массы жирного помола применяют более низкие температуры сушки с целью сохранения необходимых свойств бумаги в отношении объемного веса, прочности, воздухопроницаемости и пр. В результате всех этих причин скорость сушки бумаги из массы с повышенной степенью помола понижается.

К указанному следует добавить, что бумага из массы жирного помола хуже отжимается в прессах и поступает на сушильную часть машины с большим содержанием влаги. Это также отражается на производительности сушильной части бумагоделательной машины и вызывает уменьшение съема бумаги с 1 м² сушильной поверхности.

Зависимость скорости контактной сушки бумаги из 100% беленой сульфитной целлюлозы от степени помола массы для лабораторных условий сушки, по данным Д. М. Фляте, представлена графически на рис. 175.

Из этого рисунка видно, что производительность сушки резко снижается в высоких областях помола, свыше 60° ШР.

Композиция бумаги и свойства волокнистых материалов, из которых изготовлена бумага, также влияют на процесс сушки.

Д. М. Фляте исследовал контактную сушку различных образцов бумаги, изготовленных из массы различной композиции при помоле 45° ШР. При этом он установил, что быстрее всех высыхает бумага, содержащая в композиции хлопковое волокно и древесную массу, несколько медленнее сохнет бумага из целлюлозы с древесной массой и еще медленнее чисто целлюлозная бумага. Различия в скорости сушки, полученные в указанных опытах, были не велики. Однако они увеличиваются при переходе к более высокой степени помола используемой бумажной массы.

Отмеченные выше различия в скорости сушки волокнистых материалов обусловлены главным образом структурой волокон и их химическим составом, зависящим от природы волокон и степени их очистки. Решающим в этом отношении является наличие в волокнах гидрофильных спутников целлюлозы — гемицеллюлоз (пентозанов, гексозанов и полиуронидов), от которых в значительной степени зависит гидратационная способность целлюлозы, образование физико-химических связей между волокнами в бумаге и усадка ее при сушке.

По этой причине целлюлозная бумага, изготовленная из древесины целлюлозы с высоким содержанием гемицеллюлоз, дающая более плотный по структуре лист с бо̀льшим объемным весом, сохнет медленнее, чем бумага из облагороженной целлюлозы или хлопка, из которых получается более пухлый и пористый лист.

Бумага из древесной массы сохнет значительно быстрее целлюлозной при той же степени помола (65—75° ШР), так как в неочищенном древесном волокне содержится много лигнина, который снижает гидратационные свойства волокна, препятствует образованию межволоконных связей через водород, придает волокнам жесткость, из-за чего усадка бумаги при сушке получается меньшей, а сам лист более пухлым, пористым и с меньшим объемным весом. Введение смоляного клея в бумажную массу не оказывает влияния на скорость сушки, а введение минеральных наполнителей приводит к некоторому ускорению процесса сушки бумаги.

Различия в скорости сушки бумаги разной композиции и ассортимента еще больше усиливаются теми требованиями, которые предъявляются к качеству того или иного вида бумаги. Так, одни бумаги должны иметь пухлый и пористый лист, обладать хорошей впитывающей способностью или даже фильтрующей способностью для жидкостей; другие должны обладать плотной структурой с большим объемным весом или даже быть прозрачными; третьи должны обладать хорошей степенью проклейки и т. п.

Этим требованиям можно удовлетворить, если подобрать не только композицию и помол массы, но и соответствующий темпера-

турный график нагрева сушильных цилиндров на машине. Например, при получении пухлой и пористой бумаги с хорошей впитывающей способностью можно применять более высокую температуру сушки, чем при получении бумаги с плотной структурой, так как последняя должна сохнуть при более низкой температуре. При выработке клееной бумаги следует более осторожно повышать температуру сушильных цилиндров, чем при выработке слабо клееных или совсем не клееных видов бумаги и т. д. Следовательно, для каждого вида бумаги требуются определенный график сушки и свои оптимальные температуры сушки. Эти обстоятельства наряду со свойствами волокна и композицией бумаги определяют величину съема воды и бумаги с сушильной поверхности бумагоделательной машины.

Влияние конструктивных элементов сушильной части

На процесс сушки бумаги влияют и конструктивные элементы сушильной части машины: диаметр сушильного цилиндра, расстояние между сушильными цилиндрами, или длина участков свободного хода, и некоторые другие.

С увеличением диаметра сушильного цилиндра повышается толщина стенки, в связи с чем возрастает ее термическое сопротивление. Так, при переходе от толщины стенки с 25 к 50 мм температурный перепад возрастает примерно на 4°. Если сравнить между собой сушильные цилиндры диаметром в 1,5 и 1,8 м, то разница в перепаде температуры не превысит 1°. Таким образом, этот фактор не является существенным.

От диаметра и количества сушильных цилиндров на машине зависит число промежутков между цилиндрами. Как было указано, изменение числа соприкосновений бумаги с греющей поверхностью сушильных цилиндров влияет на распределение влаги в бумаге и на коэффициент теплоотдачи от стенки к бумаге. При большем диаметре сушильных цилиндров и меньшем числе соприкосновений бумаги с цилиндрами наружные слои бумаги остаются более сухими и это понижает коэффициент теплоотдачи к бумаге, вследствие чего скорость сушки снижается.

По данным Е. К. Громцева, при повышении скорости бумагоделательной машины с 50 до 300 м/мин, а следовательно, и при соответствующем пропорциональном увеличении количества соприкосновений бумаги с греющей поверхностью и числа участков свободного хода бумаги, доля влаги, испаряемой на свободных участках, возрастает примерно с 15 до 40%.

При повышении диаметра сушильных цилиндров увеличивается также площадь торцовых крышек, а следовательно, возрастают и тепловые потери в окружающую среду.

С точки зрения эффективности процесса сушки на машине выгоднее пользоваться сушильными цилиндрами меньшего диаметра. Впрочем это положение до сих пор остается спорным.

В настоящее время для машин открытого типа применяются сушильные цилиндры диаметром 1,5 м, которые устанавливают даже на самых крупных бумагоделательных и картоноделательных машинах.

Расположение сушильных цилиндров также может оказать некоторое влияние на скорость процесса сушки. Здесь имеет значение расстояние между сушильными цилиндрами и величина участков свободного хода бумаги.

По данным Е. К. Громцева, увеличение длины участков свободного хода бумаги с 0,65 м до 2,6 м, т. е. в четыре раза, привело к увеличению общей производительности сушки на 5%. Отсюда видно, что влияние этого фактора невелико и потому не имеет смысла увеличивать расстояние между сушильными цилиндрами, если это не преследует какой-либо другой цели, например установки дополнительных нагревательных устройств на участках свободного хода бумаги.

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ НА СВОЙСТВА БУМАГИ

Изменение физико-химических свойств бумаги при сушке

При сушке из бумаги удаляется вся свободная влага, находящаяся в промежутках между волокнами и в каналах самих волокон, а также значительная часть связанной влаги, содержащейся в клеточных стенках волокон.

В результате сушки волокна изменяют свои размеры и претерпевают некоторые физико-химические изменения в отношении гибкости, эластичности, гидрофильности и прочности, а сам лист бумаги подвергается усадке. Последнему способствуют силы поверхностного натяжения воды, удаляемой при сушке, которые стягивают между собой отдельные волокна, образуя плотную структуру листа бумаги. При наличии хорошо гидратированной бумажной массы волокна в бумажном листе приходят в тесное соприкосновение и после удаления воды создаются условия для возникновения водородных связей между свободными гидроксильными группами на поверхности микрофибрилл соседних волокон. Таким образом образуются межволоконные связи в бумажном листе.

По данным Д. П. Кейси, возникновение межволоконной связи в бумажном листе начинается при влажности бумаги ниже 60%, усадка же бумаги при сушке начинается при достижении влажности 45%.

Прочность межволоконных связей в бумажном листе растет с удалением из него воды, а вместе с этим повышается и механическая прочность бумаги по сопротивлениям разрыву и продавливанию.

Показатель сопротивления бумаги излому изменяется несколько иначе. Вначале с удалением воды из бумаги он повышается до

определенного максимума, а затем начинает снижаться, так как волокна с удалением воды становятся менее эластичными и приобретают ломкость.

При пересушке бумаги ломкость ее возрастает не только из-за потери эластичности волокон, но также и в результате окислительных процессов, которые могут приводить к частичной деструкции целлюлозы. Так, по данным З. А. Роговина и В. А. Каргина, при нагреве хлопкового волокна до 120° в течение 5 минут наблюдалась потеря прочности на разрыв 30—40%.

Исследования ряда ученых показали, что при длительном нагреве происходит термическая деструкция целлюлозы с изменением степени полимеризации, при этом содержание α-целлюлозы снижается, а β и γ-целлюлозы повышается.

По данным А. П. Закощикова, отмечено значительное снижение медноаммиачной вязкости хлопковой целлюлозы в результате нагрева ее в течение 1 часа при разных температурах. При этом с увеличением температуры нагрева хлопковой целлюлозы уменьшение ее медноаммиачной вязкости наблюдалось в большей мере.

В обычных условиях сушки бумаги, когда последняя подвергается действию нагрева очень кратковременно (обычно не дольше 1 минуты), заметной деструкции целлюлозы не происходит. Однако при пересушке бумаги и применении высоких температур деструкция может уже начинаться, что необходимо иметь в виду при выборе параметров пара при сушке бумаги.

Сушка бумаги оказывает большое влияние не только на показатели механической прочности бумаги, но и на другие свойства: объемный вес, впитывающую способность, воздухопроницаемость, гладкость, прозрачность, цвет, степень проклейки и некоторые другие. Изменение этих свойств бумаги при сушке связано с различным уплотнением листа в процессе удаления влаги и зависит от интенсивности испарения влаги. Поэтому, изменяя режим сушки — температуру сушильных цилиндров и график сушки, можно воздействовать на эти показатели. Так форсированная сушка бумаги при высоких температурах сушильных цилиндров и быстрый подъем температуры вызывают увеличение пухлости, пористости, впитывающей способности и воздухопроницаемости бумаги, приводят к снижению ее объемного веса, механической прочности и прозрачности. Наоборот, сушка бумаги при более низких температурах и с постепенным подъемом температуры на сушильных цилиндрах способствует увеличению объемного веса бумаги, гладкости, механической прочности и снижению впитывающей способности, воздухопроницаемости и пористости.

Сушка бумаги под вакуумом влечет за собой изготовление более пухлой и пористой бумаги с пониженным объемным весом, сниженными показателями прозрачности, механической прочности и степени проклейки.

Усадка бумаги при сушке

Усадка бумаги при сушке зависит от рода волокон и их гидратационных свойств, зависящих в свою очередь от химического состава волокон, наличия гемицеллюлозных спутников целлюлозы, количества лигнина, степени помола массы, из которой изготовлена бумага, а также от условий выработки бумаги на машине. Из последних имеет значение натяжение бумаги в мокрой и сушильной частях машины и натяжение сушильных сукон.

Основная усадка бумаги происходит в направлении толщины листа, которая при этом уменьшается в полтора-два раза. В этом направлении усадке бумаги ничто не препятствует и она протекает при сушке свободно. Изменению линейных размеров бумаги в других направлениях препятствуют натяжение бумаги в продольном направлении листа и сушильные сукна, которые с силой прижимают бумагу к поверхности сушильных цилиндров и не дают бумаге претерпевать свободную усадку при сушке. Поэтому усадка бумаги по ширине и длине листа значительно меньше, чем по толщине, а поперечная усадка больше, чем продольная.

Разница в величине поперечной и продольной усадки бумаги при сушке на бумагоделательной машине происходит в результате натяжения бумажной ленты при прохождении ею мокрой и сушильной частей бумагоделательной машины. Образцы мокрой бумаги, взятые с сетки бумагоделательной машины и высушенные без растяжения, показывают примерно одинаковую усадку в обоих направлениях листа.

Усадка бумаги при сушке на машине оказывает большое влияние на показатели растяжимости и деформации бумаги. Деформация бумаги при увлажнении тем меньше, чем меньше усадка бумаги при сушке, растяжимость же, наоборот, тем выше, чем больше усадка бумаги при сушке.

Меньшую усадку имеет бумага, изготовленная из тряпичной полумассы, и бумага со значительным содержанием древесной массы. Большей усадкой отличаются чисто целлюлозные бумаги, в особенности сульфатные, имеющие высокую степень помола массы. Наблюдается также, как это установил Д. М. Фляте, повышенная поперечная усадка бумаги, вырабатываемой на широких машинах по сравнению с усадкой того же вида бумаги, происходящей на более узкой машине.

В табл. 51 приведены данные о величине суммарной поперечной усадки бумаги на бумагоделательных машинах, включая и усадку на мокрой части, полученные автором на основании собственных наблюдений и сведений, полученных с фабрик. Усадка бумаги в сушильной части машины составляет в среднем около 80% и в отдельных случаях 50—60% от суммарной усадки.

Поперечная усадка бумаги не одинакова по ширине полотна и обычно повышается от середины к краям. По-видимому, это про-

Таблица 51

Поперечная усадка разных видов бумаги

Наименование бумаги	Вес в г/м²	Степень помола массы по ШР	Поперечная усадка бумаги (суммарная) в %
Бумага с древесной массой			
Газетная	50	60—65	1,5—2,75
Писчая и печатная № 3	60—65	50—55	2,0—3,00
Писчая и печатная № 2	65	50—55	2,5—3,50
Обойная	80	45—50	2,5—3,50
Мундштучная	100	40—45	2,5—3,50
Шпульная	160—300	35—40	2,5—3,50
Бумага из сульфитной целлюлозы			
Писчая и печатная № 1	70	35—40	3,5—5,0
Литографская	120—180	32—40	3,5—4,5
Офсетная	120	32—35	3,5—4,5
Для глубокой печати	120	40	3,5—4,5
Рисовальная	130	32—35	3,5—4,5
Чертежная	160—200	35—40	4,0—5,0
Фотоподложка	130	35—40	4,0—5,0
Перфокарточная	175	22—25	3,0—3,5
Впитывающая с содержанием тряпичной полумассы			
Фильтровальная	70	24—28	1,5—2,0
Основа для фибры	70	35—40	2,0—2,5
Основа для пергамента	57	26—32	3,0—3,5
Жиропроницаемая			
Пергамин для кальки	40	65—70	5,5— 6,5
Подпергамент	55	70—75	6,0— 8,0
Чертежная прозрачная	50	90—93	8,0—10
Тонкие			
Конденсаторная (из сульфатной целлюлозы)	8—15	94—98	8,0—12
Папиросная (с тряпичной полумассой)	16	85—90	4,5— 6,0
Копировальная (с тряпичной полумассой)	16	85—90	4,5— 6,0
Основа для парафинирования (из сульфитной целлюлозы)	22—28	75—78	5,0— 6,0
То же из сульфатной целлюлозы	22—28	75—78	7,0— 8,0
Тонкая пропиточная	20	32—35	3,5— 4,5

Продолжение

Наименование бумаги	Вес в г/м²	Степень помола массы по ШР	Поперечная усадка бумаги (суммарная) в %
Электроизоляционная			
Телефонная	40	50—55	7,0—8,0
Кабельная 0,12 мм . .	100	35—40	5,5—6,5
Изоляционно-пропиточная 0,12 мм	—	18—20	2,5—3,0
Крафт-оберточная			
Тонкая крафт-оберточная бумага	40	35	5,0—6
Мешочная	70—80	25—27	3,0—5
Основа для гофры . .	160	18	2,5—3
Высокосортная из тряпичной полумассы			
Высшая чертежная . .	200	65—70	5,0—6
Картографическая . .	90—110	40—45	4,0—5
Писчая высшего качества	80	50—55	4,0—5
Односторонней гладкости			
Тонкая бумага с содержанием древесной массы и целлюлозная: афишная, билетная, этикетная, салфеточная и др.	20—25	24—28	2,0—2,5
Оберточная	40—70	—	2,0—2,5

исходит из-за коллоидной природы бумажной массы, вследствие чего мокрый лист бумаги, состоящий из набухших и гидратированных волокон, ведет себя при сушке как типичный коллоидный гель, обнаруживая большую усадку по краям, чем в середине.

Повышенная усадка бумаги по краям иногда приводит к образованию мелких морщинок, так называемой «жженки» — дефекта бумаги, наиболее трудно устранимого в производственных условиях работы машины.

Гидрофобизация бумаги при сушке

В процессе сушки бумаги происходит дегидратация, или «отбухание», волокон, сопровождающееся падением гидрофильных свойств волокон. Это явление заключается в том, что свободные полярные гидроксильные группы целлюлозы на поверхности микро-

фибрилл волокна и в микропорах, освобожденные во время размола массы, взаимно насыщают друг друга после удаления адсорбированной воды и образуют прочные водородные связи. По этой причине набухание целлюлозы и бумаги, изготовленной из нее, после нагрева и сушки снижается, так как процесс «отбухания» волокон при сушке является не полностью обратимым. Таким образом, в процессе сушки бумаги происходит до некоторой степени ее гидрофобизация.

По данным Н. В. Рюхина, снижение объемного набухания сульфитной беленой целлюлозы после предварительной сушки при разных температурах происходит в следующих размерах:

Температура сушки в град.	20	40	80	100
Объемное набухание в %	56	44	17	13

Гидрофобизация волокон и достижение высоких температур в процессе сушки, при которых происходит спекание клеящего осадка, способствуют получению хорошей смоляной проклейки бумаги.

Сухой бумажный брак, подвергнутый вторичной переработке для изготовления бумаги, способствует получению бумажного листа с новыми свойствами, отличающегося повышенной пухлостью, воздухопроницаемостью и впитывающей способностью и меньшей механической прочностью по сопротивлениям разрыву и излому. Эти изменения в свойствах бумажного листа происходят вследствие снижения набухания волокон в результате первичной сушки и происходящей при этом их гидрофобизации.

Изменение свойств бумаги из сульфитной беленой целлюлозы при вторичной ее переработке, по данным автора, приводится в табл. 52.

Таблица 52

Влияние предварительной сушки массы на свойства готовой бумаги

Наименование бумаги	Разрывная длина в м	Сопротивление излому	Сопротивление раздиранию в г	Впитывающая способность в мм	Воздухопроницаемость в см³	Силы сцепления в кг/мм²
Контрольный образец, изготовленный из массы со степенью помола 56° ШР	4400	214	73	12	19	0,125
Та же масса, предварительно высушенная на воздухе	3500	47	58	14,2	57	0,100
Та же масса, предварительно высушенная при 100°	2750	40	61	16	90	0,091

Влияние натяжения бумажной ленты при сушке на свойства бумаги

При сушке на сушильных цилиндрах бумагоделательной машины открытого типа бумага находится в натянутом состоянии и это отражается на ее свойствах, которые отличаются от свойств бумаги, высушенной без натяжения. Образцы бумаги, взятые с бумагоделательной машины после гауча и подвергнутые сушке без натяжения, показывают значительное повышение сопротивления на разрыв и продавливание. При этом обнаруживается, что при растяжении бумаги в прессовой части машины прочность бумаги на продавливание снижается примерно на 15%, а при растяжении бумаги в сушильной части машины ≈ на 20%.

Сопротивление бумаги продавливанию снижается почти прямо пропорционально натяжению и при растяжении бумаги до 3,5% снижается на 40—50%. Сопротивление бумаги разрыву в продольном направлении листа с увеличением натяжения вначале несколько повышается вследствие ориентации волокон, а затем падает. В поперечном же направлении листа сопротивление разрыву снижается. Вместе с натяжением бумаги растет и отношение сопротивления разрыву в продольном направлении к сопротивлению разрыву бумаги в поперечном направлении листа вследствие большей в данном случае продольной ориентации волокон.

Удлинение бумаги в момент разрыва в продольном направлении листа снижается тем больше, чем больше было натяжение при сушке. Удлинение же бумаги в поперечном направлении листа в этих условиях несколько повышается.

Изменение показателей бумаги ручного черпания из 100%-й целлюлозы, высушенной при различных натяжениях, приводится в табл. 53.

Таблица 53

Изменение механических свойств бумаги в продольном и поперечном направлениях листа в зависимости от натяжения при сушке* (по данным Д. Е. Сеппа и В. Ф. Джиллеспи)

Процент растяжения бумаги при сушке	Разрывная длина в м			Удлинение в момент разрыва в %		Сопротивление продавливанию в %
	продольное направление	поперечное направление	средняя	продольное направление	поперечное направление	
0	6670	6190	6430	3,7	6,4	126
0,50	7000	6120	6560	3,1	6,2	104
1,00	7370	6380	6880	2,7	6,9	110
1,50	7120	5820	6470	2,4	6,8	91
2,00	6700	5910	6310	2,2	6,8	85
2,50	6940	5370	6160	1,8	6,8	82
3,00	6780	4950	5870	1,6	7,1	79
3,75	6350	4650	5500	1,6	7,1	66

* Степень помола массы 27° ШР.

Усадка бумаги при сушке способствует получению плотного и прочного листа, так как при этом происходит более полное образование межволоконных связей через полярные гидроксильные группы целлюлозы. Предотвращение усадки при сушке делает бумагу менее плотной и прочной.

Из изложенного видно, что многие показатели бумаги могут в известной степени регулироваться в процессе сушки на бумагоделательной машине путем подбора соответствующего температурного графика сушки, натяжения сушильных сукон и бумажного полотна в мокрой и сушильной частях машины. К таким регулируемым в сушильной части показателям бумаги относятся: разрывная длина, сопротивление продавливанию, растяжимость, объемный вес, впитывающая способность, воздухопроницаемость, деформация при увлажнении и при последующей сушке, прозрачность и некоторые другие.

Дефекты бумаги, возникающие при ее сушке

Дефекты, встречающиеся при сушке бумаги, разнообразны и могут быть вызваны различными причинами. Наиболее часто наблюдаются пересушка или недосушка бумаги, пятна, морщины, складки, коробление и загрязнение поверхности бумаги.

Пересушенная и влажная бумага. Оба эти дефекта являются следствием колебаний в режиме сушки бумаги или изменений технологических процессов в мокрой части машины. Поэтому для выпуска бумаги нормальной влажности необходимы постоянные режимы: подачи массы и воды на сетку бумагоделательной машины, обезвоживания бумажного полотна в сеточной и прессовой частях машины, скорости машины, подачи пара на сушку бумаги. Наряду с этим необходима нормальная работа конденсатоудаляющей системы в сушильной части машины. Нарушение постоянства одного из отмеченных факторов процесса неизбежно влечет за собой изменение влажности вырабатываемой бумаги.

Пересушка делает бумагу ломкой, так как при чрезмерном удалении воды из клеточных стенок происходит потеря эластичности и гибкости волокон. Такая бумага рвется перед каландрами и плохо воспринимает лоск и гладкость, она обладает меньшим объемным весом, легко отделяет с поверхности мелкие волокна и частицы наполнителя («пылит») при дальнейшей обработке и легко электризуется.

Влажная бумага после каландров приобретает неприятный темный цвет, так как раздавливается валами и подвергается пергаментации с образованием прозрачных пятен в бумаге, похожих на масляные.

В результате неравномерного залива массы на сетке бумагоделательной машины, характеризуемого наличием «языков», и неравномерного прессования бумажного полотна по ширине в прес-

совой части машины бумага получается неодинаковой по ширине машины по показателям веса 1 м² и влажности. Это при последующей сушке вызывает появление влажных и сухих мест в виде полос в рулоне бумаги. Более влажные полосы раздавливаются и пергаментируются при прохождении через машинные каландры с образованием пергаментированных пятен и зачерненных полос. Сухие места в рулоне хуже воспринимают отделку, становятся более пухлыми из-за меньшего уплотнения и меньшего объемного веса и поэтому намотка бумаги в рулоне получается неравномерной: более тугой в местах, где бумага более сухая.

Если один край бумажного полотна более влажный, чем другой, то этот недостаток можно исправить путем более сильного прессования влажного края. Появление отдельных влажных полос в бумаге может зависеть от нескольких причин: неравномерной выработки или неправильной шлифовки прессовых валов, загрязнения сетки и сукон. В большинстве случаев все эти причины трудно устранимы и требуют ремонта соответствующих узлов машины.

Появление влажной кромки бумажного полотна чаще всего происходит из-за смещения одного из сушильных сукон в сторону. При этом кромка бумаги не прижимается сукном к греющей поверхности сушильного цилиндра.

Отверстия и пятна в бумаге. Причины образования отверстий и пятен в бумаге чаще всего зависят от работы мокрой части бумагоделательной машины, на что уже указывалось выше (загрязнения и прорывы одежды машины, комочки и сгустки, слизь, пузырьки воздуха и пр.). Причины появления отверстий и пятен в сушильной части машины немногочисленны.

Крупные отверстия и обрывы бумаги в сушильной части бумагоделательной машины могут получаться от грубой штопки и шва сушильного сукна. Более мелкие отверстия в бумаге образуются в результате выщипывания волокон перегретыми сушильными цилиндрами, к поверхности которых бумага прилипает, особенно на первых цилиндрах. Прилипшие к поверхности волокнистые скопления пыли от шаберов сушильных цилиндров вдавливаются в бумагу при прохождении ее через валы каландров, в результате чего и образуются крупные пятна или даже отверстия в бумаге.

Загрязнение поверхности бумаги. Поверхность бумаги может загрязняться в сушильной части машины маслом, металлической пылью, ржавчиной или иными посторонними включениями. Масляные пятна и прочие загрязнения могут заноситься в бумагу сушильными сукнами, если последние загрязнены. Чаще всего масляные пятна получаются от нижних сушильных сукон, имеющих растрепавшиеся штопки, задевающие своими концами за пол и загрязняющиеся. Грязные ржавые продольные полосы в бумаге могут образоваться от соприкосновения с охлажденными сушильными цилиндрами, в которых закрыт пар. Такие цилиндры отпо-

тевают и ржавеют, загрязняя при этом бумагу. Продольные грязные полосы могут появиться в бумаге и при неисправной работе шаберов, которые царапают поверхность цилиндров и, изнашиваясь, создают металлическую пыль, передаваемую бумаге. Из-за плохой вентиляции могут образовываться капли воды под колпаком сушильной части машины. Падая на бумажное полотно, они могут вызывать появление в бумаге грязных пятен округлой формы.

Морщины и складки. В сушильной части машины при ослаблении натяжения бумаги между сушильными группами, при неумелом регулировании натяжения бумажного полотна, а также при неисправной работе привода (скольжение ремней, проскальзывание муфт и пр.) могут появиться морщины и складки. Образование морщин и складок в бумаге возможно также при неравномерном натяжении, неравномерной вытяжке и при перекосе ткани сушильных сукон. Иногда образование морщин вызывается значительной неоднородностью бумаги в весе 1 м^2 и влажности по ширине полотна.

Наиболее трудно бывает установить причину появления «жженки» — мелких косых морщинок, располагающихся обычно недалеко от кромок бумажного полотна. Такие морщинки являются следствием неравномерной сушки бумажного полотна по его поверхности из-за неоднородности бумажного листа по весу 1 м^2 бумаги и влажности. При сушке такой бумаги отдельные участки ее просыхают быстрее, чем другие, и в результате различной усадки возникают в отдельных местах напряжения, приводящие к образованию морщин.

Устранению «жженки» могут способствовать выравнивание «зеркала залива» на сетке машины, снижение степени помола массы, увеличение степени натяжения сушильных сукон, понижение температуры первых сушильных цилиндров и введение температурного графика с постепенным подъемом температур сушильных цилиндров, а также повышение сухости бумаги перед сушильной частью машины вследствие усиления отжима в прессах.

Прочие дефекты бумаги. Сюда относятся такие дефекты, как коробление, ворсистость и наличие отпечатков на поверхности бумаги.

Покоробленная бумага с мелкими морщинками и вздутиями может получаться при жирном помоле массы в результате чрезмерно форсированной сушки и при слабом натяжении сушильных сукон.

Перегрев первых сушильных цилиндров, особенно при выработке клееной бумаги, влечет за собой образование прилипшего к поверхности цилиндров слоя из клеящих, наполняющих веществ и волокон. Эти посторонние скопления на поверхности сушильных цилиндров могут вдавливаться в некоторых местах в бумагу и создавать на ее поверхности отпечатки, пятна и отверстия. Прилипание бумаги к перегретой поверхности первых су-

шильных цилиндров может служить причиной ворсистости некоторых видов бумаги, например офсетной. О вредном действии перегрева первых сушильных цилиндров на смоляную проклейку бумаги уже говорилось. Отсюда ясно, какое значение имеет правильный режим сушки бумаги.

КОНСТРУКЦИЯ ОТКРЫТОЙ СУШИЛЬНОЙ ЧАСТИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Общие сведения

Наибольшим распространением пользуется открытая сушильная часть бумагоделательной машины с двухъярусным расположением сушильных цилиндров (рис. 176, *а*). Такое расположение сушильных цилиндров характерно для большинства типов бумагоделательных машин. У картоноделательных машин практикуется также и трехъярусное (рис. 176, *б*) и даже вертикальное расположение сушильных цилиндров отдельными батареями.

У специальных типов бумагоделательных машин, например самосъемочных, конструкция сушильной части отлична от обычной. Эти специальные конструкции бумагоделательной машины рассматриваются в 14-й главе.

В сушильной части обычной открытой конструкции бумагосушильные цилиндры размещаются в шахматном порядке в два яруса, бумага же, огибая их попеременно, прилегает к цилиндрам то одной, то другой своей стороной. Сукносушильные цилиндры располагаются снизу и сверху бумагосушильных цилиндров с таким расчетом, чтобы в каждом сушильном сукне был один или два таких цилиндра. В конце сушильной части машины находятся холодильные цилиндры для охлаждения бумаги после сушки, а далее машинный каландр и накат. В некоторых случаях, кроме машинного каландра, перед последней группой сушильных цилиндров ставится еще двухвальный каландр, а иногда и клеильный пресс, а перед накатом продольно-резательный аппарат для разрезания бумаги непосредственно на машине, а также устройство для увлажнения бумаги.

Количество сушильных цилиндров на машине зависит от ее производительности и может изменяться от 5—6 цилиндров у машин для выработки конденсаторной бумаги до 50—70 цилиндров у быстроходных машин для выработки газетной и крафт-мешочной бумаги и до 100 цилиндров и выше у картоноделательных машин, не считая сукносушильных цилиндров.

Сушильные цилиндры распределяются по секциям, причем в каждой секции, имеющей свой отдельный привод, находятся обычно верхняя и нижняя группы сушильных цилиндров, каждая со своим сушильным сукном. Таким образом, количество групп цилиндров обычно бывает в два раза больше, чем число секций,

Группировка сушильных цилиндров по приводу позволяет регулировать скорость отдельных секций, а следовательно, и натяжение бумажного полотна между ними. Внутри же каждой секции регули-

Рис. 176. Схема двух- (*а*) и трехъярусного (*б*) расположения сушильных цилиндров

ровать натяжение бумажного полотна нельзя. Число сушильных цилиндров, помещаемых в одну секцию, зависит от вида и степени усадки вырабатываемой бумаги. Чем больше усадка бумаги, тем меньше сушильных цилиндров объединяют в одну секцию, чтобы избежать вредных напряжений бумаги внутри сушильных групп и образования морщин.

Данные о количестве сушильных цилиндров в секции приводятся в табл. 54.

Таблица 54

Количество бумагосушильных цилиндров в сушильной секции в зависимости от усадки бумаги

Вид бумаги	Поперечная усадка бумаги в %	Число бумагосушильных цилиндров в секции
Конденсаторная и прозрачные бумаги	9—12 и выше	1—2
Жиронепроницаемая целлюлозная бумага из массы жирного помола	6—9	4—6
Целлюлозная бумага из массы с невысокой степенью помола	3,5—5,0	6—8
Бумага с древесной массой	2,5—3,5	8—16
Картон и целлюлоза	Ниже 2,5	12—20 и выше

Примечание. Поскольку усадка бумаги в продольном направлении трудно поддается учету, в табл. 54 принята поперечная усадка, которая в известной мере характеризует способность к усадке бумаги и в продольном направлении листа.

Все бумагосушильные цилиндры в одной группе сцеплены между собой попарно зубчатыми колесами с фрезерованным зубом, насаженными на цапфы цилиндров с приводной стороны машины, и приводятся в движение от общего привода. При непосредственном сцеплении шестерен между собой последние должны быть по диаметру бо́льшими, чем диаметр сушильных цилиндров. В случае же применения двух промежуточных, так называемых паразитных шестеренок размер шестерен сушильных цилиндров значительно сокращается и вся передача становится компактней и не загромождает доступ к сушильной части с приводной стороны машины.

У современных быстроходных бумагоделательных машин применяется именно последний вид установки шестерен, причем все они закрываются сплошным кожухом и работают в масле, которое подается автоматически специальной установкой, состоящей из резервуара для масла с холодильником, насоса, системы трубопроводов и фильтров для очистки отработанного масла. Подобная же установка автоматической смазки применяется и для смазки подшипников каландров. Однако в этом случае используется менее вязкое смазочное масло.

Сукно́сушильные цилиндры обычно не имеют шестерен и приводятся в движение сушильными сукнами так же, как и все сукноведущие валики сушильной части.

Устройство сушильного цилиндра

Бумагосушильные цилиндры изготовляются обычно трех диаметров — 1,25 м, 1,5 м и 1,8 м. Наиболее распространен сушильный цилиндр диаметром 1,5 м. В последнее время даже на самых больших и быстроходных бумагоделательных машинах предпочитают

ставить сушильные цилиндры именно такого диаметра. Для бумагоделательных машин односторонней гладкости и самосъемочных машин применяются большие сушильные цилиндры диаметром — от 2 до 5 м.

Длина сушильного цилиндра зависит от ширины поступающего на сушильную часть мокрого бумажного полотна и делается больше последнего на 70—130 мм*.

Сушильные цилиндры обычно изготовляют одностенными из чугуна. В последнее время начали применять стальные сушильные цилиндры с двойными стенками.

Чугунный сушильный цилиндр

Обыкновенные сушильные цилиндры изготовляют путем литья из высококачественного, мелкозернистого чугуна (рис. 177). Они должны иметь равномерную по толщине стенку без раковин и дру-

Рис. 177. Сушильный цилиндр:
1 — боковая стенка цилиндра; 2 — торцовая крышка цилиндра; 3 — кожух; 4 — лаз; 5 — черпак; 6 — ввод пара; 7 — выход конденсата; 8 — полая цапфа цилиндра; 9 — приводная шестерня

гих дефектов. Цилиндры протачивают снаружи и изнутри. Наружную поверхность сушильных цилиндров шлифуют и полируют до блеска.

* По нормам НИИБуммаша, длина сушильного цилиндра $L_ц$, выраженная через ширину сетки S, определяется по формуле

$$L_ц = S - K,$$

где K — от 30 до 130 мм, в зависимости от типа, для открытых столовых машин и от 90 до 100 мм для самосъемочных машин.

Торцовые крышки цилиндров обычно имеют сферическую, выпуклую форму и привертываются к фланцам цилиндра болтами. В случае удаления конденсата из цилиндра черпаком, последний привертывают к специальному приливу на внутренней поверхности крышки цилиндра, а для уравновешивания его ставят еще противовес.

Все сушильные цилиндры должны быть хорошо отбалансированы, иначе вращение их будет неравномерным, что может послужить причиной колебания натяжения бумаги и даже ее обрывов в сушильной части машины, а также может вызывать вибрацию и расшатывание станины. Сушильные цилиндры, изготовляемые для быстроходных машин, подвергаются тщательной динамической балансировке на максимальной рабочей скорости машины. Балансировка производится путем удаления части металла с торцов или прикреплением грузов изнутри цилиндров к торцовым крышкам.

Крышка сушильного цилиндра должна быть снабжена лазом для того, чтобы можно было осматривать и ремонтировать внутренность цилиндра без снятия крышки, на что требуется длительный простой машины.

Шейки крышек цилиндров делают полыми и через них вводят паровую трубу для питания цилиндра паром и трубу для отвода конденсата. С приводной стороны шейка цилиндра опирается на радиальный, фиксирующий подшипник, а с лицевой на «плавающий» подшипник, дающий возможность передвигаться шейке под влиянием температурных изменений размеров цилиндра.

Сушильный цилиндр обогревается при помощи неподвижной паровой трубы, проходящей через полую цапфу внутрь цилиндра на расстояние 0,8—1 м и имеющей на своей боковой и торцевой поверхностях отверстия для равномерного распределения пара внутри цилиндра. Неправильное распределение пара внутри цилиндра может привести в некоторых случаях к неодинаковому прогреву стенок его и вызвать неравномерную сушку бумаги по ширине бумажного полотна.

Конденсат из цилиндров удаляют тремя способами: черпаками, неподвижной сифонной трубкой или двойным вращающимся сифоном (рис. 178).

В первом случае к крышке сушильного цилиндра с приводной стороны укрепляют изогнутый в виде рога чугунный черпак, зачерпывающий при своем вращении воду из нижней части цилиндра и отводящий ее через полую цапфу в конденсатопровод.

Во втором случае конденсат удаляется при помощи неподвижной трубки, пропущенной через полую цапфу внутрь цилиндра и опущенной почти до дна последнего. Скопляющийся в нижней части цилиндра конденсат выдавливается в этом случае давлением пара в цилиндре через сифонную трубку в конденсатопровод.

Оба эти способа удаления конденсата из цилиндра имеют свои достоинства и недостатки. Черпаки могут успешно работать только при относительно невысокой скорости бумагоделательных ма-

шин, не выше 200—250 м в минуту. При большей же скорости вращения сушильных цилиндров благодаря возрастающей центробежной силе наступает момент, когда вода уже не успевает выливаться из черпака.

Рис. 178. Двойной вращающийся сифон:
1 — трубка сифона; *2* — ковш; *3* — стержень с контргайками; *4* — конденсатоотвод

Другой недостаток черпаков заключается в том, что они могут работать только при вращении цилиндров, тогда как сифонная трубка может работать как при вращении цилиндра, так и при остановке машины. Необходимым условием ее работы является наличие перепада давления в сушильном цилиндре и конденсационной линии, который должен быть не менее 0,1—0,15 атм.

Недостатком неподвижного сифона является ненадежность его работы в связи с возможностью проворачивания трубки, что наблюдается довольно часто. Несмотря на это, способ отвода конденсата неподвижной сифонной трубкой имеет явное преимущество перед отводом конденсата черпаками при высоких скоростях бумаго-

делательных машин, вследствие чего он и применялся до самого последнего времени на быстроходных машинах.

С повышением скорости бумагоделательных машин выше 350—400 м в минуту удаление конденсата посредством неподвижного сифона не могло удовлетворить требованиям нормальной работы машины, ввиду наблюдавшихся неполадок: значительных колебаний температуры поверхности сушильных цилиндров, а следовательно, и скорости сушки, увеличения потребления энергии на вращение сушильных цилиндров, колебаний в нагрузке двигателей сушильной части, а иногда и поломок шестерен. Все это происходило в результате скапливания в сушильных цилиндрах конденсата, так как неподвижные сифоны не обеспечивали нормального удаления конденсата из-за проворачивания трубок и образования водяного кольца конденсата в цилиндрах. Последнее обстоятельство особенно осложняло работу неподвижного сифона. Как было уже указано, при высоких скоростях бумагоделательной машины конденсат очень часто вовлекается в круговое вращение внутри цилиндра в виде водяного кольца различной толщины. При скапливании большого количества конденсата и достижении некоторой критической толщины при данной скорости машины кольцевой слой разрушается, что приводит к резкому повышению нагрузки двигателя и создает сильные гидравлические удары, которые в некоторых случаях могут приводить к поломкам шестерен цилиндров.

Как показал Малкин, нагрузка двигателя сушильного цилиндра вследствие образования и разрушения водяного кольца при наличии 135 л воды в сушильном цилиндре изменялась от 5 до 15 а, т. е. в три раза.

В настоящее время на быстроходных бумагоделательных машинах для удаления конденсата из сушильных цилиндров с успехом начали применять так называемый двойной вращающийся сифон (рис. 178).

Он состоит из двух изогнутых по спирали сифонных трубок *1*, закрепленных внутри сушильного цилиндра со стороны привода. К концу каждой сифонной трубки присоединен небольшой ковш *2*, плотно пригнанный к внутренней поверхности цилиндра и укрепленный в цилиндре стержнем *3* с контргайками. Другой конец каждой сифонной трубки присоединен к конденсатоотводу *4*.

Двойной сифон вращается вместе с цилиндром и удаляет конденсат независимо от того, находится ли он в кольцевом вращении в виде пленки вместе с цилиндром или скопился в нижней части цилиндра. В этой конструкции удачно сочетается работа черпака с действием сифонной трубки. А так как черпак плотно пригнан к поверхности цилиндра, то толщина пленки конденсата не может превзойти определенной заданной толщины.

Для успешной работы двойного вращающегося сифона разность давлений в сушильном цилиндре и конденсационной линии должна быть около 0,2 атм, т. е. несколько выше, чем для работы непо-

движного сифона, так как здесь требуется преодолеть не только высоту столба жидкости при подъеме конденсата до цапфы, но и действие центробежной силы.

Чугунные сушильные цилиндры обычно работают при давлении пара не свыше 3—3,5 ата, испытание же цилиндров проводится на 6—7 ата.

Ниже приводятся значения толщины стенок чугунных сушильных цилиндров разного диаметра:

Диаметр цилиндра в мм	1000	1250	1500	1800	2500	3000	4000	5000
Толщина стенок в мм	20	22,5	25	28	35	38	48	58

Диаметр паровпускных труб сушильных цилиндров рассчитывают с учетом часового потребления пара Q кг/час и скорости пара $v = 25$ м/сек:

$$Q = Fv\gamma 60 \cdot 60 \text{ кг/час}, \tag{108}$$

где:

F — площадь поперечного сечения трубы, равная $\frac{\pi d^2}{4}$ м^2;

γ — удельный вес пара, зависящий от давления пара, в кг/м^3.

Отсюда:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v\gamma 60 \cdot 60 \text{ кг/час},$$

или

$$Q = 70650\gamma d^2 \text{ кг/час}. \tag{109}$$

Диаметр трубы в метрах d равен

$$d = \sqrt{\frac{Q}{70\,650\gamma}} \text{ м}. \tag{110}$$

На паропроводе перед каждым сушильным цилиндром имеется вентиль, при помощи которого регулируется температура поверхности сушильного цилиндра. Этими вентилями сушильщик пользуется только при установлении температурного графика сушки на бумагоделательной машине. Подача пара для сушки бумаги регулируется общим вентилем на главном паропроводе машины.

Прочее оборудование сушильной части

Весьма ответственным узлом является паровпускная головка. Так называется узел соединения вращающейся цапфы сушильного цилиндра с неподвижными трубами для подвода пара и отвода конденсата.

Паровпускная головка состоит из внутренней паровой трубы и наружной, огибающей первую, для отвода конденсата. Паровпускная головка соединяется с паровой и конденсационной трубой фланцами, а с цапфой сушильного цилиндра буксой и сальником.

Другой широко распространенной в настоящее время конструкцией такого соединения является паровпускная головка с уплотнительными графитными кольцами (рис. 179).

Очень важно, чтобы сальники надежно уплотняли место соединения паровпускной головки с цапфой цилиндра и не пропускали

Рис. 179. Паровпускная головка с графитными уплотнительными кольцами:

1 — подвод пара; *2* — отвод конденсата; *3* — уплотнительные графитные кольца; *4* — цапфа цилиндра

пар и конденсат, которые не должны также смешиваться между собой.

За состоянием и работой сальников и уплотнений необходимо вести тщательное наблюдение, так как неисправность их может приводить к утечке и перерасходу пара, а также к ухудшению условий труда в помещении бумагоделательных машин.

Подшипники у сушильных цилиндров бывают различных конструкций: у старых машин применяются подшипники скольжения с консистентной кольцевой смазкой, у современных машин — подшипники качения. Особенно важно применение роликовых подшипников для сукносушильных цилиндров с целью облегчения их

вращения, так как они не имеют специального привода и вращаются сушильными сукнами.

Боковые станины сушильной части машины, служащие опорами для подшипников сушильных цилиндров и сукноведущих валиков, устанавливают на двух параллельных шинах и надежно связывают жесткими балками, чтобы не было вибрации станин при работе машины. Форма станин и расположение бумагосушильных цилиндров должны обеспечить удобное обслуживание сушильной части машины при работе.

Подшипники нижнего ряда сушильных цилиндров ставят обычно непосредственно на фундаментные шины, подшипники же сушильных цилиндров верхнего ряда и сукносушителей — на стойках. Все шестерни бумагосушильных цилиндров должны быть хорошо закрыты сплошными ограждениями во избежание несчастных случаев при работе, а также во избежание попадания бумаги в шестерни, что может привести к их поломке.

Для удобства обслуживания паровпускных головок, подшипников, регулирования нагрева сушильных цилиндров и пр. вдоль всей сушильной части машины с приводной ее стороны устраивают удобные проходы и площадки из рифленого железа с ограждениями в виде поручней (рис. 180).

Устройство сукносушильных цилиндров такое же, как и бумагосушильных, но их часто делают меньшего диаметра, особенно для малых машин.

Количество сукносушильных цилиндров определяют с учетом типа машины, рода сушильных сукон и ассортимента бумаги, вырабатываемой на машине. На быстроходных машинах, вырабатывающих бумагу с большим содержанием древесной массы и с малой степенью усадки, при использовании хлопчатобумажных сукон общая боковая поверхность сукносушильных цилиндров обычно составляет 10—20%* от поверхности бумагосушильных цилиндров; у бумагоделательных же машин, вырабатывающих целлюлозные бумаги и применяющих шерстяные сукна, поверхность сукносушильных цилиндров составляет 30—35% и даже выше (до 50%).

Количество сукносушителей в группе должно быть выбрано с таким расчетом, чтобы сукна нормально просыхали. Поэтому в средних группах, где испаряется большее количество влаги, чем в первых и последних группах, следует иметь и соответственно большую поверхность сукносушителей. При наличии двух сукносушильных цилиндров в одном сукне, в особенности при большом количестве цилиндров в группе, целесообразно один их них ставить в прямой ветви сукна в середине группы, а другой в обратной ветви сукна, как это показано на рис. 181.

---

* В последнее время наметилась тенденция увеличивать размер поверхности сукносушильных цилиндров и для этих типов машин.

Для поддержания поверхности бумагосушильных цилиндров в чистоте, очистки от пристающих волокон, смолы и наполнителей применяются шаберы. Нижние сушильные цилиндры всегда снабжа-

Рис. 180. Поперечный разрез через сушильную часть машины:
1 — бумагосушильный цилиндр; *2* — сукносушильный цилиндр; *3* — сукноведущий валик; *4* — шестерня; *5* — переходная площадка; *6* — паровпускная головка; *7* — паровая труба; *8* — конденсационная труба; *9* — станина с подшипниками; *10* — вентиляционный колпак

ют шаберами, верхние же обычно только в первых группах, в которых цилиндры наиболее сильно подвержены загрязнению.

Шабер состоит из жесткой трубы или балки и гибкого металлического лезвия, направленного наклонно под углом 20—25° к поверхности цилиндра. В последнее время лезвия шаберов стали изготовлять также из пластмассы. При помощи рукоятки шабер

может поворачиваться вокруг своей оси, при этом лезвие поднимается или опускается.

Целесообразно поднимать шабер в тех случаях, когда поверхность сушильного цилиндра не нужно очищать. Это снижает потребление энергии на вращение сушильных цилиндров.

Неисправная работа шаберов может служить причиной повреждения поверхности цилиндров и попадания металлических частиц в бумагу. Попадание металлической пыли совершенно не допустимо для некоторых технических видов бумаги, например для бумаги-основы фотоподложки, конденсаторной и некоторых других. Чтобы улучшить работу шаберов и уменьшить износ поверхности

Рис. 181. Схема расположения сукносушителей в прямой и обратной ветвях сукна:

1 — сушильный цилиндр; *2* — сукноведущий валик; *3* — сукно; *4* — сукносушитель в прямой ветви сукна; *5* — сукносушитель в обратной ветви сукна

сушильных цилиндров, на современных бумагоделательных машинах шаберам придают колебательное движение в направлении оси цилиндров, для чего их снабжают механическим или гидравлическим приводом.

Для устранения попадания пыли с верхних шаберов на бумагу целесообразно устанавливать под шаберами верхнего ряда цилиндров выдвижные лотки, позволяющие удобно удалять пыль, скапливающуюся на них во время работы машины.

Стальной сушильный цилиндр с двойными стенками

За последнее время получили применение сварные сушильные цилиндры с двойными стенками, изготовляемые из стали.

Как показано на рис. 182, такой сушильный цилиндр имеет вторую внутреннюю стенку, расположенную на небольшом расстоянии от наружной и образующую с последней кольцевое пространство, куда через полые вал и спицы цилиндра подводится пар. Последний с более высокой скоростью, чем это имеет место в обычных цилиндрах, омывает стенку цилиндра, обеспечивая тем лучшую теплоотдачу стенке. Образующийся же конденсат удаляется из цилиндра при помощи двойного вращающегося сифона. Сушильный цилиндр с двойными стенками не имеет сплошных торцовых крышек и является, таким образом, открытым с боков.

При использовании стальных цилиндров толщина наружной стенки в сравнении с чугунными цилиндрами при том же давлении пара снижается примерно на 40%. Нормальная толщина стенки стального цилиндра при обычном давлении пара 3—3,5 ата, при котором работают чугунные цилиндры, составляет 12 мм. Это приводит к уменьшению веса цилиндра, снижению расхода энергии на привод и некоторому уменьшению термического сопротивления стенки прохождению тепла. Эффективность сушки в сравнении с обычными сушильными цилиндрами при том же давлении пара повышается на 15—20%. Это происходит в результате по-

Рис. 182. Стальной сушильный цилиндр с двойными стенками

вышения коэффициента теплоотдачи в связи с улучшением циркуляции пара в цилиндре и отчасти из-за уменьшения термического сопротивления самой стенки. При использовании же пара высокого давления для таких видов бумаги, которые допускают высокую температуру сушки (например, при переходе с давления 3,5 до 8 ата), эффективность сушки возрастает до 50%, что означает также и соответствующее сокращение размеров сушильной части при одинаковой ее производительности.

СУШИЛЬНЫЕ СУКНА

Назначение сушильных сукон — прижимать бумагу к греющей поверхности сушильного цилиндра с целью улучшения контакта и условий теплопередачи, а также для предотвращения при сушке коробления бумаги и образования на ее поверхности морщин. Кроме того, сушильные сукна служат своеобразным конвейером, облегчающим заправку и транспортировку бумаги в сушильной части машины.

При выработке высококачественных и чисто целлюлозных бумаг, отличающихся большой усадкой при сушке и потому подверженных короблению и образованию морщин, применяются шерстяные сукна весом 1 м^2 около 3,5 кг, допускающие относительно силь-

ное натяжение. При выработке же бумаги со значительным содержанием древесной массы, например газетной, писчей и печатной бумаги № 2 и 3, а также некоторых целлюлозных видов бумаги из массы садкого помола, обладающих малой усадкой при сушке, применяются хлопчатобумажные сукна весом 1 м^2 около 1,8 кг.

В последнее время шерстяные сушильные сукна стали заменять многослойными хлопчатобумажными сукнами с применением искусственных волокон найлона и терилена, а также с добавкой волокон асбеста. Делаются попытки изготовления сушильных сукон целиком из искусственных волокон, однако пока эти сукна дороги.

Применение искусственных волокон позволяет повысить прочность, термостойкость и кислотостойкость хлопчатобумажных сукон, использование же асбеста позволяет предохранить хлопчатобумажные волокна от разрушения сульфатами, накапливающимися в ткани сукна при испарении воды, содержащей глинозем. В рациональной конструкции сушильных сукон асбестовое волокно служит оболочкой для основной массы хлопчатобумажных волокон, а искусственные волокна силовым каркасом, упрочняющим пряжу.

Шерстяные сукна изготовляют бесконечными и целиком надевают на машину, хлопчатобумажные же вырабатывают одним полотном и сшивают на машине при надевании.

Размер сукон по длине зависит от количества сушильных цилиндров в группе. Ширина же сукна должна соответствовать длине сушильного цилиндра. Хлопчатобумажные сукна изготовляют обычно шириной, равной длине сушильного цилиндра, шерстяные же сукна вырабатывают шире длины сушильного цилиндра приблизительно на 100 мм. Это делают потому, что более узкие шерстяные сукна, если они не выступают за края цилиндров, имеют тенденцию смещаться на одну какую-либо сторону и ими трудно управлять.

Сушильные сукна располагаются так, что они обращены наружной стороной к греющей поверхности всех сушильных цилиндров и к бумаге, а все сукноведущие валики, кроме одного петлевого, помещены внутри сукна. У каждого сукна имеется несколько сукноведущих валиков, а том числе один натяжной и один правительный.

Правительный валик имеет передвижной подшипник, расположенный на суппорте, и может передвигаться в направлении или против движения сукна. Этот валик служит для выравнивания хода сукна при его смещении в сторону. Управление правительным валиком может быть ручным или автоматическим. В качестве механизмов для автоматической правки сушильных сукон применяются автоправки маятникового, колодочного типа и пневматические.

У первого устройства один конец правительного валика свободно подвешен при помощи шарнирной тяги и ремнем соединен с небольшим шкивом, свободно насаженным на цапфу соседнего сукноведущего валика такого же диаметра. При набегании кромки

сукна на шкив последний проворачивается на некоторый угол и посредством ремешка передвигает конец правительного валика, что и влечет за собой соответствующее перемещение сукна.

При наличии второго устройства кромка сукна, набегающая при смещении его в сторону, толкает и перемещает деревянную колодку (или ролик), которые посредством простой системы рычагов передвигают конец правительного валика, регулируя таким образом ход сукна.

Пневматическая автоправка описана подробно в 7-й главе.

Натяжной валик располагается в петле сукна и перемещается при помощи винтов одновременно с двух сторон в направлении этой петли с таким расчетом, чтобы удлинить или укоротить путь сукна.

Устройство позволяет осуществлять одностороннюю натяжку или ослабление сукна, чтобы можно было устранять перекосы ткани и выравнивать натяжение сукна. Для односторонней натяжки сукна необходимо разъединить муфту у тяги, соединяющей привод винтов лицевой и приводной сторон валика.

На узких машинах сукна обычно натягивают вручную, на широких же машинах устанавливают механизированные натяжные устройства от электродвигателей. Степень натяжения сукон подбирается опытным путем. Нормальным натяжением для шерстяных сушильных сукон считают около 2,5 кг на 1 пог. см, для хлопчатобумажных же сукон не выше 0,5 кг/см. Для поддержания постоянного натяжения сушильных сукон во время работы применяют иногда грузовые натяжные устройства, которые позволяют избегать вредных напряжений, испытываемых сукнами и валиками в результате изменения влажности сукон при работе машины, в особенности при обрывах бумаги, когда сукна пересушиваются и изменяются их размеры. Так, хлопчатобумажное сукно при увлажнении дает усадку около 1,5%, шерстяные же сукна, наоборот, претерпевают усадку при высушивании.

При жестком креплении всех сукноведущих валиков усадка сукна под влиянием изменения его влажности может привести в некоторых случаях к поломке валиков и к прорыву самого сукна. Для избежания вредных напряжений сукна при его усадке некоторые сукноведущие валики снабжают иногда мощными стальными пружинами.

Сукноведущие валики делают из цельнотянутых или из сварных стальных труб диаметром от 150 до 400 мм, в зависимости от ширины бумагоделательной машины, и длиной примерно на 100 мм больше длины сушильных цилиндров. Валики должны обладать достаточно прочной конструкцией, чтобы противостоять усилию от натяжения сукна. На старых машинах подшипники валиков делали с бронзовой втулкой, с масленками Штауфера для смазки вазелином. В этом случае длина подшипников должна быть не менее четырехкратного диаметра шейки валика. На современных машинах чаще всего ставят подшипники качения.

Для удобства и безопасности работы необходимо, чтобы сукноведущие валики, расположенные между сушильными цилиндрами верхнего и нижнего ряда, отстояли от поверхности цилиндров не менее чем на 120 мм. При более тесном расположении валиков возможны несчастные случаи, вследствие захвата руки рабочего при заправке бумаги.

Работа сукон и уход за ними. Сушильные сукна относительно дороги. Кроме того, смена сушильного сукна всегда связана с длительным простоем машины, что еще более увеличивает расходы и удорожает продукцию. Поэтому необходимо уделять особое внимание уходу за работой сукон.

Нормальная продолжительность работы шерстяных сукон в зависимости от условий их работы составляет от 6 месяцев до 2 лет. Вместе с тем часто встречаются случаи более короткого и более длительного срока их службы. Срок службы хлопчатобумажных сукон значительно ниже и составляет только 2—3 месяца.

Меньше работают сукна нижнего ряда по сравнению с верхними, по-видимому, вследствие худших условий вентиляции, особенно при одноэтажном расположении бумагоделательной машины. Меньше работают также и сукна средних групп по сравнению с первой и последней группами вследствие более высокой температуры и большей нагрузки, чем в первых и последних группах.

Главными факторами, влияющими на износ и продолжительность работы сушильных сукон, являются скорость машины, температура сушильных цилиндров, влажность и степень натяжения сукна, механические повреждения сукна.

Скорость бумагоделательной машины является очевидным фактором износа, поскольку от величины скорости зависит величина пробега сукна.

Влажность является весьма существенным фактором износа сукна. Влажное, плохо просыхающее шерстяное сукно теряет свою прочность, подвержено загниванию и быстро выходит из строя. В этом отношении хлопчатобумажные сукна менее чувствительны к повышенной влажности. Известны случаи из практики, когда вследствие неудовлетворительного просыхания шерстяных сукон на одной из машин срок службы их сокращался до 3—4 месяцев, а на рядом стоящей более быстроходной машине с хорошей просушкой сукон срок службы их доходил до 2—3 лет.

Температура сушильных цилиндров также весьма существенно отражается на сроке работы сукон, поскольку термостойкость их относительно невелика. Поэтому при форсированной сушке, когда температура сушильных цилиндров достигает 115—125°, срок службы сукон всегда меньше, чем при осторожной сушке бумаги. Особенно сильное подгорание сушильных сукон происходит при длительных обрывах бумаги на машине, когда сукна соприкасаются с непокрытыми влажной бумагой цилиндрами. Чтобы умень-

шить подгорание сукон во время длительных обрывов, следует снижать их натяжение.

Часто сушильные сукна не выдерживают нормального срока службы вследствие механических повреждений, например перепуска сукна, когда последнее сходит в сторону, задевает за станину и повреждается с кромки. В случае значительных повреждений кромки сукна, последнюю приходится обрывать или даже менять все сукно, так как при наличии узкого сукна (уже, чем бумага) сушка бумаги происходит неравномерно и кромка бумаги, не прикрытая сукном, остается более влажной.

Второй распространенной причиной повреждения сушильного сукна является его сморщивание из-за неравномерного натяжения и перекоса ткани. Чтобы этого не произошло, нужно следить за контрольной полосой на сукне[1] и не допускать перекоса ткани.

Третьей причиной повреждения сукна является чрезмерное его натяжение, что может привести к разрыву ткани или к поломке сукноведущего валика. В обоих случаях происходит повреждение сукна. Небольшие прорывы сукна можно заштопать хлопчатобумажными нитками.

Перекосы ткани сукна исправляют натяжным валиком, ориентируясь на положение контрольной полосы. Правила исправления контрольной полосы, а также и ткани сукна те же, что и при исправлении контрольной нитки у прессовых сукон. Подмоток на сукноведущие валики допускать не следует, а натяжение сторон самих сукон нужно изменять более осторожно и постепенно.

При сильном перекосе ткани сушильного сукна может наступить такой момент, когда сукно внезапно образует глубокие косые морщины. Такое сукно, особенно если ткань его сильно выносилась и подгорела, уже не пригодно к дальнейшей работе, так как оно быстро прорывается на морщинах.

При слабой конструкции сукноведущих валиков и сильно натянутом сукне середина контрольной полосы может уходить вперед вследствие прогиба валиков. Отставание же контрольной полосы посередине может наблюдаться при ржавлении валиков и утере ими цилиндрической формы. Во избежание этих нарушений необходимо тщательно наблюдать за положением контрольных полос на сушильных сукнах, своевременно устранять перекос ткани сушильных сукон и контролировать их движение при работе бумагоделательной машины.

Смена сушильных сукон. Порядок работы при смене шерстяных и хлопчатобумажных сукон различен, поскольку первые надеваются на машину бесконечными, а вторые в виде полотна, которое затем сшивается на машине.

---

[1] Контрольной полосой или «ниткой» называют цветную полосу, расположенную поперек сукна и указывающую положение поперечных нитей в ткани сукна.

Старое сукно, подлежащее смене, обычно срезают ножом и свертывают на скалку, медленно вращая сушильные цилиндры.

При смене шерстяного сушильного сукна внутрь свертка нового сукна закладывают прочную металлическую скалку или штангу и при помощи крана концами скалки кладут на раму машины с таким расчетом, чтобы сукно можно было разворачивать и растягивать на сушильные цилиндры. После этого сукно протягивается между бумагосушильными цилиндрами и сукносушителями. Далее начинают поочередно закладывать внутрь сукна сукноведущие валики, сначала верхние, а потом нижние. Последним закладывают натяжной валик, причем подшипники натяжного валика должны быть предварительно переведены в крайнее положение в сторону ослабления сукна для того, чтобы легче было заложить последний валик. Затем сукно натягивают и выравнивают контрольную полосу. Если сукно не имеет хорошо заметной контрольной полосы, то ее наносят при помощи анилиновой краски на наружной поверхности сукна.

Хлопчатобумажное сукно надевают иначе. Конец свернутого в рулон нового куска сукна, положенного под машину, пришивают к концу разрезанного старого сукна со стороны выхода обратной его ветви с последнего сушильного цилиндра группы и, включив на тихий ход сушильную группу, пропускают сукно. При этом старое сукно сходит с сушильных цилиндров, а новое становится на его место. Старое сукно наматывают на скалку, отпарывают от нового сукна и удаляют с машины. Затем новое сукно, предварительно выровняв и по возможности натянув его, сшивают хлопчатобумажными концами внахлестку или в «гребень», располагаемый внутри сукна.

Хлопчатобумажные сукна вытягиваются сильнее, чем шерстяные, а потому их приходится время от времени перешивать. Смена хлопчатобумажного сукна на большой машине занимает не более 1—1,5 часа, тогда как для смены шерстяного сукна требуется не менее 3—4 часов.

В последнее время в зарубежной практике находят широкое применение механические швы. В одной из таких конструкций в стыки ткани сукна закладываются проволочные скобы (в виде петель) и соединяются проволочным канатиком. При использовании механических швов ткань сукна должна изготовляться по размеру сукна и не должна сильно вытягиваться при работе.

ЗАПРАВКА БУМАГИ В СУШИЛЬНОЙ ЧАСТИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

На тихоходных машинах, при скорости ниже 150—180 м/мин, бумагу заправляют обычно вручную как в прессовой, так и в сушильной частях. При больших скоростях ручная заправка трудна

для рабочего, поэтому ее автоматизируют, применяя воздушную заправку бумаги в мокрой части машины, в каландры и на накат и заправочные канатики в сушильной части машины.

Для воздушной заправки бумаги необходимо иметь установку, состоящую из компрессора и аккумулятора для сжатого воздуха давлением 4—6 ата с автоматическим регулятором, поддерживающим в аккумуляторе постоянное давление. Сжатый воздух по трубопроводам подается к отсасывающему гауч-валу, прессовым валам, каландру и накату, где он и используется для заправки бумаги. Для заправки бумаги с сетки на сукно первого пресса сжатый воздух подводится внутрь отсасывающего вала с рабочей стороны машины для отдувки полоски мокрой бумаги с сетки. Полоску бумаги с верхних прессовых валов снимают одним или двумя подвижными соплами, управляемыми вручную.

Бумагу в валы каландра заправляют также узкой полоской по направляющему лотку при помощи системы неподвижных сопел. Заправка бумаги на накат на узких машинах производится широким полотном посредством воздушного гибкого шланга, а на широких машинах узкой полосой.

Чтобы заправить бумагу в каландр, необходимо подать ее узкой полосой, поэтому в тех случаях, когда перед каландром имеется широкое полотно бумаги, его разрезают специальным ножом, установленным перед последним сушильным цилиндром, или ручным «копьем» и после заправки бумажной ленты в валы каландра сводят полотно бумаги, передвигая нож на приводную сторону посредством специального тросика, перемещаемого ручным маховичком.

Заправка бумаги с последнего мокрого, а иногда и со второго пресса в сушильные цилиндры и далее до каландра производится двумя бесконечными заправочными канатиками диаметром 12—15 мм. Они движутся рядом с бумагой по кромкам сушильных цилиндров в специальных желобчатых кольцах, привернутых к торцам цилиндров, с лицевой стороны машины до каландра, а затем возвращаются обратно по направляющим роликам к прессовой части машины уже отдельно каждый своим путем. Здесь у прессовой части машины эти канатики вновь сходятся, образуя своего рода ножницы, которые смыкаются и, зажимая бумажную ленту, тащат ее через всю сушильную часть. Рабочему остается только направить бумажную ленту на нижний канатик, верхний же канатик, смыкаясь с нижним, захватывает ее и ведет через всю сушильную часть машины до того пункта, где канатики расходятся.

Как только ленту бумаги при заправке захватили канатики, можно передвижением отсечки на сетке машины расширить полотно до полной рабочей ширины машины.

Заправочные канатики должны быть хорошо натянуты, для чего применяется специальное натяжное устройство в виде передвижных петлевых роликов. Схема установки и действия канатиков показана на рис. 183. Канатики требуют очень внимательного

обслуживания. Все работы по ликвидации обрывов бумаги в сушильной части и удаление брака с цилиндров следует выполнять

Рис. 183. Схема установки заправочных канатиков:
1 — верхний канатик; *2* — нижний канатик; *3* — направляющие ролики; *4* — последний пресс; *5* — сушильный цилиндр

осторожно, чтобы не повредить канатиков и не сбросить их с направляющих роликов.

ПРОЦЕСС СУШКИ БУМАГИ В СУШИЛЬНОЙ ЧАСТИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Исследование процесса сушки бумаги на сушильной части бумагоделательной машины показывает, что изменение влажности бумажного полотна и количество испаряемой воды в разных стадиях сушки не одинаковы и зависят от целого ряда факторов: свойств самой бумаги и температурного режима сушки, начальной и конечной влажности бумажного полотна, конструктивных особенностей машины и некоторых других причин, влияющих на коэффициент теплопередачи, о которых уже говорилось.

Для ознакомления с основными показателями процесса сушки бумаги прежде всего необходимо дать определение понятий «общая» и «рабочая» поверхность сушильных цилиндров.

Общей поверхностью сушильных цилиндров мы будем называть боковую поверхность всех бумагосушильных цилиндров машины, а рабочей поверхностью, или полезной поверхностью нагрева бумаги на цилиндрах, — только ту часть боковой поверхности сушильных цилиндров, которая непосредственно соприкасается с бумагой при сушке.

Общая боковая поверхность F_0 и рабочая поверхность сушильных цилиндров $F_р$ выражаются следующими формулами

$$F_0 = \pi d l n = \pi l \Sigma d \text{ м}^2, \tag{111}$$

$$F_р = Lb = F_0 \cdot K_1 \text{ м}^2, \tag{112}$$

где:

d — диаметр бумагосушильного цилиндра в м;
n — число бумагосушильных цилиндров;
l — длина сушильного цилиндра в м;
b — средняя ширина бумажного полотна в сушильной части машины (для упрощения ее принимают равной ширине необрезной бумаги на накате) в м;
L — длина всех дуг охвата бумагой сушильных цилиндров в м.

Обычно отношение дуги охвата бумаги l к длине окружности цилиндра $\left(K_2 = \frac{l}{\pi d}\right)$ составляет от 0,60 до 0,67. Отношение же рабочей сушильной поверхности к общей $\left(K_1 = \frac{F_р}{F_0}\right)$ у разных машин колеблется в пределах 0,50—0,64, или в среднем $K_1 = 0{,}58—0{,}60$, $K_2 = 0{,}63—0{,}64$.

На основании многочисленных испытаний сушильной части бумагоделательных машин можно сделать следующие выводы.

1. Средняя температура поверхности сушильных цилиндров при использовании пара давлением не свыше 3—3,5 ата при выработке большинства видов бумаги находится в пределах 80—110°. При этом она выше при изготовлении слабо клееной, неклееной и пухлой бумаги и ниже при выработке хорошо клееной, плотной и прочной бумаги, когда требуется более осторожный подъем температур цилиндров и недопустимо в целях сохранения показателей качества бумаги применение высоких температур сушильной поверхности.

2. Температура бумажного полотна, измеряемая на участках свободного хода между сушильными цилиндрами, равняется обычно 50—70°. Охлаждение бумаги при переходе с цилиндра на цилиндр наблюдается в пределах от 4—5° до 13—15°, повышаясь с увеличением времени пребывания бумаги на участках свободного хода, т. е. с понижением скорости машины.

3. Температурный перепад между поверхностью сушильного цилиндра и бумагой обычно находится в пределах от 20—до 30°.

Этот перепад повышается с увеличением скорости машины и температуры греющего пара в сушильных цилиндрах.

4. Наиболее интенсивное испарение влаги из бумаги наблюдается в средних цилиндрах сушильной части машины, менее интенсивное испарение в начале сушки и еще меньшее в конце сушки. В соответствии с этим изменяется и расход пара в разных частях сушильной части машины. Однако эти два показателя идут не параллельно друг другу, а так, что кривая потребления пара сушильными цилиндрами смещается своим максимумом в сторону конца сушильной части машины.

Максимальное испарение влаги в сушильной части машины, состоящей из пяти (одинаковых по количеству цилиндров) групп, наблюдается в средней (третьей) группе, а максимальное потребление пара в третьей и четвертой группах. Это объясняется большей легкостью удаления влаги в первой стадии сушки при относительно меньших затратах тепла.

Таким образом, можно считать, что потребление пара в средних сушильных цилиндрах на 40% выше среднего потребления пара по всей сушильной части машины. Поэтому при расчете паропроводов, подводящих пар к отдельным цилиндрам, следует учитывать это обстоятельство и исходить не из среднего потребления пара, а повышенного расхода пара в средних цилиндрах.

5. Термический коэффициент полезного действия сушильной части бумагоделательной машины η, определяемый отношением полезно затрачиваемого тепла на сушку бумаги $Q_{пол}$ к общему расходу тепла вместе с тепловыми потерями $Q_{общ}$ ($\eta = \frac{Q_{пол}}{Q_{общ}}$) постепенно снижается от 76—77% в начале до 50% и даже ниже в конце сушки бумаги, составляя в среднем 65—70%.

6. Температурный перепад между температурой греющего пара внутри сушильного цилиндра и температурой поверхности стенки

Таблица 55

Зависимость между температурой и давлением насыщенного пара и температурой поверхности сушильного цилиндра (по данным Ф. Мюллера)

Давление пара в ата	Температура пара в град.	Температура стенки цилиндра в град.
1,5	111,0	95
1,7	114,5	98
2,0	119,6	104
2,2	122,6	107
2,4	125,5	110
2,6	128,5	112
2,8	130,5	115
3,0	132,9	117
3,5	138,0	122

цилиндра составляет 15—16°, что значительно превышает падение температуры вследствие термического сопротивления только металлической стенки цилиндра и указывает на то, что на это падение температуры большее влияние оказывают другие факторы (наличие загрязнений и воздуха внутри цилиндра.)

В табл. 55 показана зависимость между температурой и давлением насыщенного пара и температурой поверхности сушильного цилиндра по данным Ф. Мюллера.

Свойства пара и выбор давления для сушки

Для сушки большинства видов бумаги наиболее целесообразно применять насыщенный пар низкого давления — 2,5—3,5 ата. Такой пар, поступая в сушильный цилиндр, конденсируется и отдает стенкам цилиндра скрытую теплоту парообразования от 522 до 514 ккал/кг пара. При этом количество тепла, освобождающегося в процессе конденсации пара, возрастает с понижением его давления (табл. 56).

Таблица 56

Основные свойства насыщенного пара

Температура пара в град.	Давление пара в ата	Теплосодержание в ккал/кг		Скрытая теплота парообразования в ккал/кг
		пара	конденсата	
80,9	0,5	632,2	80,9	551,3
99,1	1,0	639,5	99,1	540,4
104,2	1,2	641,4	104,4	537,0
108,7	1,4	643,1	109,0	534,1
112,7	1,6	644,5	113,0	531,5
116,3	1,8	645,8	116,7	529,1
119,6	2,0	646,9	120,0	526,9
126,7	2,5	649,3	127,3	522,0
132,9	3,0	651,2	133,5	517,7
142,4	4,0	654,2	143,8	510,4
151,1	5,0	656,4	152,3	504,1
158,0	6,0	658,2	159,5	498,7
164,1	7,0	659,5	165,8	493,7
169,6	8,0	660,7	171,5	489,2
174,5	9,0	661,6	176,6	485,0
179,0	10,0	662,5	181,4	481,1

Вторым важным обстоятельством целесообразности применения пара низкого давления для сушки бумаги является возможность лучшего использования пара для выработки электроэнергии, так как в современных энергетических установках технологический пар обычно получают в качестве отборного от турбин или паро-

вых машин. Это дает возможность с использованием пара высокого давления получать дешевую, так называемую «отбросную» энергию при выработке технологического пара.

Иногда применяют перегрев пара. Однако следует иметь в виду, что при высоком перегреве пара мало выигрывают в тепле, передаваемом бумаге, так как теплоемкость перегретого пара составляет около 0,5 $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}\cdot\text{град}}$ и, следовательно, при перегреве пара на 100° получают в результате охлаждения перегретого пара до температуры его насыщения только около 50 ккал тепла на 1 кг пара, т. е. всего на 9—10% больше. Наряду с этим применение пара с высоким перегревом имеет и свои отрицательные стороны. Коэффициент теплоотдачи от перегретого пара к стенке сушильного цилиндра (α) составляет 20—100 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$ вместо 6000—10 000 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$ для конденсирующегося пара. Поэтому теплоотдача в случае высокого перегрева пара, когда он не будет сразу переходить в насыщенное состояние, может ухудшиться. Это приведет к понижению испарительной способности в сушильной части, замедлит процесс сушки бумаги и вызовет необходимость увеличения сушильной поверхности машины. Кроме того, могут происходить значительные колебания в температуре сушильных цилиндров, осложняющие процесс сушки. Поэтому следует избегать высокого перегрева пара. Применение же небольшого перегрева пара может оказаться целесообразным, так как это предотвратит преждевременную конденсацию пара в паропроводах до сушильной части машины.

Многие технические (жиронепроницаемые, конденсаторные, высокопрозрачные) и высшие виды бумаги сушат при относительно низких температурах поверхности сушильных цилиндров (от 50 до 90°), получение которых обеспечивается паром низкого давления не выше 1,2—1,5 ата. Для сушки многих видов бумаги требуется температура в пределах 60—110°, что достигается применением насыщенного пара давлением не свыше 2 ата и только в случае более форсированной сушки при выработке массовых видов бумаги (с древесной массой) требуется насыщенный пар более высокого давления — до 3—3,5 ата, допускающий нагрев стенок сушильных цилиндров до 120—125°. Такой же пар может использоваться и для обогрева сукносушильных цилиндров, а также для обогрева больших сушильных цилиндров самосъемочных машин.

В целях повышения эффективности процесса сушки бумаги и картона и сокращения размеров сушильных частей на быстроходных машинах при выработке бумаги из сульфатной целлюлозы, а также на самосъемочных машинах при изготовлении тонких санитарно-гигиенических и упаковочных бумаг стали применять насыщенный пар высокого давления от 4 до 8 ата и выше.

Несмотря на то, что применение пара такого давления для сушки бумаги с энергетической точки зрения не является целесо-

образным, общие выгоды, получаемые предприятием в результате повышения производительности бумагоделательных машин и сокращения первоначальных затрат на установку сушильных частей, настолько значительны, что использование пара высокого давления для сушки бумаги в данном случае экономически оправдывается.

Подвод пара к сушильной части машины, схемы парораспределения и отвода конденсата

Для сушки бумаги обычно применяется отборный пар от паровых турбин или паровых машин. В том случае, когда предприятие получает электроэнергию со стороны и не имеет своих силовых установок, оно пользуется свежим паром, вырабатываемым для технологических нужд в собственной котельной.

Пар, отбираемый от паровых машин, не должен содержать масла, поэтому его пропускают через специальный маслоотделитель и только после этого направляют к бумагоделательной машине.

Паропровод хорошо изолируют для снижения потерь тепла и оборудуют запорным и регулирующим вентилями. Кроме того, паропровод снабжают дроссель-клапаном, предохранительным клапаном, установленным на максимально допустимое давление пара, а также манометрами и термометрами для регистрации давления и температуры пара.

В случае использования свежего пара из котельной необходима установка редукционного клапана для снижения давления пара, так как пар в котельной получают более высокого давления, чем это требуется для сушки бумаги.

На современных бумагоделательных машинах всегда устанавливают регулятор давления для поддержания постоянного давления пара в паровой магистрали перед главным регулировочным вентилем, а также регулятор сушки бумаги.

Для учета расхода пара желательна установка отдельного паромера на каждую бумагоделательную машину.

Система подвода пара к сушильным цилиндрам и отвода конденсата имеет большое значение для эффективной работы сушильной части машины, рационального использования тепла пара и возможности регулирования и поддержания необходимых температур поверхности сушильных цилиндров.

В настоящее время применяются различные системы подвода пара и удаления конденсата. Их можно объединить в четыре основные группы: системы с параллельным подводом пара к сушильным цилиндрам; системы с последовательным, ступенчатым подводом пара к сушильным группам; системы с принудительной, круговой циркуляцией пара; комбинированные из предыдущих трех систем.

Системы парораспределения бумагоделательной машины должны обеспечивать: хорошее удаление из сушильных цилиндров

конденсата и воздуха и равномерное поддержание температуры сушильных цилиндров в процессе сушки бумаги; возможность регулирования температурного графика сушки, т. е. регулирования температуры отдельных сушильных цилиндров; экономичное использование тепла пара; хорошую циркуляцию пара внутри сушильных цилиндров.

Выполнением этих требований достигается высокая скорость сушки бумаги, высокий термический коэффициент полезного действия сушильной части машины и надлежащее качество вырабатываемой бумаги: равномерная влажность, отсутствие морщин, складок и прочих дефектов.

Системы с параллельным подводом пара к сушильным цилиндрам. В этих системах все сушильные цилиндры бумагоделательной машины работают на свежем паре, подводимом из общего паропровода отдельными паровыми трубами к каждому сушильному цилиндру. Из сушильных цилиндров конденсат может отводиться через общий коллектор, снабженный одним большим конденсационным горшком, либо через несколько групповых коллекторов, объединяющих несколько сушильных цилиндров и оборудованных отдельным конденсационным горшком, и, наконец, отвод конденсата от каждого сушильного цилиндра может осуществляться через свой собственный конденсационный горшок, установленный у каждого сушильного цилиндра.

Все эти три разновидности первой системы парораспределения обладают серьезными недостатками: пар медленно проходит через сушильные цилиндры и застаивается в них; в сушильных цилиндрах скапливается воздух, вследствие чего понижается температура паровоздушной смеси и ухудшается теплоотдача; термический коэффициент полезного действия сушильной части при этой системе невелик из-за плохого использования тепла пара и низкого коэффициента теплоотдачи.

Регулирование температуры сушильных цилиндров в пределах одной группы, объединенных одним общим конденсационным горшком, здесь невозможно, так как в случае прикрытия пара в одном из сушильных цилиндров и понижения давления в него будет поступать конденсат из общего коллектора. Такой цилиндр будет работать с периодическим удалением конденсата и температура стенки его будет изменяться, нарушая режим сушки.

Последним недостатком не страдает третья из перечисленных систем с индивидуальными конденсационными горшками у каждого цилиндра, однако она сложна в обслуживании и ненадежна в работе, так как конденсационные горшки часто засоряются и выходят из строя.

Система парораспределения с последовательным, ступенчатым подводом пара к сушильным группам. К этой системе можно отнести большое число схем, отличающихся друг от друга отдельными деталями. Общим для всех них является разделение сушильной

части машины на несколько групп и последовательный перепуск пара из группы в группу по принципу противотока к направлению движения подвергаемой сушке бумаги. В первую группу сушильных цилиндров, ближайшую к накату, подается обычно свежий пар, а в остальные вторичный пар, отделенный от конденсата после прохождения им предыдущих сушильных групп. В некоторых системах создается естественная циркуляция пара за счет перепада давления в отдельных сушильных группах, регулируемого при помощи специальных вентилей на общем паропроводе. В других эта циркуляция обеспечивается установкой специального вакуум-насоса.

Наибольшей известностью пользуются следующие разновидности этой системы: Крейна, Фарнсворта, Фойта, Фультона и Розенблада. Наиболее часто применяются системы Фарнсворта и Фультона.

В системе Фарнсворта сушильная часть машины разбивается на три группы. На быстроходной машине, вырабатывающей газетную бумагу, имеющей 48 сушильных цилиндров и использующей эту систему, в первую группу, считая от наката, входит 40, во вторую 6 и в третью 2 сушильных цилиндра, в том числе приемный цилиндр малого диаметра.

В первую группу подается свежий пар. Пройдя первую группу, пар вместе с конденсатом поступает в сепаратор. Там он отделяется от конденсата, переходит во второе отделение сепаратора и оттуда направляется во вторую группу сушильных цилиндров. В случае недостатка вторичного пара можно добавить свежий пар из главного паропровода при помощи вентиля перед сепаратором. Из второй группы сушильных цилиндров конденсат вместе с паровоздушной смесью поступает в третье отделение сепаратора и оттуда паровоздушная смесь направляется в последнюю группу. Конденсат, отделяющийся в сепараторе, направляется в общий сборник конденсата и оттуда насосом перекачивается в котельную. Конденсат от последних двух цилиндров вместе с паровоздушной смесью направляется помимо сепаратора непосредственно в сборник конденсата.

В системе Фультона (рис. 184) сушильная часть машины разделена тоже на три группы. Первая группа, считая от наката, объединяет 70—75% всех цилиндров сушильной части, вторая группа — около 25—20% и третья группа состоит лишь из одного сушильного цилиндра. Здесь так же, как и в предыдущей системе, свежий пар подается в первую группу цилиндров и, пройдя их, вместе с конденсатом через общий коллектор направляется в сепаратор. Вторичный пар из сепаратора поступает в цилиндры второй группы, которые работают с более низким давлением, чем цилиндры первой группы. Недостающее количество вторичного пара может быть восполнено подачей свежего пара из главной паровой магистрали. Этим же вентилем устанавливается необхо-

димый перепад в давлении пара между первой и второй сушильными группами.

Все сушильные цилиндры второй группы имеют индивидуальные конденсационные горшки, снабженные воздушными отводами, через которые паровоздушная смесь от всех горшков направляется в последний сушильный цилиндр третьей группы, а оттуда к вакуум-насосу.

Конденсатопроводы от второй и третьей групп сушильных цилиндров присоединены к поверхностному конденсатору и ва-

Рис. 184. Системы парораспределения с последовательным ступенчатым подводом пара Фультона:
1 — водоотделитель; *2* — вакуум-насос; *3* — конденсационные горшки

кумм-насосу, который создает разрежение в системе и тем самым обеспечивает циркуляцию пара в сушильных группах. К вакуум-насосу присоединен конденсатопровод от сепаратора первой группы. Этот же насос подает конденсат в котельную. Установка оборудована тремя регуляторами, первый регулирует автоматическое удаление конденсата из сепаратора, второй регулирует работу вакуум-насоса в зависимости от противодавления в конденсационной линии перед конденсатором, а третий при помощи термостата регулирует приток охлажденной воды в поверхностный конденсатор.

Эта система более надежна в работе, чем предыдущая, но несколько сложнее. Она обеспечивает хорошую циркуляцию пара в сушильных цилиндрах, надежное удаление воздуха, хорошее использование тепла пара и отличается высоким термическим коэффициентом полезного действия. Благодаря наличию вакуум-насоса первые сушильные цилиндры могут работать с низкой температурой под разрежением, что важно при выработке некоторых видов бумаги. В этой системе, однако, так же, как и в предыдущей, могут наблюдаться колебания в температурах отдельных сушильных цилиндров, объединенных в группе одним общим сепаратором пара.

Системы с круговой принудительной циркуляцией пара. В этих системах пар заставляют циркулировать в отдельных сушильных цилиндрах или в группе, состоящей из нескольких цилиндров, при помощи инжектора, в который поступает свежий пар. Последний же засасывает вторичный пар, подводимый к инжектору от конденсационного горшка или сепаратора.

В системе с принудительной круговой циркуляцией пара в каждом сушильном цилиндре свежий пар из главного паропровода направляется в отдельные сушильные цилиндры

Рис. 185. Система парораспределения с принудительной круговой циркуляцией пара:
1 — инжектор; *2* — водоотделитель; *3* — конденсационный горшок

через инжектор. На пути к конденсационной линии устанавливается небольшой сепаратор, который отделяет конденсат и направляет его к сборнику. Отделившийся же от конденсата вторичный пар засасывается инжектором и, смешиваясь со свежим паром, снова подается в сушильный цилиндр. Инжектор создает необходимый перепад давления для циркуляции пара и для удаления конденсата в конденсационную линию.

Для успешной работы установки необходимо, чтобы между главным паропроводом и конденсационной линией был перепад давления в пределах 0,14—0,63 атм. Сушильная часть бумагоделательных машин, работающих по этой системе, имеет термический коэффициент полезного действия 0,82—0,89. Недостатком системы является отсутствие необходимой гибкости в работе, так как изменение температурного графика нагрева сушильных цилиндров здесь связано со сложной работой настройки всей системы.

В системе с групповой круговой циркуляцией пара (рис. 185) устанавливается один инжектор на группу сушильных цилиндров, один общий сепаратор и конденсационный горшок. Вторичный пар после сепаратора засасывается свежим паром в инжектор и подается обратно в сушильные цилиндры. Таким образом, здесь создается циркуляция пара в целой группе цилиндров. Воздух

отводится через воздухоотводное устройство конденсационного горшка, управляемое специальным реле изменения температуры. Этой системе присущи те же недостатки, что и предыдущей.

Более совершенными являются системы, сочетающие в себе принцип круговой циркуляции внутри сушильных цилиндров с групповым, ступенчатым подводом пара. К таким системам относятся, например, система инженерного бюро во Франкфурте на Майне, система «Цирвек» и некоторые другие. Эти системы больше удовлетворяют современным требованиям.

Рис. 186. Устройство для удаления конденсата и воздуха из сушильных цилиндров:

1 — конденсационный горшок; *2* — коллектор; *3* — термостатический регулятор; *4* — фильтр; *5* — смотровое стекло

В последнее время была разработана установка надежного отвода воздуха из отдельных сушильных цилиндров, что позволило значительно улучшить сравнительно простую систему параллельного подвода пара к сушильным цилиндрам.

В этой системе каждый сушильный цилиндр снабжен устройством (рис. 186), состоящим из конденсационного горшка, коллектора для отделения воздуха от конденсата и термостатического регулятора, управляющего отводом воздуха в атмосферу. Устройство имеет также фильтр для задержания загрязнений и смотровое стекло для наблюдения за выходом конденсата из конденсационного горшка.

Из цилиндров, работающих с давлением ниже атмосферного, воздух выпускается в линию, соединенную с вакуум-насосом, куда подается также и конденсат от этих цилиндров.

Эта система с индивидуальным отводом воздуха от каждого сушильного цилиндра обеспечивает немедленное удаление воздуха из цилиндров и предотвращает смешение его с паром и переход из секции в секцию. Таким образом, эта система обеспечивает эффективное ведение процесса сушки бумаги и удобное регулирование температур сушильных цилиндров.

Режим нагрева сушильных цилиндров и регулирование сушки бумаги

Процесс сушки бумаги на бумагоделательной машине регулируется при помощи вентиля на главном паропроводе. Открывая и закрывая этот вентиль, сушильщик увеличивает или уменьшает

приток пара сразу во все сушильные цилиндры и тем самым увеличивает или уменьшает скорость сушки бумаги. На современных бумагоделательных машинах эта операция выполняется автоматически специальными регуляторами сушки. Режим же нагрева отдельных сушильных цилиндров, или так называемый график сушки, устанавливается при помощи имеющихся на паропроводах установочных вентилей, подводящих пар к каждому сушильному цилиндру. Эти вентили обычно не регулируются при изменении влажности бумажного полотна и при работе постоянно открыты.

Подъем температур сушильных цилиндров должен быть постепенным. В первой трети сушильной части машины температуру плавно повышают от 40—60° до 80—100° в зависимости от вида бумаги. Последующие цилиндры должны иметь температуру стенок в пределах, допустимых для нормальной сушки данного вида бумаги. Для массовых видов бумаги это будет температура примерно 100—115°, для высокосортных и некоторых технических видов бумаги — 80—100°. В конце сушки на последних двух-трех цилиндрах температура снижается на 10—20°.

При выработке неклееной или слабо клееной бумаги садкого помола температура сушильных цилиндров поднимается быстрее, а при изготовлении клееной и плотной бумаги медленнее. Для получения хорошей проклейки важно, чтобы бумага была доведена до сухости 50% при температурах сушильных цилиндров, не превышающих 85—95°. Только после этого можно вести дальнейшую досушку бумаги при более высоких температурах и достижение высоких температур во второй зоне сушки оказывает благоприятное влияние на проклейку бумаги. Более резкий подъем температур первых сушильных цилиндров при выработке клееной бумаги приводит к ухудшению проклейки и засмолению сушильных цилиндров вследствие того, что при высокой температуре бумаги влажностью выше 50% смоляные частицы слипаются. Степень дисперсности клеевых частиц, таким образом, понижается, что приводит к понижению гидрофобности бумаги.

На рис. 187 даны наиболее характерные графики нагрева сушильных цилиндров при выработке 12 видов бумаги, по данным обследования автором ряда бумагоделательных машин.

Наиболее высокая температура сушильных цилиндров наблюдается при выработке бумаги с садким помолом из сульфатной небеленой целлюлозы (мешочная, картон для гофры). Здесь температура сушильных цилиндров достигает 120—130°, а кривая подъема температур идет наиболее круто. Высокая температура сушильных цилиндров наблюдается и при сушке бумаги с содержанием в композиции древесной массы (газетная, печатная № 2, мундштучная), а также слабо клееной целлюлозной бумаги из массы садкого помола (основа для мелования, печатная).

Более низкая температура сушильных цилиндров наблюдается при выработке писчей высокосортной бумаги, подпергамента и

в особенности при изготовлении тонкой конденсаторной бумаги. Эти же виды бумаги требуют и более осторожного подъема температур сушильных цилиндров по ходу сушки.

Рис. 187. Температурные графики нагрева сушильных цилиндров для различных видов бумаги:

а — на больших машинах; *б* — на малых и средних машинах; *1* — картон для гофры; *2* — газетная бумага; *3* — писчая № 1; *4* — печатная № 2; *5* — мешочная; *6* — мундштучная; *7* — основа для мелования; *8* — подпергамент; *9* — офсетная; *10* — кабельная; *11* — телефонная; *12* — конденсаторная 12 г; *13* — конденсаторная 10 г

Температурный график нагрева сушильных цилиндров необходимо систематически проверять лучковыми термопарами и на основании полученных данных исправлять. Теперь бумагоделательные машины оснащаются скользящими термометрами сопротивления ТЭП, регистрирующими температуру отдельных сушильных цилиндров, что позволяет постоянно контролировать процесс их нагрева и своевременно исправлять недостатки.

Автоматический контроль и регулирование процесса сушки бумаги

Непрерывный и автоматический контроль за основными показателями процесса сушки бумаги: давлением пара и его температурой, температурой сушильных цилиндров и влажностью бумажного полотна, а также автоматизация процесса сушки бумаги приобретают на современных бумагоделательных машинах большое значение, так как это позволяет повысить качество вырабатываемой бумаги и снизить брак при ее производстве.

В настоящее время применяются следующие аппараты показывающего, регистрирующего и регулирующего действия для контроля и управления процессами сушки:

1) автоматические регуляторы, поддерживающие постоянное давление в паровой магистрали перед главным регулирующим вентилем;

2) показывающие и регистрирующие аппараты, контролирующие влажность бумажного полотна в конце сушки, а также аппараты, контролирующие температуру стенок сушильных цилиндров;

3) автоматические регуляторы процесса сушки бумаги различных систем.

Автоматическое регулирование сушки бумаги полностью оправдывает себя на специализированных машинах, вырабатывающих один или небольшое количество видов бумаги. На бумагоделательных же машинах широкого профиля, изготовляющих разнообразный ассортимент бумаги, автоматическое регулирование сушки осложняется необходимостью специальной настройки регулятора при каждой перемене вырабатываемого на машине вида бумаги. Поэтому в подобных случаях предпочитают оснащать машину приборами показывающего или лучше регистрирующего типа (с записью процесса на диаграммной бумаге), непрерывно контролирующими температуру цилиндров и влажность вырабатываемой бумаги — основных переменных величин, характеризующих сушку бумаги.

Для надежного управления процессом сушки при ручном и автоматическом регулировании давление пара в паровой магистрали перед регулировочным вентилем, а следовательно, и его температура должны быть неизменными. Для этого на главном паропроводе (а иногда и на вспомогательных паропроводах) перед регулирующим вентилем устанавливают регулятор давления, который автоматически поддерживает постоянным давление пара в паровой магистрали. В настоящее время применяют несколько конструкций таких регуляторов: системы ЦКТИ, Арка, Аскания и некоторые другие.

Регулятор давления пара системы Аскания, широко применяющийся в промышленности (рис. 188), имеет чувствительный орган (приемник) в виде изогнутой пружинящей трубки манометра, соединенной трубкой с главным паропроводом после клапана,

регулирующего давление в паропроводе. При изменении давления пара в магистрали чувствительная трубка манометра изгибается и передвигает подвижное сопло в камере, через которое прогоняется

Рис. 188. Регулятор давления пара системы Аскания:
1 — подвижное сопло; *2* — камера; *3* — масляный насос; *4* и *5* — маслопроводы; *6* — поршень; *7* — паровой клапан; *8* — шток клапана; *9* — паропровод

масло под давлением от 2 до 4 ат при помощи небольшого насоса. Против наконечника сопла имеется два канала, соединенных двумя трубками с поршнем. В зависимости от положения сопла давление масла в обеих трубочках будет изменяться, а это в свою

очередь будет вызывать перемещение поршня, который системой передач связан с клапаном, регулирующим открытие пара в паропроводе. Таким образом, изменение давления пара в паровой магистрали будет вызывать перемещение манометрической пружины и связанного с ней сопла, через которое подается масло для приведения в движение поршня, управляющего паровым клапаном.

Аппараты, контролирующие и регулирующие процесс сушки бумаги

В настоящее время сконструировано и применяется в промышленности большое число различных аппаратов показывающего, регистрирующего и регулирующего типа для контроля и автоматического регулирования влажности бумаги в процессе сушки. Действие этих аппаратов основывается на восприятии импульса от изменения одного из переменных факторов, связанных с изменением свойств бумаги при сушке.

Такими переменными факторами являются: усадка бумаги при сушке; влажность бумаги; температура бумаги и расход пара на сушку бумаги.

Аппараты, действие которых основано на изменении усадки бумаги при сушке. Как известно, бумага подвергается усадке в процессе сушки. При этом натяжение бумажной ленты между сушильными цилиндрами изменяется при различной влажности бумажного листа.

Регулятор, использующий в качестве импульса для регулирования влажности бумаги в процессе сушки ее усадку, состоит из помещаемого в конце сушильной части между цилиндрами чувствительного валика, который огибает бумажная лента. При изменении усадки бумаги в зависимости от ее влажности меняется и натяжение бумажного полотна, что заставляет перемещаться валик. Посредством системы рычагов и троса движение валика передается на исполнительный механизм, закрывающий и открывающий клапан на главном паропроводе. Это — старая конструкция регулятора прямого действия. В новой и более совершенной конструкции регулятора непрямого действия перемещением валика пользуются для передвижения поршня гидравлического сервомотора, который перемещает клапан на паропроводе.

Регуляторы этого типа мало совершенны, так как на усадку бумаги, кроме влажности, влияет степень помола массы, механическое натяжение и некоторые другие условия отлива, например неравномерность веса 1 м^2 бумаги по ширине полотна и др.

Аппараты, действие которых основано на изменении влажности бумаги. Более многочисленная группа регистраторов и регуляторов сушки бумаги работает на принципе получения импульса для регулирования притока пара на машину путем непосредственного измерения влажности самого бумажного полотна.

Влажность бумаги можно определить путем измерения:

а) электропроводности бумаги, которая находится в прямой зависимости от влажности;

б) диэлектрической постоянной, которая также является функцией влажности бумаги; при этом можно измерять диэлектрическую постоянную как самой бумаги, так и вспомогательного гигроскопического тела, находящегося вблизи бумаги;

в) влажности кондиционированного воздуха, пропускаемого над бумагой.

Рис. 189. Схема Мойстографа:

1 — контактный валик; *2* — сушильный цилиндр; *3* — электронный усилитель; *4* — гальванометр; *5* — источник питания; R_1, R_2, R_3, R_4 — движки сопротивления

К числу регуляторов и регистраторов влажности этого типа относятся Мойстрограф, Сиккометры различных систем и так называемый Вериграф.

Регистратор влажности Мойстограф (рис. 189) работает по методу измерения электропроводности бумаги, которая изменяется в зависимости от содержания влаги.

Чувствительным органом прибора, или приемником, является контактный ролик из нержавеющей стали диаметром 100 мм и длиной 300 мм. Ролик располагается поперек машины в конце сушильной части на одном из последних сушильных цилиндров так, чтобы между ним и сушильным цилиндром проходила бумага. Ролик включается в одно из плеч мостика Уитстона, и бумага, проходящая между контактным валиком и цилиндром, является таким образом сопротивлением, величина которого меняется в зависимости от содержания влаги в бумажном полотне. В одну из диагоналей моста через электронный усилитель включается гальванометр самописца, во вторую — источник питания.

При изменении электрического сопротивления бумаги мост выходит из равновесия, вследствие чего стрелка гальванометра отходит от нулевого положения. Это приводит в действие механизм прибора, который передвигает движок сопротивления R_1 и восстанавливает равновесие моста. Таким образом, каждой величине электрического сопротивления бумаги соответствует вполне определенное положение движка сопротивления R_1. С последним связана стрелка самописца, записывающего влажность бумаги в процентах.

На показания приборов, действующих по этому принципу, влияют присутствующие в бумаге минеральные наполнители и про-

клеивающие вещества, а потому при градуировке шкалы прибора это должно быть учтено.

На этом же принципе основано действие регистратора влажности системы Морозова и Кожемякина. Однако в нем применена не мостиковая схема, а схема лампового омметра с заземленной анодной цепью.

В основу действия приборов, известных под названием Сиккометров положено измерение диэлетрической постоянной, которая меняется в очень широких пределах: от 2—3,5 у сухой бу-

Рис. 190. Принципиальная схема Сиккометра:
1 – приемник; *2* — мост для измерения емкости; *3* — конденсатор; *4* — усилитель; *5* — измерительный прибор; *6* — источник питания; *7* — фильтр

маги до 81,7 у воды. Диэлектрическую постоянную измеряют при помощи специального конденсатора, через поле которого проходит полотно бумаги. Конденсатор Сиккометра выполнен несколько необычно: один электрод его сделан в виде пластинки с большим количеством отверстий, другой электрод состоит из связанных между собой штифтов, которые своими концами пропущены в отверстия первого электрода. Второй электрод вкладывается в первый, но не соприкасается с ним. Конденсатор, по которому скользит бумага, устанавливается между холодильным цилиндром и каландром и включается в цепь мостика Уитстона. При изменении влажности бумаги изменяется емкость конденсатора, в результате чего на измерительной диагонали моста возникает соответствующий ток, который подается на ламповый усилитель, усиливается и через фильтр подводится к измерительному прибору. Этот же ток может служить импульсом для передвижения регулирующего клапана на паропроводе. Принципиальная схема Сиккометра приведена на рис. 190.

К аналогичным конструкциям аппаратов можно отнести аппарат для автоматического измерения влажности бумаги В. Я. Тя-

гунова, регулятор влажности бумаги В. С. Смирнова и А. В. Голубева, конденсатор для измерения влажности бумаги В. С. Смирнова.

Принцип измерения влажности бумаги по диэлектрической постоянной вспомогательного гигрочувствительного тела воплощен в аппарате, известном под названием Вериграф (рис. 191).

Рис. 191. Схема установки Вериграфа:
1 — приемник; *2* — самописец с указывающим устройством

Чувствительный орган этого прибора, устанавливаемый перед каландром, состоит из специальной камеры, внутри которой помещен конденсатор с гигроскопической прокладкой, диэлектрическая постоянная которой меняется с изменением влажности бумаги.

Камера располагается на машине так, чтобы движущаяся бумажная лента перекрывала ее открытую сторону. Относительная влажность воздуха в камере находится в определенной зависимости от влажности бумажного полотна. Изменения влажности бумаги через чувствительный орган прибора — камеру и исполнительную связь передаются на самописец и одновременно подаются на регулирующее устройство, управляющее движением парового клапана.

По этому принципу работает Вериграф системы «Фоксборо» и регулятор влажности Центрального научно-исследовательского института бумаги.

Аппараты, действие которых основано на измерении температуры бумаги. Аппараты, использующие в качестве импульса для регулирования влажности температуру бумажного листа, применяются реже по сравнению с предыдущими системами. Как известно, температура бумаги увеличивается при понижении влажности, так как теплоемкость сухой бумаги меньше, чем влажной, и этот фактор используется для регулирования влажности бумаги в конце сушки.

Температуру бумажного полотна измеряют при помощи чувствительной термопары, установленной в конце сушильной части машины. Импульс изменения температуры посредством специального реле воздействует на пневматическую систему, которая в свою очередь управляет движением парового клапана.

Аппараты, действие которых основано на изменении расхода пара на сушку бумаги. В аппаратах этого типа, широко применяющихся на американских предприятиях, в качестве импульса для регулирования влажности бумаги используется потребление пара отдельным сушильным цилиндром. Для этой цели выбирают один из сушильных цилиндров, расположенный во второй половине сушильной части, и подают к нему постоянное количество пара при помощи специального регулятора, поддерживающего постоянный перепад давления до и после диафрагмы, которая установлена на подающем паропроводе. От влажности бумаги, проходящей над этим цилиндром, зависит скорость конденсации пара внутри цилиндра, а значит и давление пара. Изменение давления пара используется как импульс для воздействия на паровой клапан, регулирующий поступление пара во все сушильные цилиндры бумагоделательной машины.

РАСЧЕТЫ ПО СУШИЛЬНОЙ ЧАСТИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Определение поверхности сушильных цилиндров

Размер поверхности сушильной части бумагоделательной машины, а следовательно, и количество сушильных цилиндров зависят от многих факторов и в первую очередь:

1) от производительности машины, которая в свою очередь зависит от скорости машины, ее рабочей ширины и веса 1 м^2 бумаги;

2) свойств самой бумаги и ее способности переносить более быструю или более медленную сушку без ущерба для качества;

3) от температурного графика сушки и применяемого давления пара;

4) от конструкции сушильной части машины: типа сушильных

цилиндров и системы парораспределения; размеров поверхности сукносушильных цилиндров, свойств сушильных сукон и др.;

5) от начальной и конечной влажности высушиваемой бумаги;

6) от условий вентиляции машины и некоторых других факторов.

Рабочую поверхность сушильных цилиндров машины можно определить из выражения

$$Q = F_р K (t_п - t_б), \tag{113}$$

откуда:

$$F_р = \frac{Q}{K (t_п - t_б)}, \tag{114}$$

где:

Q — количество тепла, передаваемое бумаге в сушильной части, в ккал/час;

$t_п$, $t_б$ — температура пара и температура бумаги в град.;

K — коэффициент теплопередачи от пара к бумаге в $\frac{ккал}{м^2 \cdot час \cdot град}$;

$F_р$ — рабочая поверхность сушильных цилиндров в $м^2$.

Для расчета сушильной поверхности по этой формуле необходимо знать температурный график нагрева сушильных цилиндров и давление пара в разных секциях сушильной части машины, изменение температуры бумаги и ее влажности в различных секциях сушильной части, а также изменение коэффициента теплопередачи в разных стадиях сушки.

К сожалению, процесс сушки бумаги на бумагоделательной машине в настоящее время еще не достаточно хорошо изучен и нет пока точных данных для теоретического расчета размеров поверхности сушильной части машины при сушке разных видов бумаги на основании выше приведенной формулы. Поэтому более правильные результаты расчетов получаются при использовании практических удельных норм съемов воды с 1 $м^2$ рабочей поверхности сушильных цилиндров в килограммах в час.

Для практических расчетов лучше пользоваться данными по съемам воды, а не бумаги, так как количество испаряемой воды на 1 кг бумаги зависит от конструкции и работы мокрых прессов. Удельный съем воды (или бумаги) может быть отнесен к 1 $м^2$ общей или рабочей поверхности сушильных цилиндров. Удобнее пользоваться съемами, отнесенными к рабочей поверхности сушильных цилиндров, а от нее переходить к общей поверхности, зная конструктивные особенности машины и соотношение между общей и рабочей поверхностями сушильных цилиндров.

Данные об отношении между рабочей и общей поверхностью сушильных цилиндров для открытых бумагоделательных машин приведены на стр. 511.

Удельный съем воды с 1 м² рабочей $(S_р^в)$ и общей $(S_о^в)$ поверхности сушильных цилиндров определяется по формулам:

$$S_р^в = \frac{W}{F_р} \text{ кг/час}; \quad S_0^в = \frac{W}{F_0} \text{ кг/час}, \tag{115}$$

а удельный съем бумаги с рабочей $(S_р^б)$ и общей $(S_о^б)$ поверхности по формулам:

$$S_р^б = \frac{Q}{F_р} \text{ кг/час}; \quad S_0^б = \frac{Q}{F_0} \text{ кг/час}, \tag{116}$$

где:

W — количество испаряемой воды в кг/час;

Q — часовая выработка бумаги в кг/час;

$F_р$, $F_о$ — рабочая и общая сушильные поверхности в м².

В табл. 57 приводятся нормы удельной производительности сеточных и сушильных частей, предложенные автором на основании обследования действующих бумагоделательных машин.

Указанные выше удельные съемы соответствуют практике работы бумагоделательных машин с применением насыщенного пара давлением не свыше 3,5 ата. При использовании пара высокого давления, до 8—10 ата, для бумаги из сульфатной целлюлозы типа крафт-упаковочной и мешочной, а также бумаги, вырабатываемой на самосъемочных машинах, удельные съемы повышаются на 40—50%.

Данные табл. 57 показывают, что съем воды с 1 м² рабочей поверхности сушильных цилиндров колеблется в очень широких пределах от 3 и до 25 кг для открытых столовых машин и до 60 кг для самосъемочных машин, что обусловлено в первую очередь типом машины и видом вырабатываемой бумаги.

Размер общей сушильной поверхности $F_о$ можно определить по формуле

$$F_0 = \frac{F_р}{K_1} = \frac{W}{S_п^в \cdot K_1} \text{ м}^2, \tag{117}$$

где:

W — часовое количество воды, испаряемое из бумаги на машине;

$S_п^в$ — удельный съем воды с 1 м² рабочей поверхности сушильной части машины в кг/час;

K_1 — соотношение между общей и рабочей поверхностью сушильных цилиндров:

$$K_1 = \frac{F_р^*}{F_0}. \tag{118}$$

---

* При определении рабочей поверхности сушильных цилиндров точнее пользоваться аналитическим методом расчета, предложенным Ф. Г. Шухманом (Ф. Г. Шухман «Бумагоделательные машины» ч. II, стр. 108, 1957.(*Ред*)

Таблица 57

Удельная производительность сеточного стола и сушильной части машины

Вид бумаги	Вес бумаги в г/м² q	Скорость машины в м/мин v	Начальная сухость в % $C_н$	Конечная сухость в % $C_к$	Удельный съем бумаги с сеточного стола в кг/час·м² $S_с^б$	Удельный съем воды с сушильной поверхности в кг/час·м²	
						рабочей $S_р^в$	всей, включая сукносушители, $S_в^в$
Газетная	50—52	<300	32—33	93	70—80	20—22	10,5—11
		400	32—33	93	95	20—22	10,5—11
		500	32—33	93	112	20—22	10,5—11
		600	31—32	93	130	20—22	10,5—11
		700	31—32	93	150	20—22	10,5—11
Бумага с древесной массой типа писчей и печатной № 2 и 3	60—65	150—200	34—37	94	65—70	19—21	9,5—10,5
		300	33—34	94	85—90	19—21	9,5—10,5
		400	32—33	94	105	19—21	9,5—10,5
То же типа мундштучной и обойной	80—120	100—150	35—40	93—94	65—80	21—22	10—10,5
		200	34—35	93—94	85—92	21—22	10—10,5
		250	33—34	93—94	100—110	21—22	10—10,5
То же типа пачечной и шпульной	160	<70	38—40	93	60—70	18—20	8,5—9,0
		80—100	35—37	93	70—80	18—20	8,5—9,0
Оберточно-упаковочные	70—200	<100	37—40	92	60—70	20—25	10—11
		>100	34—36	92	70—80	20—25	10—11
Беленые целлюлозные виды бумаги типа писчей и печатной № 1	70—80	100—150	36—40	94	60—65	16—18	7—8
		200	35—36	94	70—75	16—18	7—8
		250	33—34	94	75—80	16—18	7—8
То же, но более плотные с наполнителями (офсетная, литографская и др.)	90—160	<100	36—40	94	36—65	16—17	7,0—7,5
		>100	35—37	94	55—75	16—17	7,0—7,5

Плотные целлюлозные бумаги с малым содержанием наполнителя (основа фотоподложки, чертежная, рисовальная и др.)	130—200	50—100	36—40	94—95	45—60	15—16	6,5—7,0
Высокосортные бумаги с тряпичной полумассой	80—160	40—100	36—38	94—95	40—50	12—14	5—6
Обложечные	80—120	100	36—40	94	60—70	18—20	8,5—9,5
		150—200	34—36	94	75—90	18—20	8,5—9,5
Впитывающие	55—75	<100	36—40	95	45—55	15—16	7—8
		>100	36—40	95	60—70	15—16	—
Жиронепроницаемые:							
пергамин	40	100—150	33—36	93	30—35	12—15	5—5,5
подпергамент	40—45	<100	29—32	93	25—30	8—10	3,5—4
чертежная прозрачная	—	<100	28—30	93	10—15	5—6	2—2,5
Тонкие бумаги:							
папиросная копировальная	14—16	60—80	28—32	93	10—15	10—12	4—5
основа для парафинирования и др.	20—35	100—120	31—35	93	15—20	12—16	5—7
Электроизоляционные двухслойные:							
тонкие	40—60	100—125	34—35	94	12—15	10—12	4,5—5,0
плотные	100—150	50—100	35—36	94	20—25	14—16	6,0—7,0
Крафт-мешочные и крафт-упаковочные	60—90	200	28—32	93	70	22—25	19—11
		300	28—32	93	90	22—25	—
		400	28—32	93	110	30—32*	14—16
		500	28—32	93	130	30—32*	—
		600	28—32	93	150	30—32*	—
Конденсаторные	8—15	40—60	25—27	92	2—4	3—5	1,5—2,5
	16—27	40—60	27—28	92	4—8	5—7	2,5—3,0
Односторонней гладкости (на самосъемочных машинах)	20—22	<100	28—29	94	30—35	20—25	—
	30—60	<125	30—32	94	35—40	40	—
То же оберточные	40—70	<100	30—32	92	35—40	50—60	—
Тонкие и крепированные санитарно-гигиенические бумаги	9—18	400—800	—	—	50—65	100—120*	

* Применяется для сушки пар давлением 8 ата.

Количество же бумагосушильных цилиндров n будет

$$n = \frac{F_0}{f}, \tag{119}$$

где f — боковая поверхность одного бумагосушильного цилиндра, определяемая по формуле:

$$f = \pi d l \text{ м}^2. \tag{120}$$

Здесь:

d — диаметр сушильного цилиндра в м;

l — длина сушильного цилиндра в м.

Размер поверхности сукносушильных цилиндров обычно составляет 30—35% от общей боковой поверхности бумагосушильных цилиндров. На быстроходных машинах при выработке газетной и печатной бумаги с древесной массой в композиции и при наличии хлопчатобумажных сукон поверхность сукносушильных цилиндров нередко снижали до 10—20%, но, как показала практика эксплуатации современных быстроходных машин, это нельзя считать оправданным.

В качестве примера определим размер сушильной части бумагоделательной машины с необрезной шириной 2560 мм, предназначенной для выработки писчей бумаги № 1 весом 1 м² 70 г при скорости 140 м/мин.

Часовая производительность машины брутто без учета холостого хода машины составит: $2{,}56 \cdot 140 \cdot 0{,}07 \cdot 60 = 1500$ кг/час.

Принимаем сухость бумажного полотна после прессовой части машины 35% и после сушки 95%. Тогда количество воды, испаряемой на 1 кг воздушно-сухой бумаги (при сухости 95%), составит $\frac{95-35}{35} = 1{,}72$ кг/кг

Общее количество воды, испаряемой в час, будет $1500 \cdot 1{,}72 = 2580$ кг/час.

Примем испарительную способность с 1 м² рабочей поверхности сушильных цилиндров для данного вида бумаги 14 кг/час, тогда общая сушильная поверхность будет:

$$F_0 = \frac{2580}{14 \cdot 0{,}6} = 308 \text{ м}^2,$$

где 0,6 — отношение между рабочей и общей сушильной поверхностью.

При усадке бумаги во время сушки в поперечном направлении на 4% ширина бумаги при поступлении в сушильную часть составит $\frac{2560}{0{,}96} = 2680$ мм, а длина сушильного цилиндра должна быть не менее 2800 мм. Таким образом, боковая поверхность сушильного цилиндра при диаметре его 1,5 м будет $f = 3{,}14 \cdot 1{,}5 \cdot 2{,}8 = 13{,}2$ м², а количество бумагосушильных цилиндров

$$n = \frac{308}{13{,}2} = 23{,}4, \text{ округлим до } 24.$$

Поверхность сукносушильных цилиндров примем равной 35% от общей поверхности бумагосушильных цилиндров: $308 \cdot 0{,}35 = 108$ м². Если принять диаметр цилиндра таким же, как и для бумагосушильного цилиндра, т. е. 1,5 м, то количество сукносушильных цилиндров будет $\frac{108}{13{,}2} \approx 8$.

Для чисто целлюлозных видов бумаги, изготовляемых из массы со сравнительно невысокой степенью помола, в одной секции (по приводу) может находиться шесть-восемь сушильных цилиндров. Поэтому мы разбиваем всю сушильную часть на четыре секции по шесть сушильных цилиндров. Таким образом, у нас будет восемь сушильных групп по одному сукносушильному цилиндру в сукне.

Расчет расхода тепла на сушку бумаги

Расход тепла на сушку бумаги складывается из полезного расхода тепла $Q_{пол}$, которое затрачивается на нагрев волокна и воды в мокром бумажном полотне, поступающем на сушку, до средней температуры сушки и на испарение воды, удаляемой при сушке, а также из тепловых потерь в окружающее пространство $Q_{пот}$, которые получаются за счет конвекции и излучения поверхностью сушильных цилиндров, сукнами и самой бумагой.

Общий расход тепла на сушку бумаги, таким образом, будет

$$Q_{общ} = Q_{пол} + Q_{пот}. \qquad (121)$$

Полезный расход тепла можно определить по формуле

$$Q_{пол} = G \cdot c\,(t_к - t_н) + W_н\,(t_к - t_н) + W\,(i - t_с) \text{ ккал/час}, \qquad (122)$$

где:

G — вес абсолютно сухой бумаги в кг/час;
$W_н$ — вес воды, содержащейся в мокром полотне бумаги, которая поступает на сушку, в кг/час;
W — количество воды, испаряемой из бумаги, в кг/час;
$t_н$; $t_к$ — начальная и конечная температура бумаги;
$t_с$ — средняя температура сушки (практически можно принять $t_к = t_с$);
i — теплосодержание насыщенного пара, отвечающее средней температуре сушки в ккал/кг;
c — теплоемкость абсолютно сухой бумаги в $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}\cdot\text{град}}$.

Тепловые потери $Q_{пот}$ определяются по формуле

$$Q_{пот} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7 + q_8 + q_9 + q_{10} \text{ ккал/час}, \qquad (123)$$

где:

q_1 — потери тепла свободными участками бумажного полотна;
q_2 — потери тепла свободными участками сушильных сукон;
q_3 — потери тепла днищами бумагосушильных цилиндров;
q_4 — потери тепла днищами сукносушильных цилиндров;
q_5 — потери тепла открытой боковой поверхностью бумагосушильных цилиндров;
q_6 — потери тепла открытой боковой поверхностью сукносушильных цилиндров;

q_7 — потери тепла боковой поверхностью сушильных цилиндров, покрытых бумагой и сукнами;

q_8 — потери тепла боковой поверхностью сушильных цилиндров, покрытых бумагой, но не покрытых сукнами;

q_9 — потери тепла боковой поверхностью бумагосушильных цилиндров, покрытых сукном, но не покрытых бумагой;

q_{10} — потери тепла боковой поверхностью сукносушильных цилиндров, покрытых сукнами.

Все эти потери определяются по известным формулам тепловых расчетов с учетом величины поверхности, излучающей тепло, разности температур и коэффициентов теплопередачи, которые подсчитывают для каждого случая особо.

Потери тепла свободными участками бумаги и сукон q_1 и q_2 подсчитывают по формуле

$$q_1 = 2F_б\alpha(t_б - t_в). \qquad (124)$$

Потери тепла открытыми и закрытыми участками сушильных цилиндров q_3, q_4, q_5 и q_6 узнают по формуле

$$q_5 = F_ц \cdot K(t_п - t_в). \qquad (125)$$

Здесь:

$F_б$ — поверхность бумаги (сукна) в м^2;

$F_ц$ — поверхность сушильного цилиндра, излучающая тепло, в м^2;

α — коэффициент теплоотдачи от бумаги (сукна) воздуху в $\frac{ккал}{м^2 \cdot час \cdot град}$;

K — коэффициент теплопередачи от пара воздуху через стенку цилиндра и укрытие в $\frac{ккал}{м^2 \cdot час \cdot град}$;

$t_б$ — температура бумаги (сукна) в град. Ц;

$t_п$ — температура пара в град. Ц;

$t_в$ — температура воздуха в град. Ц.

Отношение полезного тепла, затрачиваемого на сушку, $Q_{пол}$ к общему расходу тепла $Q_{общ}$ называют **термическим коэффициентом полезного действия сушки**. Его выражают в долях от единицы или в процентах

$$\eta = \frac{Q_{пол}}{Q_{общ}}, \text{ или } \eta = \frac{Q_{пол} \cdot 100}{Q_{общ}}\,\%. \qquad (126)$$

Термический коэффициент полезного действия сушильной части зависит от конструкции машины, системы вентиляции, ее нагрузки и начальной, а также конечной влажности бумаги.

Для бумагоделательных машин открытого типа этот коэффициент обычно находится в пределах 65—70%. При этом он повышается с увеличением влажности бумаги и нагрузки машины,

Внутри сушильной части термический к. п. д. сушки отдельных секций постепенно понижается с 76—77% в средней части до 40—50% в конце сушильной части. В первой четверти сушильных цилиндров, где происходит подогрев бумаги, этот коэффициент несколько ниже, чем во второй четверти, и составляет 73—74%.

У машин, вырабатывающих бумагу односторонней гладкости, термический коэффициент полезного действия составляет 71—72%, а у самосъемочных машин достигает 92%.

Нормальная испарительная способность 1 кг пара низкого давления составляет 0,56—0,57 кг/кг воды (т. е. для испарения 1 кг воды требуется 1,75—1,80 кг пара).

Изменение термического к. п. д. η сушильных частей бумагоделательных машин открытого типа, расхода тепла Q и пара D на сушку 1 кг бумаги в зависимости от начальной сухости бумаги ($C_н$) показано в табл. 58.

Таблица 58

Термический коэффициент полезного действия сушильной части

Начальная сухость бумаги $C_н$ в %	Термический к. п. д. η в %	Расход полезного тепла $Q_{пол}$ в ккал/кг	Расход общего тепла $Q_{общ}$ в ккал/кг	Расход пара D в кг/кг
25	68,9	1778	2580	4,90
26	68,8	1685	2451	4,68
28	68,6	1524	2222	4,22
30	68,3	1382	2023	3,84
32	68,0	1259	1851	3,52
34	67,6	1150	1701	3,23
36	67,1	1053	1569	2,98
38	66,6	966	1451	2,76
40	65,9	888	1348	2,56
42	65,0	818	1259	2,39
45	63,3	723	1102	2,17
50	59,0	592	1003	1,91

Данные табл. 58 справедливы для сушки бумаги невысокой степени помола.

В табл. 59 приводятся данные результатов расчета тепловых потерь для сушильной части бумагоделательной машины рабочей шириной 2,5 м при выработке писчей бумаги № 1 на скорости 140 м/мин.

Таким образом, наибольшее количество тепла ($\approx$50%) теряется свободными участками сушильных сукон. Всего же на сукна приходится (по п. 2, 7, 9 и 10 табл. 59) около 70% всех потерь, что составляет около 20—25% от всего тепла, расходуемого на сушку бумаги. Эти потери тепла сукнами и должны быть компенсированы при прохождении их через сукносушильные цилиндры.

Таблица 59

Тепловые потери при сушке бумаги на бумагоделательной машине

№ по пор.	Источник потерь тепла	Потери тепла	
		в ккал/кг	в %
1	Свободные участки бумаги	23,6	4,4
2	» » сукон	267,0	49,9
3	Днища бумагосушильных цилиндров . .	38,0	7,0
4	» сукносушильных » . .	14,7	2,7
5	Открытая боковая поверхность бумагосушильных цилиндров	46,6	8,7
6	То же сукносушильных цилиндров . . .	15,8	2,9
7	Боковая поверхность бумагосушильных цилиндров, покрытая бумагой и сукном	60,0	11,2
8	То же, покрытая бумагой	24,6	4,6
9	» » » сукном	4,1	0,8
10	Боковая поверхность сукносушильных цилиндров, покрытая сукном	41,6	7,8
	Всего . . .	536,0	100

ВЕНТИЛЯЦИЯ ЗАЛА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Процесс сушки бумаги состоит из двух основных этапов:

1) испарения влаги из мокрого полотна бумаги (собственно сушки) и

2) удаления насыщенного водяными парами воздуха от машины и замена его сухим, теплым воздухом (вентиляция).

Если не позаботиться об удалении из зала бумагоделательных машин влажного воздуха и о замене его теплым сухим воздухом, то процесс сушки ухудшится и пары будут конденсироваться из пересыщенного влагой окружающего воздуха в виде тумана или дождя. Это и происходит на производстве в случае внезапной остановки вентиляционных агрегатов. Образование тумана и капель воды на потолке наблюдается также при чрезмерном охлаждении потолка и влажного воздуха под перекрытием и при сквозняках, например от окон в зимнее время. Поэтому правильно сконструированная вентиляция зала бумагоделательных машин чрезвычайно важна для нормального процесса сушки бумаги на машине.

Количество свежего воздуха, необходимое для вентиляции зала, а также количество удаляемого из помещения влажного воздуха определяются с учетом его параметров: температуры и относительной влажности и, следовательно, зависят от времени года и климатических условий.

Зависимость влагосодержания 1 кг воздуха при полном насыщении от температуры показана на рис. 192.

Влагосодержание воздуха в зимнее время при низкой температуре невелико и обычно не превышает 1—3 г/кг, с повышением же температуры влагосодержание воздуха резко увеличивается.

В холодное время года наружный воздух, вводимый в помещение, подогревается в специальных калориферах или теплообменниках до 20—25°. Далее его температура еще выше поднимается за счет тепла, излучаемого сушильной частью машины и передаваемого парами воды, которые удаляются из бумаги. В результате этого температура отходящего влажного воздуха достигает 40—50° и выше.

При температуре отходящего воздуха 40° влагосодержание 1 кг сухого воздуха при полном его насыщении составляет 48,6 г против 0,8 г, например, при температуре наружного воздуха —20° и, следовательно, 1 кг воздуха, нагретого с —20° до 40°, может добавочно поглотить 47,8 г воды, испаренной из бумаги. В летнее же время, когда температура наружного воздуха выше, влагоемкость воздуха, вводимого в помещение бумажного зала, меньше. Так, при температуре наружного воздуха 20° влагоемкость 1 кг воздуха составит 48,6—14,6 = 34 г.

Рис. 192. Зависимость от температуры влагосодержания воздуха при полном насыщении

Практически приходится довольствоваться более низкими цифрами влагоемкости воздуха, так как при полном насыщении отходящего влажного воздуха всегда имеется риск образования тумана и капель при малейшем охлаждении воздуха.

При проектировании вентиляционных установок без использования тепла отходящего воздуха принимают обычно температуру уходящего из помещения влажного воздуха 35—40°, при относительной влажности 70—75%. Более высокая температура отходящего воздуха в этом случае приводит к тяжелым гигиеническим условиям работы в цехе из-за жары. При проектировании вентиляционных установок с регенерацией тепла сушильная часть машины заключается под колпак, что позволяет повысить температуру отходящего влажного воздуха без риска повышения температуры воздуха в помещении зала бумагоделательных машин. Это дает возможность повысить температуру и влагоемкость воздуха, умень-

шить его количество и улучшить работу теплообменников, уменьшив одновременно их размеры.

При проектировании современных вентиляционных установок с теплообменниками и колпаком над сушильной частью машины принимают обычно следующие параметры отходящего влажного воздуха: $t_у = 45—50°$, $\varphi_у = 60—65\%$, температуру же в помещении зала бумагоделательных машин принимают 20—23°.

Рис. 193. Количество воздуха, необходимое для вентиляции при разной наружной температуре и при параметрах отходящего воздуха: $t° = 45°$ и $\varphi = 65\%$:

I — количество воздуха (L) в кг на 1 кг бумаги; *II* — количество воздуха L_1 в м³ на 1 кг бумаги; *III* — вес 1 м³ воздуха (γ) в кг

Количество сухого воздуха L, необходимого для удаления 1 кг испаряемой воды, рассчитывается по формуле

$$L = \frac{1000}{d_у \cdot \varphi_у - d_п \varphi_п} \text{ кг}, \tag{127}$$

где:

$d_у$ и $d_п$ — содержание влаги в 1 кг уходящего и поступающего свежего воздуха при полном насыщении в г;

$\varphi_у$ и $\varphi_п$ — относительная влажность уходящего и поступающего свежего воздуха.

Для подсчета количества воздуха, требующегося для удаления W кг воды, формула приобретает следующий вид

$$L = \frac{W \cdot 1000}{d_у \varphi_у - d_п \varphi_п} \text{ кг}. \tag{128}$$

Количество воздуха, необходимое для удаления 1 кг испаряемой воды при разных температурах свежего воздуха и при температуре уходящего влажного воздуха 45° показано на рис. 193. Относительная влажность свежего и уходящего воздуха принята 65%.

Для удаления 1 кг влаги зимой требуется около 17—19 м³ свежего воздуха, а летом 23—30 м³, т. е. примерно в полтора раза больше.

Так как 1 м³ влажного воздуха при полном его насыщении и при температуре 45° весит 1,07 кг, при температуре 20°—1,194 кг, а при температуре —20°—1,394 кг, объем свежего воздуха, подаваемого в зал бумагоделательных машин для вентиляции, будет меньше, чем удаляемого из помещения влажного воздуха в летнее время примерно на 10%, а в зимнее время на 20—25%.

Так как в летнее время необходимо большее количество воздуха, чем в зимнее, то при выборе размеров вентиляторов ориентируются на летние условия работы, и количество требующегося свежего и удаляемого воздуха рассчитывают по средним параметрам его за наиболее теплый месяц года — июль. Расчет же нагревательных устройств для подогрева свежего воздуха производят по наиболее холодному месяцу—январю.

Вентиляционные установки зала бумагоделательных машин

Раньше, при малой производительности бумагоделательных машин, приточные вентиляторы с подогревом свежего воздуха иногда не устанавливались. Свежий воздух в этом случае засасывался в зал бумагоделательных машин из соседних помещений. Удаление же влажного воздуха от бумагоделательных машин осуществлялось либо вентиляторами, установленными на боковой стене против сушильной части машины, либо естественной тягой при помощи высоких вытяжных труб большого сечения, находящихся над сушильной частью машины. В последнем случае над сушильной частью машины иногда устанавливался колпак. Для предотвращения конденсации влаги по потолку зала укладывали трубы, обогреваемые паром. Подобные вентиляционные установки можно сейчас встретить только на некоторых устаревших маленьких фабриках. На современных предприятиях такие установки больше не применяются.

Вентиляционные установки с вытяжными шахтами. В этих установках влажный воздух удаляется при помощи большой вытяжной шахты, устанавливаемой на перекрытии зала над всей сушильной частью бумагоделательной машины. Часто одна такая шахта обслуживает две рядом стоящие в одном зале машины. Длина шахты должна соответствовать длине сушильной части, высота ее делается около 10 м, а ширина зависит от производительности машин. Ширину шахты рассчитывают с учетом количества отходящего воздуха, проходящего через шахту при нормальной скорости воздуха 1—1,5 м/сек. При устройстве шахты обращают внимание на то, чтобы дождь и снег не попадали через нее в помещение бумагоделательных машин и чтобы пар не конденсировался в шахте. Для этой цели уменьшают теплопроводность стенок шахты,

а под отверстием шахты, в потолке, устанавливают предохранительный щит-поддон с отводом в канализацию при помощи труб скапливающегося на нем конденсата.

При высоте шахты меньшей чем 10 м возможно нарушение тяги и задувание воздуха снаружи. Для возможности регулирования тяги и количества удаляемого воздуха внутри шахты уста-

Рис. 194. Вытяжная вентиляционная шахта:
1 — шахта; *2* — подача приточного воздуха под машину; *3* — то же в зал бумагоделательных машин; *4* — обдувка потолка теплым воздухом; *5* — вентилятор; *6* — калориферы

навливают дроссель-клапаны, поворотом которых можно изменять сечение шахты. Устройство шахты показано на рис. 194.

Свежий воздух в этой системе вентиляции подогревается до 20° в специальных подогревателях и подается вентилятором под потолок, а иногда и под машину. Для обогрева потолка зала бумагоделательных машин часто применяют вентиляционные агрегаты или прокладывают обогревательные трубы.

Вентиляционная установка с вытяжными трубами. В вентиляционной установке этой системы для удаления влажного воздуха применяются вытяжные трубы большого сечения или одна большая шахта такого же типа, как и в предыдущей системе, однако приток свежего воздуха осуществляется иначе. Свежий наружный воздух здесь подогревается до температуры 40—45° в специальном воз-

душном подогревателе и посредством вентилятора подается по двум воздуховодам в зал бумагоделательных машин. Воздуховоды проложены под потолком вдоль всей машины и имеют боковые отверстия, через которые выходит теплый воздух, обогревающий с обеих сторон потолок над сушильной частью бумагоделательной машины.

Под сушильной частью машины также часто устраивают канал и подводят туда нагретый воздух.

При удалении влажного воздуха при помощи вытяжных шахт колпак над сушильной частью машины не ставят.

Вентиляционные установки с вытяжкой влажного воздуха посредством шахт применяются в странах с мягким климатом; встречаются они и у нас на старых машинах. Однако в настоящее время при проектировании новых предприятий применяются более совершенные установки с использованием тепла отходящего воздуха.

Приточно-вытяжные вентиляционные установки с использованием тепла отходящего воздуха. Все описанные выше вентиляционные установки имеют один весьма существенный недостаток — тепло, содержащееся в отводимом влажном воздухе, бесполезно теряется, а свежий воздух, вводимый в помещение, приходится подогревать, затрачивая в наших климатических условиях от 0,5 до 1 кг и выше пара на 1 кг бумаги.

Наиболее рациональной вентиляционной установкой в странах с относительно суровым климатом является приточно-вытяжная вентиляция с теплообменником для использования тепла отходящего влажного воздуха.

Вентиляционный агрегат этого типа состоит из двух вентиляторов (приточного и вытяжного) и пластинчатого теплообменника, выполняемого из листового алюминия с большой поверхностью теплообмена. Для лучшего сбора отходящего влажного воздуха над сушильной частью бумагоделательной машины подвешивается колпак, не доходящий до пола примерно на 2 м. От него влажный воздух температурой около 45—50° забирается посредством воздуховода вытяжным вентилятором и прогоняется через теплообменник, после чего выбрасывается наружу через вертикальную трубу.

Вытяжной вентилятор помещают обычно над теплообменником, и основании выбросной трубы. Нагнетательный вентилятор, устанавливаемый рядом с теплообменником и соединяемый с последним диффузором, засасывает холодный, наружный воздух и заставляет его пройти между пластинами теплообменника, внутри которых по принципу перекрестного тока движется теплый отходящий воздух, передающий тепло холодному наружному воздуху. Подогретый таким образом воздух нагнетается вентилятором в помещение зала бумагоделательных машин.

В диффузоре вентиляционного агрегата после теплообменника помещают калорифер, обогреваемый свежим паром, который поз-

воляет в случае необходимости дополнительно подогревать наружный воздух. Этим пользуются обычно в наиболее холодное время года, когда нагрев воздуха в теплообменнике бывает недостаточен.

Схематическое устройство такого вентиляционного агрегата представлено на рис. 195.

Раньше подогретый свежий воздух подавали в разные зоны помещения: под потолок зала бумагоделательных машин для пре-

Рис. 195. Схема вентиляционного агрегата с использованием тепла отходящего воздуха:

1 — отверстие для отсоса влажного воздуха из колпака; *2* — вытяжной канал; *3* — осевой вентилятор; *4* — теплообменник; *5* — электродвигатель; *6* — приточный центробежный вентилятор; *7* — паровой калорифер; *8* — дроссель-клапан; *9* и *10* — дроссель-клапаны для регулирования температуры притока; *11* — электродвигатель; *12* — лаз

дотвращения конденсации паров воды, под сушильную часть машины и в рабочую зону для улучшения процесса сушки бумаги и условий труда в зале бумагоделательных машин.

За последнее время стали применять более рациональную схему подачи свежего воздуха в помещение зала бумагоделательных машин, которая обеспечивает лучший обогрев потолка, полное отсутствие падающих с потолка капель и лучшие санитарные условия в цехе. По этой схеме весь воздух, нагретый в теплообменнике, подается в чердачное помещение над залом бумагоделательных машин, которое образуется подшивкой потолка из легких алюминиевых листов к фермам потолочного перекрытия. Из чердачного помещения теплый воздух поступает сверху через серию

люков в зал бумагоделательных машин и опускается вниз, в рабочую зону машины.

Вентиляционные агрегаты этого типа часто устанавливают на крыше зала бумагоделательных машин и они не нуждаются в особых помещениях (рис. 196). Иногда вентиляционные агрегаты

Рис. 196. Общий вид установки вентиляционных агрегатов в зале бумагоделательных машин:

1 — сушильные цилиндры; *2* — вентиляционный колпак; *3* — вентиляционный канал; *4* — вентиляционный агрегат с теплообменником; *5* — выброс теплого воздуха в атмосферу; *6* — подача нагретого воздуха под перекрытие зала; *7* — вентилятор для обдувки сукон нагретым воздухом; *8* — воздух для охлаждения электродвигателей

размещают на площадке с приводной стороны машины в самом помещении зала бумагоделательных машин, против сушильной части.

Расчет тепла, необходимого для вентиляции

Количество тепла, которое нужно сообщить подаваемому в помещение зала наружному воздуху, определяется из теплового баланса как разница между теплом уходящим и теплом, поступающим в зал бумагоделательных машин для того, чтобы компенсировать убыль тепла и поддержать необходимый температурный режим помещения и нормальный процесс сушки бумаги.

Расчет обычно ведется на часовую выработку бумагоделательной машины для зимних условий (обычно для средней январской температуры), когда потребляется наибольшее количество тепла для вентиляции.

Тепло, поступающее в зал бумагоделательных машин, складывается из тепла, которое отдает пар, направляющийся в сушильные цилиндры, бумаге, сукнам и окружающему воздуху Q_1; тепла, приносимого в помещение бумажной массой Q_2 и свежей водой

Q_3; тепла, приносимого свежим наружным воздухом Q_4 и, наконец, тепла, выделяющегося в результате трения частей механизмов, работающих в помещении бумагоделательных машин Q_5, т. е.

$$Q_{прих} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5. \quad (129)$$

Расход тепла, уходящего из помещения бумагоделательных машин, складывается из тепла, заключенного в высушенной бумаге перед холодильником Q_6, тепла, которое находится в отходящих и сточных водах, покидающих зал бумагоделательных машин Q_7, тепла в отходящем влажном воздухе Q_8 и тепловых потерь самого помещения бумагоделательных машин через стены, перекрытие и пол Q_9; таким образом

$$Q_{расх} = Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9. \quad (130)$$

Разница между расходом и приходом тепла должна пополняться теплом, затрачиваемым на вентиляцию Q_{10}:

$$Q_{расх} - Q_{прих} = Q_{10}. \quad (131)$$

Для примера определим количество необходимого для вентиляции воздуха и тепла для одной из двух однотипных бумагоделательных машин, предназначенных для выработки писчей бумаги № 1, сушильную часть которой мы уже рассчитывали в качестве примера (см. стр. 534).

Примем для расчета следующие показатели работы машины:

1. Часовая выработка бумаги брутто 1500 кг/час (1430 кг абсолютно сухого вещества).
2. Начальная сухость бумаги перед сушкой $C_н = 35\%$.
3. Конечная сухость бумаги после сушки $C_к = 95\%$.
4. Количество испаряемой воды $W = \frac{95 - 35}{35} \cdot 1500 = 2580$ кг/час.
5. Расход пара на сушку бумаги $D = 3{,}24$ кг/кг.
6. Часовой расход пара на сушку бумаги $D_{час} = 3{,}24 \cdot 1500 = 4860$ кг/час.
7. Параметры наружного воздуха: для зимних условий $t_п = -15°$; $\varphi_п = 0{,}8$, для летних условий $t_п = 20°$; $\varphi_п = 0{,}7$.
8. Параметры уходящего влажного воздуха: $t_у = 45°$ $\varphi_у = 0{,}65$.
9. Расход свежей воды на 1 т писчей бумаги № 1—60 м³ (в час 90 м³). Примем, что 50% этой воды в виде сточной уходит из зала бумагоделательных машин, а остальная сточная вода уходит с ловушки.
10. Температура свежей воды летом 18°, зимой 3°.
11. Температура массы и оборотной воды летом 20°, зимой 10°.
12. Температура сточной воды летом 20°, зимой 8°.

Определим количество воздуха, необходимого для вентиляции.
Зимой:

$$L_з = \frac{1{,}1 \cdot W \cdot 1000}{d_у \varphi_у - d_п \varphi_п} = \frac{1{,}1 \cdot 2580 \cdot 1000}{(65 \cdot 0{,}65) - (1{,}2 \cdot 0{,}8)} = 68860 \text{ кг/час.}$$

Летом:

$$L_л = \frac{1{,}1 \cdot 2580 \cdot 1000}{(65 \cdot 0{,}65) - (15 \cdot 0{,}7)} = 89580 \text{ кг/час.}$$

В числителе формулы здесь введен коэффициент 1,1, который учитывает количество воды, испаряемой в мокрой части машины.

Таким образом, количество требующегося воздуха составит:
зимой:

$$L_з = \frac{68\,860}{1{,}37} = 50\,263 \text{ м}^3\text{/час;}$$

летом:

$$L_л = \frac{89\,580}{1{,}2} = 74\,650 \text{ м}^3\text{/час,}$$

где 1,37 и 1,2 — вес 1 м³ сухого воздуха при $t_п = -15°$ и 20°.

Баланс тепла в зале бумагоделательных машин

Приход тепла. 1. Тепло, отдаваемое паром Q_1, равно

$$Q_1 = D(i_п - i_к) = 4860\,(649 - 110) \approx 2\,530\,000 \text{ ккал/час,}$$

где:

$i_п$ — теплосодержание пара при 2,5 ата;
$i_к$ — теплосодержание конденсата.

2. Тепло, приносимое массой Q_2, составляет
летом:

$$Q_2 = (Gc_м + W \cdot 1) \cdot t_м = (1410 \cdot 0{,}32 + 43\,590) \cdot 20 = 880\,000 \text{ ккал/час;}$$

зимой:

$$Q_2 = (1410 \cdot 0{,}32 + 43\,590) \cdot 10 = 440\,000 \text{ ккал/час,}$$

где:

G — вес абсолютно сухого волокна;
W — вес воды;
$c_м$ — теплоемкость массы;
$t_м$ — температура массы.

3. Тепло, приносимое свежей водой Q_3,
летом:

$$Q_3 = 4500 \cdot 18 = 810\,000 \text{ ккал/час;}$$

зимой:

$$Q_3 = 45\,000 \cdot 3 = 135\,000 \text{ ккал/час.}$$

4. Тепло, приносимое в зал бумагоделательных машин наружным воздухом (Q_4),

зимой:

$$Q_4 = L_з \cdot I_з = 68\,860 \cdot (-3{,}04) = -209 \cdot 330 \text{ ккал/час},$$

где $I_з$ — теплосодержание наружного воздуха при $t_п = -15°$ Ц, $\varphi_п = 0{,}8$ и влагосодержании $d = 0{,}00096$ кг/кг;

$$I_з = (0{,}24 + 0{,}46a)\, t_п + 595d = (0{,}24 + 0{,}46 \cdot 0{,}00096) \cdot (-15) + \\ + 595 \cdot 0{,}00096 = -3{,}04 \text{ ккал/кг};$$

летом:

$$Q_4 = 89\,580 \cdot 11{,}14 = 997\,920 \text{ ккал/час},$$

где $I_л$ — теплосодержание наружного воздуха при $t_п = 20°$, $\varphi_п = 0{,}7$ и влагосодержании $d = 0{,}0105$ кг/кг;

$$I_л = (0{,}24 + 0{,}46 \cdot 0{,}0105)\, 20 + 595 \cdot 0{,}0105 = 11{,}14 \text{ ккал/кг}.$$

5. Тепло, выделяющееся в результате трения частей механизмов Q_5

$$Q_5 = 0{,}15 \cdot 300 \cdot 860 = 38700 \text{ ккал/час},$$

где суммарная мощность двигателей, обслуживающих одну бумагоделательную машину, принята 300 квт, а потеря энергии на трение —15%.

Общий приход тепла в час в зал бумагоделательных машин составит:

зимой:

$$Q_{прих} = 2\,530\,000 + 440\,000 + 135\,000 - 209\,330 + 38\,700 = \\ = 2\,934\,370 \text{ ккал/час},$$

летом:

$$Q_{прих} = 2\,530\,000 + 880\,000 + 810\,000 + 997\,920 + 38\,700 = \\ = 5\,256\,620 \text{ ккал/час}.$$

Расход тепла. 6. Тепло, уносимое высушенной бумагой, Q_6 равно

$$Q_6 = (Gc_б + W \cdot 1)\, t_б = (1410 \cdot 0{,}32 + 90)\, 70 = 37\,800 \text{ ккал/час},$$

где:

G — 1410 выработка абсолютно сухой бумаги в кг/час;

W — содержание воды в бумаге в кг: $1500 - 1410 = 90$ кг;

$c_б$ — 0,32 $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ теплоемкость бумаги;

$t_б$ — 70° температура бумаги перед холодильником.

Это тепло частично теряется с охлаждающей водой на холодильнике, а частично уносится с готовой бумагой в отделочный цех.

7. Тепло, уносимое с влажным воздухом, Q_7 равно
зимой:

$$Q_7 = L_з I_у = 68\,860 \cdot 36{,}6 = 2\,520\,270 \text{ ккал/час},$$

где $I_у$ — теплосодержание воздуха при $t_у = 45°$, $\varphi_у = 0{,}65$ и влагосодержании $d = 0{,}042$ кг/кг;

$$I_у = (0{,}24 + 0{,}46 \cdot 0{,}042) \cdot 45 + 595 \cdot 0{,}042 = 36{,}6 \text{ ккал/кг};$$

летом:

$$Q_7 = L_л I_у = 89\,580 \cdot 36{,}6 = 3\,278\,630 \text{ ккал/час}.$$

8. Тепло, которое уносится сточными и оборотными водами, уходящими из зала бумагоделательных машин, Q_8 равно
летом:

$$Q_8 = 45\,000 \cdot 20 + 45\,000 \cdot 20 = 1\,800\,000 \text{ ккал/час};$$

зимой:

$$Q_8 = 45\,000 \cdot 8 + 45\,000 \cdot 10 = 810\,000 \text{ ккал/час}.$$

9. Тепло, теряемое зданием, Q_9.

Примем размеры здания для двух бумагоделательных машин 80 × 20 × 13 м, тогда кубатура его составит 20 800 м³.

Примем удельные теплопотери зданием 0,5 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{час} \cdot \text{град}}$.

Тогда общие теплопотери зданием Q_9 составят
зимой:

$Q_9 = 20\,800 \cdot 0{,}5\,(20 + 15) = 364\,000$ ккал/час, или 182 000 ккал/час на одну бумагоделательную машину,

летом:

$Q_9 = 20\,800 \cdot 0{,}5\,(25 - 20) = 52\,000$ ккал/час, или 26 000 ккал/час на одну бумагоделательную машину.

Общий расход тепла на одну бумагоделательную машину $Q_{расх}$ составит
зимой:

$$Q_{расх} = 37\,800 + 2\,520\,270 + 810\,000 + 182\,000 = 3\,550\,070 \text{ ккал/час},$$

летом:

$$Q_{расх} = 37\,800 + 3\,278\,630 + 1\,800\,000 + 26\,000 = 5\,142\,630 \text{ ккал/час}.$$

Недостаток тепла Q_{10} в зимнее время должен покрываться подогревом наружного воздуха

$$Q_{расх} - Q_{прих} = 3\,550\,070 - 2\,934\,370 = 615\,700 \text{ ккал/час}.$$

В летнее же время, наоборот, имеется избыток тепла

$$Q_{прих} - Q_{расх} = 5\,256\,620 - 5\,142\,630 = 113\,990 \text{ ккал/час},$$

а потому подогрева воздуха не требуется.

Баланс тепла в зале бумагоделательных машин отражен в табл. 60.

Таблица 60

Баланс тепла в зале бумагоделательных машин

№ по пор.	Статьи прихода и расхода	зимой		летом	
		в ккал/час	в %	в ккал/час	в %
	Приход тепла				
1	Тепло, отдаваемое паром, Q_1	2 530 000	71,5	2 530 000	49,3
2	Тепло, приносимое массой, Q_2	440 000	12,4	880 000	17,1
3	Тепло, приносимое свежей водой, Q_3	135 000	3,8	810 000	15,7
4	Тепло, приносимое свежим воздухом, Q_4	—209 330	6,0	997 920	19,3
5	Тепло от трения частей механизмов Q_5	38 700	1,1	38 700	0,4
	Всего	2 934 370	82,8	5 256 620	101,1
	Расход тепла				
6	Тепло, уносимое бумагой, Q_6	37 800	1,0	37 800	0,7
7	Тепло, уносимое влажным воздухом, Q_7	2 520 270	71,0	3 278 630	63,4
8	Тепло, уносимое сточными и оборотными водами, Q_8	810 000	22,9	1 800 000	35,0
9	Теплопотери зданием Q_9	182 000	5,1	26 000	0,5
	Всего	3 550 070	100	5 142 630	99.6
	Недостаток тепла Q_{10}	615 700	17,2	—	—
	Избыток тепла	—	—	113 990	2,2

Данные табл. 60 показывают, что на баланс тепла в зале бумагоделательных машин оказывают очень большое влияние потоки массы, оборотной, сточной и свежей воды, не учитывать которых нельзя.

Потери тепла, уносимого из зала бумагоделательных машин в зимнее время оборотными и сточными водами, значительно превышают теплопотери зданием.

Таким образом, для данного примера в зимнее время при температуре наружного воздуха — 15° не хватает 17,2% тепла, которое должно покрываться подогревом свежего воздуха, вводимого в помещение бумагоделательных машин.

Если этот подогрев осуществлять свежим паром 3 ата, то расход его составит $\frac{615\,700}{517,7} = 1195$ кг/час или $\frac{1195}{1500} = 0,80$ кг/кг бумаги брутто, где 517,7 теплота испарения пара давлением 3 ата в ккал/кг.

Теплосодержание наружного воздуха в зимнее время при $t_н = -15°$ $I_з = -3,04$ ккал/кг, а количество тепла, приносимого этим воздухом в помещение, составляет — 209 334 ккал/час. После подогрева этот воздух будет содержать тепла 615 700—209 330 = =406 370 ккал/час, откуда

$$I = \frac{406\,370}{68\,860} = 5,9 \text{ ккал/кг}.$$

Температура воздуха, отвечающая этому теплосодержанию, будет

$$t = \frac{I - 595}{0,24 + 0,46d} = \frac{5,90 - 595 \cdot 0,00096}{0,24 + 0,46 \cdot 0,0009_6} = 22°\text{Ц}.$$

Регенерационный теплообменник

Посмотрим теперь, возможно ли получить недостающее тепло для вентиляции путем использования тепла отходящего влажного воздуха в теплообменнике.

Если пренебречь потерями тепла наружной поверхностью теплообменника, то теплосодержание воздуха за теплообменником после передачи недостающего количества тепла свежему приточному воздуху должно составить

$$I_y^1 = I_y - \frac{Q_{10}}{L_з} = 36,3 - \frac{615700}{68860} = 27,7 \text{ ккал/кг},$$

где:

$I_у$ — теплосодержание уходящего воздуха перед теплообменником в ккал/кг;

$I_у^1$ — теплосодержание уходящего воздуха после теплообменника в ккал/кг.

Это теплосодержание соответствует температуре уходящего влажного воздуха, покидающего теплообменник после отдачи тепла свежему воздуху +33° (берется из диаграммы $I - d$).

Процесс охлаждения влажного воздуха идет сначала при постоянном влагосодержании до полного насыщения воздуха (что соответствует температуре 37° и теплосодержанию 34 ккал/кг) и далее происходит охлаждение воздуха с конденсацией водяных паров при $\varphi = 100\%$ (от температуры 37° до температуры 33°).

Среднеарифметическая разность температур при противотоке между холодным и теплым воздухом в теплообменнике при этом составит

$$\Delta t = \frac{(45 - 22) + (33 + 15)}{2} = 35,5°.$$

Такой температурный перепад для работы теплообменника вполне достаточен. Таким образом, все недостающее тепло для вентиляции может быть получено в регенерационном теплообменнике от отходящего с машины влажного теплого воздуха.

По данным Вейнтрауба, коэффициент теплопередачи для первой зоны охлаждения воздуха без конденсации паров воды составляет 11—13 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$, а для второй зоны конденсации насыщенных паров воздуха — 37—47 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$. В среднем же этот коэффициент, по данным испытаний того же автора, составляет 30—35 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$ с колебаниями в пределах от 22 до 42,5 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$.

Примем ориентировочно средний коэффициент теплопередачи в теплообменнике 30 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$, тогда требуемая поверхность теплообменника для нашего примера составит

$$F = \frac{6\,5\,700}{30\cdot 35{,}5} = 578 \text{ м}^2.$$

Регенерационный теплообменник пластинчатого типа выполняется в виде параллельно расположенных гладких пустотелых пластин из алюминиевых листов толщиной 0,5—0,8 мм. Внутренние просветы пластин для прохода влажного воздуха и расстояние между пластинами (для прохода свежего воздуха) выбирают в пределах 12—18 мм.

Теплый отходящий воздух из канала, на котором обычно стоит теплообменник, как на фундаменте, проходит внутри пластин, поднимается вверх, засасываемый вытяжным вентилятором, который расположен в основании выбросной трубы, и выбрасывается наружу.

Свежий воздух засасывается через жалюзи нагнетательным вентилятором, находящимся обычно сбоку теплообменника, и проходит между пластинами перекрестным потоком по отношению к отходящему влажному воздуху, передающему первому тепло. Нагретый в теплообменнике свежий воздух нагнетается вентилятором в зал бумагоделательных машин.

Наиболее рациональное расположение пластин теплообменника вертикальное, так как оно обеспечивает быстрый сток со стенок пластин сконденсировавшейся влаги при минимальной толщине конденсатной пленки, которая, как известно, сильно снижает теплопередачу.

Пластинчатые теплообменники изготовляются из двух, четырех или шести отдельных секций, каждая поверхностью теплообмена 72—163,5 м², т. е. общей поверхностью до 981 м². Скорость воздуха в теплообменнике принимают 6—8 м/сек.

В качестве приточных вентиляторов для вентиляционного регенерационного агрегата применяют центробежные вентиляторы

низкого давления ВНИСТО типа ВРН и ВРС производительностью до 80 тыс. м³/час с напором 50 мм вод. ст.

Для вытяжки чаще всего используют осевые вентиляторы, но могут применяться центробежные с такой же производительностью и с напором 25—30 мм вод. ст.

Мощность, расходуемая вентилятором на валу электродвигателя $N_э$, определяется формулой

$$N_э = \frac{LP}{3600 \cdot 102 \eta_в \cdot \eta_п} \text{ квт}, \qquad (132)$$

где:

L — количество воздуха, перемещаемое вентилятором, в м³/час;
P — общий напор, создаваемый вентилятором, в мм вод. ст.;
$\eta_в$ — к. п. д. вентилятора (обычно в пределах 0,4—0,6);
$\eta_п$ — к. п. д. передачи (обычно 0,85 при плоскоременной передаче, 0,90 — при клиноременной передаче и 1 при непосредственном сцеплении с электродвигателем).

Установочная мощность электродвигателя будет

$$N_у = KN_э \text{ квт},$$

где K — коэффициент запаса мощности на пусковой момент (обычно для больших центробежных вентиляторов 1,1—1,15, а для больших осевых вентиляторов 1,05).

Усовершенствование вентиляционных устройств и использование теплого воздуха после теплообменника

За последнее время начали применять более рациональную схему вентиляции с использованием части отходящего после теплообменника воздуха для смешения со свежим. Это резко повысило температуру воздуха, входящего в теплообменник, позволило снизить размеры последнего и отказаться полностью от дополнительного подогрева воздуха свежим паром даже в наиболее холодное время года.

Как известно, влажный воздух, выбрасываемый после теплообменника в атмосферу, имеет еще достаточно высокую температуру (30—35°) и теплосодержание (I = 24—31 ккал/кг). Наряду с этим он имеет и высокую относительную влажность (100%).

Если этот воздух смешать в равных пропорциях с наружным холодным воздухом, имеющим температуру —15—25°, то температура его повысится до +2—4°, при этом значительная часть растворенной в теплом воздухе влаги сконденсируется и выпадет в виде капелек воды, а полученный при смешении воздух, хотя и будет находиться в стадии насыщения, но абсолютное его влагосодержание будет невелико и не превысит 4—5 г/кг.

При последующем нагреве этого воздуха, предварительно пропущенного через фильтр для отделения капелек воды, в теплооб-

меннике до 20—25° относительная влажность его снижается до 25—30% и получается сухой воздух, вполне пригодный для вентиляции.

Рис. 197. Вентиляционный агрегат с рециркуляцией отходящего воздуха:

1 — вытяжной вентилятор; *2* — приточный вентилятор; *3* — теплообменник; *4* — рециркуляционный воздуховод; *5* — клапан для забора возвратного воздуха; *6* — клапан для забора свежего воздуха; *7* — камера смешения; *8* — сепараторы (фильтры) для улавливания капель воды; *9* — электродвигатель

Установка, разработанная инженером Галочкиным, представлена на рис. 197. Здесь рядом с регенерационным теплообменником

3 со стороны входа свежего воздуха помещается камера смешения *7*, в которую через боковые жалюзи засасывается свежий воздух, а сверху по рециркуляционному воздуховоду *4* поступает теплый, отходящий от теплообменника отработанный влажный воздух с температурой 30—35°. Количество воздуха, поступающего в камеру смешения, регулируется дроссель-клапаном при помощи специального регулятора-кондиционера, поддерживающего постоянную температуру смеси 4°. Между камерой смешения и теплообменником находится фильтр (элиминатор) *8*, задерживающий водяные капельки и очищающий воздух от механической примеси воды. Теплый воздух после теплообменника нагнетается вентилятором в помещение бумагоделательных машин как обычно, а отработанный посредством осевого вентилятора выбрасывается по трубе вверх.

Другой способ использования тепла отходящего воздуха после теплообменника заключается в том, что отходящий воздух пропускается через дополнительную установку в виде экономайзера или простой деревянной башни с насадкой, орошаемой холодной водой, которая при этом нагревается. Таким способом удается нагреть воду в зимнее время с 2—4 до 20—24° со снижением температуры отходящего воздуха с 30—35 до 17—22°.

Теплую воду с успехом применяют в производстве, например, в качестве спрысковой воды для промывки узловителей и сетки на бумагоделательных машинах, чтобы повысить температуру массы и скорость ее обезвоживания на сетке, что очень важно в условиях работы быстроходных бумагоделательных машин.

Новостью в области усовершенствования вентиляции бумагоделательных машин является применение полностью закрытых колпаков, выполняемых обычно из листового алюминия. Такой колпак полностью покрывает всю сушильную часть машины до пола от последнего пресса до каландра и имеет подъемные панели со стороны ввода и вывода бумаги из сушильной части и со стороны рабочей части машины во всю длину сушильной части машины. Подъем и опускание панелей производятся при помощи электродвигателей простым нажатием кнопки во время заправки бумаги.

Применение полностью закрытого колпака позволяет значительно снизить размеры вентиляторов и теплообменников, повысить температуру и теплосодержание уходящего воздуха.

При этом снижаются тепловые потери, экономится пар и улучшаются санитарные условия для рабочих в помещении бумагоделательных машин.

По данным Жордана, длительное испытание подобных установок на трех бумагоделательных машинах выявило следующие показатели работы по сравнению со старыми установками вентиляционного колпака открытого типа: расход пара на испарение 1 кг воды из бумаги снизился с 1,63 до 1,3 кг/кг, т. е. на 20%; тепловые потери при сушке бумаги уменьшились на 47,5%; расход воздуха на

вентиляцию снизился на 39,4%; производительность сушильной части возросла на величину от 18 до 21%.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СУШИЛЬНОЙ ЧАСТИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Для повышения производительности сушильной части бумагоделательной машины применяют различные способы:

1) увеличение сухости бумажного полотна перед поступлением на сушильную часть машины;

2) повышение температуры сушки применением пара более высокого давления;

3) улучшение отвода конденсата и воздуха из сушильных цилиндров, а также усиление циркуляции пара внутри сушильных цилиндров;

4) улучшение контакта между бумагой и стенками сушильных цилиндров;

5) усовершенствование вентиляции;

6) улучшение просушки сушильных сукон;

7) использование инфракрасных лучей для подогрева и сушки бумаги;

8) применение горячих прессов.

Многие из этих вопросов уже рассматривались, поэтому здесь мы остановимся лишь на тех, которые раньше не рассматривались.

Улучшение отвода влажного воздуха от сушильной части бумагоделательных машин

Даже при хорошей вентиляции зала бумагоделательных машин из-за конструктивных особенностей машин открытого типа наблюдается некоторый застой влажного воздуха между верхним рядом сушильных цилиндров и прикрывающими их сукнами. В этих местах образуются своеобразные «паровые мешки», которые тормозят процесс испарения влаги на участках свободного хода бумажного полотна в промежутках между сушильными цилиндрами.

Для ликвидации этих «паровых мешков» шведским инженером Гревином было предложено выдувать скопления пара из мешков струей сухого нагретого воздуха под давлением 300—600 мм вод. ст.

Установка Гревина состоит из воздуходувки с калорифером и двух воздуховодов, проложенных вдоль сушильных цилиндров верхнего ряда с рабочей и приводной сторон машины. От этих двух главных воздуховодов опускаются вниз трубки, оканчивающиеся соплом, направленным поперек хода машины прямо против паровых мешков с таким расчетом, чтобы влажный воздух выдувался из них струей воздуха на противоположную сторону машины. Чтобы влажность воздуха, окружающего бумагу, была равномерной чего нельзя было бы достигнуть выдуванием паров только в одном

направлении, приходится чередовать расположение выдувных трубок так, чтобы водяные пары выдувались из паровых мешков как на приводную, так и на рабочую сторону машины. Воздух, подаваемый к машине, забирается воздуходувкой непосредственно из помещения и нагревается в калориферах до 50—60°.

По данным Мюллера, этот способ дает экономию пара около 8—9% и соответственно увеличивает производительность сушки. Этот способ, примененный на некоторых наших предприятиях, дал небольшое повышение производительности сушильной части машины, однако были выявлены и существенные недостатки, вследствие чего его нельзя признать удачным.

Недостатки этого способа следующие:

тяжелые условия работы при ручной заправке бумаги, так как выдуваемые с приводной стороны горячие водяные пары обжигают рабочего;

колебание бумажного полотна и даже обрывы бумаги при неудачном направлении воздуха из сопла;

сдувание пыли с шаберов и попадание ее в бумагу, что вызывает брак;

загромождение сушильной части машины воздуховодами, что затрудняет обслуживание.

Улучшение просушки сушильных сукон теплым воздухом

Этот способ оказался более простым и надежным, чем предыдущий, а потому получил более широкое распространение.

Наиболее часто применяемая установка такого рода (системы Вима) состоит из вентилятора низкого давления, воздушного подогревателя и системы распределительных воздуховодов, по которым нагретый в подогревателе свежим паром до температуры 80—95° воздух подается к свободным участкам сушильных сукон и обдувает их с обеих сторон. Этот способ повышает эффективность сушки, не требуя увеличения размеров сушильной части машины.

На современных быстроходных машинах, вырабатывающих бумагу с древесной массой, на которых применяются хлопчатобумажные сукна, обычно ставят небольшое количество сукносушильных цилиндров, а в дополнение к ним помещают установки для обдувки сукон теплым воздухом. Для этой цели под сушильной частью машины устанавливают несколько низконапорных вентиляторов с подогревателями и небольшими воздуховодами, расположенными поперек сушильных сукон с наружной их стороны, обдувающими сукна при движении по всей их ширине. Эти установки не имеют больших разветвленных воздуховодов, загромождающих машину, и удобны в эксплуатации.

Фирма Фойт разработала конструкцию нагревательного устройства для сушки сушильных сукон вместо сукносушильных цилиндров. Устройство состоит из воздушных подогревателей, уста-

навливаемых в петле сукна вместо сукносушильного цилиндра. Сукно движется по валикам, огибая воздухоподогреватель, и обдувается горячим воздухом. Этот способ позволяет устранить вредное влияние высокой температуры и перегрев сукна при соприкосновении его с горячей поверхностью сукносушильного цилиндра.

Предложена еще одна конструкция установки для эффективной сушки сушильных сукон методом продувания через ткань сукна горячего воздуха. В этой системе сушильное сукно огибает полый вал с перфорированной рубашкой, внутри которого имеется неподвижно установленная камера, через которую посредством компрессора и подогревателя подается нагретый воздух (рис. 198, *а*).

Указанные выше системы воздушной сушки сушильных сукон и устранения скопления паров воды между сушильными сукнами и цилиндрами имеют один общий недостаток — выдуваемые пары воды остаются под колпаком сушильной части машины, увеличивая концентрацию водяных паров в пространстве, в котором происходит процесс сушки бумаги.

Рис. 198. Устройства для сушки сушильных сукон:

а — продувка сукна теплым воздухом; *б* — отсос влажного воздуха из сукна (установка Хаппера)

Недавно предложенная система сушки сушильных сукон (Хаппера) лишена этого недостатка. В этой системе (рис. 198, *б*) вместо сукносушильных цилиндров устанавливают отсасывающие валы с вакуум-камерой такого же типа, как и в мокрой части машины, но меньшего размера. Пары воды, содержащиеся в сукне, отсасываются посредством отсасывающего вала, удаляются из сферы сушки и направляются непосредственно в воздуховод за колпаком. Перфорированный вал обматывают с поверхности бронзовой проволокой,

что предотвращает смещение сукон при работе и улучшает их работу. Сукна хорошо просыхают, меньше подгорают и дольше работают.

Применение инфракрасных лучей для подогрева и сушки бумаги

Сушка бумаги токами высокой частоты не применяется в бумажной промышленности из-за ее высокой стоимости, низкого коэффициента полезного действия, а также трудности получения при этом методе сушки ровной поверхности бумаги без морщин и коробления. В настоящее время сушка бумаги токами высокой частоты может эффективно применяться для сушки пачек или книг, когда они случайно оказываются подмоченными. Обработку книг и документов токами высокой частоты выполняют также в книгохранилищах как средство предохранения их от старения и повреждения микроорганизмами и насекомыми, которые при этом погибают.

Сушка бумаги инфракрасными лучами имеет ряд преимуществ перед сушкой токами высокой частоты и начинает применяться в промышленности. По стоимости она дороже контактной сушки, но так как в дополнение к контактной сушке она дает возможность увеличить производительность машины без существенной ее реконструкции, установка себя часто оправдывает. По данным Кернера, в пересчете на пар здесь расходуется не выше 2 кг пара на испарение 1 кг воды вместо 1,5—1,8 кг пара при контактной сушке.

Как известно, невидимые инфракрасные лучи располагаются в спектре за красными лучами с длиной волны выше 0,7 микрон. Максимальное количество тепловой энергии излучается при длине волны 1,3 микрона.

При сушке излучением количество излучаемой энергии ε пропорционально четвертой степени температуры излучателя T.

$$\varepsilon = KT^4, \tag{133}$$

где K — коэффициент пропорциональности.

Поэтому выбирают излучатели, обладающие высокой температурой излучения: специальные лампы накаливания с рефлекторами, металлические и керамические излучатели. Температура радиации в этих установках составляет от 300—500 до 1800°. Однако, несмотря на такую высокую температуру излучения, температура мокрого бумажного полотна с влажностью не ниже 25% бывает обычно не выше 80°. При понижении влажности бумаги температура ее начинает быстро подниматься и ее необходимо регулировать.

Радиационные лампы менее экономичны, чем металлические или керамические излучатели, и не могут создать равномерного лучистого потока, а потому последние имеют перед лампами значительные преимущества. Металлические или керамические сушилки в настоящее время изготовляются из стандартных элементов труб, монтируемых в виде панели размером 0,6—1,6 м и обогреваемых

газом или электричеством. В последних установках чаще всего применяется электрообогрев, причем температура излучения находится в пределах 330—800° при длине волны излучения 3—5 микрон. Одна такая сушилка шириной 0,3 м дает нагрев, равный одному сушильному цилиндру.

Весьма целесообразно применять радиационный обогрев мокрого бумажного полотна перед последним прессом, чем можно по-

Рис. 199. Схема установки горячего пресса:
1 — сушильные цилиндры; *2* — горячий пресс с отсасывающим нижним валом; *3* — сукно пресса; *4* — бумага

высить почти вдвое эффективность обезвоживания на этом прессе. Расход энергии на подогрев 1 кг воды в бумажном полотне на 1° составляет, по данным Кернера, около 2—2,5 ватт.

Радиационные сушилки устанавливают иногда в промежутках между сушильными цилиндрами для обогрева бумаги на участках свободного хода с целью повышения производительности бумагоделательной машины. При сушке картона без сушильных сукон радиационные установки ставятся иногда непосредственно над верхними и под нижними сушильными цилиндрами.

Особенно рационально использование радиационных установок для сушки окрашенной с поверхности бумаги, а также для сушки бумаги, проклеенной влагопрочными смолами и эмульсиями, которые в этом случае не требуют вызревания на складе.

Радиационный обогрев может применяться для сушки сушильных сукон и для обогрева бумагосушильных цилиндров.

Применение горячего отсасывающего пресса в сушильной части бумагоделательной машины

С целью повышения эффективности сушильной части бумагоделательных и картоноделательных машин стали применять внутри сушильных групп горячий отсасывающий пресс с той целью, чтобы отжимать из горячего бумажного полотна избыток влаги. Установка достаточно эффективна в том случае, если отжиму подвергается бумажное полотно при высокой температуре, порядка 60—70°, и сухость его не превышает 35—36%. В этом случае при давлении прессования до 90 кг/см можно получить сухость бумажного полотна 40—42% и даже выше.

Схема установки такого пресса показана на рис. 199. Нижний вал пресса — отсасывающий, оба вала расположены друг над другом вертикально и облицованы резиной твердостью 45 пунктов по Пуссей-Джонсу. Ход бумаги и сукна осуществляется так, чтобы бумага не увлажнялась от сукна по выходе его из зоны прессования. Чтобы можно было работать при высоких удельных давлениях, прессовые валы делают большого диаметра и с малой бомбировкой.

На одной из картонных машин установка подобного пресса после седьмого сушильного цилиндра вместо трех снятых сушильных цилиндров (при общем количестве сушильных цилиндров 53) дала возможность резко поднять сухость картонного полотна и повысить производительность машины на 12—15%; потребление пара при этом снизилось на 8—14%.

ДРУГИЕ КОНСТРУКЦИИ СУШИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Мы рассмотрели типичное устройство сушильной части бумагоделательной машины открытого типа с нормальным двухъярусным расположением бумагосушильных цилиндров. Эти машины имеют наибольшее распространение в бумажной промышленности.

Сушильная часть машин закрытого типа, к которым относятся самосъемочные машины, выполнена несколько иначе. Устройство ее рассматривается в 14-й главе. Здесь же мы коснемся только трех конструкций сушильных частей, сравнительно редко применяющихся в бумажной промышленности: с трехъярусным расположением, с вертикальным (батарейным) расположением цилиндров и вакуумсушилки.

Первая конструкция обычно применяется на больших картонных машинах. Бумагосушильные цилиндры здесь расположены в три ряда, а сукносушильные цилиндры находятся под первым и над третьим рядом бумагосушильных цилиндров.

Машины, вырабатывающие толстый картон или целлюлозную папку не имеют сукон, а следовательно, не имеют и сукносушильных цилиндров. Вместо этого для лучшего контакта картонного полотна с цилиндрами применяются особые прижимные валики. Диаметр

сушильных цилиндров обычно 1,5—1,8 м, а количество цилиндров в отдельных случаях превышает 100.

Вертикальное расположение сушильных цилиндров также характерно для картонных машин и в бумажном производстве применяется редко. При этом способе сушильные цилиндры располагаются на высоких П-образных стойках вертикально, отдельными

Рис. 200. Схема вакуум-сушильной части Минтона:
1 — камера; *2* — затвор для ввода бумаги в камеру; *3* — то же для вывода бумаги из камеры; *4* — сушильные цилиндры; *5* — сукноведущие валики; *6* — конденсатор; *7* — вакуум-насос; *8* — водяной насос

группами или батареями в два ряда, по шесть-восемь цилиндров в каждом. Бумага заправляется в цилиндры автоматически при помощи заправочных канатиков. Привод цилиндров шестеренный, как и у обычной сушильной части. Для обслуживания сушильных цилиндров с обеих сторон сушильной части имеются лестницы. Подобный тип сушильного устройства позволяет значительно экономить место и уменьшать размеры помещения по сравнению с обычным двухъярусным расположением сушильных цилиндров.

Вакуум-сушилка Минтона (рис. 200). Состоит она из нескольких групп обыкновенных сушильных цилиндров, заключенных вместе с сукнами в жесткую воздухонепроницаемую камеру, которая служит одновременно опорой для подшипников сушильных цилиндров и сукноведущих валиков. Приводные валы сушильных цилиндров снабжены воздухонепроницаемыми сальниками. Шаберы сушильных цилиндров обслуживаются при помощи рукояток, стержни которых

пропущены в камеру через сальники. Заправка и проводка бумаги через сушильные цилиндры осуществлена путем применения воздушных сопел, для чего используется атмосферный воздух. Камера хорошо освещена внутри и снабжена большим числом окон для наблюдения за бумажным полотном в процессе сушки.

Наиболее важной деталью вакуум-сушилки являются воздухонепроницаемые затворы для ввода и вывода бумаги из камеры. Они состоят из двух не соприкасающихся между собой бронзовых и одного облицованного резиной валика, образующего плотный воздухонепроницаемый контакт с каждым из первых двух. Каждый бронзовый валик имеет свой привод. Между бронзовыми валиками и камерой имеются уплотнения из резиновых полос, орошаемых водой и прижимаемых к валикам пневматически.

Резиновый уплотнительный валик удерживается на месте атмосферным давлением, но он может отодвигаться ручным способом.

Сушилка оборудована конденсатором пара и вакуум-насосом, который поддерживает в камере вакуум в пределах 660—710 мм рт. ст., т. е. вакуум 87—94%. Температура кипения в этих условиях равна 43—35°, что естественно сильно интенсифицирует процесс сушки.

Расход пара составляет 2,5 кг на 1 кг бумаги или, около 1,2 кг на 1 кг воды, т. е. примерно на 20—25% ниже, чем в обычной атмосферной сушилке. Термический коэффициент полезного действия вакуумной сушилки достигает 96% вместо 65—70% для обычной.

Особенностями вакуумной сушилки являются: 1) отсутствие сукносушильных цилиндров, которые здесь не требуются;

2) отсутствие вентиляции зала бумагоделательных машин, которая здесь также не нужна;

3) независимость процесса сушки бумаги от температуры и влажности наружного воздуха;

4) сокращение размеров сушильной части примерно вдвое;

5) улучшение гигиенических условий труда в зале бумагоделательных машин;

6) бумага, высушенная под вакуумом, отличается пухлостью, пористостью, хорошей впитывающей способностью и непрозрачностью.

Наряду с этими положительными сторонами вакуумной сушки имеются и отрицательные: относительная сложность установки и высокая ее стоимость; более трудное обслуживание; непригодность для сушки клееных видов бумаги, а также бумаги, от которой требуется высокий объемный вес, прочность или прозрачность.

Последнее объясняется тем, что сушка бумаги при низких температурах с интенсивным испарением влаги под вакуумом приводит к разрушению плотной структуры бумаги и к значительному ухудшению указанных показателей. Для получения же хорошей смоляной проклейки требуется достаточно высокая температура, которая не достигается при сушке бумаги под вакуумом.

Вакуум-сушилки могут применяться при сушке впитывающей, газетной бумаги, а также при сушке целлюлозы.

ГЛАВА 11

ДАЛЬНЕЙШЕЕ ПРОХОЖДЕНИЕ БУМАГИ НА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ ПОСЛЕ СУШКИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Прошедшая сушку бумага подвергается обычно машинной отделке путем пропуска ее через машинный каландр, а иногда еще и через мокрый каландр для того, чтобы выровнять поверхность бумаги и сообщить ей так называемый машинный лоск. Перед пропуском через машинный каландр бумага подвергается охлаждению и некоторому увлажнению на холодильном цилиндре с целью придания ей большей эластичности и мягкости, что необходимо для успешной работы машинных каландров. Пройдя машинный каландр, бумага наматывается бесконечной лентой в рулон на накате. На этом выработка на бумагоделательной машине заканчивается. Дальнейшая отделка бумаги на суперкаландрах и резка ее на рулоны и листы производится уже на специальных станках в отделочном цехе.

На тихоходных машинах между машинным каландром и накатом устанавливают иногда ножи для продольной резки бумаги непосредственно на машине. Для увлажнения бумаги в том случае, если она будет подвергаться дополнительной отделке на суперкаландрах, устанавливают увлажнительный аппарат.

Очень часто теперь на современных машинах во второй половине сушильной части помещают клеильный двухвальный пресс для поверхностной проклейки бумаги. Типичная схема конечных узлов бумагоделательной машины приведена на рис. 201.

МОКРЫЙ КАЛАНДР

Мокрый двухвальный каландр, называемый также часто полусухим каландром, устанавливают в дополнение к машинному каландру на бумагоделательной машине с целью получения бумаги хорошего машинного лоска и надлежащего ее уплотнения.

Бумага пропускается через валы такого каландра еще не окончательно высушенной — при влажности около 20%, а иногда и выше. При такой влажности бумаги действие валов каландра чрезвычайно эффективно: бумага хорошо уплотняется и поверхность ее делается гладкой. Операция эта, однако, требует к себе большого

внимания со стороны обслуживающего персонала, так как бумагу легко можно испортить, если допустить неравномерную запрессовку валов, и в том случае, если полотно бумаги неоднородно по весу и влажности, имеет неразработанные узелки или плохой просвет.

Эксплуатация мокрого каландра причиняет много хлопот обслуживающему персоналу, особенно при работе на относительно высокой скорости машины. Поэтому на быстроходных машинах его обычно не ставят и чаще всего пользуются им при выработке плотной бумаги на тихоходных бумагоделательных машинах.

Рис. 201. Схема концевой части бумагоделательной машины:
1 — мокрый каландр; *2* — последняя сушильная группа; *3* — холодильник; *4* — машинный каландр; *5* — накат

На малых машинах мокрый двухвальный каландр часто помещают в конце сушильной части, а после него ставят большой досушивающий сушильный цилиндр с отдельным сукном.

На более крупных машинах для сохранения оптимальной влажности, необходимой для успешной работы мокрого каландра, приходится ставить уже не один большой сушильный цилиндр, а целую сушильную секцию из шести-восьми цилиндров.

При выработке особо уплотненной бумаги и картона с высоким объемным весом стали помещать мокрый двухвальный каландр в середине сушильной части машины, т. е. там, где влажность бумаги достигает еще 45—50%. Считают, что при такой высокой влажности уплотнение бумаги происходит наиболее эффективно.

Валы мокрого двухвального каландра изготовляют из твердого закаленного чугуна и тщательно шлифуют. Нижнему валу придают обычно несколько больший диаметр, чем верхнему, так как он несет бо́льшую нагрузку и не должен прогибаться. Диаметр валов от 300 до 600 мм. Оба вала заключены в прочных станинах и размещаются отвесно один над другим. При этом подшипники нижнего вала закреплены неподвижно, а верхнего вала — в подвижных рычагах, которые могут опускаться и подниматься при помощи шпинделя, снабженного рычажным приспособлением с грузами для

дополнительной запрессовки или поршня, приводимого в действие сжатым воздухом.

Оба вала для очистки от загрязнений снабжены металлическими шаберами со сменными лезвиями такого же типа, как и на сушильных цилиндрах. Со стороны ввода бумаги в каландр находится предохранительная трубка для предотвращения несчастных случаев во время заправки бумаги.

Расположение мокрого двухвального каландра и движение бумаги показано на рис. 201.

ОХЛАЖДЕНИЕ БУМАГИ ПЕРЕД МАШИННЫМ КАЛАНДРОМ

Как известно, бумага после сушки выходит несколько пересушенной с содержанием влаги 4—6% и имеет сравнительно высокую температуру (70—85°).

Охлаждение бумаги после сушки преследует три основные цели: предотвратить дальнейшее пересыхание бумаги после сушки; несколько увлажнить ее, сделав более мягкой и эластичной, что важно для успешной обработки бумаги в машинных каландрах; предотвратить электризацию сухой бумаги при трении о валы каландра и при намотке.

Сухая бумага отличается жесткостью и ломкостью. Она плохо проходит через каландровые валы, часто рвется и хуже разглаживается. Поэтому охлаждение и смягчение бумаги чрезвычайно важно для работы машинного каландра.

Бумагу охлаждают на цилиндрах, омываемых изнутри холодной водой. Благодаря конденсации водяных паров наружная поверхность холодильных цилиндров отпотевает, и образующаяся влага передается бумаге. Последняя при этом не только охлаждается, но и увлажняется на 1—2%.

Различают три основных типа холодильных устройств: холодильные цилиндры без сукна, холодильные цилиндры с сукном и холодильные цилиндры с сукном и увлажнительным устройством для сукон.

Холодильные цилиндры без сукна применяются обычно для тонкой бумаги. Их делают малого диаметра (500—800 мм) из чугуна и покрывают, чтобы не ржавели, медной рубашкой. Обычно устанавливают один-два таких цилиндра на машину.

Холодильные цилиндры, снабженные сукнами, более эффективно охлаждают бумагу, так как сукно плотно прижимает бумагу к холодной поверхности цилиндра, кроме того, дуга охвата цилиндра бумагой здесь значительно выше и составляет 67—70% вместо 40—50% у холодильных цилиндров без сукна. Диаметр холодильного цилиндра выбирают таким же, как и у сушильных, т. е. 1,25—1,5 м, и холодильные цилиндры располагаются точно так же, как и сушильные; являясь как бы продолжением сушильной части машины. Каждый холодильный цилиндр имеет собственное

сукно и свой привод. Для лучшего охлаждения и смягчения бумаги предпочитают ставить два холодильных цилиндра: один в верхнем, другой в нижнем ряду цилиндров, каждый со своим отдельным сукном и приводом.

На быстроходных машинах, вырабатывающих газетную и некоторые другие виды бумаги, холодильные цилиндры часто включают в последнюю группу сушильных цилиндров и покрывают их тем же сушильным сукном. В этом случае холодильный цилиндр не имеет своего отдельного привода. Такой способ установки холодильных цилиндров более прост, меньше вызывает беспокойства из-за нарушения натяжения бумажного полотна перед машинным каландром, особенно при заправке бумаги после обрывов, однако он менее эффективен по сравнению с предыдущим. В дополнение к такой установке на газетных машинах для дополнительного охлаждения бумаги используют часто последний бумаговедущий валик, расположенный между холодильным цилиндром и машинным каландром. С этой целью его выполняют в виде небольшого цилиндра диаметром 300—400 мм и подводят к нему воду для охлаждения.

Рис. 202. Холодильный цилиндр с увлажнением сукна:
1 — холодильный цилиндр; 2 — сукно; 3 — водяной спрыск; 4 — отжимные валы

Устройство холодильных цилиндров сходно с устройством сушильных цилиндров. Вода подводится с рабочей стороны через полую цапфу, а отработанная теплая вода выводится с приводной стороны цилиндра при помощи черпака. Имеются и другие устройства для распределения и вывода воды из цилиндра.

Холодильные цилиндры с увлажняющим устройством для сукон (рис. 202) устанавливаются реже, чем предыдущие конструкции. Их применяют при выработке высокосортных и специальных бумаг. Отличительной чертой этого типа холодильника является наличие специального приспособления для увлажнения сукна в виде двух водяных спрысков и пары отжимных вальцов наподобие вальцовой сукномойки. Увлажненное посредством спрысков сукно отжимается

затем вальцами до требуемой сухости. Под вальцами и водяными спрысками располагается щит для сбора и отвода воды. В этой конструкции холодильника применяют более тонкое и мягкое сукно типа «обертух», а не обычное сушильное, как в предыдущей системе. Бумага прижимается здесь к поверхности холодильного цилиндра увлажненным холодным сукном, вследствие чего охлаждение и увлажнение ее происходит более эффективно. При использовании подобного холодильника можно обойтись без специального увлажнения бумаги перед обработкой ее на суперкаландре.

Расход воды на охлаждение бумаги в холодильниках составляет около 3 м³ на 1 т бумаги.

МАШИННЫЙ КАЛАНДР

Назначение машинного каландра (рис. 203) состоит в том, чтобы разгладить, уплотнить бумагу и получить степень лоска ее 7—10° по Кизеру (машинная отделка). При наличии двух машинных каландров и холодильных ци-

Рис. 203. Машинный каландр:
1 — станина; 2 — валы; 3 — пневматическое подъемное устройство; 4 — ввод бумаги; 5 — выход бумаги; 6 — накат

линдров с увлажнением возможно получение непосредственно на бумагоделательной машине бумаги с лоском 11—13° по Кизеру.

Обычно каландр состоит из 5—8 валов. При воздушной заправке бумага направляется в зазор между первым и вторым валами, при этом устанавливают четное число валов в каландре. При ручной заправке удобнее заправлять бумагу через первый верхний вал, вследствие чего в батарее должно быть нечетное число валов. Чаще

всего на машине устанавливают один каландр, реже два машинных каландра, устанавливаемых последовательно один за другим.

Валы в каландре располагаются друг над другом. Подшипники их размещаются между двумя параллельными станинами, либо консольно на рычагах, укрепленных шарнирно в односторонней станине.

На малых машинах подъем и опускание валов, а также запрессовка их осуществляются вручную при помощи маховичка или цепной передачи. На больших машинах это делается посредством электродвигателя, пневматического или гидравлического поршневого устройства, расположенного на станинах каландра и связанного с подшипниками верхнего вала. Линейное давление в зазоре нижних валов восьмивального каландра достигает 80 кг/см.

Валы каландров изготовляют из высококачественного, закаленного чугуна, тщательно шлифуют и полируют. Нижний вал, воспринимающий на себя всю нагрузку, делают наибольшего диаметра и шлифуют с бомбировкой для компенсации прогиба [1]. Верхний и второй снизу также изготовляют несколько большего диаметра, чем остальные валы каландра. Все они на малых машинах шлифуются обычно цилиндрически, а на больших машинах с небольшой, постепенно увеличивающейся бомбировкой от верхнего вала к нижнему.

Величина бомбировки валов каландра зависит от размеров валов, их длины и диаметра, а также от нагрузки. Она возрастает с повышением длины вала, количества валов в каландре (т. е. с увеличением нагрузки) и уменьшается с увеличением диаметра вала (табл. 61).

Каландр приводится в движение через нижний вал. Остальные залы вращаются за счет трения от нижнего вала. При работе быстроходных машин каландровые валы сильно разогреваются от трения. Для их охлаждения предусматривается установка, состоящая из вентилятора и воздуховодов с серией сопел, по которым к валам подводится холодный воздух. Подшипники валов, а иногда и станины каландров, имеют для той же цели водяное охлаждение.

Некоторые валы в каландре изготовляют пустотелыми и к ним через полую цапфу подводят пар для обогрева или воду для охлаждения. Обогрев валов целесообразен для бумаги, требующей хорошего уплотнения и гладкости. Валы часто обогревают при выработке газетной бумаги, а также при изготовлении плотных видов картона.

Все валы каландров снабжаются шаберами со сменными гибкими лезвиями из бронзы или мягкой стали. Шаберы служат для очистки валов от приставших кусочков бумаги, загрязнений и предотвращают намотку бумаги на валы при заправке и обрывах.

---

[1] Имеются указания, что на некоторых канадских фабриках стали применять в качестве нижнего вала машинного каландра вал, закрепленный посередине, не требующий бомбировки.

Таблица 61

Практические данные о величине бомбировки каландровых валов

Наименование показателей	Номер вала								Примечание
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Диаметр вала в мм	508	406	406	406	406	406	508	810	Газетная бумага, рабочая скорость 370 м/мин, ширина сетки 5950 мм
Бомбировка в мм	0,02	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,27	1,10	
Диаметр вала в мм	500	400	400	400	400	400	500	750	Типографская № 2, рабочая скорость 300 м/мин, ширина сетки 4700 мм
Бомбировка в мм	0	0	0	0	0	0	0	0,8	
Диаметр вала в мм	400	300	300	300	300	400	600	—	Высокосортные виды бумаги, рабочая скорость 40—120 м/мин, ширина сетки 3600 мм
Бомбировка в мм	0	0	0	0	0	0	0,52	—	
Диаметр вала в мм	300	250	250	250	250	300	400	—	Чертежная, рисовальная, рабочая скорость 30—40 м/мин, ширина сетки 1900 мм
Бомбировка в мм	0	0	0	0	0	0	0,20	—	

Шаберы имеют приспособление для подъема и опускания во время работы машины. Этим уменьшается износ валов. В местах ввода бумаги между валами устанавливают трубы или угольники для предохранения рабочего от несчастных случаев.

Во избежание образования складок и морщин в бумаге при работе каландров ее сильно натягивают и разглаживают перед вводом в валы каландра при помощи дуги, выполненной в виде равномерно выгнутой пустотелой трубы. Дугу можно поворачивать посредством червячной передачи и тем самым менять ее изгиб в месте соприкосновения с бумажной лентой. Так подбираются оптимальные условия для равномерного натяжения бумажного полотна.

У современных быстроходных машин подшипники каландровых валов так же, как и подшипники сушильных цилиндров, имеют принудительную автоматическую смазку. Установка состоит из резервуара для масла, насоса и системы маслопроводов, а также фильтров для очистки масла и холодильника для его охлаждения.

Заправка бумаги у тихоходных машин выполняется вручную, а у быстроходных машин при помощи сжатого воздуха. Для этой цели перед каландром устанавливаются два направляющих медных лотка и система воздушных сопел, при помощи которых подается в верхние валы узкая заправочная лента бумаги. Как только полоска бумаги шириной 10—20 см будет заправлена в валы, бумажное полотно сводится во всю ширину посредством передвижного ножа, расположенного у последнего сушильного цилиндра.

Охлаждение валов при работе каландра

При работе быстроходных машин каландровые валы сильно разогреваются от трения. При наличии неоднородных полос в бумажном полотне по весу 1 м^2 и влажности каландровые валы разогреваются неравномерно. Это вызывает различное линейное расширение валов, вследствие чего происходит неодинаковый отжим бумажного полотна при каландровании и бумага получается неравномерной толщины.

Расчеты показывают, что разница в температуре каландровых валов в двух соседних точках 5—6° вызывает различие в толщине газетной бумаги на 20%. Поэтому очень важно хорошо охлаждать каландровые валы при работе машины. Для этой цели предусматривается установка, состоящая из вентилятора и воздуховодов с соплами, через которые холодный воздух направляется на открытые поверхности трех нижних валов. Для регулирования охлаждения по ширине вала сопла делаются поворотными и снабжаются дроссель-клапанами.

Для охлаждения валов раньше применяли низконапорные вентиляторы давлением не выше 200—250 мм вод. ст., теперь же — вентиляторы давлением от 500 до 1400 мм вод. ст.

На современных быстроходных машинах для охлаждения валов применяют очищенный от пыли воздух, который в специальных кондиционных установках охлаждается до 4—7°. Работой установки управляют со щита, находящегося у наката. Потребляемая мощность установки от 7,5 до 55 квт, в зависимости от ширины машины.

Работа машинного каландра

Для получения хорошего машинного лоска и гладкости необходимо иметь надлежащую и равномерную влажность по всей ширине бумажного полотна, хороший просвет бумаги, достаточное давление и удовлетворительное состояние валов каландра. Чтобы при работе каландра избежать брака в виде морщин, складок, обрывов и т. п., бумажное полотно должно быть сильно и равномерно натянуто перед вводом его в каландр и не должно иметь надрывов и сгустков массы, которые легко могут привести к обрывам бумаги в каландрах.

При недостаточной влажности и при пересушке (влажность 3—4%) бумага становится ломкой, рвется в каландрах и плохо разглаживается. Слишком влажная бумага также вредна, так как она раздавливается между валами и приобретает прозрачные на просвет, пергаментированные пятна, напоминающие масляные, которые в отраженном свете кажутся темными. В результате этого, бумага приобретает нехороший, зачерненный с поверхности вид.

При неравномерном отливе по ширине полотна в бумаге могут появиться продольные полосы, отличающиеся весом 1 м^2, а следовательно, и влажностью, так как тонкие места в бумаге просыхают быстрее, чем толстые. Таким образом, создаются условия для выработки бумаги с неоднородной гладкостью и лоском. Чтобы не допустить зачернения влажных полос в бумаге и избежать выработки брака, сушильщик увеличивает приток пара в сушильные цилиндры, чем вызывает пересушку остальной бумаги.

Плохой облачный просвет бумаги, наличие скоплений волокон и сгустков также приводят к образованию брака при пропуске бумаги через каландры, так как сгустки волокон раздавливаются валами, и бумага получается пятнистой. Чем ровнее просвет и чем однороднее бумага, тем с большей влажностью можно пропустить ее через каландр без риска испортить. При этом получаются хорошая гладкость и лоск бумаги.

Крупные сгустки и комочки массы, а также слизь, которые не успевают просыхать в бумажном полотне, раздавливаются валами, при этом образуются крупные пергаментированные пятна и сквозные отверстия.

Прилипшие при этом к валам каландра кусочки массы или бумаги очень вредны, так как они начинают маркировать бумагу, оставляя на ней отпечатки при каждом обороте вала. Поэтому рабочие у машины должны внимательно следить за состоянием и чистотой валов и своевременно очищать их от приставшей бумаги и загрязнений тряпкой, смоченной керосином или водой.

При обрыве бумажного полотна на машине конец бумаги проходит сушку без натяжения и потому плохо просыхает. Непросохшую бумагу ни в коем случае нельзя пропускать в валы, а следует оборвать перед каландрами.

При пуске бумагоделательной машины после остановки нельзя заправлять бумагу в валы каландра, пока она не будет иметь нормальную сухость. Сырая бумага прилипает к валам и может намотаться на них, что вызовет простой машины, так как забитые бумагой валы трудно очистить от бумаги, да к тому же можно и повредить их. При прохождении через каландр бумажного полотна, ослабленного «выдерком», необходимо несколько уменьшить натяжение полотна, так как иначе оно может оборваться, не выдержав первоначального натяжения.

При работе с вылегченными (приподнятыми) валами во время обрыва бумажного полотна верхние валы могут остановиться.

В этом случае необходимо своевременно, во избежание повреждения валов, опустить их и снова приподнять, когда бумага будет заправлена.

Если износ валов, шлифовка и разогрев валов неравномерны, наблюдается образование более плотных (тугих) и более слабых мест в рулоне бумаги, что зависит от неравномерной толщины бумаги, выходящей из валов каландра. Чтобы выровнять натяжение бумаги, разогревают валы в том месте, где идет тугая полоса, или охлаждают струей холодного воздуха валы против слишком сдавленных мест в рулоне бумаги. Местный разогрев приводит к некоторому увеличению, а охлаждение — к уменьшению диаметра вала, что позволяет исправлять неровности вала. Местный разогрев валов можно осуществлять посредством индукционных токов или трением суконки, которая прижимается к поверхности вала ручным суппортом, перемещаемым в колодке шабера каландра.

Для успешной работы машинных каландров особенно важны тщательная шлифовка валов и правильный выбор бомбировки валов. Неправильный выбор бомбировки валов приводит к получению брака, так как бумага по ширине полотна приобретает неодинаковую толщину. При чрезмерной бомбировке валов бумага сильно отжимается посередине, а при недостаточной — по краям.

Шлифовка валов каландра — очень трудоемкий процесс и занимает много времени. Она должна проводиться на специально оборудованном шлифовальном станке, позволяющем придавать валу любой размер бомбировки. Шлифовальный станок должен устанавливаться в отдельном помещении и иметь солидный фундамент, изолированный от соседних помещений. Желательно, чтобы помещение шлифовального станка не находилось рядом с дорогой или с железнодорожной веткой, так как на работе станка отрицательно сказываются сотрясение и вибрация, производимые не только рядом стоящими машинами, но и проезжающими по дороге автомашинами и поездами.

Отшлифованные валы каландров собираются в батарею на стенде и их прилегание друг к другу тщательно проверяется на свет путем просвечивания электрической лампочкой. Все валы должны плотно прилегать друг к другу. В случае наличия просветов дефектные валы снова перешлифовывают.

Срок службы батареи валов каландра различен и зависит от скорости машины и степени износа валов. Новые валы работают без шлифовки от полугода до 1 года и выше, изношенные же, подвергавшиеся многократной шлифовке, у которых верхний закаленный слой чугуна уже сточен, работают значительно меньше.

Быстрее всего изнашиваются кромки валов, работающие без бумаги, вследствие того, что на концах шаберов скапливается пыль и песок, действующие на вал как абразивный материал. При износе кромок валов нельзя переходить на выработку бумаги более широ-

кого формата, так как кромки в этих местах пойдут более толстыми и будут лопаться при намотке. При шлифовке таких валов приходится стачивать много металла, что ускоряет их износ и уменьшает срок службы. Для предотвращения быстрого износа кромок валов целесообразно устанавливать над верхним валом суконки (фитили) и периодически смачивать их керосином.

ПРОДОЛЬНО-РЕЗАТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

В некоторых случаях при выработке бумаги на тихоходных машинах практикуется продольное разрезание бумаги на два или даже на три отдельных рулона непосредственно на самой машине. Для этой цели между машинным каландром и накатом устанавливают продольно-резательное устройство. Такое разрезание бумаги целессообразно в том случае, если бумага подвергается дальнейшей обработке в ролевом виде на этой же фабрике более узким форматом, например: каландрированию, пропитке, мелованию и другим операциям. Однако подобный способ выработки бумаги « в разрез» на машине не дает хорошей и плотной намотки рулонов и мало пригоден для отправки бумаги в ролевом виде потребителям. Кроме того, бумага при выработке «в разрез» на машине наматывается обычно на деревянную или железную, а не на бумажную гильзу, как это требуется для ролевой бумаги. Такая бумага разрезается на специальных продольно-резательных станках.

Продольно-резательное устройство состоит обычно из нескольких пар круглых ножей, перемещаемых по ширине машины, и направляющей линейки, по которой бумажная лента поступает в ножи для разрезания. По своей конструкции эти устройства изготовляются трех типов:

1) продольно-резательное устройство с тарельчатыми ножами насаженными на два параллельных вала, по которым они могут передвигаться; оба вала сцеплены между собой шестернями и имеют общий привод;

2) продольно-резательное устройство с одним приводным ножевым валом, на котором насажены тарельчатые ножи, и дисковыми ножами, которые расположены на отдельных держателях; дисковые ножи прижимаются к тарельчатым ножам посредством пружин и вращаются от трения с тарельчатыми ножами; тарельчатые ножи имеют диаметр около 200 мм и окружную скорость на 20—30% большую, чем скорость бумаги; эта конструкция более совершенна, чем первая;

3) для продольного разрезания тонких шелковых видов бумаги применяется специальное продольно-резательное устройство, которое состоит из тонких круглых ножей с мелкими зубчиками, насаженных на вращающемся валу.

УВЛАЖНЕНИЕ БУМАГИ НА МАШИНЕ

Увлажнению подвергается бумага, поступающая в дальнейшем на отдельные каландры (суперкаландры) с целью получения хорошей степени отделки. Бумагу машинного лоска перед намоткой обычно не увлажняют.

Для получения хорошей гладкости и лоска на суперкаландрах необходимо, чтобы бумага обладала достаточной влажностью и эластичностью. При этом весьма важно, чтобы влажность была равномерной по всему бумажному полотну. Степень увлажнения бумаги различна и зависит от требуемых свойств бумаги, ее композиции и веса 1 м^2. Данные о влажности отдельных видов бумаги перед каландрированием приводятся в 15-й главе.

Увлажнительные аппараты, устанавливаемые непосредственно на бумагоделательной машине между каландром и накатом, обычно работают на принципе распыления воды спрыском, щеткой и сжатым воздухом.

Аппараты первого типа состоят из спрысковой трубы, устанавливаемой над бумажным полотном, и плоского или слегка выпуклого отражателя, выполненного из листовой меди или оцинкованного железа. Тонкие струйки воды, ударяясь о поверхность отражателя, образуют мелкую водяную пыль, отбрасываемую на движущееся полотно бумаги. Для предохранения бумажного полотна от попадания крупных капель воды под отражатель ставится желоб.

Более удобна в работе не простая спрысковая труба с отверстиями, а труба с отдельными регулируемыми маленькими кранами, находящимися друг от друга на расстоянии 50—75 мм. Вода для спрыскового увлажнителя должна быть чистой, фильтрованной, во избежание засорения отверстий спрысков. Напор воды должен быть не менее 1 кг/см^2. Степень увлажнения бумаги регулируется общим вентилем, расположенным на водяном трубопроводе, а по ширине полотна — при помощи отдельных кранов.

Аппарат второго типа состоит из вращающегося щеточного валика диаметром 200—250 мм, погруженного в корыто с водой, и шабера, который разбрызгивает воду, увлекаемую щеткой из корыта.

В других конструкциях в корыто с водой погружается вращающийся валик, забирающий воду своей поверхностью, а щеточный валик, расположенный над первым, снимает воду с поверхности валика и разбрызгивает ее на движущееся полотно бумаги без помощи шабера.

Регулирование степени увлажнения бумаги в этих конструкциях производится изменением уровня воды в корыте, изменением скорости вращения щеточного валика, а также перестановкой шабера.

Щеточный аппарат лучше работает, чем спрысковой. Он лучше разбрызгивает воду и дает более равномерное увлажнение. Недо-

статком его является износ щетины и попадание ее на поверхность бумаги.

Увлажнители, работающие методом распыления воды сжатым воздухом, состоят из трубопровода с отдельными распылителями на нем в виде сопел, к которым подается вода и сжатый воздух из аккумулятора, соединенного с компрессором. Они требуют применения чистой, фильтрованной воды, а также освобожденного от пыли воздуха. Аппараты этого типа системы «Орион», применяемые в Англии, устанавливаются на современных быстроходных машинах под бумажным полотном, непосредственно за машинными каландрами.

Бумага, увлажненная с одной стороны листа, при намотке на накате соприкасается с другой, не увлажненной стороной бумаги, таким образом, влага равномерно распространяется по обеим сторонам бумажного листа. Только при выработке плотной бумаги, требующей более сильного увлажнения, приходится ставить увлажнительные устройства с обеих сторон листа.

НАМОТКА БУМАГИ

На старых бумагоделательных машинах бумага наматывается на деревянную или железную гильзу, на современных же машинах — главным образом на железный барабан, так называемый тамбур. По типу намотки различают: накаты с осевой намоткой и накаты барабанные. У первых наматываемый валик бумаги получает вращение от приводного вала, непосредственно соединенного с валом наматываемого валика. У вторых вращение наматываемого валика бумаги осуществляется за счет трения качения этого валика о несущий барабан, вращающийся с постоянной угловой скоростью от привода. В первом случае возникает необходимость регулирования угловой скорости вращения бумажного валика с целью поддержания постоянства окружной скорости и натяжения бумажного полотна. Во втором случае окружная скорость бумажного валика не зависит от его диаметра, остается все время неизменной и не требует регулировки угловой скорости вращения валика, так как это происходит само собой.

Накаты первого типа допускают выработку бумаги «в разрез» на бумагоделательной машине и применяются обычно на тихоходных машинах, а также при выработке бумаги с большим весом 1 м^2 и картона. Этот тип наката не может обеспечить плотную намотку рулона.

Накаты второго типа применяются теперь на большинстве бумагоделательных машин и обеспечивают плотную намотку бумаги. На накатах этого типа вырабатывать бумагу « в разрез» нельзя, так как здесь одновременно можно наматывать только один валик, а не два или три валика, как это требуется при разрезании бумажного полотна на машине.

На старых машинах, предназначенных для выработки тонкой бумаги, можно встретить еще третий тип намотки бумаги, на мотовила, вращающиеся с мало изменяющейся угловой скоростью. Необходимое изменение в небольших пределах числа оборотов мотовила достигается передвижением ремня на конечном шкиве. Намотанная на мотовила бумага срезается затем ножом вручную и в виде листов поступает на упаковку. Подобные накаты в настоящее время уже не изготовляются.

Накаты с осевой намоткой

Фрикционный накат. Состоит он из съемной железной штанги квадратного сечения, на которой крепится гильза, а также приводного вала, соединяемого с первой муфтой сцепления и фрикционной муфтой.

Фрикционный накат (рис. 204) может иметь от двух до пяти штанг. На штангу надевается деревянная, обитая на концах железом, или железная гильза диаметром от 100 до 150 мм, и закрепляется на ней при помощи торцовых конических втулок («конусов») стопорными винтами.

Рис. 204. Фрикционный накат:

1 — штанга («квадрат»); 2 — гильза; 3 — торцовая коническая втулка для крепления гильзы на штанге; 4 — сцепная муфта; 5 — фрикционная муфта; 6 — маховичок для прижима подвижного диска муфты к неподвижному; 7 — пружина

Намотка бумаги на гильзу производится обычно на малых и тихоходных машинах, а также при выработке бумаги «в разрез» на несколько валиков одновременно.

На более крупных машинах для намотки применяют не съемные гильзы, а железные барабаны (так называемые «тамбуры») значительно большего диаметра (250—400 мм), позволяющие получать более ровную и плотную намотку бумаги при значительно большем диаметре валика, что особенно важно при дальнейшем разрезании бумаги на продольно-резательном станке и при каландрировании на суперкаландре.

Фрикционный шкив, приводимый в движение ремнем, свободно вращается на валу и имеет два фрикционных диска, расположенных с обеих сторон от шкива. Один из них (со стороны бумажного валика) неподвижно закреплен на валу, а другой, так же как и шкив, свободно вращается на валу и прижимается вместе с последним к неподвижному диску при помощи ручного маховичка. Между фрикционными поверхностями шкива и дисков закладываются промасленные кружки из сукна или фанеры, чтобы уменьшить трение, обеспечить плавный ход фрикционной муфты и устранить заедание и рывки.

Изменяя степень прижима дисков к шкиву, можно менять степень скольжения фрикционной муфты, скорость вращения наматываемого валика бумаги и передаваемую мощность.

По мере увеличения диаметра наматываемого валика угловая скорость вращения его уменьшается, а мощность, требующаяся на вращение валика, повышается, так как увеличивается вес валика. Поэтому, чтобы увеличить передаваемую мощность вращающемуся валику и сохранить постоянное натяжение бумаги, которое составляет 0,3—0,5 кг/см, необходимо усилить прижим между фрикционными дисками.

В начальный момент заправки бумаги на валик последний должен вращаться с окружной скоростью несколько большей (на 20—25%), чем бумага. Но как только бумага заправлена на валик, нагрузка сразу же возрастает за счет натяжения бумаги. При этом скорость вращения валика уменьшается и увеличивается проскальзывание фрикционных дисков.

По мере увеличения диаметра наматываемого валика и роста нагрузки повышается проскальзывание фрикционной муфты и натяжение бумаги ослабевает. Поэтому рабочему у наката приходится время от времени усиливать прижим фрикционной муфты. Если накатчик будет выполнять эту операцию неумело и допустит, например, значительное ослабление натяжения бумаги, а затем сильно закрепит муфту (т. е. увеличит натяжение бумаги), то бумага на валике будет сползать в сторону и намотается неровно. Поэтому крепление фрикционной муфты во время намотки валика следует выполнять равномерно, не допуская ослабления в натяжении бумаги.

При обрыве бумажного полотна нагрузка наката резко падает и валик начинает увеличивать скорость вращения. Во избежание аварии накатчик обязан немедленно ослабить крепление фрикционной муфты и остановить накат.

За фрикционными муфтами требуется внимательный уход — хорошая смазка, периодический осмотр, замена прокладок и т. п.

В процессе работы фрикционная муфта сильно нагревается и при плохой смазке может возникнуть дым и даже огонь. В новых конструкциях муфты применяют охлаждение водой. Плохой уход за фрикционными муфтами приводит к плохой работе наката: он начинает работать неровно, рывками.

Из сказанного видно, что накат с фрикционной муфтой является весьма несовершенным устройством и требует внимательного ухода со стороны обслуживающего персонала. Заправка бумаги на гильзу или на тамбур требует от рабочих большой ловкости и при высоких скоростях (свыше 150 м/мин) становится настолько трудной, что является уже помехой дальнейшему повышению скорости бумагоделательной машины.

Электронакат. В этой конструкции осевого наката фрикционная муфта для регулирования скорости вращения наматываемого валика бумаги отсутствует и последний приводится во вращение отдельным электродвигателем трехфазного тока последовательного возбуждения.

Система электродвигателя обеспечивает постепенное уменьшение числа его оборотов по мере намотки бумаги и по мере увеличения диаметра валика, а натяжение бумаги остается все время неизменным. Электродвигатели имеют регулировку 1 : 5 и позволяют наматывать валик диаметром от 300 до 1500 мм.

Обслуживание электронаката осуществляется с пульта управления, на котором размещены кнопки для включения и выключения наката, а также рукоятки для изменения натяжения бумажного полотна и электрические приборы: амперметр и тахометр.

Электрический накат позволяет получать хорошую, ровную намотку бумаги и при обрывах бумажного полотна не изменяет своей скорости. По сравнению с накатом фрикционного типа он имеет большие преимущества. Применяется при выработке высокосортных видов бумаги.

Накаты барабанного типа

Введение накатов барабанного типа позволило значительно усовершенствовать намотку бумаги и сделать эту операцию более простой, чем при использовании накатов осевого типа.

Барабанные накаты могут быть с одним наматываемым валиком бумаги (накат Попе) и с двумя (американский накат) рис. 205.

Накат состоит из несущего барабана диаметром 1250 мм по конструкции сходного с холодильным цилиндром, который также

охлаждается водой. Несущий барабан имеет свой привод и вращается с постоянной окружной скоростью, равной скорости бумаги. Для очистки цилиндра и предотвращения намотки на него бумаги он снабжен шабером.

Наматываемый валик бумаги катится по поверхности несущего барабана за счет трения и автоматически изменяет свою угловую

Рис. 205. Барабанный накат типа Попе:
1 — несущий барабан; 2 — заправочный тамбур; 3 — наматываемый валик бумаги; 4 — бумага с каландра

скорость, не требуя специальной ее регулировки. При этом получается очень плотная и ровная намотка бумаги. Тамбур, на который наматывается бумага, закладывается своими подшипниками в вилки подвижных стоек, расположенных так, чтобы валик был смещен по отношению к несущему барабану на угол около 45°.

Накат типа Попе состоит из одного рабочего наката, смещенного в противоположную от каландра сторону, и одного вспомогательного. заправочного, расположенного над центром опорного цилиндра. Бумага заправляется сначала на заправочный накат, а затем, когда на тамбур намотается слой бумаги в 30—40 мм, валик передается в вилки рабочего наката и продолжает наматываться до диаметра 1—1,5 м, после чего бумагу снова заправляют на заправочный накат, а намотанный валик бумаги тем временем снимают с рабочего наката при помощи крана.

У накатов американского типа отсутствует заправочный, а имеются два рабочих наката, работающих поочередно, из которых один находится спереди, а другой — сзади несущего барабана.

Перед входом бумажной ленты на накат она огибает дугу для того, чтобы разгладить бумагу и устранить морщины перед намоткой. У наката Попе дуга располагается вверху перед несущим барабаном, а у американского наката — внизу у пола.

Рис. 206. Барабанный накат с пневматическим прижимом рулона

Накаты типа Попе удобнее в работе и дают лучшую намотку бумаги, чем американские. Последние неудобны также при выработке бумаги с увлажнением на машине, так как положение рабочего тамбура непостоянно.

Поэтому на современных машинах устанавливаются сейчас почти исключительно накаты типа Попе.

Заправка бумаги на тамбур осуществляется струей сжатого воздуха при помощи резинового шланга. Для устранения перекосов и предотвращения образования морщин при намотке бумаги имеется возможность несколько перемещать подшипники тамбура в вилках рычагов наката посредством установочных винтов. На современных накатах наматываемый валик бумаги прижимается к несущему барабану при помощи пневматического поршневого приспособления (рис. 206). Этим самым становится возможным регулирование плотности намотки бумаги.

Накаты барабанного типа обеспечивают получение рулонов с плотной и ровной намоткой, что имеет важное значение для даль-

нейшей успешной обработки бумаги на продольно-резательных станках, каландрах и саморезках.

Для бесперебойной работы бумагоделательной машины необходимо иметь запасные тамбуры. Количество их зависит от дальнейшей обработки бумаги. Если бумага подвергается последующему каландрированию или режется на листы, нужно иметь большое количество тамбуров, если же вырабатывается ролевая бумага машинной отделки (газетная, типографская и др.), достаточно иметь пять-шесть тамбуров.

УЧЕТ ВЫРАБОТАННОЙ БУМАГИ

Бумагу, вырабатываемую на бумагоделательной машине (выработка брутто), учитывают взвешиванием на весах. Для этой цели применяются рычажные или пружинные весы, подвешиваемые непосредственно к подъемному крану или тельферу, которым снимается бумага на накате. Для взвешивания бумаги вместе с тележкой или без нее могут применяться обыкновенные десятичные или сотенные весы.

На больших машинах, вырабатывающих ролевую бумагу, учет обычно ведется по выработке нетто, т. е. после резки путем взвешивания отдельных рулонов бумаги, а также по метражу при помощи счетчика, устанавливаемого на продольно-резательном станке.

Для учета посменной выработки брутто на машине иногда определяют вес бумаги, замеряя диаметры валиков бумаги. Подобный учет бумаги носит лишь ориентировочный характер и должен уточняться по весу нетто после разрезания бумаги.

Налаженный учет выработки бумаги брутто позволяет выявлять брак в производстве, определяемый в виде разности между весом бумаги брутто и нетто. Это позволяет руководителям производства следить за показателями брака и своевременно принимать соответствующие меры для его устранения.

КЛЕИЛЬНЫЙ ПРЕСС

С целью коренного улучшения свойств писчей, документной, печатной и некоторых других бумаг и картона применяется поверхностная проклейка, которая раньше производилась только на специальных машинах, теперь же все чаще начинает осуществляться непосредственно на бумагоделательных машинах при помощи клеильного пресса, устанавливаемого во второй половине сушильной части машины.

Клеильный пресс (рис. 207) состоит из пары валов, расположенных вертикально (реже горизонтально), из которых нижний обычно облицован резиной твердостью 30—35 пунктов по Пуссей-Джонсу, а верхний—стонитом, эбонитом или бронзой. Бумага при влажности от 8 до 12% непрерывным полотном проходит через

валы и перед ними орошается с обеих сторон клеем из спрысков. Избыток клея отжимается валами и стекает в ванну, откуда перекачивается насосом в расходный бак, а из него снова подается через напорный бачок на спрыски клеильного пресса. Проклеенная бумага сушится на сушильных цилиндрах, количество которых обычно составляет около 20—25% от общего числа сушильных цилиндров. Перед вводом в валы пресса бумажное полотно огибает пружинный валик, а при выходе из клеильного пресса влажное

Рис. 207. Схема установки клеильного пресса на бумагоделательной машине:

1 — сушильный цилиндр с сукном; *2* — то же без сукна; *3* — пружинный валик; *4* — валы клеильного пресса; *5* — клеевые спрыски; *6* — выравнивающая дуга; *7* — хромированный валик; *8* — ванна

полотно с целью устранения морщин разглаживается на дуге, откуда оно поступает на сушильные цилиндры для досушки.

В качестве проклеивающего вещества чаще всего применяют модифицированный крахмал (подвергнутый действию энзима амилозы или окисленный), карбоксиметилцеллюлозу, животный клей, казеин, а также эмульсии парафина и воска отдельно или в смеси с крахмалом. Иногда в крахмальный клей добавляют мочевино-формальдегидные и меламино-формальдегидные смолы.

Концентрация клея может изменяться в широких пределах от 1 до 10% и выше, в зависимости от желаемой интенсивности впитывания (привеса) клея и требуемых свойств бумаги. Поглощение клея зависит от влажности бумаги, степени ее проклейки в массе, характера поверхности бумаги, вязкости и температуры клея. Так, при влажности бумаги ниже 4% и выше 12% степень впитывания клея резко понижается. Проклеенная смоляным клеем бумага значительно меньше поглощает клея, чем неклееная, а гладкая бумага меньше, чем шероховатая и пористая. Поглощение клея бумагой можно регулировать также степенью отжима его валами пресса и концентрацией клея.

Обычно привес клея составляет от 1 до 4%. При использовании клея концентрацией до 1% получают незначительный привес клея (меньше 1%), однако бумага уже приобретает лучшую отделку, меньшую деформацию, ровность поверхности (отсутствие скручиваемости) и меньшую пылимость. При концентрации клея 2% привес клея составляет 1% от веса волокна, а при повышении концентрации клея до 10% привес достигает 4%. При поверхностной проклейке бумаги методом погружения в клеевую ванну, как это обычно делается на специальных клеильных машинах, привес клея получается более высоким и достигает 6—7%, однако и свойства бумаги при этом изменяются в большей степени.

При поверхностной проклейке бумаги в клеильном прессе происходит связывание поверхностных слоев бумаги, в результате чего волокна более прочно скрепляются друг с другом, бумага не пылит и не выщипывается с поверхности при печатании, становится более стойкой к истирающему действию, лучше подвергается отделке в каландрах, меньше деформируется и скручивается, механическая прочность ее повышается, значительно улучшается степень проклейки бумаги канифольным клеем и снижается разносторонность бумаги. Затраты на поверхностную проклейку часто компенсируют понижением степени помола бумажной массы и понижением расхода энергии на размол.

В клей иногда добавляют минеральные пигменты для повышения белизны и гладкости бумаги. Этим способом недавно начали вырабатывать пигментированную бумагу, которая в известной мере может конкурировать с мелованной. Этот способ позволяет улучшить свойства поверхности бумаги, повысить зольность при 100%-ном удержании наполнителей и без снижения прочности бумаги.

МЕЛОВАНИЕ БУМАГИ НА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

Для придания бумаге специальных свойств на ее поверхность наносят покровный слой, состоящий из минеральных пигментов, клеящих веществ, восковых эмульсий, смол и других органических веществ в зависимости от назначения бумаги. Такие окрашенные с поверхности виды бумаги применяются для книжной и журнальной продукции, для обоев, фотобумаги, гранитоля, клеенок, декоративных изделий, специальных видов упаковки и др. Покровные слои наносятся на специальных бумагокрасильных машинах с одно- или двусторонним покрытием. Обычно красочный состав наносится на поверхность бумаги валиками и щеточным механизмом, затем бумага высушивается в потоке теплого воздуха на так называемой фестонной сушилке и каландрируется. Бумагокрасильные машины обычно работают при небольшой ширине рулона.

Производство мелованной бумаги для книжной и журнальной продукции на упомянутых выше бумагокрасильных машинах мало-

производительно, обходится дорого и не может удовлетворить возрастающего спроса на эти виды бумаги. В последнее время процесс мелования бумаги с успехом выполняется непосредственно на бумагоделательных машинах при высоких скоростях работы и при широком формате бумажного полотна, что резко повысило выпуск мелованной бумаги и удешевило стоимость ее производства. Разработано и применяется несколько конструкций установок для мелования бумаги на бумагоделательной машине. Опишем наиболее распространенные из них установки по способу Мэсси и Кимберлей-Кларк.

Рис. 208. Схема установки Мэсси для мелования:
1 — красильные валы; *2* — распределительные валики; *3* — бак для краски; *4* — предварительная сушильная часть; *5* — каландр; *6* — воздушная сушка; *7* — досушивающие сушильные цилиндры

Установка Мэсси, работающая на одной из машин со скоростью 360 м/мин (рис. 208), состоит из двух красильных валов, которые расположены один над другим, покрыты резиной твердостью 50 пунктов по Пуссей-Джонсу и имеют диаметр по 1200 мм; они снабжены точным присадочным устройством. Эти валы служат для двустороннего нанесения покровного слоя на бумагу. Рабочий раствор краски подается на красильные валы системой валов, покрытых резиной и расположенных в два горизонтальных ряда (пять в верхнем и четыре в нижнем ряду), диаметром по 450 мм, твердостью 100—200 пунктов по Пуссей-Джонсу. Верхние валики размещены на подвесках, а нижние на шарнирных стойках и могут передвигаться в горизонтальном направлении при помощи пневматического присадочного устройства. Краска непрерывно подается из напорного бачка в зазоры между первым и вторым валиками каждого ряда и, равномерно распределяясь по поверхности распределительных валиков, передается на красильные валы, а последними на бумагу. Для очистки красильных валов служат специальные валики. Толщина покрытия регулируется в пределах 10—15 г на каждую сторону изменением степени прижима крайних распределительных валиков друг к другу и скорости их вращения. Подача раствора к валикам регулируется вентилем.

Для сушки окрашенной бумаги устанавливают дополнительно шесть-восемь сушильных цилиндров, затем ставят двухвальный каландр и накат. Чтобы бумага не прилипала к сушильным цилиндрам, ее вначале несколько подсушивают нагретым воздухом.

Описанная установка для мелования бумаги размещается после машинного каландра и работает на бумаге, имеющей влажность 5—7%. Она может выпускать бумагу с двусторонним и односторонним покрытием. Подобные установки применяются для выпуска массовой книжной и журнальной бумаги. Основой для них может служить бумага с содержанием древесной массы до 70%. В качестве минерального пигмента для этой цели чаще всего используют хорошо очищенный каолин, а в качестве связывающего вещества крахмальный клейстер (обычно из модифицированного энзиматической обработкой крахмала, обладающего меньшей вязкостью и большей клеящей способностью). Краска готовится из композиции 15—25% крахмала и 85—75% каолина, концентрацией около 50%.

В другой конструкции, системы Кимберлей-Кларка, бумага, пройдя обычную сушильную часть машины, поступает в первый красильный пресс, в котором наносится покровный слой на нижнюю сторону бумаги, и после просушки на нескольких сушильных цилиндрах без сукна подается во второй красильный пресс, в котором наносится покровный слой на верхнюю сторону листа. После этого бумага досушивается на остальной сушильной части, проходит машинный каландр и поступает на накат.

Красильный пресс в этой установке состоит из двух валов: нижний погружен в ванну с раствором, которая находится под вакуумом; у выхода поверхности вала из ванны установлен регулирующий шабер, который дает возможность изменением засоса воздуха в ванну изменять толщину покрытия. Вакуум в ванне создается вакуум-насосом.

Достоинством этой системы является отсутствие соприкосновения покровного слоя с металлическими поверхностями валиков и сушильных цилиндров при сушке, благодаря чему слой не повреждается. Эта установка позволяет наносить покровный слой до 13—14 г на каждую сторону при скорости машины до 300 м/мин.

Нанесение покровного слоя на бумагу при помощи валиков осуществляется также в установках Лока, Сент-Реджис, Чемпион, Фебера и некоторых других, однако рабочая скорость машины в этом случае ограничивается 300—400 м/мин. При нанесении же покровного слоя посредством механического или воздушного шабера рабочая скорость машины может достигать 600 м/мин и даже выше.

ГЛАВА 12

ПРИВОД БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Привод бумагоделательной машины является неотъемлемой ее частью. Он весьма существенно влияет на работу машины и на качество выпускаемой продукции.

В общей системе привода обычно различаются: привод вспомогательного оборудования, называемый иногда приводом постоянной части машины, и привод собственно бумагоделательной машины, называемый обычно приводом переменной части машины.

Вспомогательное оборудование бумагоделательной машины (мешальные бассейны, центробежные очистители, узлоловители, насосы массные и вакуумные и пр.) на машинах старых конструкций приводилось во вращение от общего двигателя с постоянным числом оборотов через трансмиссионные передачи. На современных машинах вспомогательное оборудование приводится во вращение от электродвигателей переменного тока с постоянным числом оборотов.

Для привода смесительного и вакуумных насосов на бумагоделательных машинах большой производительности иногда устанавливают электродвигатели с регулируемым числом оборотов. При этом число оборотов их можно изменять в зависимости от необходимой производительности, соответствующей скорости машины, что уменьшает расходуемую мощность.

На бумагоделательной машине приводятся во вращение: нижний вал гауча, нижние валы прессов, сушильные цилиндры (обычно разделенные на несколько приводных групп), нижний вал каландра и накат.

Общее количество приводных групп (секций) на бумагоделательной машине составляет 8—12, в зависимости от числа прессов, и приводных групп сушильной части.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПРИВОДУ

К приводу бумагоделательной машины предъявляются следующие основные требования.

Привод должен обеспечить возможность плавного регулирования в широких пределах скорости бумагоделательной машины в зависимости от вида и веса 1 м^2 вырабатываемой бумаги.

Так как производительность машины определяется в основном возможной производительностью сеточной и сушильной частей, то при увеличении веса 1 м^2 бумаги необходимо уменьшить скорость машины, хотя и не всегда пропорционально увеличению веса бумаги. В период освоения бумагоделательной машины скорость ее постепенно повышается до проектной скорости. Иногда даже при выработке одного и того же вида бумаги в зависимости от различных условий работы (степени помола, композиции, состояния одежды машины и т. д.) приходится изменять скорость машины на 10—15% и выше.

Узкоспециализированные машины (например, для газетной бумаги) имеют пределы регулирования скорости 1 : 2. Машины, предназначенные к выработке печатных и писчих видов бумаги,— 1 : 4, а машины, вырабатывающие специальные технические и высокосортные виды бумаги, — 1 : 6.

Привод должен поддерживать установленную скорость машины постоянной. Только в этом случае будет обеспечено сохранение заданного веса 1 м^2 бумаги, зависящего от количества подаваемого на машину волокна и скорости машины. Современные приводы позволяют поддерживать постоянство скорости с отклонением не выше 0,5—1%, что вполне обеспечивает получение бумаги в пределах допусков, установленных стандартами для веса 1 м^2 бумаги. Отрегулировать подаваемое количество массы на машины с высокой степенью точности затруднительно, поэтому для получения бумаги заданного веса изменяют скорость машины в небольших пределах в зависимости от фактического веса 1 м^2 бумаги.

Привод должен обеспечить возможность регулирования соотношения скоростей отдельных секций и сохранения установленного соотношения скоростей. Бумажное полотно при прохождении по бумагоделательной машине удлиняется в мокрой части и укорачивается в сушильной. Поэтому скорость различных частей машины неодинакова и зависит от вида вырабатываемой бумаги, в первую очередь от композиции и степени помола. При выработке даже одного и того же вида бумаги могут изменяться степень помола, композиция, режим отлива и прессования на машине, что влечет за собой изменение удлинения и укорачивания бумаги. Поэтому соотношение скоростей отдельных секций бумагоделательной машины должно при необходимости регулироваться.

При определении предела регулирования соотношения скоростей для прессов и каландра следует учесть уменьшение диаметров нижних прессовых и каландровых валов по мере их перешлифовки, что вызывает необходимость соответствующего увеличения числа их оборотов.

В табл. 62 приведены примерные данные о соотношении скоростей секций бумагоделательных машин для печатной и писчей бумаги и для бумаги из массы жирного помола (конденсаторной и подпергамента). Бумага из массы жирного помола (из 100%-ной

целлюлозы) больше удлиняется на прессах и сильнее укорачивается в сушильной части, чем бумага из массы садкого помола с большим содержанием древесной массы.

Таблица 62

Соотношение скоростей секций бумагоделательной машины

Наименование секций	Скорость секции в % при выработке	
	бумаги из массы жирного помола (конденсаторная, подпергамент и др.)	писчих и печатных видов бумаги № 1
Гауч	89—91	94—95,5
I пресс	94—95	96—97
II »	97—98	97,5—98
III »	98,5—99	98,5—99
Сушильная часть	100	100
Каландр	100,05—100,15	100,05—100,15
Накат	100,1 —100,3	100,1 —100,3

В табл. 62 за 100% принята скорость сушильной части, причем условно считается, что сушильная часть имеет одинаковую скорость во всех приводных группах. С некоторым допущением это справедливо только для бумаги с малой величиной усадки. Для бумаги с большей усадкой каждая последующая группа сушильной части по сравнению с предыдущей будет иметь меньшую скорость на десятые доли процента. Скорость каландра и наката принимается также равной скорости сушильной части, хотя фактически скорость каландра на 0,05—0,15% больше скорости сушильной части, а скорость цилиндра периферического наката также на 0,05—0,15% больше скорости каландра.

Для осмотра и ремонта одежды машины (сетки, прессовые и сушильные сукна) для всех секций, кроме каландра и наката, необходимо немного поработать (не более 15—30 мин.), обычно без бумаги, на вспомогательной (просмотровой) скорости, равной 20—50 м/мин.

СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

В начале своего развития бумагоделательные машины приводились во вращение от гидравлических турбин, несколько позднее от паровых машин. Гидравлические турбины и паровые машины имели постоянное число оборотов.

Для возможности регулирования скорости привод бумагоделательной машины (переменной ее части) осуществлялся от промежуточного контрпривода, связанного с паровой машиной или турбиной ременной передачей со ступенчатыми шкивами (или со смежными шкивами) или ременной передачей на широких конических

шкивах. Секции машины приводились в движение от привода при помощи ременной передачи с коническими шкивами, что позволяло регулировать соотношение скоростей между отдельными секциями. Этот устаревший тип привода обеспечивал регулировку скорости машины максимально в пределах 1 : 3 или 1 : 4. Привод занимал значительное место. Велики были и простои бумагоделательной машины для смены шкивов или переброски ремня с одной ступени на другую.

Позднее для привода бумагоделательных машин начали применять паровые машины с регулируемым числом оборотов, исключающие необходимость установки ступенчатых шкивов или широких конических шкивов для изменения скорости машины.

Ограниченное применение находит гидравлический привод. От электродвигателя, паровой машины или турбины приводится во вращение масляный насос, который в свою очередь подает масло в турбинку, приводящую в движение бумагоделательную машину. Число оборотов турбинки изменяется регулированием количества подаваемого в нее масла.

В начале XX в. начали широко применяться для привода бумагоделательных машин электродвигатели.

Электрический привод может быть как однодвигательным, так и многодвигательным. При однодвигательном, а также при многодвигательном приводе устанавливаются электродвигатели постоянного тока, число оборотов которых можно регулировать в широких пределах, а следовательно, — соответственно регулировать и скорость бумагоделательной машины.

Постоянный ток для привода двигателей получается при помощи преобразователя, состоящего из гонного электродвигателя переменного тока, вращающего одну или две динамо-машины постоянного тока.

Применяются две системы преобразователей: система прямого и встречного включения и система Леонардо.

При системе прямого и встречного включения гонный электродвигатель приводит во вращение две динамо-машины постоянного тока, одну с постоянным напряжением, обычно 220 в, другую с регулируемым напряжением от 0 до 220 в. Напряжение, создаваемое динамо-машиной с регулируемым напряжением, может то суммироваться, то вычитаться из напряжения основной динамо-машины, в результате чего напряжение, подаваемое на электродвигатели постоянного тока, может меняться от суммы напряжений до их разности (в нашем примере от 440 в до 0). Следовательно, и число оборотов электродвигателей постоянного тока может меняться от максимального до нуля.

При системе Леонардо гонный электродвигатель приводит во вращение динамо-машину и возбудитель. Возбудитель воздействует на магнитное поле динамо-машины, вследствие чего изменяется и напряжение, подаваемое на электродвигатели постоянного тока.

В самое последнее время для бумагоделательных машин с широким диапазоном регулирования скорости (свыше 1 : 6) начали применять многоагрегатный привод. При этой системе для каждой приводной секции имеется отдельный гонный электродвигатель, соединенный с динамо-машиной и возбудителем. Электродвигатель секции питается током от своей динамо-машины.

Однодвигательный привод

При наличии однодвигательного привода бумагоделательная машина (без вспомогательного оборудования) приводится в движение от одного электродвигателя с регулируемым числом оборотов.

Рис. 209. Схема привода бумагоделательной машины с параллельными валами

Соотношение скоростей отдельных секций регулируется при помощи ременной передачи или дифференциала.

Однодвигательный привод в свою очередь подразделяется на привод с параллельными валами и привод с продольным валом.

На рис. 209 показана схема привода с параллельными валами. От электродвигателя ременной передачей приводится во вращение вал контрпривода. От этого вала непосредственно либо через промежуточные контрприводы ременной передачей с коническими шкивами вращение передается трансмиссионным валам. Эти валы муфтами соединены с валами бумагоделательной машины. Соотношение скоростей секций регулируется передвижением ремней на конических шкивах. Управление вилками для перемещения ремней выведено на лицевую сторону при помощи винтовой и цепной передач.

Каждая приводная секция (в машинах старых конструкций иногда за исключением сушильной части) снабжается сцепной муфтой фрикционного типа, дающей возможность независимо включить и выключить каждую секцию машины. Наличие сцепных муфт способствует уменьшению необходимого пускового момента

Рис. 210. Схема установки сцепной муфты:
1 — сцепная муфта; *2* — приводной вал; *3* — рычаг

двигателя, так как при этом можно поочередно включать отдельные секции. Уменьшается также и общая продолжительность простоя машины для смены одежды и выполнения ремонтных работ на машине. Так, например, имеется возможность вращать сушильную часть и прогревать ее, когда еще не закончены ремонтные работы и смена одежды на мокрой части машины. Кроме того, наличие сцепных муфт важно для безопасности работ на машине, так как при необходимости можно быстро отключить отдельную секцию машины.

Рис. 211. Схема привода бумагоделательной машины с продольным валом

Сцепные муфты устанавливаются обычно фрикционные, колодочные (рис. 210). К внутренней поверхности наружного барабана, закрепленного на валу машины, прижимаются колодки. Колодки находятся в крестовине, закрепленной на валу трансмиссии, и прижимаются к барабану пружинами. Включение и выключение муфты осуществляется перемещением втулки, поджимающей и ослабляющей пружины. Втулка передвигается при помощи рычагов, управление которыми выведено на лицевую сторону.

Более совершенны многодисковые фрикционные муфты с электромагнитным или пневматическим дистанционным прижимом дисков.

Недостатками привода с параллельными валами являются значительные размеры по ширине машины, необходимые для размещения привода, и значительная ширина ремней и шкивов ввиду невысокой окружной скорости ремней.

При продольном приводе (рис. 211) вдоль бумагоделательной машины расположен приводной вал, соединенный с электродвигателем при помощи ременной передачи, либо расположенный на одной оси с электродвигателем, вращающийся со скоростью 600—750 оборотов в минуту. Каждая приводная секция приводится во вращение посредством конической ременной передачи и конического

или червячного редуктора. Сцепная муфта обычно устанавливается до редуктора.

Продольный привод более компактен, чем привод с параллельными валами. Наличие редукторной передачи между трансмиссией и валом машины дает возможность повысить скорость ремней, что позволяет уменьшить ширину ремней и шкивов.

В современных конструкциях этого привода плоскоременная передача на конических шкивах заменена клиноременной передачей с раздвижным шкивом. Устанавливаются также и дифференциалы для регулирования соотношения скоростей секций. Сцепные муфты — многодисковые с электромагнитным включением.

Такая система привода применяется и на широких быстроходных машинах и по всем основным показателям (первоначальной стоимости, надежности, эксплуатационным расходом и т. д.) не уступает системе многодвигательного привода.

Многодвигательный привод

Большинство современных машин имеет многодвигательный привод (рис. 212). Каждая приводная секция имеет свой индивидуальный электродвигатель. Между электродвигателем и приводным

Рис. 212. Многодвигательный привод

валом бумагоделательной машины установлен цилиндрический редуктор — одноступенчатый для быстроходных машин и двухступенчатый для тихоходных машин.

При многодвигательном приводе сцепные муфты не устанавливаются, так как имеется возможность включения и отключения электродвигателя каждой приводной секции.

Между электродвигателем и редуктором, а также между редуктором и валом машины находятся упругие (эластичные) муфты.

Иногда между редуктором и приводным валом машины помещается промежуточный вал. Это несколько увеличивает габаритные

размеры привода, но условия работы электродвигателей улучшаются, так как они отдаляются в данном случае от сушильной и мокрой частей машины.

На современных машинах устанавливаются косозубчатые или шевронные цилиндрические редукторы, имеющие шлифованные и закаленные шестерни из высококачественной стали. Так как значение редукторов для работы машины велико и изготовление быстроходных зубчатых колес в условиях целлюлозно-бумажного комбината сложно, долговечность зубчатых колес должна быть не менее 5—8 лет, а желательно и больше.

По сравнению со старыми конструкциями однодвигательного привода с плоскоременной передачей при наличии многодвигательного привода достигается ряд преимуществ:

1) большая точность поддержания установленного соотношения скоростей отдельных секций по сравнению с трансмиссионным приводом;

2) меньшая потребляемая мощность (на 10—15%) ввиду отсутствия трансмиссии;

3) безопасность и удобство обслуживания из-за отсутствия ремней;

4) уменьшение площади для установки привода;

5) простота и легкость пуска отдельных секций, осуществляемая нажатием кнопки или поворотом рукоятки, расположенной на лицевой стороне машины;

6) наличие измерительных приборов, которые показывают мощность, потребляемую каждой отдельной секцией; во многих случаях увеличение потребляемой мощности позволяет своевременно обнаружить неисправности в работе отдельных узлов машины.

Современные однодвигательные приводы с продольным валом и клиноременной передачей или дифференциалами по большинству показателей не уступают многодвигательным приводам.

Соотношение скоростей отдельных секций клиноременной передачей или дифференциалом может поддерживаться в более точных пределах, чем электродвигателями. Общий коэффициент полезного действия современного однодвигательного привода выше, чем многодвигательного. Площадь, необходимая для размещения однодвигательного привода, не больше, чем для многодвигательного привода. Первоначальная стоимость и эксплуатационные расходы меньше для однодвигательного привода, чем для многодвигательного. Безопасность и удобство обслуживания обеспечены тем, что редукторы и клиноременные передачи — закрытого типа. Электромагнитные муфты с кнопочным управлением также обеспечивают легкий и удобный пуск каждой секции.

За многодвигательным приводом остается только одно преимущество перед современным однодвигательным: наличие измерительных приборов, которые показывают мощность, потребляемую каждой отдельной секцией бумагоделательной машины.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ

Мощность на бумагоделательной машине расходуется на преодоление трения: 1) в подшипниках валов; 2) качения между валами; 3) шаберов о валы и цилиндры; 4) сетки по отсасывающим ящикам; 5) между уплотнениями камеры отсасывающего вала; 6) в сальниках сушильных цилиндров и т. д.

Потребляемая мощность зависит от скорости машины и ее параметров (ширины, нагрузки на подшипники, типа подшипников, диаметров цапф и т. д.). Потребляемая мощность колеблется в зависимости от режима работы машины: изменения вакуума в отсасывающих ящиках, линейного давления между валами прессов и каландров, работы системы отвода конденсата и изменения коэффициента трения в подшипниках.

Для обеспечения бесперебойной работы бумагоделательной машины для целлюлозно-бумажного комбината механическая и электрическая части привода должны быть выбраны с достаточным запасом.

Существуют два метода определения потребляемой мощности: а) по удельным показателям; б) поэлементный расчет потребляемой мощности во всех тех узлах, где она фактически расходуется (метод тяговых усилий).

По методу удельных показателей для ряда машин определяется фактически потребляемая мощность, которая относится к 1 м ширины машины и 1 м скорости машины в минуту.

Потребляемая мощность равна:

$$N = K \cdot b \cdot v \text{ квт}, \tag{134}$$

где:

K — удельный показатель расхода мощности в $\frac{\text{квт}}{\text{м/мин} \cdot \text{м}}$;

v — скорость машины в м/мин;

b — ширина машины в м.

Удельные показатели K можно получить как для всей машины в целом, так и для каждой части машины в отдельности.[1]

---

[1] Интересующихся расчетом потребляющей мощности машины по методам тяговых усилий и удельных показателей отсылаем к книгам И. Я. Эйдлина «Бумагоделательные и отделочные машины», Гослесбумиздат, 1958 и П. К. Куликовского «Электрооборудование машин целлюлозно-бумажной промышленности», М.—Л., Госэнергоиздат, 1953.

ГЛАВА 13

РАБОТА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ И ЕЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Бумагоделательная машина является основным агрегатом, определяющим выработку и производительность бумажной фабрики. Остальное оборудование клееварочного, размольно-подготовительного и отделочного цехов имеет подчиненную роль и рассчитывается в зависимости от производительности бумагоделательной машины с некоторым резервом, чтобы можно было использовать полностью всю производственную мощность основного агрегата бумажного производства — бумагоделательной машины.

Рабочее время для бумагоделательной машины считается нормальным 22,5 часа в сутки. Остальные $\approx$1,5 часа отводятся на текущие ремонты, осмотры машины, промывки и смену одежды. Кроме того, обычно один или два раза в месяц планируются более длительная остановка машины на 8—12 часов для проведения планово-предупредительных ремонтов и более крупных ремонтных работ. Обычно к этому времени приурочивается также смена одежды и промывка оборудования.

Для бумагоделательной машины, а следовательно, и для всего бумажного производства обычно планируется в году 345—350 рабочих дней, считая две крупные остановки оборудования по 2—3 дня для проведения капитальных ремонтов на производстве и в паросиловом хозяйстве и 12 суточных остановок для ежемесячных планово-предупредительных ремонтов бумагоделательных машин.

Таким образом, бумагоделательные машины должны работать длительное время без простоя. Это возможно только при надлежащем проведении планово-предупредительных ремонтов и хорошей организации труда.

Производительность бумагоделательной машины определяется по формуле

$$Q = \frac{bv\,q60 \cdot k_1}{1000} = 0{,}06 \cdot bvqk_1 \text{ кг/час}, \qquad (135)$$

где:

Q — часовая выработка бумаги в кг;

v — рабочая скорость машины в м/мин;

q — вес 1 м² бумаги в г;
k_1 — коэффициент, учитывающий холостой пробег машины из-за обрывов, или машинный брак.

Обычно холостой ход для быстроходных машин, вырабатывающих газетную или печатную бумагу № 2 и 3, составляет 5—6%, а для бумагоделательных машин, изготовляющих более прочную бумагу при меньшей скорости, — 2—3%. При плохо налаженном производстве величина холостого хода может значительно превышать указанные цифры.

Формулой (135) определяется выработка бумаги брутто на накате. Чтобы определить выработку готовой продукции, сдаваемой на склад, т. е. выработку нетто, в формулу (135) вводят еще коэффициент k_2, учитывающий выход годной продукции из бумаги брутто с учетом отходов и брака при отделке бумаги в операциях разрезания, каландрирования, сортировки и т. п.

Таким образом, для определения часовой выработки бумаги нетто Q_1 пользуются формулой

$$Q_1 = 0{,}06 \cdot bvqk_1k_2 \text{ кг/час.} \qquad (136)$$

Рабочая скорость бумагоделательной машины обусловливается типом машины, ее конструкцией и размерами, а также видом изготовляемой бумаги. Один и тот же вид бумаги часто вырабатывается на разных машинах при очень различных скоростях в зависимости от конструкции бумагоделательных машин. Поэтому при проектировании и установке новых бумагоделательных машин следует ориентироваться на максимальную скорость, достигнутую передовыми предприятиями при выработке данного вида бумаги.

Для сравнения приводим рабочие скорости бумагоделательных машин при выработке наиболее типичных видов бумаги на старых и на новых современных предприятиях (табл. 63)

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

К технико-экономическим показателям работы бумагоделательных машин относятся: показатели удельных расходов пара, энергии, воды и материалов, величина холостого хода, количество машинного брака и брака при отделке бумаги.

Расход пара зависит от вида бумаги, температуры греющего пара, конструкции машины и других факторов. Расход электроэнергии в значительной мере зависит от степени помола массы, от производительности или нагрузки машины, вида бумаги и конструкции машины. Расход же воды главным образом зависит от вида бумаги и степени использования оборотной воды на машине. Что же касается расхода волокнистых материалов и химикатов, то они в первую очередь зависят от композиции бумаги, степени

Таблица 63

Рабочая скорость бумагоделательных машин на действующих и проектируемых фабриках

Наименование бумаги	Вес бумаги в г/м²	Скорость в м/мин		
		на старых действующих машинах	достигнутая на новых машинах к 1958 г.	проектируемая на новых машинах
Бумага с древесной массой:				
Газетная	51	180—400	600—700	750—900
Печатные № 2 и 3	60—65	130—320	400—520	600
Мундштучная	100	60—180	—	—
Пачечная и шпульная	160—220	40—70	—	—
Целлюлозные				
Печатные № 1	70—80	70—240	360—420	450—600
Писчие № 1	70—80	70—240	270—360	450
Для глубокой печати	90—120	40—90	200—300	450
Чертежная	160—200	20—45	—	—
Фотоподложка	130	30—70	—	—
Перфокарточная	175	40—70	—	—
Впитывающие				
Основы фибры, основа пергамента, фильтровальная	55—75	40—80	270	330
Жиронепроницаемые				
Пергамин	40	60—150	200—250	350
Подпергамент	55	40—90	150	350
Чертежная прозрачная	50	20—40	—	—
Тонкие				
Папиросная, копировальная	16—20	60—100	—	—
Основа для парафинирования	22—28	70—150	—	600
Тончайшие				
Конденсаторная	6—15	40—70	—	100
Электроизоляционные				
Телефонная, намоточная	40	80—120	180	210
Кабельная	100	70—100	—	—

Продолжение

Наименование бумаги	Вес бумаги в г/м²	Скорость в м/мин		
		на старых действующих машинах	достигнутая на новых машинах к 1958 г.	проектируемая на новых машинах
Промышленные виды бумаги из сульфатной целлюлозы				
Тонкая крафт-бумага	40—60	100—150	500—650	600—750
Мешочная	70—80	90—210	400—500	600
Основа для гофры	150	100—120	300—400	—
Высшие с тряпичной полумассой				
Высшие чертежные	200	10—20	—	—
Документные	70—90	40—60	—	—
Картографическая	160	30—50	—	—
Узорная	70	50—65	—	—
Бумага односторонней гладкости				
Тонкие туалетные и алигнин	8—12	100—150	600—1000	600—1000
Салфеточная	20	60—80	300	360
Афишная, билетная, спичечная, фруктовая и др.	40—50	60—120	—	360
Оберточная	70	50—150	—	—

использования оборотной воды и улавливания волокна, а также от степени совершенства технологических режимов производства.

Вследствие такого многообразия факторов, влияющих на удельные нормы, последние могут весьма сильно отличаться друг от друга при выработке различных видов бумаги (табл. 64).

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА НА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

Состав бригады и обязанности рабочих

На бумагоделательной машине работает производственная бригада в составе 4—6 человек: сеточника, прессовщика, сушильщика и одного или двух подручных сушильщика. На больших машинах работают два прессовщика. На малых машинах обходятся обычно бригадой, состоящей из 4 человек с одним подручным сушильщиком, которого называют также накатчиком.

Технико-экономические показатели при выработке различных видов бумаги (по данным Гипробума)

Наименование бумаги	Зольность в %	Холостой ход машинь в %	Брак в отделке в %			Промой в %	Удельные нормы расхода на 1 т бумаги нетто							
			для ролевой бумаги	для листовой бумаги	при каландрировании		свежее волокно в кг	канифоль в кг	глинозем в кг	каолин в кг	крахмал в кг	энергия в квт/ч	пар в мгкал.	вода в м³
Газетная	—	4	1,5—2,2	—	—	1	1055	—	12	—	—	375	1,7	25
»	5	4	1,5—2,2	—	—	1	1003	—	12	70	—	375	1,7	25
Типографская № 1	15	3	3	5	1	1	904	5	25	210	—	600	1,7	50
» № 2	12	4	3	5	1	1	935	6	30	165	—	480	1,75	40
Литографская № 1	10	3	3	5	1	1	944	20	30	140	10	650	1,7	50
Офсетная № 1	10	3	3	5	1	1	940	20	30	140	100	540	1,6	50
Для глубокой печати	18	3	3	5	1	1	872	5	25	250	—	635	1,7	50
Писчая № 1	6	3	3	5	1	1	982	29	36	82	—	675	1,8	50
» № 2	6	4	3	5	1	1	982	29	36	82	—	500	1,85	40
Конденсаторная 8 микрон	—	5	18	—	—	7	1250	—	—	—	—	10000	12	1600
Мешочная	—	3	2	—	—	0,5	1031	5	25	—	—	600	1,8	25
Кабельная К-12	—	3	2,5	—	—	1	1055	—	—	—	—	700	1,9	50

Примечания: 1. Расход пара на сушку бумаги, кроме конденсаторной, предусмотрен с применением закрытого вентиляционного колпака.

2. Удержание наполнителей принято в размере 80% от заданного.

Кроме производственной бригады, бумагоделательная машина обслуживается также слесарями, электромонтерами, смазчиками и шорниками, находящимися в штате цеха.

Сеточник является руководителем бригады, ответственным за работу всей бумагоделательной машины в своей смене. Он должен обладать высокой квалификацией и хорошо знать устройство машины и технологический процесс ее работы.

Главным помощником сеточника является сушильщик. Сеточник и сушильщик делят между собой обязанности таким образом, что первый, помимо руководства всей бригадой, наблюдает главным образом за процессом отлива бумаги в мокрой части машины, а второй следит за сушкой и отделкой бумаги на машине.

Сеточнику помогает прессовщик, в обязанность которого входит наблюдение за работой сеточной и прессовой части машины и регулирование движения сетки и мокрых сукон.

Сушильщику помогает подручный и накатчик. Первый обычно наблюдает за работой сушильных сукон и каландров, а второй за намоткой бумаги и работой наката. Сам же сушильщик регулирует процесс сушки бумаги и руководит всей работой в сушильной части машины.

Чтобы работа бригады была слаженной и четкой, каждый член бригады должен хорошо знать свои обязанности и четко выполнять их. Вместе с тем необходимо также, чтобы члены бригады помогали друг другу и работали сообща, когда это необходимо (например, при заправке бумаги, перемене валика бумаги, смене одежды, ликвидации брака и др.).

Для успешной работы машины очень важно, чтобы в бригаде была твердая трудовая дисциплина, чтобы все члены бригады обладали необходимыми знаниями и навыками в работе, работали над повышением своей квалификации и внимательно относились к своим обязанностям. Невнимательная или небрежная работа одного из членов бригады может привести к выпуску брака, недовыработке, а иногда и к аварии или несчастному случаю.

Прием и сдача смены

Для успешной работы необходимо хорошо организовать прием смены. Это делается следующим образом: ведущие работники бригады — сеточник и сушильщик приходят до начала смены и знакомятся с работой машины и ее состоянием; они внимательно осматривают машину, проверяют состояние одежды машины и оборудования, проверяют наличие бумажной массы в бассейнах, а также знакомятся с лабораторными анализами и качеством бумаги, выработанной в предыдущей смене. Наряду с этим они выясняют, как протекала работа в предыдущей смене, какие были затруднения и как они преодолевались. Выяснение этих обстоятельств позволяет сеточнику лучше организовать работу своей бригады

в предстоящей смене, учесть необходимые простои и ремонты машины, если они потребуются, и быстрее ликвидировать недостатки в работе машины и подсобного оборудования.

Для организации работы в предстоящей смене и анализа работы за прошлую начальник смены проводит короткие производственные совещания, или так называемые «производственные зарядки», продолжительностью 10—15 минут. На них кратко подводятся итоги работы за прошлую смену, анализируются причины недостатков в работе, здесь же начальник смены знакомит членов бригады с задачами в предстоящей смене.

Сдающие смену должны рассказать принимающему смену об имеющихся недостатках в работе машины, чтобы они могли быстро ориентироваться в обстановке и принять соответствующий план работы. Состояние оборудования бумагоделательной машины, одежды и рабочего места отмечают в журнале приема и сдачи смены.

Пуск бумагоделательной машины

Пуск машины после длительного останова осуществляется в следующем порядке: сначала запускают преобразовательный агрегат, затем пускают на тихий ход главный приводной электродвигатель или секционные двигатели и включают отдельные секции машины. При пуске машины после длительного простоя необходимо прогреть сушильные цилиндры. На это требуется от 1 до 4 часов, в зависимости от продолжительности простоя и величины машины. Перед началом потребления пара предупреждают котельную. Пар пускают осторожно, постепенно увеличивая его приток в цилиндры открытием главного вентиля на паропроводе во избежание гидравлических ударов, что может привести к повреждению сальниковых уплотнений в паровпускных головках сушильных цилиндров. Для ускорения прогрева и выпуска воздуха, скопившегося в цилиндрах, открывают продувные вентили на конденсатопроводах, а также воздушные краники у конденсационных горшков.

Сразу после включения сушильных цилиндров натягивают сушильные сукна, которые были во время простоя машины ослаблены, осматривают их состояние и проверяют положение контрольных полос. Окончательно же сукна подтягивают после заправки бумаги.

После осмотра сетки сеточник ополаскивает водой из шланга сетковедущие валики и, убедившись в том, что все исправно и на сетке нет посторонних предметов, включает водяные спрыски и только после этого включает на тихий ход сетку, внимательно просматривая ее при движении. При обнаружении на сетке каких-либо загрязнений или повреждений нужно немедленно остановить сетку, удалить загрязнения и исправить повреждения. Только убедившись в полной исправности сетки, сеточник переходит к настройке прессовой части машины. Прессы также включают

на тихий ход, натягивают сукна, увлажняют их из спрыска и выравнивают, проверяют правильность прижатия верхнего вала, осматривают сукна и, если надо, отмывают пятна и прочие загрязнения. В этой работе сеточнику помогает вся бригада.

После осмотра прессов и проверки их выключают и снова включают только тогда, когда начинают пускать бумагу после прогрева сушильных цилиндров.

Затем пускают все двигатели постоянной части машины, кроме массного насоса и трясочного механизма, и начинают готовиться к пуску машины. Тем временем прогрев сушильных цилиндров уже подходит к концу и сушильная часть машины подготовлена к приему бумаги.

Для пуска машины необходимо скопить воду в системе, заполняя водой всю очистную аппаратуру, напускной ящик, бассейны и трубопроводы, а также поднять скорость до рабочей. Так как оборотной воды в системе еще нет, приходится пользоваться свежей водой, которую подают в сборник оборотной воды специальным трубопроводом. Если пустить на машину массу, не скопив достаточного количества воды, то масса может забить всю очистную аппаратуру.

Как только воды накопилось достаточное количество, включают массный насос и открывают массную задвижку. Масса начинает поступать в смесительный ящик (или в смесительный насос) и концентрация ее будет постепенно возрастать, пока не установится равновесие между притоком массы и воды. При наличии отсасывающего гауч-вала привод сетки обычно включают сразу же после открытия массной задвижки или даже несколько раньше. При таком методе пуска машины на сетку вначале поступает одна вода, а затем постепенно начинает выходить масса. При этом толщина бумаги будет увеличиваться, пока не достигнет нормальной величины, после чего можно заправлять бумажное полотно с сетки в прессовую часть.

При наличии на бумагоделательной машине обычного гауч-пресса с чулком предпочитают другой метод пуска машины: включают сетку только тогда, когда масса в напускном ящике достигнет нормальной концентрации. В этом случае на сетке сразу образуется нормальный слой бумаги, который в меньшей степени прилипает к чулку верхнего гауч-пресса и облегчает пуск машины. При постепенном же нарастании толщины бумаги тонкое плохо сформированное полотно бумаги неизбежно будет прилипать к верхнему валу, что сильно осложнит пуск машины. При пуске машины с обычным гауч-прессом в момент выпуска массы на сетку верхний вал гауч-пресса должен обильно орошаться водой, чтобы смыть полотно бумаги с чулка под сетку.

Одновременно с выпуском массы на сетку включают трясочный механизм. Сетку без слоя массы подвергать тряске не следует во избежание образования морщин.

Далее при помощи передвижной отсечки отделяют ленту шириной 25—50 мм, которую вручную ударом мокрого комка массы (при обычном гауч-прессе) или при помощи струи сжатого воздуха переводят на сукно первого пресса, после чего увеличивают ширину заправочной ленты до 80—100 мм. Бумагу узкой лентой проводят через мокрые прессы и сушильную часть машины, а затем передвижной отсечкой полотно бумаги расширяют до полной ширины. Если узкая бумажная лента не выдерживает натяжения в сушильной части машины, то расширение полотна начинается раньше, как только бумага пройдет несколько первых сушильных цилиндров.

Заправку в каландры на малых машинах выполняют вручную целым полотном во всю ширину машины так же, как и на накат. На быстроходных же машинах бумагу заправляют при помощи сжатого воздуха узкой лентой, для чего перед последним цилиндром устанавливается специальный подвижной нож, предназначенный для разрезания бумаги.

Сразу после заправки бумаги в прессовой части сеточник или сушильщик создает нормальную присадку верхних прессовых валов и регулирует натяжение бумаги в разных секциях машины. Наряду с этим сеточник регулирует отлив на сеточном столе: создает нормальный залив массы на сетке машины, регулируя разбавление массы оборотной водой и устанавливая необходимый напор массы в напорном ящике; устанавливает необходимый вакуум в отасывающих ящиках, выравнивает полотно бумаги по ширине машины и т. п. Сразу же после заправки бумажного полотна на накат сеточник проверяет вес 1 м^2 бумаги и доводит его до установленных норм изменением подачи массы или скорости машины. Одновременно сеточник тщательно проверяет вес 1 м^2 по всей ширине полотна, устраняет дефекты в разливе массы на сетке путем местного регулирования выпускной щели напорного ящика или линейками и добивается получения хорошего просвета бумаги.

В это же время сушильщик добивается равномерной сушки бумажного полотна по всей ширине машины. Для этого он регулирует равномерность отжима мокрой бумаги в прессах, устанавливает нормальную влажность полотна регулированием притока пара в цилиндры и следит за работой каландра, добиваясь равномерного лоска полотна и устраняя замеченные недостатки.

Сразу после заправки бумаги на накат необходимо проверить ширину бумажного полотна и соответствие ее с установленной по заказу.

При пуске машины после кратковременного простоя, когда сушильные цилиндры не успели еще остыть, прогрев их занимает мало времени и машина может быть в этом случае пущена в ход быстрее, чем после длительного простоя. Порядок пуска машины остается прежним.

Работа машины

Основные задачи, стоящие перед бригадой рабочих, которые обслуживают бумагоделательную машину, сводятся к тому, чтобы обеспечить бесперебойную работу машины с выполнением задания по выпуску бумаги в соответствии с установленными показателями ее качества и без брака. Для этого бригада должна так организовать свою работу, чтобы свести к минимуму простои и максимально увеличить рабочее время машины, снизить холостые пробеги и добиться работы машины без обрыва бумаги на максимальной рабочей скорости, допускаемой конструкцией машины.

Для решения этой задачи все члены бригады должны внимательно следить за исправной работой всех частей машины и своевременно ликвидировать недостатки в работе оборудования.

Особое внимание должно уделяться работе одежды машины: сетке, чулку, прессовым и сушильным сукнам. За их работой должно вестись неослабное наблюдение в течение всей смены. Невнимательное отношение к работе сетки и сукон может привести к их перепуску и повреждению, а следовательно, может вызвать простой всей машины и в целом причинить ущерб фабрике от порчи одежды. Перекос контрольной нитки у прессового или сушильного сукна может привести к сморщиванию и порче сукна, а также вызвать простой или длительный холостой ход машины. Загрязнение мокрого сукна или сетки неизбежно приведет к выпуску бракованной бумаги или к обрывам бумажного полотна, а следовательно, и к невыполнению производственного плана. Поэтому сеточник должен следить за промывкой прессовых сукон и работой сукномоек, за исправной работой спрысков, своевременно прочищать их при загрязнении.

Причины обрывов бумаги при работе машины и их предупреждение. Причины обрывов на машине очень разнообразны. Отметим наиболее часто встречающиеся из них.

Комочки массы могут попадать в поток вследствие неплотного прилегания бандажей узлоловителей, более рыхлые сгустки и скопления массы могут отрываться от стенок напорного и распределительного ящика или линеек, мелкие скопления массы и комочки могут образоваться от перфорированного валика или пластинчатого распределителя потока массы в том случае, если длинное волокно оседает на острых кромках валика или пластин. Скопления слизи могут образоваться в системе трубопроводов, каналов, бассейнов и прочего оборудования бумагоделательной машины.

Все эти скопления массы и слизи попадают в разбавленную волокнистую суспензию в виде неразбитых комочков, образуют в бумаге крупные, плохо просыхающие и раздавливающиеся на каландрах (пергаментированные) пятна, сквозные отверстия и нередко причиняют обрывы под сетку, в мокрых прессах или в каландрах.

Для предотвращения этого вида брака сеточник должен следить за бандажами узлоловителей, своевременно подтягивая их и заменяя неисправные. Кроме того, он должен предотвращать скопления массы и пены на стенках напускного и напорного ящиков или линеек регулированием работы спрысков и пеногасителей.

При скоплении массы на перфорированном валике или на пластинчатых распределителях потока необходимо быстро промыть их из шланга при первом же обрыве бумажного полотна под сетку.

Труднее бороться со слизью, и в случае ее образования необходима остановка машины, так как нужно тщательно промыть все бассейны, каналы и трубопроводы. Практикуется также введение в бумажную массу специальных химикатов — антисептиков, тормозящих развитие микроорганизмов и грибков, что подробно изложено ниже.

Причиной обрывов бумаги на бумагоделательной машине может быть также падение на сетку капель воды с потолка при неисправной вентиляции зала бумагоделательных машин или попадание в поток массы случайных посторонних предметов, например окалины от оборудования, кусочков штукатурки, бетона и т. п.

Наличие посторонних предметов в массе может вызвать не только обрывы бумаги на машине, но и повлечь за собой повреждение сетки и сукон. Однако при внимательном отношении обслуживающего персонала подобные случаи могут быть своевременно замечены и предотвращены.

Обрывы бумаги на машине могут зависеть также от состояния сетки и сукон: наличия высыпок и прорывов ткани на сетке, а также масляных и крупных смоляных пятен, загрязнения и повреждения ткани сукон и др.

Неисправность сеток и сукон всегда приводит к выработке дефектной бумаги с просвечивающими пятнами и отверстиями, а очень часто вызывает и обрывы бумаги. Дефекты бумаги, вызванные сеткой и сукнами, всегда носят массовый характер, так как регулярно повторяются в бумажном полотне через определенные интервалы друг от друга. Этим обстоятельством пользуются для того, чтобы определить место образования дефекта. На бумажном полотне, взятом с наката, измеряют расстояние между повторяющимися дефектами и по полученным данным определяют место, где этот дефект мог образоваться, так как длина каждого сукна и сетки, а также окружность чулка известны.

Ликвидация прорывов ткани сетки и прессовых сукон возможна только во время простоя машины. Поэтому, как только будут замечены какие-либо повреждения сетки или сукон, нужно немедленно остановить машину и произвести починку, пока ткань не порвалась больше.

Обрывы бумаги могут возникнуть также вследствие нарушения процесса обезвоживания бумаги в разных стадиях производства, например, в случаях раздавливания бумажного полотна на прес-

сах или гауче, при изменении вакуума в отсасывающих ящиках и т. п. Поэтому сеточник не должен допускать перебоев в работе отсасывающих ящиков и пропусков сырого полотна через гауч-пресс, должен внимательно следить за процессом обезвоживания бумажного полотна на сетке и в прессах и не допускать излишнего давления прессования, особенно при загрязненных сукнах, должен следить за хорошей промывкой чулка и прессовых сукон.

Обрывы бумажного полотна, а также образование морщин и складок может зависеть от неправильного натяжения бумажного полотна между отдельными секциями машины, а также вследствие колебания натяжения из-за неисправной работы ремней, фрикционных муфт или отдельных секционных моторов.

В сушильной части машины обрывы бумаги могут происходить также вследствие наличия грубых штопок или шва сукна. В мокрой части машины бумага может обрываться из-за перебоев в работе отсечек, их засорения или снижения напора в отсечках, а также вследствие пропуска воды прессовыми шаберами, особенно в момент заправки бумаги.

При каждом обрыве бумаги в мокрой части машины прессовщик подает звуковой сигнал, предупреждающий бригаду о происшедшем обрыве бумажного полотна. Один из подручных сушильщика остается у каландра, чтобы оборвать мокрый конец бумаги и не допустить его в валы каландра во избежание забивания валов мокрой бумагой и их повреждения, так как мокрая бумага прилипает к валам, остальные же члены бригады ликвидируют обрыв.

При обрыве бумаги в мокрой части машины сушильщик должен прикрыть пар при помощи быстродействующего дроссель-клапана на главном паропроводе, чтобы не перегреть сушильные цилиндры и не пересушить бумагу после ликвидации обрыва. Пар пускается, как только бумага будет снова заправлена в сушильные цилиндры.

В производственных условиях встречаются и другие причины обрывов или дефектов бумаги. Члены бригады, и в первую очередь сеточник и сушильщик, должны хорошо разбираться в причинах брака и предотвращать его.

Наблюдение за качеством бумаги. Бригада, обслуживающая машину, должна наблюдать за качеством вырабатываемой бумаги и предотвращать выпуск дефектной бумаги.

Наиболее важными показателями качества бумаги, которые почти целиком зависят от работы машины, являются: вес 1 м^2, толщина, влажность, гладкость и характер просвета бумаги.

Многие другие показатели качества бумаги хотя и не зависят целиком от условий выработки бумаги на машине, тем не менее в известных пределах могут регулироваться на бумагоделательной машине. К таким показателям относятся объемный вес, впитывающая и фильтрующая способность, воздухопроницаемость, сте-

пень деформации, растяжимость и даже разрывная длина и сопротивление излому.

Такие показатели качества, как степень проклейки бумаги, наличие металлических вкраплений и некоторые другие, не поддаются особой регулировке при выработке бумаги на машине, но могут быть значительно ухудшены при неправильном режиме работы машины.

Бригада должна предотвращать образование в бумаге так называемых «внешних дефектов»: морщин, складок, отверстий, пятен, повышенной сорности, загрязнений и др.

Вес 1 м² бумаги является важнейшим показателем любого вида бумаги и картона. От него зависит другой важный показатель бумаги — толщина. Колебания в весе 1 м² бумаги допускаются обычно в пределах ± 5%, а для некоторых специальных видов не выше ± 2,5%.

Как уже указывалось выше, вес 1 м² бумаги при отливе на машине регулируется двумя способами: количеством массы, подаваемой на сетку машины, и скоростью машины.

При работе бумагоделательной машины важно, чтобы между количеством волокна, поступающего на сетку Q, и скоростью машины v было постоянное отношение, т. е. $\frac{Q}{v} = \text{const}$.

Если же это отношение меняется, то становится различным и вес бумаги.

Количество волокна, поступающего на сетку, может изменяться по двум причинам: из-за изменения концентрации массы в машинном бассейне, а также из-за колебаний в количестве массы, подаваемой на сетку машины.

Концентрация массы в бассейне обычно изменяется вследствие перекачки массы из подготовительного цеха при плохой работе регуляторов концентрации массы или при их отсутствии, а также при перекачке мокрого бумажного брака из мешалки гауч-брака в машинный бассейн.

Объем массы, подаваемой на машину, может изменяться при перебоях в работе массного насоса и при отсутствии постоянного перелива в массном переливном бачке. При этом происходит изменение напора перед выходом массы через регулируемую щель задвижки, а следовательно, становится неодинаковым и количество массы, подаваемой на машину.

Другой причиной колебания количества массы, поступающей на сетку машины, является изменение напора массы в напорном ящике, что может произойти, например, при засорении прорезей узлоловителей и неодинаковой пропускной способности узлоловителя по окружности барабана, а также при изменении числа оборотов смесительного насоса вследствие колебаний напряжения в сети.

Скорость бумагоделательной машины может изменяться в небольших пределах из-за перебоев в работе привода при колебаниях

напряжения в сети, при скольжении ремней и по некоторым другим причинам.

Чтобы обеспечить постоянство веса 1 м² бумаги, сеточник обязан наблюдать за постоянством напора массы в напорном ящике и в напорном переливном бачке машины. Он должен следить за работой привода, не допуская буксования ремней, за напряжением тока в сети и его частотой и систематически контролировать вес бумаги, отбирая пробы на накате. Кроме того, сеточник обязан периодически проверять равномерность веса бумаги по всей ширине бумажного полотна и исправлять характер залива на сетке регулированием выпускной щели напорного ящика.

Об изменении веса 1 м² бумаги, происходящем при работе машины, сеточник может судить по изменению характера залива на сетке машины и вакуума в отсасывающих ящиках или в отсасывающем гауч-вале. Однако это может произойти и по другим причинам: например, из-за неодинаковой жирности массы. Поэтому окончательное суждение о причинах изменения режима работы на сетке можно получить только после проверки веса 1 м² бумаги.

Просвет, или вид бумаги в проходящем свете, является другим важным показателем, характеризующим структуру и однородность формования бумаги. От этого показателя в значительной мере зависят лоск, гладкость, влажность, пылимость, а также отчасти и механическая прочность бумажного полотна. Поэтому необходимо контролировать просвет и добиваться более однородной структуры бумаги. Это достигается правильным выбором напора массы и степени ее разбавления перед выходом на сетку машины, установлением оптимального режима тряски, надлежащим режимом обезвоживания бумажной массы на сетке и отсасывающих ящиках, работой равнителя и, конечно, надлежащим размолом волокна.

Влажность готовой бумаги нормируется обычно в пределах 5—8% и должна соответствовать гигроскопической влажности, равновесной с влажностью окружающего воздуха при ее использовании. Пересушка делает бумагу ломкой. Такая бумага плохо разглаживается при пропуске через каландр, сильно электризуется и пылит при печатании на ней. Наряду с этим пересушка бумаги ведет к перерасходу волокна, так как на каждый квадратный метр площади бумаги за счет меньшего количества воды приходится расходовать большее количество волокна, что приводит к увеличению стоимости продукции.

Выпуск влажной бумаги также не допустим, так как такая бумага раздавливается в каландре и приобретает потемнение поверхности из-за пергаментации скоплений волокон и образования просвечивающих пятен. Колебания влажности бумаги в процессе работы бумагоделательной машины могут происходить вследствие следующих причин:

1) колебаний давления пара в паровой магистрали и неудовлетворительной работы конденсатоудаляющей системы;

2) колебаний в весе 1 м² бумаги;

3) изменения режима обезвоживания бумаги на сетке и в прессах;

4) изменения степени натяжения сушильных сукон, а также по некоторым другим причинам, встречающимся реже.

Сушильщик должен учитывать влияние этих факторов на процесс сушки бумаги и контролировать их, для чего должен поддерживать тесную связь с сеточником.

Неравномерная влажность бумаги по ширине полотна зависит главным образом от неравномерного отжима бумаги в прессах и может быть выправлена соответствующей регулировкой прессования, если прессовые валы отшлифованы правильно и не имеют дефектов.

Наличие сухих и влажных полос в бумаге может зависеть от тонких и толстых мест из-за неравномерного разлива массы на сетке машины, либо может происходить из-за загрязнения прессовых сукон и неравномерного износа прессовых валов.

Толщина и объемный вес бумаги. Толщина бумаги при выработке на машине является функцией веса 1 м² бумаги и объемного веса. Последний же зависит от степени помола массы и свойств самого волокна, от степени прессования бумаги в мокром и сухом состояниях и, наконец, от присутствия минеральных наполнителей в бумаге. На объемный вес может оказывать существенное влияние влажность бумаги перед поступлением ее в машинный каландр, а также режим сушки бумаги. При постепенном подъеме температуры на сушильных цилиндрах и осторожной сушке бумага получается более плотной с большим объемным весом, а при форсированной сушке — более рыхлой с меньшим объемным весом.

Таким образом, обслуживающий персонал машины может регулировать толщину бумаги изменением веса 1 м² бумаги и степени уплотнения в мокрых прессах и каландрах, т. е. изменением объемного веса.

Гладкость бумаги и ее лоск зависят главным образом от работы полусухого и машинного каландра, а также от работы офсетного пресса. При этом на показатель лоска больше влияет машинный каландр, а на гладкость офсетный пресс и полусухой каландр. Большое значение имеет надлежащая влажность бумаги при поступлении в машинный каландр и давление между валами. Кроме этих факторов, на гладкость и лоск бумаги существенное влияние оказывает маркировка бумаги тканью сетки и сукон. Такая маркировка значительно ухудшает структуру поверхности и печатные свойства бумаги. Поэтому необходимо следить за тем, чтобы маркировка поверхности бумаги от сукон и сетки была возможно меньшей, для чего нужно своевременно менять изно-

шенные сукна и чулки и уменьшать давление прессования на таких маркирующих сукнах. Следует также поддерживать оптимальную влажность бумаги перед ее поступлением в валы каландра и осуществлять надлежащее давление в офсетном прессе и каландре.

На лоск и гладкость бумаги влияют, кроме того, степень помола и свойства волокнистых материалов, а также количество и свойства минеральных наполнителей и проклеивающих веществ.

Прочность бумаги по сопротивлениям разрыву и излому. Как было указано выше, механическая прочность бумаги зависит от величины межволоконных связей, размеров и ориентации волокон в бумаге, их прочности и степени переплетения волокон в бумаге. Величина сил связи между волокнами зависит от степени помола и свойств волокон, а также от степени уплотнения бумаги в мокрой части бумагоделательной машины. Поверхность, на которой волокна связываются между собой в бумажном листе, зависит главным образом от длины волокон и их толщины, т. е. от структурных особенностей волокон и степени их помола. Прочность исходных волокон зависит от их природных свойств, степени очистки и в основном определяется степенью полимеризации целлюлозы. Степень же переплетения волокон в бумаге зависит от однородности бумажного листа, т. е. от условий формования бумаги на сетке.

Отсюда видно, что в зависимости от условий работы на бумагоделательной машине возможно в известных пределах влиять на механическую прочность бумаги путем улучшения отлива на сетке, изменения ориентации волокон при формовании и повышения прочности связи между волокнами прессованием в мокрой части машины. Вследствие преимущественной ориентации волокон при отливе по ходу движения сетки бумага получается неоднородной в продольном и в поперечном направлениях листа по разрывной длине, сопротивлению излому, впитывающей способности, растяжимости, деформации и некоторым другим показателям качества.

Путем изменения режима тряски можно в известных пределах регулировать расположение волокон, уменьшать степень их ориентации в продольном направлении и тем самым повышать прочность в поперечном направлении листа за счет некоторого снижения прочности в продольном направлении, а также изменять и другие свойства в поперечном и в продольном направлениях листа.

На сопротивление бумаги излому, кроме указанных выше факторов, большое влияние оказывает эластичность и гибкость волокон. Эти свойства в значительной мере зависят от влажности волокон. Сухие волокна менее эластичны и более ломки. По этой причине пересушенная бумага отличается большей ломкостью и чаще рвется на каландрах.

Растяжимость (удлинение бумаги в момент разрыва) больше у более прочных видов бумаги и увеличивается вместе с ростом средней длины волокон в бумаге.

Она всегда больше в поперечном направлении листа, чем в продольном. На этот показатель оказывает также большое влияние степень усадки бумаги при сушке. Чем больше усадка бумаги при сушке, тем больше бумага растягивается при натяжении. Поэтому сушильщик имеет возможность в известных пределах регулировать этот показатель, уменьшая усадку бумаги более сильным натяжением сушильных сукон и увеличивая усадку уменьшением натяжения сукон.

Деформация бумаги. Как известно, различают два вида деформации бумаги: деформацию при увлажнении и остаточную деформацию после сушки. Оба эти показателя весьма важны для офсетной, литографской, картографической, диаграммной и других видов бумаги.

Рис. 213. Влияние натяжения сушильных сукон на деформацию бумаги из сульфитной беленой целлюлозы (сплошными линиями показана деформация при увлажнении, пунктирными — остаточная):

I — поперечное направление; *II* — продольное направление

На деформацию бумаги влияют: свойства волокон, степень помола массы, наличие и род проклеивающих и наполняющих веществ, а также условия выработки бумаги на бумагоделательной машине. Из последних факторов наибольшее значение имеет режим сушки бумаги, натяжение бумажного полотна в мокрой и сушильной частях машины, а также натяжение сушильных сукон. При увеличении натяжения сушильных сукон повышается степень прижима бумаги к греющей поверхности сушильных цилиндров и уменьшается ее усадка, вследствие чего при последующем намокании в воде такая бумага меньше изменяет свои размеры. Остаточная деформация бумаги увеличивается при сушке бумаги с сильно натянутыми сукнами и снижается при уменьшении натяжения сукон. Эта зависимость показана на рис. 213.

Деформацию бумаги можно регулировать в некоторых пределах и степенью натяжения самой бумаги между прессами и после гаучпресса. Чтобы снизить деформацию бумаги при намокании так же, как и остаточную, следует работать с возможно меньшим натяжением бумажного полотна в мокрой части бумагоделательной машины, так как при сильной вытяжке мокрой бумаги она претерпевает более сильную усадку в поперечном направлении и больше изменяет свои размеры в поперечном направлении как при намокании в воде, так и при последующей сушке.

Впитывающая, фильтрующая способность и воздухопроницаемость бумаги. Впитывающая способность бумаги зависит от свойств волокна, их структуры и химического состава, от степени помола массы, проклеивающих и наполняющих веществ, входящих в состав бумаги, а также от условий прессования мокрого листа бумаги на бумагоделательной машине и от режима сушки.

Прессование мокрого листа бумаги на машине весьма существенно снижает впитывающую способность бумаги, а потому в целях ее повышения уменьшают степень прессования бумаги в прессовой части машины. Можно повысить впитывающую способность бумаги также более сильным нагревом первых сушильных цилиндров машины. В результате форсированной сушки бумаги на первых сушильных цилиндрах происходит бурное выделение паров воды, которые разрыхляют структуру листа и тем повышают ее впитывающую способность.

Сказанное выше относительно впитывающей способности бумаги относится также и к показателям ее фильтрующей способности, а также воздухопроницаемости. Отличие состоит в том, что проклейка смоляным клеем не влияет существенно на показатель воздухопроницаемости бумаги, тогда как впитывающая и фильтрующая способность бумаги резко снижаются от введения даже незначительных количеств смоляного клея.

Из изложенного видно, что многие важные показатели бумаги могут в известных пределах регулироваться при выработке на бумагоделательной машине. Но есть и такие показатели, которые могут выдерживаться лишь при соблюдении определенного режима работы машины. К ним относятся, например, степень проклейки бумаги, наличие металлических вкраплений в бумаге и некоторые другие.

Чтобы получить надлежащую проклейку бумаги, требуется соблюдение определенного температурного режима сушки — постепенный подъем температуры на сушильных цилиндрах в начале сушки и относительно высокая температура (100° и выше) во второй половине сушильной части машины. Нарушение этого режима ухудшает проклейку, а форсированный подъем температуры на первых сушильных цилиндрах может даже совсем разрушить проклейку, что и наблюдается иногда в практике работы. Подробнее это изложено в 3-й главе.

Наличие металлических вкраплений нежелательно для некоторых видов бумаги и является недопустимым для бумаги-основы фотоподложки, электроизоляционной бумаги и некоторых других. Чтобы снизить число металлических вкраплений в бумаге, нужно не только принимать соответствующие меры при подготовке массы в подготовительном и полуфабрикатном цехах, но также и на бумагоделательных машинах. Эти меры сводятся к тщательному наблюдению за исправной работой и промывкой очистной аппаратуры центро-

бежного действия. Необходимо следить за работой шаберов на сушильных цилиндрах, холодильниках и каландрах и не допускать попадания металлической пыли в бумагу от шаберов.

Остановка бумагоделательной машины

Бумагоделательную машину останавливают в следующем порядке. Сеточник, сообщив о предстоящей остановке машины членам своей бригады, выключает приток массы путем выключения массного насоса и закрывает массную задвижку. Затем он идет к распределительному ящику, открывает сточную задвижку и спускает остатки массы в подсеточную ванну, останавливает сетку и выключает трясочный механизм. Далее сеточник останавливает прессы, вылегчивает верхние прессовые и сукномоечные валы и снижает скорость машины. После этого приступает к промывке сеточного стола, пропуская сетку на тихом ходу и смывая массу шлангом. Затем он должен внимательно осмотреть всю сетку и, обнаружив загрязнения или повреждения ткани, промыть и починить сетку, установив ее в удобное для починки положение. То же самое осуществляется применительно к прессовым сукнам.

Получив распоряжение об остановке бумагоделательной машины сушильщик сообщает об этом в котельную, затем закрывает приток пара на машину (это должно совпасть с моментом окончания выработки бумаги) останавливает каландр и накат и вместе со своими подручными ослабляет натяжение сушильных сукон. Для лучшего удаления конденсата из сушильных цилиндров, особенно при наличии черпаков, необходимо, чтобы сушильные цилиндры вращались еще некоторое время. После остановки сушильных цилиндров продувают конденсационные линии и спускают остатки конденсата в сток.

После прекращения работы машины привод обычно сразу не выключается, чтобы возможно было на тихом ходу осмотреть одежду машины, а также удалить конденсат из сушильных цилиндров. Только после этого можно выключить все секции машины и остановить главный двигатель привода. Преобразовательный агрегат при кратковременной остановке машины обычно не выключается.

Вспомогательные механизмы машины: очистная аппаратура, насосы оборотных вод, вакуум-насосы и др. останавливаются после того как приток массы на сетку прекращен. Только узлоловители иногда оставляют некоторые время вращаться для промывки.

После остановки машины приступают к выполнению намеченных работ: смене и починке одежды, промывке, чистке и ремонту оборудования.

При длительной остановке машины на планово-предупредительный или капитальный ремонт у машин, оборудованных простыми линейками, поднимают форматную коляску, заворачивают резиновый фартук и подкладывают под декельные ремни бумагу,

чтобы резина не прилипла к ткани сетки. Верхние прессовые валы поднимают, чтобы они не соприкасались с сукном. То же самое делают и с валами каландров. Их поднимают и разъединяют друг от друга при помощи винтов.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ И ТЕКУЩИХ РЕМОНТОВ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Бумагоделательная машина является основным и притом весьма сложным агрегатом бумажного производства, работающим длительное время без остановок. Малейшая неисправность одной части этого агрегата или одежды машины сразу же нарушает работу всей машины, создает брак и простой, причиняя предприятию большой ущерб. Пуск и наладка машины после остановки также довольно сложны, требуют известного времени и связаны с выпуском некоторого количества бракованной продукции, идущей в обратную переработку, недовыработкой и потерей волокна. Отсюда ясно, какое большое значение приобретает правильная постановка и организация планово-предупредительных ремонтов бумагоделательной машины.

Опытным путем устанавливают нормальные сроки работы отдельных частей и узлов машины и периодичность их осмотра, смазки, ремонтов и замены. Ежегодно составляется график плановых осмотров и ремонтов оборудования, в котором предусматриваются сроки выполнения работ для каждого узла машины. При этом исходят из того, чтобы за определенный промежуток времени (например, за квартал) в течение нескольких плановых остановов просмотреть все узлы и механизмы машины и заменить изношенные детали.

В уточнение годового графика разрабатываются более подробные месячные графики планово-предупредительных осмотров и ремонтов оборудования с учетом необходимых простоев машины по причинам технологического характера. Обычно проведение планово-предупредительных ремонтов и осмотров оборудования приурочивают к остановкам машины для смены сетки и сукон. Так как обычный срок службы сетки 2—3 недели, то целесообразно планировать две остановки машины в месяц продолжительностью не менее 8 часов каждая для того, чтобы можно было тщательно провести все необходимые работы по замене одежды, промывке, чистке оборудования и выполнить все ремонтные работы и осмотр оборудования, предусмотренные графиком.

Кроме этих двух длительных ежемесячных остановок машины, следует воспользоваться для плановых осмотров и мелких ремонтов машины и другими, более короткими производственными простоями машины.

Для лучшего наблюдения за исправной работой механизмов, их состоянием, смазкой, предупреждения износа и поломок механиз-

мов и своевременного их ремонта, кроме дежурного персонала, к каждой бумагоделательной машине прикрепляется специальная бригада слесарей во главе с квалифицированным бригадиром-слесарем. Эта бригада следит за исправным состоянием всех механизмов машины, ведет подготовку к ремонтам машины и выполняет ремонты.

Перед каждой плановой остановкой машины составляется дефектная ведомость и план ремонта оборудования. При этом устанавливают точные сроки выполнения работ по ремонтам и производственным работам и уточняют продолжительность простоя машины.

Для ускорения ремонтов в плановый простой машины в помощь к прикрепленной к машине бригаде рабочих передается ремонтный персонал с других машин. Для сокращения продолжительности простоев машины важно тщательно подготовиться к ремонту, своевременно заготовить запасные детали и даже целые узлы машины. Очень часто проще и быстрее бывает сменить целый узел машины, если заранее подготовить резервный, чем ремонтировать или заменять отдельные детали этого узла.

Для надлежащей организации планово-предупредительного ремонта необходимо иметь альбомы чертежей всех деталей и узлов машины, вести систематическую и своевременную заготовку запасных деталей для ремонта и иметь необходимый запас их в кладовой. Особое внимание следует уделять своевременной подготовке прессовых, сукномоечных валов, их шлифовке и правильному хранению. Эти валы должны быть в запасе так же, как и запасные сукноведущие, сетковедущие и бумаговедущие валики. Необходимо организовать специальный склад для их хранения.

Большое значение для планово-предупредительного ремонта имеет унификация деталей одного и того же назначения, что позволяет сократить число типов деталей, правильная организация смазочного хозяйства и организация работы по защите механизмов от коррозии. Руководители планово-предупредительного ремонта должны внимательно изучать причины всех аварий и поломок, чтобы предупредить их повторение. При хорошо поставленном планово-предупредительном ремонте внеплановые простои машин для текущих ремонтов резко сокращаются.

При внеплановых остановках машины в дневное время текущие ремонты проводятся дежурными слесарями совместно с прикрепленной к машине бригадой слесарей. При внеплановых остановках машины в вечернее или ночное время текущие ремонты выполняют только дежурные слесари и только в случае серьезных ремонтов вызываются рабочие из ремонтной бригады.

Естественно, что крупных работ дежурные слесари выполнять не могут, а потому нужно останавливать машину и для текущих ремонтов преимущественно в дневное время, когда имеется возможность провести текущий ремонт в большем объеме и в более короткий срок.

СМОЛЯНЫЕ ЗАТРУДНЕНИЯ В БУМАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Смола и жиры, содержащиеся в волокнистых материалах, полученных из древесины хвойных пород, часто создают затруднения в работе бумагоделательных машин. Смола в виде липких, темноокрашенных образований отлагается на стенках роллов, образуя сплошные покрытия толщиной до 5—10 мм. Особенно усиливается коагуляция смолы при повышении температуры массы при размоле. Она отлагается в виде комочков на сетке, чулке и прессовых сукнах, вызывая обрывы бумажного полотна и создавая в бумаге пятна и дыры, чем затрудняет нормальную работу бумагоделательной машины. Нередко смола отлагается на цилиндрах узлоловителей, на планках и крышках отсасывающих ящиков и на верхних прессовых валах, скапливается в больших количествах на шаберах.

Смоляные затруднения больше всего вызывает сульфитная целлюлоза, меньше — древесная масса и совсем не вызывает затруднений сульфатная целлюлоза.

Содержание смол и жиров, наличие которых характеризуется обычно эфирной вытяжкой или экстракцией дихлорэтаном, для сульфитной целлюлозы может колебаться в значительных пределах: от 0,3 до 1,7% и выше. Однако общее содержание смолы в целлюлозе еще не характеризует ее свойств. Очень часто целлюлоза с большим содержанием смолы не вызывает производственных затруднений, а целлюлоза с меньшим содержанием смолы создает их. Таким образом, «вредные» свойства смолы зависят не от количества ее в целлюлозе, а от качественного ее состава.

В состав смолы древесины входят три основных компонента: 1) смоляные кислоты, главным образом пимаровые, легко превращающиеся во вторичные продукты (абиетиновую и другие кислоты); 2) жирные кислоты — олеиновая, линолевая, линоленовая, стеариновая и пальмитиновая; 3) терпены.

Общее содержание смолы в еловой древесине по эфирной вытяжке составляет 1—2% при отношении смоляных кислот к жирным, как 1 : 1. Терпенов в смоле гораздо меньше. Собственно смола находится в смоляных ходах, а жиры — внутри паренхимных клеток сердцевинных лучей и смоляных ходов.

Каждый из этих компонентов в отдельности не обладает липкими свойствами, но в результате технологических процессов варки целлюлозы и ее размола происходит выделение этих веществ из волокна и смешение их с образованием липких жидких продуктов, чем и обусловливается смолистость целлюлозы.

По мнению В. П. Ковалева, вредная смолистость целлюлозы зависит от консистенции смолы и от прочности удержания смолы волокнами. Консистенция же смолы и ее липкие свойства в свою очередь обусловлены количеством жирных кислот, содержащихся в смоле.

Для определения «вредной» смолистости целлюлозы были предложены различные методы, однако все они недостаточно надежны.

Многие из них к тому же требуют много времени для анализа. Лучшие результаты дает прямое определение смолы, выделившейся из испытуемой целлюлозы при размоле в мельнице Лампена или даже при простом перемешивании массы в пропеллерной мешалке. Испытание проводится в стандартных условиях, выделившаяся на стенках аппарата смола растворяется в бензоле или в другом органическом растворителе и после отгонки последнего определяется количественно. Количество выделившейся в условиях опыта смолы и служит мерой «вредной» смолистости целлюлозы, так как часть смолы, оставшаяся в волокне, по-видимому, не может вызвать смоляных затруднений в производстве.

С вредной смолистостью целлюлозы следует бороться на целлюлозном заводе и даже еще раньше по технологическому процессу, начиная с подготовки древесины на складе. Известно, что лучшим методом борьбы с вредной смолистостью целлюлозы является применение выдержанного сухого баланса. Баланс же свежей заготовки всегда вызывает в той или иной мере смоляные затруднения в производстве. При длительном хранении баланса и его просушке из смолы удаляется часть летучих компонентов — терпентинов, а жидкие жирные кислоты подвергаются окислению кислородом воздуха до оксикислот и их полимеров с переходом в твердое состояние. В результате этих превращений смола затвердевает и теряет свои липкие и вредные свойства.

Эти же превращения смолы происходят во много раз быстрее, если хранить древесину не в виде бревен, а в виде щепы. Имеются указания, что в этом случае достаточно бывает лишь трехнедельного хранения щепы, а если при этом продувать через щепу воздух, то процесс старения смолы может быть сокращен в несколько раз.

Из методов борьбы с вредной смолистостью целлюлозы при ее производстве на целлюлозном заводе отметим следующие:

1) предварительную пропарку щепы в котле с целью удаления терпентинной части смолы;

2) очистку варочной кислоты от цимола, являющегося растворителем смол и способствующего повышению липкости смолы;

3) промывку целлюлозы теплой водой и хорошее отделение щелоков, содержащих значительное количество смолы в виде суспензии;

4) отделение смолы флотацией путем продувки целлюлозной суспензии воздухом;

5) уменьшение использования оборотной воды при производстве целлюлозы;

6) отделение мелких паренхимных клеток, содержащих большое количество смолы, методом сортирования на наклонных ситах (способ П. С. Ларина).

Наиболее эффективными из этих способов являются третий и шестой. Последний, однако, связан с потерей 2—3% волокна.

Таким образом, в распоряжении целлюлозников имеется ряд средств, пользуясь которыми они могут достаточно эффективно

бороться с вредной смолистостью целлюлозы. Несмотря на это, чаще всего приходится бороться с этим злом в бумажном производстве.

Основные методы борьбы со смоляными затруднениями основаны: на стабилизации смоляной суспензии введением подходящего пептизатора или стабилизатора; фиксации смоляных частиц на волокне; адсорбции смоляными частицами подходящего суспензоида для предотвращения слипания и коагуляции смоляных частиц.

Наиболее простым средством борьбы со смоляными затруднениями на бумагоделательной машине является введение сернокислого глинозема при размоле целлюлозы или в бумажную массу непосредственно перед машиной, как это делают, например, при выработке газетной бумаги.

Глинозем фиксирует смоляные частицы на волокне и тем затрудняет их коагуляцию в более крупные образования. К сожалению, этот метод не может ликвидировать полностью смоляные затруднения и лишь ослабляет их.

Более эффективным средством является предварительное введение в массу при размоле целлюлозы щелочи (NaOH) в количестве около 0,2% от веса волокна с доведением pH среды до 7,5 с последующим прибавлением сернокислого глинозема. При этом кислотность среды должна быть доведена до pH 4,5—4,8. Получающееся в небольшом количестве при введении щелочи смоляное мыло стабилизирует эмульсию смолы и затрудняет укрупнение ее частиц. При последующем же прибавлении сернокислого глинозема после размола массы происходит более полное закрепление смолы на волокне.

В качестве пептизатора, стабилизирующего эмульсию смоляных частиц, применяют иногда гексаметафосфат натрия, а при производстве газетной бумаги — керосин, который вводят по каплям или тонкой струей из соответствующего дозатора прямо в волокнистую суспензию, непосредственно перед выходом ее на бумагоделательную машину.

Хорошее действие для снижения смоляных затруднений на бумагоделательных машинах оказывает введение в бумажную массу наполнителей: каолина, талька, асбестина и др.

Мелкодисперсные частицы наполнителя адсорбируются на поверхности смоляных частиц, что предотвращает их агломерацию и выпадение. Однако это средство не всегда можно применить по условиям производства.

Кроме указанных способов борьбы с вредной смолой, в бумажном производстве в зарубежной практике применяют иногда различные патентованные средства, стабилизирующие эмульсию смолы. Однако вполне надежные средства борьбы со смолой еще не разработаны.

Простой и оригинальный метод борьбы со смолой предложен В. П. Ковалевым. По его мнению, одним из главных факторов проявления вредной смолистости целлюлозы являются реакции, проис-

ходящие между бикарбонатными солями производственной воды и жирными кислотами, присутствующими в смоле. Вследствие этих реакций изменяется как химический состав смолы, так и характер эмульсии, в которой она распределена в целлюлозе. Смола приобретает свойства липкости, хуже удерживается на волокнах и коагулирует в более крупные образования с отделением от волокон.

Реакция между бикарбонатными солями воды и жирными кислотами смолы (линолевой и олеиновой) протекает по схеме

$$2RCOOH + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow (RCOO)_2Ca + 2H_2O + 2CO_2,$$

где R — радикал жирной кислоты.

Получающееся при реакции мыло, образующееся на поверхности смоляной частички, делает ее менее устойчивой и способствует отделению от волокна.

Считая главным фактором выделения смолы из целлюлозы жесткость, или щелочность, производственной воды, В. П. Ковалев предложил нейтрализовать кислотой щелочность воды на тех этапах технологического процесса, где выделение смолы происходит более интенсивно. Такой операцией является размол. В качестве химиката для нейтрализации можно применить соляную или серную кислоту, а также квасцы и сернокислый глинозем.

Реакция нейтрализации воды идет по схемам

$$Ca(HCO_3)_2 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O + 2CO_2;$$

$$Ca(HCO_3)_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + 2H_2O + 2CO_2;$$

$$3Ca(HCO_3)_2 + Al_2(SO_4)_3 \rightarrow 3CaSO_4 + 2Al(OH)_3 + 6CO_2.$$

Для нейтрализации 1 м^3 воды на каждый градус жесткости требуется 17 г H_2SO_4, 13 г HCl, 50 г $Al_2(SO_4)_3$. Для нейтрализации всей производственной воды потребовалось бы большое количество химикатов. Практика показала, что достаточно нейтрализовать только воду, находящуюся в массе при размоле. Это дает уже ощутимое снижение смоляных затруднений. При расчете количества кислоты, необходимой для нейтрализации щелочности воды, следует учитывать также и щелочность целлюлозы, так как при размоле часть кислоты расходуется на нейтрализацию около 30% щелочных солей, содержащихся в целлюлозе.

Способ борьбы со смоляными затруднениями, предложенный В. П. Ковалевым, был применен на многих бумагоделательных предприятиях и дал положительные результаты.

СЛИЗЕОБРАЗОВАНИЕ В БУМАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И БОРЬБА С НИМ

Затруднения, вызванные слизеобразованием, являются таким же злом в бумажном производстве, как и смоляные, а иногда и бо́льшим, особенно при выработке на быстроходных машинах массовых видов бумаги.

Слизь, образующаяся в результате жизнедеятельности микроорганизмов и грибков в трубопроводах, каналах, бассейнах и другом оборудовании бумажного производства, отрывается от стенок, попадает в массу в виде желеобразных сгустков, загрязняет массу и часто вызывает обрывы бумажного полотна. Анализ обрывов на быстроходных машинах одной из фабрик газетной бумаги показал, что свыше 50% всех обрывов на машине происходило из-за слизи и по этой причине снижение производительности составляло 2—3%, не считая при этом ухудшения качества бумаги из-за пятен слизи. При плохой организации борьбы со слизеобразованием снижение производительности и ущерб от брака могут быть еще более значительными.

Исследованием различных образцов слизи установлено, что они представляют собой скопление микроорганизмов: бактерий, грибков, водорослей, а также их выделений. Эти микроорганизмы заносятся в массу со свежей производственной водой и, встретив хорошую питательную среду в виде органических веществ, экстрагированных водой из древесины и целлюлозы, а также благоприятные условия температуры и кислотности среды, начинают быстро развиваться с образованием слизевых обрастаний на стенках каналов, труб и прочего оборудования, в котором находится масса или оборотная вода.

Наиболее благоприятны условия для слизеобразования на бумажных фабриках, вырабатывающих бумагу из небеленых волокнистых материалов, и на древесно-массных заводах. При выработке же бумаги из беленых материалов слизеобразования обычно не наблюдается, так как на машину поступает стерильный продукт, подвергшийся известной дезинфекции при отбелке хлором.

Использование оборотной воды в производстве способствует биологическим обрастаниям. Переход же на замкнутый цикл использования оборотной воды резко увеличивает их и ставит перед технологами серьезную задачу систематической и эффективной борьбы со слизью.

Наиболее благоприятная температура для развития слизи находится в пределах 27—43°. При температурах ниже 26° слизеобразование заметно уменьшается. Поэтому в бумажном производстве наблюдается наиболее сильное слизеобразование в летнее время, в древесно-массных же цехах при жидком горячем дефибрировании, при котором температура массы и оборотной воды бывает летом выше 43°, а зимой ниже этой температуры, более сильное слизеобразование наблюдается зимой.

Наиболее благоприятна для слизеобразования среда в пределах pH 4—8, которая как раз и является характерной для потоков массы и оборотной воды в бумажном производстве.

Из микроорганизмов, образующих слизь, чаще всего встречаются железистые бактерии, аэробные спорообразующие бактерии (в том

числе серные бактерии), волокнистые грибы, дрожжеобразные организмы и, наконец, водоросли.

Наиболее распространены железистые бактерии. Их скопления имеют нитевидную форму. Сухой остаток этих бактерий содержит до 50% минеральных веществ (SiO_2, Fe, Mn), вследствие чего эти бактерии очень устойчивы к химическим воздействиям. Кислая среда оборотной воды и ее аэрация создают благоприятные условия для развития железистых бактерий.

В результате загнивания слизи выделяется сероводород, который вызывает коррозию чугунных частей аппаратуры и образование FeS с окраской слизи в серый цвет. Кроме того, сероводород способствует развитию серных бактерий, окисляющих сероводород в серную кислоту, разрушительно действующую на металлы и бетон.

В летний период на бумагоделательных машинах преобладают бактериальные обрастания, зимой же — грибковые.

Борьба со слизевыми обрастаниями в бумажном производстве должна проводиться по трем основным направлениям:

1) поддержание в чистоте всего оборудования с осуществлением периодических его промывок и чистки;

2) применение на оборудовании защитных покрытий, которые задерживают развитие микроорганизмов и отложение слизи;

3) дезинфекция производственной и оборотной воды с целью предотвращения развития микроорганизмов.

К этому необходимы повседневный контроль за слизеобразованием и своевременное принятие мер для предотвращения развития слизи выше определенного уровня.

Конструкция оборудования должна допускать легкую его промывку. Для изготовления оборудования и трубопроводов необходимо подбирать материалы, наименее подверженные обрастанию слизью. Наилучшим материалом для массопроводов, трубопроводов оборотной воды и внутренних покрытий напорных, распределительных ящиков и некоторого другого оборудования мокрой части машины является медь, на которой слизь почти совсем не отлагается. По-видимому, это связано с ядовитыми свойствами окислов меди и ее солей, всегда присутствующих на поверхности этого металла. Для каналов и бассейнов лучше всего с этой точки зрения применять кафельные плитки. Для труб, кроме меди, можно применять керамику. Для внутренней облицовки распределительных и напорных ящиков можно с успехом использовать гуммированные покрытия из резины. Прекрасной защитой от слизи являются хлоркаучуковые покрытия из хлорвинилпласта и другие.

Резина благодаря своей химической устойчивости является универсальным защитным покрытием. Надлежащий подбор внутреннего покрытия бассейнов и массопроводов значительно снижает биологические обрастания и облегчает борьбу со слизью.

Вторым важным условием поддержания оборудования в чистоте является организация его регулярных промывок и чисток.

Необходимо установить жесткий график промывки и чистки оборудования и выполнять его с минимальными отступлениями от заранее установленных сроков. Напорный и распределительный ящики бумагоделательной машины, узлоловители, песочницы, сборники оборотной воды и каналы следует промывать не реже чем раз в неделю зимой и через 4—5 дней летом. Все остальное оборудование машины, соприкасающееся с массой или оборотной водой, необходимо промывать при каждой смене сетки. Массопроводы следует очищать от грязи и слизи через 2—3 месяца.

Промывка от слизи должна осуществляться особо тщательно и нередко сочетаться с обработкой уже промытого оборудования антисептиками: хлором (с содержанием активного хлора 1,5 мг/л) или горячим раствором каустической соды с добавкой натриевой соли нафталинсульфоновой кислоты.

Перед пуском в ход бумагоделательной машины после такой промывки необходимо скопить воду и заставить ее в течение нескольких минут проциркулировать по всей системе: через очистную аппаратуру, напорный ящик, сетку, подсеточные желоба и сливы, сборник оборотной воды, насос. После кратковременной циркуляции вода выпускается в сток. Эту операцию целесообразно повторить 2—3 раза и после того, как вода пойдет на сетку совершенно чистой, можно начинать пускать в ход машину с массой.

Такой способ пуска бумагоделательной машины после генеральной ее промывки и чистки хорошо зарекомендовал себя в практике и обеспечивает выработку чистой бумаги сразу же после промывки машины. Если же промывка машины делается не достаточно тщательно и не соблюдаются указанные условия пуска машины, бумага первое время после пуска идет с повышенной сорностью и с пятнами от слизи и грязи.

При переходе на замкнутый цикл оборотной воды указанных выше мероприятий бывает не достаточно и приходится применять антисептики, убивающие микроорганизмы и задерживающие их развитие. Для этой цели иногда хлорируют как свежую, так и оборотную воду с введением хлора в количестве 0,2 — 0,5 мг/л, а также ведут обработку вод хлорамином. Однако эти методы оказались не пригодными при полностью замкнутом цикле оборотной воды и могут применяться только при значительной замене оборотной воды свежей. Действие хлора очень кратковременно (15—20 мин.), хлорамин действует более длительный срок (5—6 часов), но он эффективен только при малых концентрациях оборотной воды. В настоящее время хлорамин применяют главным образом для обработки свежей воды, но в условиях неполного использования оборотной воды и при относительно невысоких концентрациях растворенных и взвешенных веществ в оборотной воде.

Наиболее эффективными токсинами для предупреждения слизеобразования являются хлорфенолаты (пента- и тетрахлорфенолаты натрия, дихлорфенолат), ртутные соединения (меркурхлорэтил, этил-

меркурфосфат, фенилортутный лактат, гидроокись меркурэтила), а также натриевая соль нафталиносульфоновой кислоты, дигидрооксидигидродифенилметан и некоторые другие. Очень часто эти химикаты применяются совместно.

Указанные соединения предупреждают слизеобразование уже при очень малых дозировках. Например, этилмеркурфосфата требуется только 0,5 мг/л.

Установлено, что действие одного и того же токсина ослабевает с течением времени. Возможно, что у микроорганизмов со временем вырабатывается иммунитет, а может быть это происходит из-за изменения вида бактерий. Поэтому со временем приходится менять химикат и его дозировку или применять смесь токсинов.

Целесообразно применять химикаты в усиленной дозировке, но в течение кратких периодов, например один раз в смену или один раз в сутки в течение 1 — 2 часов. При непрерывной дозировке расход их был бы весьма значительным. Токсины целесообразно вводить в свежую производственную воду, а также в сборники оборотной воды. На одном из наших предприятий газетной бумаги вводят токсин в массу вместе с краской для подцветки.

Выбор токсинов и место их ввода в производственной схеме должны быть осуществлены после тщательной проверки их действия. Перед началом применения токсинов необходимо тщательно очистить и промыть всю систему производственных потоков массы и оборотной воды бумагоделательной машины.

Необходимо учитывать большую ядовитость всех указанных выше химикатов. Поэтому организация работ с токсинами должна быть тщательно продумана с тем, чтобы была исключена возможность отравления работающих.

Для систематического контроля за слизеобразованием используют иногда специальные контрольные приборы. Простейшим таким прибором может служить гладкая деревянная доска размером от 12×25 до 30×75 см, погруженная в поток.

Контрольную доску периодически вынимают из потока, соскабливают в стакан приставшую слизь и взвешивают. Вес слизи, отнесенный к площади в 1 м^2, характеризует скорость накопления слизи в системе. Этими данными руководствуются при установлении сроков промывки оборудования и дозировки токсинов.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Среди цехов целлюлозно-бумажных предприятий бумажный отдел, наряду с древесным и лесным складом, является наиболее неблагополучным в отношении несчастных случаев и травматизма на производстве. Это объясняется тем, что бумагоделательная машина, являющаяся весьма сложным агрегатом с большим количеством вращающихся деталей, в ряде случаев еще полностью не автоматизирована и требует осуществления ручных операций по

заправке бумаги и уходу за одеждой машины, что представляет известную опасность для рабочего. Это усугубляется еще и тем, что многие вращающиеся и движущиеся части по условиям эксплуатации машины не могут быть ограждены. Поэтому обслуживание бумагоделательной машины требует от членов бригады внимательного отношения, осторожности, уменья и ловкости.

Наибольшую опасность для работающего представляет ручная заправка бумаги в сушильные цилиндры, в валы офсетного пресса и машинного каландра, а также в ножи продольно-резательного аппарата. Эти операции требуют от рабочего определенного навыка и выучки. При заправке полоски бумаги в сушильные цилиндры нельзя далеко под сукно протягивать руку во избежание ее захвата сукном. Бумагу в сушильные цилиндры так же, как и в валы офсетного пресса, следует подавать с края цилиндра или шейки вала.

Ручная заправка бумаги в машинный каландр производится вспомогательной палкой с закругленным концом или через верхний вал. Ни в коем случае нельзя вводить бумагу рукой между валами.

Известную опасность для рабочего представляет смена одежды машины, при которой в процессе разборки тяжелых частей машины возможно придавить, поцарапать или ударить руку или ногу.

Весьма опасно исправлять на ходу машины дефекты в работе сукон (искривление контрольной нитки, перепуск или сморщивание сукна). Очень часто рабочие, пренебрегая правилами техники безопасности, ставят и снимают подмотки из полосок бумаги или сукна на петлевые сукноведущие валики, очищают сукноведущие валики и даже сукносушильные цилиндры на ходу машины от приставших кусков бумаги и прочих загрязнений. Это иногда приводит к вывиху или поломке рук и даже к более тяжелым последствиям. Подобные операции не следует выполнять на ходу машины. Подмотки на валики можно делать только при медленном холостом ходе машины, а очистку валиков и цилиндров — при остановке машины.

Значительную опасность для обслуживающего персонала представляет работа продольно-резательного станка, так как при неосторожном поглаживании наматываемого рулона бумаги рука может быть затянута бумагой под нажимной валик с тяжелыми последствиями для рабочего. Во избежание тяжелого травматизма в месте ввода бумаги под нажимной валик на станке должна быть установлена предохранительная труба. Подобные же ограждения в виде угольников или труб устанавливаются между валами каландров в местах ввода в них бумаги.

Как уже указывалось выше, по условиям эксплуатации все движущиеся части бумагоделательной машины не могут быть ограждены и потому у нее ограждают только некоторые части: ремни, муфты, площадки, переходы и проходы через машину в прессовой и сушильной частях, места ввода бумаги в валы офсетного пресса и машинного каландра и некоторые другие.

Весьма важно также, чтобы все переходы, площадки и пол у бумагоделательной машины поддерживались в чистоте и не загрязнялись маслом, чтобы рабочий не мог поскользнуться и упасть.

Ответственным моментом является пуск бумагоделательной машины. Перед каждым пуском вся машина должна быть внимательно осмотрена. При этом необходимо убедиться в отсутствии персонала в машине и в исправности всех ее частей. О пуске машины подается предупредительный сигнал.

Для местного освещения при производстве ремонтных работ в мокрой части машины следует пользоваться только низковольтными переносными лампами.

При ремонте и чистке мешальных бассейнов необходимо следить за тем, чтобы мешальное устройство не могло быть случайно пущено в ход, так как это может привести к тяжелому несчастному случаю.

Работа на бумагоделательной машине, особенно быстроходной, требует от обслуживающего персонала большого уменья и ловкости. Вполне естественно поэтому, что и одежда у работающего на машине должна быть легкой и удобной, чтобы не стеснять движений при работе. Вместе с тем должна быть исключена возможность захвата частей одежды движущимися частями машины.

Рубашка у мужчин должна быть заправлена в брюки, рукава засучены, в карманах не должно находиться ничего лишнего, что могло бы случайно выпасть при работе и попасть в машину. Лучшей одеждой для женщин при работе является спортивный костюм: мужские шаровары и майка или футболка, на ногах резиновые тапочки. Волосы у женщин должны быть повязаны платком или косынкой. Длинные неубранные волосы у женщин и небрежная развевающаяся одежда не раз служили причиной несчастных случаев на бумагоделательной машине.

Для моментальной остановки при авариях и несчастных случаях бумагоделательная машина должна быть оборудована кнопками, позволяющими выключать машину с полного хода из разных мест зала бумагоделательных машин.

Прочие правила техники безопасности являются общими для самых различных производств, а потому на них не останавливаемся.

ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ОХРАНА

Наряду с древесным цехом и лесными складами целлюлозно-бумажных предприятий зал бумагоделательных машин является также наиболее опасным в пожарном отношении. Это объясняется тем, что в указанных цехах имеют дело с такими огнеопасными материалами, как древесина и бумага.

Бумага в виде рулонов и в кипах горит плохо, так как в таком виде отсутствует доступ воздуха в толщу бумаги. Однако в зале

бумагоделательных машин, в котором много бумаги находится в виде обрывов и брака и где имеется достаточное количество волокнистой пыли, осевшей на оборудовании, опасность загорания весьма велика. По этой причине зал бумагоделательных машин, особенно у сушильной части и наката, является весьма опасным в пожарном отношении цехом.

Курение в цехах бумагоделательных машин запрещается. Особое внимание должно быть обращено на правильную работу электродвигателей и исправное состояние электропроводки.

Наибольшую опасность для загорания в зале бумагоделательных машин представляют подшипники сукноведущих валиков сушильной части машины и наличие скоплений волокнистой пыли и масла на рамах и станинах машины. В практике работы бумажных предприятий нередко наблюдались случаи загорания в сушильной части машины из-за скопления бумаги на шейках сукноведущих валиков, сильного трения и разогрева подшипников.

Другой причиной возгорания, особенно на быстроходных машинах, является неосторожное обращение с керосином при промывке и очистке каландровых валов во время хода машины.

Для предотвращения случаев возгорания на бумагоделательной машине необходимо следить за тем, чтобы в зале бумагоделательных машин не скапливался бумажный брак, сушильная часть машины поддерживалась чистой, не допускалось скопление волокнистой пыли и смазочного масла на оборудовании, не перегревались подшипники и не искрили электродвигатели.

Вблизи машины всегда должен находиться исправный противопожарный инвентарь (огнетушители и т. п.), а рабочий персонал должен уметь пользоваться огнетушительными средствами.

При возникновении пожара вентиляция зала бумагоделательных машин должна быть немедленно остановлена, чтобы прекратить тягу. Бумагоделательную машину следует переключить на тихий ход, но не останавливать, чтобы сохранить одежду машины и оборудование от повреждений. В зале бумагоделательных машин должен находиться сигнал, при помощи которого можно известить пожарную команду о пожаре.

В местах скопления бумажного брака, например у бракомольных установок, следует установить спринклерную или дренчерную систему, включающуюся автоматически при загорании. Кроме того, подобные места хранения бумажного брака следует ограждать бетонными перегородками.

ГЛАВА 14

ТИПЫ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

КЛАССИФИКАЦИЯ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

По конструкции бумагоделательные машины подразделяются на шесть основных групп: 1) длинносеточные, или столовые; 2) круглосеточные, 3) вакуум-формующие; 4) комбинированные из первых трех групп; 5) листовые; 6) машины сухого формования.

Каждая из указанных выше групп включает отдельные разновидности машин, отличающиеся друг от друга отдельными конструктивными элементами и узлами. Наиболее многочисленна и разнообразна группа длинносеточных машин, которую можно разбить на три подгруппы: с открытой, закрытой сушильной частью и многосеточные столовые машины. В свою очередь первая подгруппа состоит из нескольких типов, приспособленных для выработки многих видов бумаги. К столовым машинам с закрытой сушильной частью относятся самосъемочные бумагоделательные машины, предназначенные для выработки тонкой бумаги односторонней гладкости. К многосеточным столовым машинам относятся бумагоделательные машины с двумя, тремя и даже четырьмя сеточными столами. Они предназначены для выработки главным образом электроизоляционной бумаги.

Круглосеточные машины могут иметь один или несколько сеточных цилиндров и применяются главным образом для выработки многослойных картонов. Для выработки же бумаги они применяются сравнительно редко.

Вакуум-формующие машины так же, как и цилиндрические, могут состоять из одного или нескольких формующих цилиндров. Они отличаются от круглосеточных машин тем, что имеют отдельную сетку, не закрепленную на цилиндре.

Комбинированные машины представляют собой комбинацию из столовой и круглосеточной или столовой и вакуум-формующей машины. Они находят применение для выработки двухслойных бумаги и картона.

Листовые машины, как показывает название, предназначаются для выработки бумаги листами. В конструкции этих машин заложена идея механизации процесса ручного черпания бумаги. Такие машины раньше применялись для отлива высокосортной документной бумаги и теперь уже не применяются.

Последняя группа бумагоделательных машин сухого формования появилась сравнительно недавно. Машины этой группы отличаются от остальных принципиально новой технологией изготовления бумаги в отсутствии воды. Имеются два типа таких машин: в первом бумажное полотно получается методом текстильного производства, во втором же бумага получается осаждением волокна из воздушного потока на движущейся сетке. Оба эти типа машин применяются для выработки длинноволокнистой бумаги специального назначения.

ДЛИННОСЕТОЧНЫЕ, ИЛИ СТОЛОВЫЕ, БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

По действующей у нас классификации бумагоделательные столовые машины делятся на 14 типов. Типизация машин удешевляет их изготовление на машиностроительном заводе и вместе с тем позволяет лучше приспособить их для выработки определенных видов бумаги.

В табл. 65 приведена краткая характеристика этих типов.

Указанные в табл. 65 типы машин отличаются друг от друга размерами сеточного стола, количеством и типами прессов, числом и расположением сушильных цилиндров, оборудованием для машинной отделки и некоторыми другими особенностями. Машины 12-го типа — двухсеточные, машины же 13-го типа — самосъемочные, с закрытой сушильной частью. Машины 14-го типа имеют сушильную часть открытого типа.

Характеристика длинносеточных столовых машин

Первый тип машин предназначается для выработки конденсаторной бумаги толщиной 6—14 микрон (7—16 г/м^2), вырабатываемой из сульфатной небеленой целлюлозы со степенью помола 96—98° ШР. Такая бумажная масса очень трудно обезвоживается на сетке, что ограничивает рабочую скорость машины. В зависимости от толщины бумаги работа машины обычно производится на скорости от 30 до 70 м/мин.

Машины этого типа изготовляются с небольшой шириной сетки на максимальную скорость 100 м/мин. Они обладают сравнительно длинным сеточным столом, на котором размещается 8—10 отсасывающих ящиков, и снабжаются отсасывающим гауч-валом ячейкового типа с продольными щелями в рубашке. На машине устанавливается два прямых пресса и 6—8 сушильных цилиндров, каждый из которых имеет свое сушильное сукно и свой привод, чтобы иметь возможность регулировать натяжение бумажного полотна после каждого цилиндра. В целях удобства заправки бумаги сушильные цилиндры в каждом ярусе располагаются попарно, как это показано на рис. 214.

Таблица 65

Характеристика бумагоделательных столовых машин

Тип бумагоделательной машины	Вид вырабатываемой бумаги	Вес бумаги в г/м²	Максимальная рабочая скорость в м/мин*	Предел регулирования	Обрезная ширина бумаги в мм	Ширина сетки в мм
1	Тончайшие	7—16	100	1:5 и 1:4	1680 2520	2000 2900
2	Тонкие	14—20	150	1:3	2520	2900
3	»	20—45	250—450	1:3	2520	2900
4	Впитывающие	30—115	300	1:3	2520	2900
5	Жиронепроницаемые	40—55	250	1:3	2400 4000	2900 4700
6	Целлюлозные	60—120	450—600	1:3	2520 4200	2900 4700
7	»	до 180	300	1:3	2520 4200	2900 4700
8	С древесной массой	40—100	600	1:3	2500 4200 5880	2900 4700 6350
9	То же	до 450	250—450	1:3 и 1:8	2520 4200	2900 4700
10	Газетная мешочная	50—90	600—900	1:3	4200 5880	4700 6350
11	Высокосортные и технические	70—240	150	1:6 и 1:4	2520 4200	2900 4700
12	Электроизоляционные	40—185	250	1:4	2520	2900
13	Односторонней гладкости	20—50	250—350	1:4	2520 4200	2900 4700
14	То же	60—120	400	1:3	2500 4200	2900 4700

* Максимальная рабочая скорость машин скорректирована.

Машина снабжается двухзональной тряской сеточного стола, электрическим накатом и многодвигательным приводом.

Для выработки тончайшей конденсаторной бумаги толщиной 4—6 микрон (весом 6—7 г/м²) бумагоделательные машины оборудуются автоматическим съемом для передачи мокрого бумажного полотна с сетки в прессовую часть машины. В этом случае на первый пресс ставится отсасывающий вал.

Машины второго типа предназначаются главным образом для выработки тонкой бумаги весом 14—20 г/м² (папиросная, копировальная и основа для парафинирования). Эти виды бумаги выра-

батываются из целлюлозы и тряпичной полумассы из массы жирного помола.

Рабочая скорость машины при выработке подобной бумаги составляет 70—125 м/мин и потому машины строятся на максимальную скорость 150—200 м/мин.

По своей конструкции они сходны с машинами для выработки конденсаторной бумаги, однако обладают более коротким сеточным столом с меньшим числом отсасывающих ящиков (6—7) и более мощной сушильной частью. Сушильные цилиндры группируются по два в сукне и располагаются либо в шахматном порядке, либо попарно, как и у машин предыдущего типа.

Бумагоделательные машины третьего типа применяются для выработки сравнительно тонкой бумаги различного назначения весом 25—45 г/м^2: курительной, машинописной, кордельной, шпагатной, чайной, тонкой печатной и др. Эти виды бумаги вырабатываются из сульфитной или сульфатной целлюлозы средней или низкой степени помола. Эти машины сходны с машинами второго типа, однако строятся на большую рабочую скорость — 250—450 м/мин. Они характеризуются сравнительно небольшим сеточным столом с пятью-шестью отсасывающими ящиками и небольшой сушильной частью. Машина снабжается двумя прямыми отсасывающими прессами. При высокой рабочей скорости на машинах устанавливают вакуум-пересасывающее устройство для автоматической передачи бумажного полотна с сетки в пресс. На машине устанавливается напорный ящик открытого или закрытого типа, каландр и накат барабанного типа.

Если машина используется для выработки тонкой печатной бумаги, то желательна установка третьего обратного, а также сглаживающего прессов.

Машины четвертого типа предназначаются для изготовления впитывающей бумаги с весом 55—115 г/м^2, вырабатываемой из целлюлозы и тряпичной полумассы очень садкого помола. Подобная бумага легко отдает воду на сетке и в прессовой части бумагоделательной машины. К этим видам бумаги относятся: фильтровальная, основа для фибры и пергамента, бюварная и др.

Рабочая скорость при выработке названных видов бумаги на старых машинах обычно составляет 50—100 м/мин, однако на новых машинах она может быть значительно повышена. Машины для изготовления впитывающей бумаги характеризуются коротким сеточным столом с малым числом отсасывающих ящиков (4—5), отсасывающим гауч-валом, двумя прямыми прессами, из которых первый отсасывающий, и сравнительно небольшой сушильной частью. Машинный каландр обычно отсутствует. Накат электрический или барабанный. Эти машины строятся на максимальную рабочую скорость 200—300 м/мин.

Бумагоделательные машины 5-го типа предназначаются для выработки жиронепроницаемой бумаги, вырабатываемой из бу-

мажной массы жирного помола и имеющей вес 40—55 г/м², а иногда и выше. К этим видам бумаги относятся пергамин, подпергамент, чертежная прозрачная и некоторые специальные виды бумаги. При выработке пергамина и подпергамента скорость машины достигает 150—225 м/мин, при выработке же бумаги повышенного веса 1 м² из массы более жирного помола (чертежная прозрачная или бумага-основа фотокальки) скорость машины резко снижается. Машины этого типа в настоящее время строятся рабочей шириной до 4,2 м на максимальную скорость 250—350 м/мин, они снабжаются мощным сеточным столом с большим количеством регистровых валиков и отсасывающих ящиков. Число последних достигает 12—14. Длина сетки достигает 30 м и выше. Ввиду того, что бумажная масса очень трудно обезвоживается, в прессовой части машины устанавливают четыре мокрых пресса, из которых один или два первых пресса отсасывающие и один обратный. Для лучшего уплотнения бумаги ставят офсетный пресс, полусухой двухвальный каландр и шестивальный машинный каландр, при выработке же специальных прозрачных бумаг в конце сушильной части машины устанавливают также клеильный пресс. Так как жиронепроницаемую бумагу (кроме пергамина) нельзя сушить при высокой температуре сушильных цилиндров во избежание образования морщин и ухудшения прозрачности, приходится иметь сравнительно большую сушильную часть. Ввиду большой усадки бумаги при сушке сушильные цилиндры группируют по два-три в одном сукне.

Целлюлозные бумаги среднего веса (60—90 г/м²) такие, как типографская и писчая № 1, основа светочувствительной, картографическая и книжная (мелованная на машине), вырабатываются на машинах 6-го типа. Все эти виды бумаги должны иметь хороший просвет и хорошую отделку поверхности листа.

Бумагоделательные машины этого типа строятся рабочей шириной 2,5 и 4,2 м на максимальную скорость до 450 м/мин и иногда даже до 600 м/мин. Они снабжаются закрытым напорным ящиком, длинным сеточным столом с шестью-восьмью отсасывающими ящиками, двухзональной тряской, равнителем, отсасывающим гаучвалом, тремя мокрыми прессами, из которых два прямых отсасывающих и один обратный. Кроме того, ставится один офсетный пресс. С сетки в пресовую часть машины бумага передается при помощи вакуум-пересасывающего устройства. Очень часто на машинах этого типа помещают в конце сушильной части клеильный пресс. При последующей отделке бумаги в суперкаландре на машине имеется один машинный каландр, при выпуске же бумаги машинного лоска, устанавливают последовательно два машинных каландра. При изготовлении мелованной бумаги вместо клеильного пресса в конце сушильной части машины находится устройство для мелования.

Сушильная часть машины имеет обычное двухъярусное расположение сушильных цилиндров с группировкой бумагосушиль-

ния хорошей и однородной структуры бумажного листа при отсутствии маркировки поверхности сукнами и сеткой, хорошего уплотнения и отделки бумаги. Эти машины редко строятся рабочей шириной выше 3,2 м и со скоростью выше 150 м/мин. В зависимости от ассортимента бумаги, выбирается предел регулирования рабочей скорости от 1 : 4 до 1 : 6.

Машины этого типа обладают открытым напорным ящиком, достаточно мощным сеточным столом с хорошей двухзональной тряской и семью-восемью отсасывающими ящиками, равнителем и отсасывающим гауч-валом. Прессовая часть машины состоит из четырех прессов, из которых первый и третий прямые, а второй и четвертый обратные. Кроме них, на машине устанавливают один-два, а иногда и три сфсетных пресса. В настоящее время на первом прессе устанавливают отсасывающий вал.

Сушильные цилиндры сгруппированы по два-три в одном сукне, в середине сушильной части между сушильными группами часто помещают двухвальный полусухой каландр, а перед последней сушильной группой — клеильный пресс. В конце сушильной части устанавливается два холодильных цилиндра с увлажняемыми сукнами и машинный каландр. Машина снабжается электрическим накатом, увлажнительным устройством, а иногда еще и двумя дополнительными холодильными цилиндрами с сукнами, устанавливаемыми перед накатом для лучшего охлаждения бумажного полотна.

Машины для выработки бумаги односторонней гладкости

Для изготовления бумаги односторонней гладкости применяются машины с открытой сушильной частью, у которых наряду с обычными сушильными цилиндрами имеется большой «лощильный» (или «гладильный») цилиндр. Для этой же цели применяют и бумагоделательные машины с закрытой сушильной частью, так называемые самосъемочные машины, у которых вся сушильная часть состоит из одного большого сушильного цилиндра, а передача бумаги с сетки в прессовую и далее в сушильную часть осуществляется при помощи съемного сукна. Первые используются для выработки более плотной бумаги с весом 1 м^2 выше 60 г, вторые же (самосъемочные) для изготовления более тонких видов бумаги.

Часто не требуется, чтобы бумага обладала одинаковой хорошей гладкостью с обеих сторон. Иногда нужно, чтобы гладкой была одна сторона, а другая оставалась шероховатой. Такие требования, например, предъявляются к афишной и этикетной бумаге, у которой одна сторона, предназначенная для печати, должна быть гладкой, а другая для наклейки — шероховатой.

Применение больших гладильных цилиндров позволяет получать бумагу с высоким односторонним лоском непосредственно на бумагоделательной машине без дополнительной отделки в суперкаландре, что значительно упрощает процесс производства.

Рис. 214. Бумагоделательная машина для выработки конденсаторной бумаги:

1 — регистровая часть; *2* — отсасывающие ящики; *3* — гауч-пресс; *4* — первый пресс; *5* — второй пресс; *6* — сушильная часть; *7* — холодильный цилиндр; *8* — продольнорезательное устройство; *9* — накат

С. Н. Иванов

Рис. 215. Бумагоделательная машина для выработки газетной бумаги (проектная скорость 750 м/мин):

1 — напорный ящик; *2* — сеточный стол; *3* — гауч-пресс; *4* — вакуум-пересасывающее устройство; *5* — вспомогательный пресс; *6* — первый пресс; *7* — второй пресс; *8* — сушильная часть; *9* — холодильный цилиндр; *10* — машинный каландр; *11* — накат

Мокрая часть бумагоделательной машины для выработки бумаги односторонней гладкости ничем не отличается от мокрой части обычных длинносеточных машин, сушильная же часть состоит из двух частей: предварительной и окончательной сушки (рис. 216).

Предварительная сушильная часть состоит из нескольких групп обычных сушильных цилиндров, расположенных в два яруса. Она применяется для сушки бумаги до сухости около 60%. Окончательная же сушильная часть состоит из одного большого гла-

Рис. 216. Схема сушильной части бумагоделательной машины для выработки бумаги односторонней гладкости:

1 — предварительная сушильная часть; *2* — гладильный цилиндр; *3* — гладильный пресс; *4* — накат

дильного цилиндра, на котором бумага досушивается и приобретает одностороннюю гладкость.

Гладильный цилиндр представляет собой большой сушильный цилиндр диаметром от 2 до 5 м с гладкой, полированной поверхностью. Для поддержания зеркальной поверхности цилиндра с нижней его стороны устанавливают три подвижных шабера: первый по ходу бумаги, из бронзы или мягкой стали, служит для снятия бумажного полотна с цилиндра при обрывах и заправке бумаги, а два других стальных, из которых один тяжелый, а другой легкий с увлажняемой суконной прокладкой, применяются для очистки и полировки поверхности цилиндра. Чтобы на поверхности цилиндра не образовались бороздки, шаберам придают прямолинейно-возвратное движение вдоль оси цилиндра. На лощильный цилиндр надевают шерстяное сушильное сукно, а для просушки последнего устанавливают сукносушильный цилиндр.

Под большим цилиндром располагаются один или два прижимных (гладильных) вала, которые прижимают бумагу к гладкой поверх-

ности сушильного цилиндра и способствуют получению бумаги одностороннего лоска. Гладильные валы имеют резиновую оболочку твердостью 20—35 пунктов Пуссей-Джонса и рассчитаны на создание рабочего давления 80—100 кг/см. Чтобы предохранить резину от разрушения при соприкосновении с горячей поверхностью сушильного цилиндра, между валом и сушильным цилиндром проходит шерстяное сукно, надеваемое на вал, и несколько сукноведущих валиков. Гладильные валы прижимаются к цилиндру посредством пневматического или гидравлического присадочного устройства и обычно не имеют привода, реже они имеют вспомогательный привод. Большой сушильный цилиндр приводится в движение от электродвигателя через шестеренную передачу.

Для получения бумаги хорошей односторонней гладкости необходимо иметь перед поступлением на гладильный цилиндр оптимальную влажность бумажного полотна (40%), хорошую зеркальную поверхность гладильного цилиндра и сравнительно невысокую степень помола бумажной массы. Поверхность гладильного цилиндра должна быть выбрана такого размера, чтобы бумага успела высохнуть на ней до конечной влажности 5—6%.

Размер большого гладильного цилиндра ограничивает рабочую скорость, а следовательно, и производительность бумагоделательной машины для выработки бумаги односторонней гладкости. Чтобы повысить производительность машины, устанавливают после гладильного цилиндра один или несколько досушивающих сушильных цилиндров. Этим путем повышают производительность машины на 20—25%, однако степень гладкости бумаги несколько снижается.

При выработке бумаги повышенного веса 1 м^2, а также картона иногда устанавливают большой гладильный цилиндр с таким расчетом, чтобы бумага высушивалась на предварительной сушильной части выше 60% сухости, затем ее подвергают одностороннему увлажнению, пропуская через смачивающий валик, и направляют на гладильный цилиндр, прижимая к цилиндру увлажненной стороной. Это дает возможность увеличить размеры предварительной сушильной части и повысить производительность машины.

Машины для выработки бумаги односторонней гладкости строят шириной до 5 м на максимальную рабочую скорость до 400—600 м/мин.

Самосъемочные бумагоделательные машины

Самосъемочные, или «янки-машины», относятся к бумагоделательным машинам с закрытой сушильной частью. Самосъемочными они названы потому, что бумажное полотно автоматически снимается с сетки при помощи съемного шерстяного сукна и проводится последним через прессовую часть к сушильному цилиндру. Бумага полностью закрыта в прессовой части сукном, а в сушильной части вентиляционным колпаком, и ее можно видеть только при входе на сушильный цилиндр и при выходе из него.

Самосъемочные машины были изобретены в 1827 г. Вначале конструкция их была весьма простой и работали они на низких скоростях. Современные самосъемочные машины строятся рабочей шириной до 5,5 м на скорость до 900 м/мин и даже выше. Они предназначаются для выработки тонкой санитарно-гигиенической бумаги весом 1 м² 8—20 г/м², а также для изготовления тонкой бумаги односторонней гладкости (афишной, билетной, спичечной, фруктовой и др.) с весом 20—55 г/м² из массы садкого помола. Первые

Рис. 217. Схема самосъемочной бумагоделательной машины:
1 — сеточный стол; *2* — гауч-пресс; *3* — самосъемочное сукно; *4* — мокрый пресс; *5* — вальцовая сукномойка; *6* — большой сушильный цилиндр; *7* — гладильный пресс; *8* — накат; *9* — вентиляционный колпак

вырабатываются на быстроходных машинах при скорости от 400 до 900 м/мин, тогда как вторые изготовляются на более низких скоростях, не превышающих 300—400 м/мин.

Самосъемочная машина имеет короткий сеточный стол с двумя-четырьмя отсасывающими ящиками; обычный гауч-пресс, на верхний вал которого надето съемное шерстяное сукно весом 1600—1800 г/м²; один или два прямых пресса и один большой сушильный цилиндр без сукна, на котором происходит сушка бумаги. Мокрое бумажное полотно снимается с сетки съемным сукном, проходит вместе с последним через мокрый пресс и поступает на сушильный цилиндр, огибая один или два прижимных вала (рис. 217). Пройдя прижимные валы, съемное сукно, обогнув несколько сукноведущих валиков, промывается на сукномойке и возвращается обратно к гауч-валу. Бумага же прилипает к горячей поверхности сушильного цилиндра и подвергается сушке. Выйдя из цилиндра, бумага обычно не подвергается каландрированию на машинном каландре и поступает на накат.

Ввиду того, что тонкая бумага односторонней гладкости вырабатывается из бумажной массы очень садкого помола и легко обезво-

живается на сеточном столе, последний делают коротким с небольшим числом отсасывающих ящиков. При выработке тонкой санитарно-гигиенической бумаги отсасывающие ящики иногда даже совсем не устанавливают, а вместо обычных регистровых валиков помещают проволочные валики. Гауч-пресс ставят обычный с чулком, но может применяться и отсасывающий гауч-вал. В последнем случае бумажное полотно снимается с сетки вакуум-пересасывающим устройством, подобно тому, как это делается на быстроходных машинах, предназначенных для выработки газетной бумаги.

Чаще всего на машине устанавливают один мокрый пресс, реже два прямых пресса. Прессовые валы могут быть как простыми, так и отсасывающими.

Большой сушильный цилиндр изготовляют из высококачественного чугуна диаметром от 3,2 до 5 м и тщательно полируют до блеска. Для поддержания поверхности цилиндра в надлежащем состоянии его снабжают так же, как и гладильный цилиндр, тремя подвижными шаберами. Цилиндр работает без сукна, он закрыт сверху колпаком, и водяные пары, выделяющиеся при сушке бумаги, удаляются из-под колпака посредством вентилятора. Для интенсификации процесса сушки бумаги и предотвращения конденсации паров воды в некоторые зоны под колпаком подводят нагретый воздух.

Прижимные валы помещаются под сушильным цилиндром, они несколько смещены от вертикальной оси цилиндра по ходу бумажного полотна и прижимаются к цилиндру пневматически или гидравлически. Прижимные валы покрыты слоем теплостойкой резины и иногда выполняются с отсасывающей камерой, что повышает эффект обезвоживания бумажного полотна и дает увеличение сухости бумаги до 40—45%.

Большой сушильный цилиндр приводится в движение от электродвигателя через редуктор или посредством большой шестерни, прикрепленной к крышке сушильного цилиндра.

При выработке тонких видов санитарно-гигиенической, а также оберточной и упаковочной бумаги из сульфатной целлюлозы стали применять для сушки пар высокого давления 7—8 атм и выше, в связи с чем требования к прочности сушильных цилиндров возросли, и их начали изготовлять из стали с двойными стенками.

Самосъемочные машины с сушильным цилиндром диаметром 3,2 м с одним мокрым прессом без досушивающих цилиндров при выработке бумаги весом 20—40 г/м^2 работают обычно на скорости до 120—150 м/мин. Повышение скорости лимитируется главным образом мощностью сушильного цилиндра. Машины с двумя мокрыми прессами и цилиндром диаметром до 5 м могут вырабатывать те же виды бумаги при скорости до 300 м/мин. При выработке же тонкой туалетной бумаги и алигнина с использованием пара давлением 8—11 атм рабочая скорость самосъемочных машин достигает 700—900 м/мин, а в отдельных рекордных случаях 1140 м/мин.

Для повышения производительности самосъемочных машин уста-

навливают дополнительные мокрые прессы и прижимные валы, заменяют простые валы отсасывающими, устанавливают дополнительные сушильные цилиндры для досушки бумаги, а также усиливают вентиляцию у сушильного цилиндра.

Низкая степень помола бумажной массы, из которой изготовляется бумага на самосъемочных машинах, хорошее обезвоживание бумажного полотна в мокрой части машины, плотный контакт бумаги с греющей поверхностью сушильного цилиндра, а также высокая температура пара обусловливают высокую эффективность сушки на этих машинах. Испарительная способность воды с 1 м^2 греющей бумагу поверхности сушильного цилиндра здесь составляет 35—50 кг/час, а при выработке туалетной бумаги и с применением пара высокого давления достигает 85—100 кг/час. Термический коэффициент полезного действия самосъемочных машин достигает 92%, а расход пара на испарение воды 1,33 кг/кг.

При необходимости получения бумаги с двусторонним лоском устанавливают после большого сушильного цилиндра дополнительный сушильный цилиндр несколько меньшего диаметра, снабжают его сукном с сукносушителем, и после него размещают еще трехвальный каландр.

Иногда применяют специально сконструированные самосъемочные машины для выработки тонкой бумаги из массы жирного помола (например, папиросной или основы копировальной с весом 1 м^2 14—20 г). В этом случае нельзя применять форсированную сушку во избежание коробления бумаги и образования на ее поверхности морщин.

В зарубежной практике встречаются конструкции самосъемочных машин с малым цилиндром и обычной сушильной частью открытого типа. Такова, например, бумагоделательная машина Гарпера.

Для выработки тонкой крепированной бумаги применяются быстроходные самосъемочные машины с выпуском массы из напорного ящика под некоторым углом к сетке с целью использования скоростного напора для интенсификации обезвоживания массы на сетке. Для этой же цели на сверхскоростных машинах используют отсасывающий грудной вал с двумя вакуум-камерами. Гауч-пресс и мокрые прессы изготовляются отсасывающими и имеют общее съемное сукно, которое передает бумагу прижимному валу. С последнего бумага поступает на большой сушильный цилиндр без сукна. Здесь она высушивается до относительной сухости около 55% и снимается с цилиндра при помощи крепировального шабера. Крепированное бумажное полотно досушивается на дополнительных сушильных цилиндрах, расположенных в два яруса, пропускается через двухвальный каландр для фиксации крепа и наматывается в рулон на накате.

В табл. 66 приведены данные К. Шмидта об испытании сушильной части трех самосъемочных машин.

Таблица 66

Результаты испытаний сушильной части самосъемочных машин

Наименование показателей	Величина показателей машин №			
	1	2	2	3
Рабочая ширина в мм	2650	4200	4200	4320
Диаметр сушильного цилиндра в м	4,6	5,0	5,0	3,66
Вид бумаги	Бумага для нитрования			
Вес бумаги в г/м²	33	27	28	43,5
Помол массы по ШР	26	32	32	—
Часовая выработка бумаги в кг	720	1350	1450	1375
Рабочая скорость машины в м/мин	150	195	200	134
F_0 в м²	38	66	66	52,5
$F_р$ в м²	32,3	55,5	55,5	45,3
$\frac{F_р}{F_0}$ в м²	0,85	0,84	0,84	0,86
ухость бумаги перед гладильным прессом в %	31,6	30,5	30,5	30,5
То же после гладильного пресса в %	40	36	40	38
То же после сушки в %	95,6	96	95	94
Количество испаряющейся воды на 1 кг бумаги в кг	1,39	1,64	1,38	1,48
То же в кг/час	1000	2200	2000	2020
Съем воды S_0 в кг/час м²	26,3	33,3	30,3	38,6
Съем воды $S_р$ в кг/час м²	31,0	39,7	36	45
Давление пара в сушильном цилиндре в ати	1,9	1,4	1,75	2,4
Температура пара в град. Ц	132	125,5	130	137
Температура стенки цилиндра в град. Ц	98,5	93	95,5	—
Средняя температура бумаги в град. Ц	75	70	72	80
Расход пара (без вентиляции) в кг/час:	1370	2880	2650	—
на 1 кг бумаги	1,92	2,15	1,83	—
на 1 кг воды	1,37	1,30	1,33	—
Температура воздуха, подаваемого для вентиляции в цилиндр, в град. Ц	23	72,5	65	88
То же, уходящего от цилиндра, в град. Ц	58	74	71	88
Относительная влажность уходящего воздуха в %	100	42	45	36
Количество воздуха для сушки в кг/кг	7,6	8,9	9,9	8,0
Термический коэффициент полезного действия	0,885	0,91	—	—

Двухсеточные столовые бумагоделательные машины

Двухсеточные столовые машины предназначаются для выработки технической бумаги, изготовляемой из сравнительно жирной и притом длинноволокнистой массы, которая трудно обезвоживается на обычной односеточной бумагоделательной машине.

Такая бумага, особенно с повышенным весом 1 м^2, может вырабатываться на обычной машине только при очень малой скорости в условиях недостаточного разбавления массы перед выходом на сетку. Вследствие этого структура бумаги и ее свойства получаются не совсем удовлетворительными, а производительность машины малой.

Применение двухсеточных столовых бумагоделательных машин и изготовление двухслойной бумаги дает возможность резко повысить скорость машины и получить бумагу значительно лучшего просвета и более однородную по своим физико-механическим свойствам. Это происходит потому, что при более тонком элементарном слое волокна можно применить значительно большее разбавление бумажной массы и облегчить обезвоживание ее на сетке.

Благодаря большей однородности и лучшей структуре двухслойной бумаги, она отличается и более высокой механической прочностью по сравнению с однослойной бумагой. По наблюдениям автора, кабельная двухслойная бумага толщиной 0,12 мм, выработанная на двухсеточной машине при скорости 65—70 м в минуту, имела разрывную длину на 10—15% выше, чем однослойная бумага, изготовленная из той же массы на той же машине без верхней сетки при скорости 30 м/мин.

Двухсеточные столовые машины применяются у нас главным образом для выработки электроизоляционной и некоторых других технических бумаг (например, патронной, неактиничной и др.). На двухсеточных машинах можно весьма эффективно вырабатывать и такую бумагу, как высшая чертежная и плотная жиронепроницаемая. Двухсеточные машины находят также большое применение для выработки лучших сортов картона.

Двухсеточная столовая машина отличается от обычной бумагоделательной машины только наличием второго сеточного стола, который размещается на площадке или на верхнем этаже над нижним, нормальным сеточным столом машины. Как показано на рис. 218 верхний сеточный стол несколько смещен в сторону грудного вала по сравнению с нижним сеточным столом, а бумажная лента передается с верхней сетки на отсасывающие ящики или под гауч-пресс нижней сетки посредством удлиненной ветви верхней сетки, как это представлено на рисунке, либо специальным транспортировочным сукном. Первый способ передачи бумаги с верхней сетки предпочтительнее, так как устраняет лишнее натяжение и возможность появления морщин и складок в бумаге при переходе ее с верхней сетки на промежуточное сукно. Однако он требует применения более длинной верхней сетки.

На верхней сетке ставится отсасывающий гауч-вал, а на нижней, где происходит соединение и спрессовывание двух слоев бумаги в один, устанавливается гауч-пресс обычного типа с чулком или отсасывающий гауч-вал с верхним прижимным валиком.

Поскольку двухсеточные машины предназначены для отлива сравнительно плотной бумаги из массы жирного помола, они должны обладать достаточно длинным сеточным столом, большим количеством отсасывающих ящиков и мощной прессовой частью. Каждый сеточный стол имеет свою очистную аппаратуру, свой массный

Рис. 218. Двухсеточная бумагоделательная машина:
1 — верхний сеточный стол; 2 — нижний сеточный стол; 3 — первый пресс

насос и бачок оборотной воды или смесительный насос для того, чтобы иметь свой самостоятельный поток массы.

Двухсеточные столовые бумагоделательные машины выпускаются у нас рабочей шириной 2,52 м. Прессовая часть машины состоит из четырех мокрых прессов, из которых один отсасывающий и один обратный, и одного сглаживающего пресса. Сушильная часть сгруппирована по три бумагосушильных цилиндра в сукне. Машина оборудована шестивальным каландром и накатом барабанного типа. Максимальная скорость машины 220—250 м/мин. Предел регулирования скорости 1 : 4.

Многосеточные столовые машины с тремя и более сеточными столами

В последнее время для выработки высоковольтной кабельной бумаги, а также некоторых специальных видов картона стали применять трех- и четырехсеточные столовые бумагоделательные машины. Схематический чертеж одной из таких машин с четырьмя сетками представлен на рис. 219.

Как показано на рисунке, первый сеточный стол и сушильная часть машины располагаются во втором этаже, второй и третий

сеточные столы помещаются на третьем этаже, при этом оба сеточных стола повернуты навстречу друг к другу, четвертый сеточный стол находится на площадке третьего этажа над третьим сеточным столом. Передача бумажной ленты с третьего сеточного стола на второй и со второго стола на первый осуществляется при помощи транспортирующего сукна. Первые три сеточных стола оборудованы отсасывающими гауч-валами с прижимными резиновыми валиками, а у четвертого сеточного стола вместо гауч-пресса имеется сеточный цилиндр, который лежит непосредственно на сетке третьего стола.

Рис. 219. Схема четырехсеточной бумагоделательной машины:
1 — нижний сеточный стол; *2* — второй сеточный стол; *3* — третий сеточный стол; *4* — четвертый сеточный стол; *5* — транспортерное сукно; *6* — сеточный цилиндр

При таком расположении сеточных столов машина может работать как двух-, трех- или четырехсеточная, так как четвертый и третий столы можно по желанию отключить и работать без них.

Имеются трех- и четырехсеточные машины с другим расположением сеточных столов.

КРУГЛОСЕТОЧНЫЕ МАШИНЫ

Круглосеточные машины нашли широкое применение в картонном производстве для выработки многослойного ролевого картона с весом 1 м^2 от 100 до 800 г.

В основе конструкции круглосеточной машины лежит конструкция обыкновенного сгустителя, или папмашины. Папмашина является простейшей круглосеточной машиной с одним сеточным цилиндром. Она используется не только для обезвоживания волокнистых полуфабрикатов, но также и для выработки плотного листового картона разной толщины.

Несколько последовательно установленных круглосеточных цилиндров, объединенных между собой одним общим съемным сукном, позволяют вырабатывать многослойную бумагу или папку уже бесконечным полотном. Если такой установке придать прессовую и сушильную части с каландром и накатом, то получится многоцилиндровая круглосеточная машина.

Число сеточных цилиндров у современных круглосеточных картонных машин достигает 7—8, рабочая ширина 4 и даже 5 м, производительность до 200, а в отдельных случаях до 400 т в сутки. Максимальная рабочая скорость круглосеточных машин достигает 150 м/мин, а при использовании сеточных цилиндров с вакуум-камерами достигнута скорость 225 м/мин при проектной 270 м/мин.

В бумажном производстве круглосеточные машины имеют ограниченное применение. На них вырабатывают некоторые виды документной, чертежной, рисовальной и карточной бумаги. Для этой цели применяют одно-, двух- и трехцилиндровые машины.

Основной элемент круглосеточной машины — сеточный цилиндр изготовляется диаметром в пределах 900—1500 мм и рабочей шириной 2,0—4,3 м. Сеточный цилиндр погружен в металлическую ванну, в которую подается по принципу прямотока или противотока разбавленная бумажная масса. У современных машин ванна выполняется из легированной стали с тем, чтобы обеспечить чистоту внутренних ее частей и избежать образования слизи и других загрязнений. Сверху на сеточном цилиндре располагается прижимной валик, облицованный толстым слоем очень мягкой резины; он смещен в сторону движения цилиндра на 300—350 мм, считая по расстоянию между осями. Между прижимным валиком и сеточным цилиндром проходит верхнее съемное шерстяное сукно, которое принимает на себя слой бумажной массы с сеточного цилиндра. Фильтрация воды через сетку и образование наслойки бумаги на цилиндре происходит за счет разности уровней жидкости в ванне и внутри цилиндра. Уровень отходящей воды внутри сеточного цилиндра можно регулировать посредством боковых подпорных задвижек.

Следует отметить, что конструкция напускного устройства у большинства действующих круглосеточных машин недостаточно совершенна, вследствие чего регулирование веса и толщины полотна бумаги по ширине машины затруднительно, а получаемые бумага и картон не однородны по своим физико-механическим свойствам, особенно при малом числе слоев. Наличие большого числа сеточных цилиндров и многослойность продукта в значительной мере выравнивает полотно, однако разница в свойствах картона в продольном и поперечном направлениях листа остается все же более значительной, чем при выработке на длинносеточных машинах.

Цилиндрический корпус сеточного цилиндра состоит из металлических колец толщиной 4 мм, расположенных на расстоянии 65—90 мм и стянутых между собой посредством установочных трубок и стяжных болтов в одно целое. По окружности цилиндра с шагом

12—15 мм в пазы укладываются бронзовые прутки толщиной 10—15 мм, закругленные сверху, чтобы улучшить прохождение воды, и по ним дается спиральная обмотка латунной проволокой. Сверху на цилиндр надевается грубая сетка из полукруглой проволоки, а на нее тонкая машинная сетка. Зазор между неподвижными горловинами ванны и подвижными горловинами сеточного цилиндра уплотняется при помощи бандажей из медных или латунных лент с суконной прокладкой.

Наличие спиц и крестовин внутри сеточного цилиндра ухудшает условия отлива на круглосеточном цилиндре вследствие сильного

Рис. 220. Схема трехцилиндровой круглосеточной бумагоделательной машины:

1 — сеточный цилиндр; *2* — прижимной валик; *3* — отсасывающий вал; *4* — предварительные прессы; *5* — гауч-пресс; *6* — верхнее съемное сукно; *7* — нижнее съемное сукно; *8* — сукномойка вальцовая; *9* — трубчатый отсасывающий ящик; *10* — первый мокрый пресс; *11* — сукномойка Франка

волнения жидкости, особенно при больших скоростях, что служит существенным тормозом повышению скорости круглосеточных машин. За последнее время начали применять более совершенную конструкцию сеточного цилиндра без вала, крестовин и спиц внутри цилиндра. Цилиндр выполняется в виде массивной бронзовой трубы с фрезерованными на ее поверхности желобками и с просверленными и раззенкованными отверстиями. Внутри такого цилиндра помещается вакуум-камера, соединенная с вакуум-насосом. Таким образом, обезвоживание и формование листа здесь происходит под влиянием разрежения внутри цилиндра. Это позволяет значительно повысить рабочую скорость машины и улучшить формование листа картона.

Современные многоцилиндровые машины снабжают устройством для гидродинамического напуска массы и отдельными электродвигателями для привода сеточных цилиндров.

Опишем для примера круглосеточную машину, применяющуюся для выработки специальных видов бумаги на одном из наших предприятий.

На рис. 220 показано, что сеточная часть машины состоит из трех последовательно установленных сеточных цилиндров *1* с прижимными валиками *2*, облицованными мягкой резиной и сдвинутыми по ходу машины; отсасывающего вала *3* для предварительного обезвоживания бумажного полотна, четырех пар предварительных

прессов *4* и гауч-пресса. *5*. Через всю сеточную часть машины проходит верхнее съемное сукно *6*, которое принимает на себя при прохождении через сеточные цилиндры три слоя сырой бумаги и проносит их через отсасывающий вал, предварительные прессы и гауч-пресс, где из бумаги удаляется избыток воды. Во избежание раздавливания сырого бумажного полотна при отжиме имеется второе съемное сукно, которое подводится под бумажное полотно после сеточных цилиндров снизу. Таким образом, сырая и непрочная еще бумага подвергается весьма осторожному отжиму на прессах между сукнами.

Пройдя гауч-пресс, бумажное полотно с сухостью 16—18% направляется в прессовую часть машины, а верхнее и нижнее съемные сукна возвращаются обратно. При этом они промываются и очищаются, для чего установлены вальцевые сукномойки *8* со спрысками. Чтобы мокрое бумажное полотно не отпало от верхнего съемного сукна при выходе его после сеточного цилиндра, изнутри сукна установлены отсасывающие ящики трубчатого типа *9*, соединенные с вакуум-насосом.

Сеточные цилиндры так же, как и предварительные прессы, часто не имеют привода и вращаются верхним съемным сукном. Последнее же получает движение от гауч-пресса, нижний вал которого имеет привод.

Прессовая часть состоит из трех мокрых прессов с сукнами, из которых два прямых, а третий обратный, и одного сглаживающего пресса без сукна (на рисунке 220 показан только один первый пресс).

Сушильная часть машины состоит из 16 сушильных цилиндров с шерстяными сукнами. В конце машины имеется машинный каландр, четыре холодильных цилиндра с сукнами и накат с осевой намоткой. Рабочая скорость машины от 10 до 50 м/мин.

На рис. 221 представлена схема большой картоноделательной круглосеточной машины, предназначенной для выработки ролевого картона. Она имеет семь сеточных цилиндров, каждый из которых снабжен своим приводом. Предварительная прессовая часть машины состоит из двух экстракторных прессов и трех обычных с грузовым прижимом, из которых третий отсасывающий.

Главных мокрых прессов два, из которых первый пресс отсасывающий, а второй обычного типа.

Сушильная часть машины имеет трехъярусное расположение сушильных цилиндров без сукон. Вместо сукон для улучшения контакта картона с греющей поверхностью сушильных цилиндров установлены прижимные валики. Машина оборудована клеильным прессом для поверхностной проклейки и нанесения покровного слоя (на рисунке не показан), а также двумя батареями каландров. Намотка картона производится на накате барабанного типа.

При выработке бумаги и картона на круглосеточных многоцилиндровых машинах вес элементарного слоя на одном цилиндре составляет обычно 60—120 г/м^2.

Рис. 221. Схема современной многоцилиндровой картоноделательной машины:

1 — сеточный цилиндр; *2* — верхнее съемное сукно; *3* — нижнее съемное сукно; *4* — простой экстракторный пресс; *5* — отсасывающий экстракторный пресс; *6* — предварительный простой пресс; *7* — предварительный отсасывающий пресс; *8* — гауч-пресс; *9* — мокрый пресс; *10* — сушильная часть; *11* — машинный каландр; *12* — накат.

С. Н. Иванов

По данным Б. Н. Моисеева, съем картона с 1 м² поверхности сеточного цилиндра в час составляет от 27 до 75 кг и достигает 98 кг/час для машин, оборудованных вакуумными цилиндрами. Съем картона с 1 м² рабочей поверхности сушильных цилиндров, по тем же данным, составляет от 6,8 до 11,1 кг/час, а съем воды от 9,7 до 15,7 кг/час.

ВАКУУМ-ФОРМУЮЩИЕ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Идея использования отсасывающего вала для непрерывного формования бумажного полотна возникла у изобретателя отсасывающего вала Мильспо и была реализована им в 1929 г., когда была создана первая вакуум-формующая машина.

В настоящее время создано и работает уже несколько конструкций таких машин, которые вырабатывают как бумагу, так и многослойный картон. Скорость вакуум-формующих машин достигла 825 м/мин.

Мокрая часть вакуум-формующих машин отличается большой простотой и очень компактна по сравнению с соответствующей частью длинносеточных и круглосеточных машин. Допуская работу при высокой скорости, машины отличаются высокой производительностью.

Процесс отлива и прессования бумаги на вакуум-формующей машине почти полностью автоматизирован. Бумага при переходе с сеточной в прессовую часть не испытывает растяжения, что благоприятно отражается на ее физико-механических свойствах и, в частности, на прочности. Обрывы бумажного полотна в мокрой части машины почти полностью исключаются. Концентрация отходящих вод ниже, чем на столовых машинах, вследствие чего безвозвратные потери волокна здесь меньше.

Наряду с достоинствами вакуум-формующие машины имеют и недостатки, к которым следует отнести некоторую разносторонность и маркировку бумаги от сетки и рубашки отсасывающего вала, что тормозит их распространение для выработки широкого ассортимента бумаги.

Для вакуум-формующих машин применяются как камерные, так и ячейковые отсасывающие валы.

Вакуум-формующий цилиндр состоит из перфорированного бронзового вала диаметром 900—1100 мм, отлитого центробежным литьем. На поверхности вала просверлены и раззенкованы отверстия в целях создания максимальной площади обезвоживания. Внутри вала располагаются две широкие вакуум-камеры, имеющие жесткую конструкцию. На вакуум-формующий цилиндр и немногочисленные валики (обычно три-четыре) надета короткая сетка. Сам цилиндр и валики имеют консоли и не убираются при смене сетки. К вакуум-формующему цилиндру примыкает напускной ящик, снабженный вибрирующим устройством для поперечного переплетения волокон.

принимает на себя мокрые листы и передает их в прессовую часть машины.

Листовые бумагоделательные машины не получили распространения в бумажной промышленности.

БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, РАБОТАЮЩИЕ ПО МЕТОДУ СУХОГО ФОРМОВАНИЯ БУМАГИ

Имеется два типа бумагоделательных машин сухого формования бумаги: в первом используется принцип получения бумажного полотна методом начеса при помощи кардочесальных машин, во втором — принцип формования бумажного листа методом осаждения волокон, диспергированных в воздушном потоке, на сетке. Обе эти конструкции бумагоделательных машин разработаны впервые советскими изобретателями М. В. Бондаренко и М. Д. Дмитриевым, причем первая еще в 1931 г., а вторая в 1941 г.

Бумагоделательные машины сухого формования применяются для изготовления длинноволокнистых бумаг, приближающихся по своим свойствам к ткани и отличающихся высокой эластичностью, механической прочностью, особенно по сопротивлениям раздиранию и излому, а также высокой впитывающей способностью и воздухопроницаемостью.

В качестве волокнистого сырья для изготовления длинноволокнистой бумаги находят применение самые разнообразные материалы: хлопок, асбест, искусственные волокна и др.

Длинноволокнистая бумага используется во многих отраслях промышленности. Она применяется в качестве бумаги основы для производства электроизоляционных материалов, для замены текстиля (например, для ледерина, гранитоля, кальки, клеенки, наждачной шкурки, прорезиненной ленты и т. п.), а также для других целей. Указанным методом можно вырабатывать реставрационную бумагу, ротопленочную, асбестовую, стеклянную (из стеклянного волокна), слюдяную, кабельную длинноволокнистую и др.

Впервые метод сухого формования бумаги был разработан с целью получения длинноволокнистой бумаги типа японской шелковки. Как известно, длинноволокнистую бумагу трудно изготовить обычным «мокрым» методом бумажного производства, так как из-за сильного хлопьеобразования и спутывания волокон лист бумаги получается совершенно неудовлетворительным по своему строению и просвету. Искусством изготовления подобной бумаги издавна владеют японцы. Они вырабатывают такую бумагу из волокон молодых побегов растений гампи, митсумата, кодзу и кува с применением специальных веществ для дефлокуляции волокнистых суспензий.

Предложенные советскими изобретателями методы сухого формования бумажного листа позволили полностью решить проблему производства длинноволокнистой бумаги и притом новым и оригинальным способом. Первый из этих методов (метод начеса кардоче-

сальной машиной) пригоден для выработки бумаги, прочной в продольном направлении, второй же (метод осаждения волокон из воздушного потока) — для производства так называемой равнопрочной бумаги, т. е. такой, у которой прочность в продольном и в поперечном направлениях примерно одинаковы.

Бумагоделательные машины сухого формования методом начеса

Для производства бумаги по этому принципу могут применяться волокна хлопка, пеньки, льна и искусственное волокно.

Хлопок или его отходы, предварительно обезжиренные варкой со щелочью, перед заправкой на бумагоделательную машину очищаются и разрыхляются на оборудовании текстильного производства и превращаются в так называемые хлопковые рулоны, или «холсты».

Бумагоделательная машина состоит из листообразующей части, клейной ванны, сушильной части, каландра и наката. На рис. 223 представлен схематический чертеж бумагоделательной машины, листообразующая часть которой состоит из трех кардочесальных машин, а на рис. 224 схематический чертеж основного узла листообразующей части машины, состоящей из одной кардочесальной установки.

Как показано на рис. 224, хлопковый рулон *1* установлен в стойки над раскатным валиком *2* и в виде холста подается питательным барабаном *3* к приемному зубчатому валу *4*, вращающемуся с окружной скоростью около 9—10 м/сек. Зубчатый вал, расчесывая холст, отрывает от него куски волокна и передает их на быстровращающийся приемный барабан *5*, обтянутый кардной лентой. К верхней части приемного барабана, вращающегося с окружной скоростью около 11,5 м в секунду, примыкает гибкое кардное полотно *6* («шляпочное полотно»), движущееся в том же направлении, что и барабан, со скоростью 0,06—0,1 м/мин. Здесь отделенные от холста пучки хлопка подвергаются интенсивному прочесывающему действию между кардными поверхностями и разделяются на отдельные волокна.

Рис. 223. Схема бумагоделательной машины сухого формования с тремя кардочесальными барабанами:
1 — кардочесальный узел; *2* — транспортер; *3* — клейная ванна; *4* — пресс; *5* — сушильные цилиндры; *6* — каландр; *7* — накат

Расчесанные и очищенные от посторонних примесей хлопковые волокна передаются на медленно вращающийся барабан, так называемый «вальян» *7*, покрытый тонкой кардной лентой с более частым расположением иголочек, и с последнего снимаются в виде бесконечного волокнистого слоя при помощи отбойной гребенки *8*, совершающей колебательные движения с числом ударов 600 в минуту.

Рис. 224. Схема основного узла листообразующей части машины сухого формования методом начеса:

1 — хлопковый рулон; *2* — раскат; *3* — питательный барабан; *4* — зубчатый вал; *5* — кардочесальный барабан; *6* — кардное шляпочное полотно; *7* — вальян; *8* — отбойная гребенка; *9* — ножи; *10* — щетка

Крупный сор отделяется от волокна ножами *9*, а мелкий пух и очесы отделяются от кардной поверхности гибкого полотна специальной гребенкой и щеткой *10*.

На рис. 223 показана промышленная установка, листообразующая часть которой состоит из трех кардочесальных машин. Полученный на каждой кардочесальной машине прочес поступает на общий транспортер. Образовавшееся трехслойное бумажное полотно проходит клеевую ванну, будучи зажатым между сукном и сеткой, проклеивается, отжимается от избытка клея на предварительном прессе, проходит прессовую и сушильную части машины, каландр и наматывается на накате. Количество кардочесальных машин в агрегате может быть различным в зависимости от производительности агрегата и веса 1 м^2 изготовляемой бумаги. Считают нормальным 4—6 г/м^2 на один слой, получаемый с одной кардочесальной машины. Увеличение веса слоя выше 6 г возможно, но качество бумаги при этом снижается.

Поверхностная проклейка бумаги производится чаще всего крахмальным клейстером. Нормальный привес клея составляет 12—15% от веса волокна. Цель проклейки — склеивание волокон и образование более прочных межволоконных связей в бумажном листе, которые без такой проклейки очень малы и обусловлены только силами механического сцепления и трения и потому не могут обеспечить достаточной прочности бумаги.

Бумагоделательные машины этого типа отличаются малой производительностью и не позволяют получать бумагу весом 1 м^2 выше 40—50 г. Рабочая скорость машин до 25 м/мин.

Бумагоделательные машины сухого формования методом осаждения волокон на сетке из воздушного потока

Принцип действия этих машин заключается в том, что сухой волокнистый материал посредством особых устройств диспергируется на отдельные волокна и осаждается затем из воздушного потока на движущуюся бесконечную сетку под влиянием разрежения, создаваемого в камере под сеткой. Дальнейшая проклейка, сушка и отделка полученной бумаги осуществляются точно так же, как и у предыдущего типа машин.

Рис. 225. Бумагоделательная машина с одним расчесывающим и расчесывающе-диспергирующим узлом:

1 — раскат; *2* — расчесывающий узел; *2'* — расчесывающе-диспергирующий узел; *3* — камера; *4* — сетка; *5* — отсасывающая камера; *6* — уплотнительный валик; *7* — клеевая ванна; *8* — сукно; *9* — отжимные валы; *10* — сушильный цилиндр; *11* — накат; *12* — вентилятор

Как показано на рис. 225, листообразующая часть бумагоделательной машины состоит из устройства для расчесывания и диспергирования волокон (*2* и *2'*) и их очистки от сора и воздушной вертикальной камеры *3*, нижний конец которой ограничивается бесконечной сеткой *4*, на которой и происходит осаждение волокон под влиянием разрежения в отсасывающей камере *5* под сеткой. Рыхлое бумажное полотно уплотняется и выводится из камеры через узкую щель, образованную верхним уплотнительным валиком *6*

и головным сеточным валиком. Далее бумажное полотно поступает в клеевую ванну *7*, а затем на сушильный цилиндр *10*.

Расчесывающий узел бумагоделательной машины (рис. 226) состоит из раскатного устройства *1*, куда закладывается валик волокнистого материала в виде холста, питательного столика *2*, с подающим валиком *3*, и зубчатого приемного барабана *4*. Последний вращается с окружной скоростью 8—10 м/сек, расчесывает и отделяет от волокнистого материала крупный сор, который

Рис. 226. Расчесывающий узел бумагоделательной машины сухого формования методом осаждения волокон на сетке из воздушного потока:

1 — раскат; *2* — первый питательный столик; *3* — подающий валик; *4* — зубчатый приемный барабан; *5* — ножи; *6* — щетка; *7* — сеточный барабан; *8* — второй питательный столик

сбрасывается ножами *5* в коробку, а расчесанное и очищенное волокно снимается с зубьев приемного барабана быстро вращающейся щеткой *6* (окружная скорость 11—15 м/сек) и отбрасывается на сеточный барабан *7*, находящийся под разрежением, так как торцы его соединены с вентилятором.

Слой волокнистого материала передается с первого сетчатого барабана на второй питательный стол *8*, по которому передается дальше ко второй прочесывающей и диспергирующей группе, конструкция которой сходна с первой.

Окончательно очищенный и диспергированный волокнистый материал отбрасывается в вертикальную воздушную камеру, оседает на сетку и образует бумажное полотно. Толщина листа зависит от номера холста (его толщины), скорости его подачи и скорости сетки. Для увеличения производительности машину снабжают несколькими диспергирующими узлами. Рабочая скорость машины может достигать 50 м/мин, а производительность 1,5 т в сутки.

Бумага может вырабатываться весом от 8 до 150 г/м^2 из различных волокнистых материалов с длиной волокна свыше 2—3 мм и до 45 мм. Для изготовления бумаги могут быть использованы асбест, стеклянное волокно и различные другие искусственные волокна.

Получаемая бумага отличается высокой прочностью не только в продольном, но и в поперечном направлении. Соотношение между продольной и поперечной прочностью на разрыв достигает 1 : 0,7 и 1 : 0,8, тогда как на машинах предыдущего типа поперечная прочность в 6—7 раз меньше продольной. Машина расходует мало энергии и пара и совсем не требует воды. Все это обусловливает ее экономичность и создает предпосылки для широкого внедрения в промышленности.

ОТДЕЛКА БУМАГИ

ГЛАВА 15

КАЛАНДРИРОВАНИЕ БУМАГИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Под отделкой бумаги обычно подразумевают операции, завершающие процесс производства бумаги. К ним относятся: каландрирование бумаги, осуществляемое с целью уплотнения, сглаживания и придания поверхности бумаги определенной структуры после предварительного увлажнения и кондиционирования; продольную резку бумаги на рулоны и на бобины; разрезание бумаги на листы; сортировку, упаковку и контроль ролевой и листовой бумаги.

Наряду с указанными выше основными операциями отделки бумаги существуют еще специальные с целью придания бумаге особых свойств. Их принято именовать общим термином—обработка бумаги. К операциям обработки бумаги относят: поверхностную проклейку, пропитку, поверхностную окраску и мелование, покрытие бумаги восковыми, битумными, светочувствительными и другими эмульсиями с целью придания ей повышенного лоска и гладкости, жиро- и водонепроницаемости, светочувствительности и других свойств, гуммирование, крепирование, гофрирование, тиснение, армирование и некоторые другие операции.

В отличие от обработки бумаги, когда последняя приобретает новые свойства, но остается все же бумагой, термином переработка бумаги характеризуют такие операции, при которых бумага превращается в другие изделия и перестает быть бумагой. К операциям переработки бумаги относят производство: фибры, растительного пергамента, бумажной пряжи, бумажных литых изделий, бумажных гильз, трубок и шпулей, штампованных изделий, тетрадей, конвертов, мешков и пр.

Некоторые виды обработки и переработки бумаги осуществляются на самих бумажных фабриках, вырабатывающих бумагу, но чаще всего они выполняются на специализированных, так называемых «переделочных» предприятиях.

Бумага, изготовленная на бумагоделательной машине, в зависимости от назначения может направляться для разрезания с машинной гладкостью или матовой. Если же от бумаги требуется хо-

рошая гладкость, высокий лоск или значительное уплотнение структуры, то она после соответствующего увлажнения на самой машине или специальных станках каландрируется на отдельном каландре (суперкаландре).

Таким образом, бумага может вырабатываться матовой, с машинной гладкостью или каландрированной. Далее бумага поступает для разрезания на листы или на рулоны. Ролевая бумага в дальнейшем может быть разрезана на более узкие ленты на ленточных, или бобинных, станках. Ролевая бумага контролируется по качеству непосредственно при разрезании в рулоны на станках и подвергается упаковке. Листовая же бумага после разрезания на саморезках подвергается полистной рассортировке, затем ее комплектуют в пачки и упаковывают.

Бумага, изготовленная на бумагоделательной машине, даже после пропуска через машинный каландр не обладает достаточно гладкой поверхностью, необходимой для лучших писчих и печатных видов бумаги. Такая бумага обладает малым объемным весом и повышенной толщиной. Это приводит к тому, что книги, отпечатанные на подобной бумаге, получаются толстыми и неудобными в обращении, а сама печать недостаточно четкой, в особенности тонкие линии, которые плохо воспроизводятся на шероховатой поверхности бумаги. Установка двух машинных каландров на одной машине хотя и позволяет выпускать бумагу более высокой машинной гладкости, однако качество последней все-таки значительно ниже, чем у бумаги, пропущенной через суперкаландр, так как жесткие металлические валы машинного каландра часто раздавливают скопления волокон, вызывая появление различных дефектов в бумаге и ухудшение ее внешнего вида.

Каландрирование может преследовать следующие цели: придание бумаге гладкой поверхности и лоска, уплотнение и снижение толщины, повышение объемного веса и выравнивание бумаги по толщине, придание прозрачности и, наконец, сообщение бумаге определенной структуры или нанесение на ее поверхность рельефного рисунка. Последние две операции выполняются на специальных сатинировальных станках для тиснения.

Придание гладкой поверхности бумаге начали практиковать еще в конце XVIII в., когда англичанин Тэрнбул предложил для этой цели прессовать бумагу между двумя листами лощеного картона. Этот способ, правда, в весьма ограниченных размерах сохранился до наших дней. Его применяют для разглаживания и выравнивания помятых листов ценной документной бумаги.

Еще ранее (примерно с XV в.) для уплотнения бумаги и придания ей гладкой поверхности применяли ручную операцию ударного действия при помощи деревянных молотков. Лист бумаги помещался на металлическую плиту и уплотнялся ударами молотка. Такой способ отделки бумаги можно было еще встретить на некоторых фабриках в конце XIX столетия.

В дальнейшем для лощения листовой бумаги стали применять двухвальные каландры — сатинеры с цинковыми листами или ли-

Рис. 227. Суперкаландр:

1 — разматываемый рулон; *2* — расправляющая дуга; *3* — разгонный валик; *4* — верхний вал; *5* — набивной вал; *6* — металлический вал; *7* — нижний вал; *8* — бумаговедущий валик; *9* — расправляющая дуга перед накатом; *10* — накат; *11* — наматываемый рулон; *12* — механизм прижима и подъема валов; *13* — подъемник для заправки бумаги; *14* — станина каландра

стами прессшпана, между которыми помещалась бумага. Отдельные многовальные каландры для лощения ролевой бумаги стали применяться с 1860 г.

В настоящее время имеются следующие основные типы каландров: для отделки ролевой бумаги, главным образом писчей и печатной; для отделки технических видов бумаги, требующих боль-

шого уплотнения; для окрашенной с поверхности бумаги; фрикционный каландр; для тиснения; для отделки бумаги в листах.

Более подробно суперкаландр описан ниже. Здесь же следует отметить, что по своей конструкции он сходен с машинным каландром и отличается от последнего главным образом наличием валов с бумажной набивкой, называемых условно бумажными валами, которые чередуются с металлическими. Благодаря наличию эластичных бумажных валов бумага не раздавливается при каландрировании и приобретает хорошую гладкость и лоск.

Как показано на рис. 227, предварительно увлажненная бумага с валика, установленного на раскате, непрерывной лентой пропускается через валы каландра сверху вниз и, пройдя их, наматывается на накате.

Свойства поверхности бумаги при каландировании принято оценивать по двум основным показателям: гладкости и лоску. Лоск бумаги, или ее блеск, характеризует отражающую способность поверхности бумаги по отношению к световым лучам и является оптическим свойством, которое не характеризует полностью гладкости бумаги. Для определения лоска применяют аппараты Кизера, Ингресоля, фотометр Оствальда, аппарат Герца и некоторые другие. Первые два определяют количество света, поляризованного поверхностью бумажного листа по отношению ко всему падающему свету. Вторые два определяют соотношение зеркально и рассеянно отраженного света. Для определения гладкости бумаги применяют аппараты Бекка, Джонса, Рендаля и др. Действие первого из них, наиболее распространенного у нас прибора, основано на измерении времени прохождения воздуха в секундах через поверхность соприкосновения между гладкой пластинкой и бумагой при определенном перепаде давления воздуха. Действие двух других приборов основано на различии в скольжении бумаги неодинаковой степени гладкости.

Показатель гладкости очень важен для характеристики печатных свойств бумаги и дает более ценные указания о свойстве поверхности, чем показатель лоска.

ТЕОРИЯ ПРОЦЕССА КАЛАНДРИРОВАНИЯ

Сущность процесса

Бумага, подвергаемая каландрированию, должна обладать определенной влажностью, для чего она увлажняется на накате бумагоделательной машины или на специальных увлажнительных станках. При пропуске увлажненной бумаги через каландр она подвергается давлению и трению между металлическими и упругими бумажными валами, в результате чего уплотняется, изменяет толщину и объемный вес, становится гладкой с поверхности и приобре-

тает лоск. При сильном давлении обильно увлажненная бумага приобретает прозрачность.

Эффект каландрирования происходит главным образом вследствие влияния двух важных факторов процесса: давления и трения бумаги между валами. Влияние первого фактора процесса сказывается главным образом на уплотнении бумаги, изменении ее толщины и объемного веса и в значительной мере на гладкости бумаги. Влияние же второго фактора сказывается больше на свойствах поверхности и в первую очередь на лоске.

Давление при каландрировании зависит от количества, веса валов и силы их прижима и может изменяться в значительных пределах: от 50 до 200—350 кг/см при каландрировании писчей и печатной бумаги и от 350 до 600 кг/см при выработке технической бумаги. Давление при каландрировании исчисляется обычно в килограммах на 1 пог. см длины вала. Удельное давление на единицу площади соприкосновения валов определить значительно труднее, так как ширина зоны прессования между валами не поддается быстрому и удобному измерению и в свою очередь зависит от многих факторов: твердости, диаметра валов и давления прессования.

По данным Г. Б. Галеева, ширина зоны прессования между валами при каландрировании пергамина для чертежной кальки с применением валов, набитых асбестовой бумагой, составляет 3,5—4,5 мм. При каландрировании писчей и печатной бумаги с применением полушерстяных бумажных валов ширина зоны прессования больше и достигает 7—8 мм.

Между линейным и удельным давлением на единицу площади для данного каландра имеется определенная зависимость. Зависимость эта не линейная, так как величина зоны прессования увеличивается с повышением линейного давления и удельное давление на единицу площади растет с повышением линейного давления по затухающей кривой.

На эффект каландрирования бумаги очень большое влияние оказывает твердость бумажных валов, которая зависит от их материала и режима набивки. При использовании более твердых бумажных валов зона прессования уменьшается, а удельное давление на единицу площади увеличивается при том же линейном давлении.

Трение бумаги о поверхность валов в процессе каландрирования происходит главным образом из-за радиальной деформации бумажных валов, в которые вдавливаются более твердые металлические валы. Благодаря этому бумажные и металлические валы работают с различными окружными скоростями и бумага испытывает значительное трение в зоне прессования, а также и на поверхности валов.

Скольжение между каландровыми валами было изучено Н. Е. Колчиным и Г. Б. Галеевым, которые установили, что при передаче вращения с бумажного вала на металлический происходит положительное скольжение, а при передаче вращения с ме-

таллического вала на бумажный—отрицательное скольжение. Величина скольжения определяется по формуле:

$$\Delta v = v_1 - v_2 = \omega_1 r_1 - \omega_2 r_2 \text{ мм/сек}, \qquad (137)$$

где:

v_1 и v_2 — окружные скорости ведущего и ведомого валов в мм/сек;

ω_1 и ω_2 — угловые скорости валов в радианах/сек;

r_1 и r_2 — радиусы валов в мм.

По данным исследования тех же авторов, величина скольжения валов при каландрировании пергамина колебалась в пределах $\pm$ 1—6 мм/сек. По данным И. Я. Эйдлина, радиальная деформация при каландрировании писчей и печатной бумаги колеблется в пределах 0,03—0,08% в зависимости от линейного давления.[1]

Раньше считали, что трение при каландрировании вызывается проскальзыванием валов, так как все они приводятся в движение от одного вала. Исходя из этого, долго не решались переходить к применению роликовых подшипников, так как полагали, что это уменьшит эффект трения и ухудшит процесс каландрирования. Как оказалось впоследствии, замена подшипников скольжения на подшипники качения не ухудшила процесса каландрирования, так как эффект трения зависит главным образом от радиальной деформации бумажных валов. Проскальзывание каландровых валов за счет замедления вращения верхних валов вследствие трения в подшипниках не оказывает существенного воздействия на эффект каландрирования, но может вызвать разрыв бумаги из-за ее перенапряжения. Поэтому стремятся снизить это проскальзывание рациональной установкой приводного вала и применением подшипников качения.

Таким образом, главной причиной скольжения валов является радиальная деформация бумажных валов в зоне прессования. Величина скольжения зависит: 1) от линейного давления (скольжение возрастает по некоторой затухающей кривой вместе с ростом давления); 2) от скорости каландра (скольжение увеличивается пропорционально увеличению скорости); 3) от радиуса бумажного вала (скольжение уменьшается с увеличением последнего); 4) от физико-механических свойств бумажных валов и некоторых других причин.

Наибольшее влияние на скольжение валов суперкаландра оказывает давление, скорость и упругие свойства бумажных валов.

Исходя из изложенного, можно считать, что процесс каландрирования бумаги обусловливается комбинированным действием давления и трения в зоне прессования. Влияние давления на эффект каландрирования можно оценить временем пребывания бумаги

[1] Наряду с радиальной имеет место и тангенциальная деформация, которая приводит к текучести на поверхности бумажного вала, однако этот вид деформации по сравнению с радиальной весьма невелик.

в зоне прессования и величиной давления. Влияние же трения можно оценить общей длиной скольжения валов по бумаге. Задачей технолога является установление правильного соотношения между этими двумя показателями для каждого вида бумаги с тем, чтобы получить необходимые свойства готовой бумаги.

В процессе каландрирования бумага подвергается некоторой вытяжке по длине. По ширине же вытяжки обычно не наблюдается или она крайне незначительна. По измерениям Г. Б. Галеева, удлинение пергамина после каландрирования наблюдалось в размере 0,5%, по ширине же листа изменений не произошло. При каландрировании других видов бумаги вытяжка по длине листа может достигать 1—1,5%.

Наряду с отмеченными выше факторами процесса каландрирования большое значение имеет влажность бумаги, ее композиция, температура валов, скорость каландрирования, число валов и их твердость. Рассмотрим влияние этих факторов на свойства бумаги.

Влияние факторов процесса каландрирования на свойства бумаги

Влажность бумаги. Как известно, бумага всегда содержит гигроскопическую влагу. Количество такой влаги в бумаге не постоянно и зависит от композиции, рода волокна, наличия наполнителей и проклеивающих веществ, относительной влажности окружающего воздуха и его температуры.

В табл. 67 приведены данные о равновесной влажности различных видов бумаги в зависимости от относительной влажности воздуха (по данным Н. В. Рюхина и Е. М. Бакаевой).

Данные табл. 67 показывают, что в одних и тех же условиях относительной влажности воздуха наибольшей равновесной влажностью обладает бумага с содержанием древесной массы и из сульфатной целлюлозы, обладающая более высоким содержанием гидрофильных гемицеллюлоз. Меньше равновесная влажность у бумаги из сульфитной целлюлозы и еще меньше у бумаги из тряпичной полумассы. Наличие минеральных наполнителей значительно снижает влажность бумаги. Смоляная проклейка снижает влажность бумаги незначительно. Большое влияние на равновесную влажность бумаги оказывает степень помола бумажной массы. С увеличением степени помола массы гигроскопичная влажность бумаги возрастает, что, по-видимому, связано с увеличением поверхности волокна. С повышением влажности бумага становится более эластичной и мягкой, лучше уплотняется и сглаживается при каландрировании. Сухая бумага отличается большей жесткостью, она труднее каландрируется, хуже уплотняется и сглаживается и имеет склонность рваться при каландрировании, вызывая лишний брак.

Чрезмерная влажность также вредна, так как бумага может раздавливаться при каландрировании и приобретать потемнение и пятнистость от пергаментированных пятен. Таким образом, для

Таблица 67

Зависимость равновесной влажности бумаги от относительной влажности воздуха (по данным Н. В. Рюхина и Е. М. Бакаевой)

Наименование бумаги	Вес в г/м²	Зольность в %	Степень проклейки в мм	Степень помола по ШР	Влажность бумаги в % при относительной влажности воздуха в %				
					40	55	65	75	85
Бумага с содержанием тряпичной полумассы									
Фильтровальная	75	Естественная	—	26	5,9	6,8	7,8	8,4	11,0
Папиросная	14	»	—	88	7,2	7,8	8,9	9,3	11,5
Словарная	45	21	0,25	50	4,6	5,3	6,0	6,5	8,6
Бумага из сульфитной целлюлозы									
Перфокарточная	175	Естественная	0,50	24	6,8	7,5	8,3	9,3	11,3
Писчая № 1	70	6,5	1,75	40	6,0	6,8	7,7	8,3	10,7
Литографская № 1	120	10	1,50	35	6,1	6,8	7,5	8,3	9,9
Для глубокой печати	90	20	0,25	40	4,9	5,75	6,25	6,7	8,5
Бумага из сульфатной целлюлозы									
Кабельная	100	Естественная	—	35	7,0	8,2	9,4	9,9	12,8
Конденсаторная	10	»	—	97	8,2	9,3	10,2	11,0	14,3
Бумага с содержанием древесной массы									
Писчая № 2	65	6,0	1,5	50	6,6	7,4	8,3	9,0	10,8
Газетная	50	5,0	—	60	7,8	8,6	9,1	10,4	12,8

нормального процесса каландрирования необходима определенная и притом равномерная влажность. Оптимальная влажность бумаги при каландрировании приводится в табл. 68.

Таблица 68

Оптимальная влажность бумаги при каландрировании

Наименование бумаги	Вес в г/м²	Оптимальная влажность при каландрировании в %
Писчая и печатная № 1	70— 80	5,5— 7,0
Литографская и для глубокой печати № 1	90—160	6,0— 8,0
Высокосортная с содержанием тряпичной полумассы	80—120	5,0— 6,5
Писчая и печатная № 2 и № 3	60— 65	6,0— 8,0
Пачечная, шпульная и другие виды бумаги с содержанием древесной массы	90—200	7,0—10
Папиросная	14— 16	10 —12
Конденсаторная	7— 20	15 —25
Чертежный пергамин	40	24 —28

Обычно бумага после сушки на бумагоделательной машине имеет влажность меньшую, чем это требуется для нормального каландрирования. Так, чисто целлюлозные или тряпичные высокосортные бумаги имеют обычно влажность 4—5%, а бумага с содержанием древесной массы или из сульфатной целлюлозы — 5—6%. Такая влажность недостаточна для процесса каландрирования, вследствие чего бумагу приходится увлажнять. Естественно возникает вопрос: почему нельзя выпустить бумагу с машины с такой влажностью, какая требуется для нормального процесса каландрирования? На этот вопрос иногда отвечают, что для каландрирования необходима поверхностная влажность бумаги. Однако практика отлежки бумаги после увлажнения, при которой содержание влаги выравнивается по толще листа, опровергает это. Причина применяемой пересушки бумаги на машине с последующим увлажнением заключается в том, что этим методом удается получить более однородную по влажности бумагу, чем в случае ее недосушки. Кроме того, при пересушке бумага подвергается некоторой гидрофобизации, на что указывалось выше при изложении теории сушки бумаги, вследствие чего при последующем увлажнении и каландрировании такая бумага меньше подвержена раздавливанию и потемнению, что очень важно для беленой целлюлозной и тряпичной бумаги.

Выпуск бумаги с повышенной влажностью непосредственно на бумагоделательной машине и устранение операции увлажнения,

возможно, и применяется иногда при производстве низкосортной бумаги с древесной массой. Необходимым условием его применения является равномерный отлив и равномерная сушка бумаги, что возможно при наличии совершенных напускных устройств и надежно работающих регуляторов концентрации массы и регуляторов сушки бумаги. При влажности бумаги выше 9—10% на накате машины могут встретиться затруднения из-за образования морщин.

Рис. 228. Влияние линейного давления при каландрировании на свойства бумаги (Юй Чан-цзин):

1 — гладкость; *2* — объемный вес; *3* — разрывная длина; *4* — удельное давление; *5* — сопротивление излому; *6* — лоск

Линейное давление между валами. Ранее указывалось, что давление между валами является одним из главных факторов каландрирования. От него зависит и второй важный фактор — трение между валами, так как при изменении давления изменяется глубина вдавливания металлического вала в бумажный, а следовательно, ширина зоны прессования. В результате деформации бумажных валов и работы сил трения происходит разогрев валов, что влечет за собой испарение влаги из бумаги. Это оказывает влияние на эффект каландрирования. Отсюда видно, что влияние этого фактора на процесс каландрирования и свойства бумаги весьма многообразно. Влияние линейного давления при каландрировании на свойства бумаги показано на рис. 228.

При повышении линейного давления между валами во время каландрирования бумаги, изготовленной из 100% целлюлозы,

наблюдаются следующие закономерности; лоск бумаги и прозрачность непрерывно повышаются примерно по закону прямой линии; гладкость бумаги повышается более резко чем лоск, но по затухающей кривой; толщина бумаги и воздухопроницаемость снижаются, а объемный вес повышается по затухающей кривой; показатели механической прочности бумаги — разрывная длина и сопротивление излому несколько повышаются, а сопротивление раздиранию снижается. Влияние каландрирования на механическую прочность бумаги относительно невелико и более существенно для картонов.

Рабочая скорость. Рабочая скорость каландров может изменяться в очень широких пределах. Максимальная скорость в настоящее время достигла при каландрировании жиронепроницаемых видов бумаги 450 м/мин, а при каландрировании писчих и печатных — 800—900 м/мин.

Опыты, проведенные В. Брехтом и другими исследователями, показали, что этот фактор благоприятно отражается на основных свойствах каландрируемой бумаги: лоск и гладкость бумаги повышаются при увеличении скорости каландра при том же линейном давлении, несмотря на то, что время пребывания бумаги в зоне прессования снижается. Брехт объясняет это разогревом валов, температура которых значительно повышается с увеличением скорости каландра. В опытах Брехта при повышении скорости каландра с 30 до 190 м/мин температура валов увеличивалась с 26 до 72°. Однако если исключить влияние разогрева валов при работе каландра и поддерживать температуру валов постоянной, то увеличение скорости приводит к некоторому снижению эффекта каландрирования в отношении лоска, объемного веса и, в особенности, гладкости. На разрывную длину и показатель сопротивления излому бумаги изменение скорости каландра не оказывает заметного влияния. Эти закономерности показаны на рис. 229.

Рабочая ширина каландра. В настоящее время каландры строятся рабочей шириной от 1 до 5 м. Узкие каландры применяются для каландрирования технических видов бумаги, требующих сильного уплотнения, широкие же — для каландрирования писчих и печатных видов бумаги.

Рабочую ширину нельзя рассматривать как фактор каландрирования и изменение ширины каландра при сохранении постоянного линейного давления не вызывает изменения свойств бумаги. Однако в практике часто прибегают к каландрированию бумаги узкого формата в том случае, когда желают получить сильное уплотнение бумаги или картона. В этом случае удается получить большее линейное давление и лучше уплотнить бумагу.

Температура валов при каландрировании. При работе каландра в результате деформации бумажных валов и развивающихся при этом сил трения происходит разогрев бумажных, а вместе с ними и металлических валов, вследствие чего температура их повышается. Кроме того, в ряде случаев прибегают к специальному нагреву

металлических валов паром, так как повышение температуры благоприятно отражается на процессе каландрирования. Благодаря этому повышается лоск, гладкость и прозрачность бумаги. Искусственным разогревом металлических валов всегда пользуются при каландрировании сильно увлажненных жиронепроницаемых и других технических видов бумаг с целью достижения хорошего уплотнения и прозрачности. Разогрев валов способствует одновременно и высушиванию бумаги. В некоторых случаях чрезмерный

Рис. 229. Влияние скорости каландра на свойства бумаги при постоянной температуре валов:

1 — объемный вес; *2* — разрывная длина; *3* — гладкость; *4* — лоск; *5* — сопротивление излому

разогрев валов может оказаться неблагоприятным, в особенности при недостаточном количестве влаги в бумаге. Тогда прибегают к дополнительному увлажнению бумаги непосредственно на самом каландре при помощи насыщенного пара, подаваемого на бумагу из увлажняющего спрыска, или охлаждают металлические валы холодной водой, поступающей внутрь вала.

Композиция бумаги и свойства волокнистых материалов. Композиция каландрируемой бумаги, степень помола бумажной массы и наличие наполнителей оказывает большое влияние на эффект каландрирования. Различные виды бумаги обладают разной способностью приобретать лоск, гладкость и уплотнение. Как известно, различные волокнистые материалы отличаются друг от друга по своей структуре, размерам волокон, химическому составу и гидратационным свойствам. В связи с этим одни волокнистые материалы способствуют получению более пухлого и мягкого, а другие более плотного, сомкнутого и жесткого листа. Лучшая степень отделки, т. е. более сомкнутая поверхность листа, получается при

использовании волокнистых материалов, отличающихся наиболее тонкой структурой волокон и большей гидратационной способностью.

В табл. 69 приведены данные Брехта о гладкости бумаги, изготовленной из различных волокнистых материалов, размолотых до 70° ШР.

Таблица 69

Влияние вида волокнистого материала на гладкость бумаги

Вид волокнистого материала	Гладкость в сек.		Увеличение гладкости абсолютное	Коэффициент кратности
	до каландра	после каландра		
Целлюлоза:				
осиновая	9	1080	1071	120
сульфитная	9,5	850	840,5	90
соломенная	15	840	825	56
хлопковая	3	460	457	153
сульфатная	8	430	422	54
Древесная масса	2,5	320	317,5	128

Из анализа данных табл. 69 видно, что лучшую гладкость обнаруживает бумага, изготовленная из осиновой и еловой сульфитной целлюлозы, а также из соломенной целлюлозы. Наименьшую гладкость обнаруживает бумага из сульфатной целлюлозы и древесной массы. Коэффициент кратности увеличения гладкости бумаги после каландрирования не является показательным, поскольку он сильно зависит от начального показателя гладкости бумаги.

Рис. 230. Влияние степени помола массы на гладкость бумаги при каландрировании:

1 — осиновая целлюлоза; *2* — сульфитная беленая целлюлоза; *3* — хлопковая целлюлоза; *4* — сульфатная целлюлоза

Значительное влияние на гладкость бумаги оказывает степень помола волокнистых материалов. Повышение степени помола массы приводит к получению листа с более сомкнутой и гладкой поверхностью. Это влияние размола на гладкость бумаги сказывается при использовании любого волокнистого материала. В процессе каландрирования гладкость бумаги получается тем выше, чем больше степень помола исходной волокнистой массы. Эта зависимость показана на рис. 230.

Влияние минеральных наполнителей на эффект каландрирования различно и зависит от свойств наполнителей. Чем мягче наполнитель и чем большей дисперсностью частиц он обладает, тем бо́льшую гладкость он придает бумаге. Большинство наполнителей существенно увеличивает гладкость бумаги при каландрировании, но некоторые из них, например крупнозернистый и жесткий ленцин (необожженный гипс), даже понижают гладкость бумаги.

Содержание наполнителя в %

Рис. 231. Влияние наполнителей на гладкость бумаги при каландрировании:

1 — асбестин; *2* — каолин; *3* — сернистый цинк; *4* — мел; *5* — анналин; *6* — ленцин; *7* — бланфикс

Влияние наполнителей на гладкость бумаги при каландрировании показано на рис. 231.

Таким образом, при анализе влияния факторов каландрирования на свойства бумаги можно сделать следующие выводы: лоск, гладкость и объемный вес бумаги повышаются в результате каландрирования бумаги и могут регулироваться в значительных пределах. Толщина и воздухопроницаемость снижаются в процессе каландрирования и также поддаются регулированию. Показатели механической прочности бумаги: сопротивление излому и продавливанию, а также разрывная длина имеют тенденцию к повышению, особенно у бумаги повышенного веса 1 м^2 и картонов.[1] Наоборот, сопротивление раздиранию бумаги при этом снижается. Особенно следует отметить неблагоприятное влияние каландрирования на степень проклейки бумаги, которая иногда значительно понижается,

[1] У бумаги с большим содержанием древесной массы, например газетной, часто наблюдается в результате каландрирования некоторое снижение указанных показателей механической прочности. (*Ред.*)

в особенности при сильном увлажнении бумаги. По-видимому, это связано не только с уменьшением толщины и пористости бумаги, но и с другими физико-химическими изменениями бумаги, пока еще недостаточно изученными.

УВЛАЖНЕНИЕ БУМАГИ ПЕРЕД КАЛАНДРИРОВАНИЕМ

Значение этой операции для каландрирования уже рассматривалось раньше. При выработке массовых видов бумаги увлажнение обычно производят на накате бумагоделательной машины при намотке, для чего применяют щеточные, брызгалочные или пульверизационные аппараты. Описание этих устройств приведено в 11-й главе.

При выработке специальной, технической и высокосортной бумаги увлажнение часто осуществляют на отдельных увлажнительных станках и совмещают эту операцию с контрольной перемоткой бумаги, удаляя одновременно из рулона дефектную бумагу и склеивая концы.

Увлажнительные станки бывают различных типов: со щеточным распылением воды, с распылением воды сжатым воздухом, с передачей влаги на бумагу посредством валиков или с увлажнением бумаги влажным воздухом.

Щеточный увлажнительный станок. Увлажнительный станок этого типа состоит из раската с тормозным устройством, фрикционного наката, увлажнительного щеточного устройства (рис. 232, *а*) и бумаговедущих валиков, по которым движется бумага. Увлажнительное устройство состоит из медного желоба, в котором вращается медный валик с рифленой поверхностью, погруженный нижней своей половиной в воду, и круглой вращающейся щетки, расположенной над валиком. При вращении щетка разбрызгивает воду, которая захватывается из ванны поверхностью валика, и мелкая водяная пыль падает на поверхность проходящей бумаги. Медный валик и щетка приводятся во вращение через ременную передачу от общего приводного двигателя малой мощности.

Увлажнение бумаги регулируют, опуская или поднимая щетку. Этим способом можно изменять количество разбрызгиваемой воды. Степень же увлажнения по ширине полотна регулируется установкой и перемещением отражательных щитков на желобе. Щеточные увлажнительные станки строятся рабочей шириной от 1,6 до 3 м на рабочую скорость 120—150 м/мин и потребляют 4—8 квт.

Увлажнительный станок с распылением воды сжатым воздухом. Такие станки строятся, например, фирмой Кэбиг. Они имеют раскат с тормозным устройством и фрикционный накат. Привод станка снабжен двумя взаимно коническими широкими шкивами, при помощи которых можно изменять скорость станка в пределах 1 : 1,5. Вода для увлажнения подается из водопровода в цилиндрический сосуд, соединенный трубой с распылителями. Последние располо-

жены поперек бумажного полотна и соединены трубками с воздухопроводом, по которому от специального компрессора подается воздух давлением 1 ати, служащий для распыления влаги. Воздух подвергается очистке от пыли в масляном фильтре. Количество подаваемого воздуха и его давление регулируются. Этим регулируется и степень увлажнения бумаги. Вода для увлажнительного станка должна быть тщательно очищена от загрязнений, так как в противном случае сопла распылителей могут засориться. Станки этого типа дают хорошее распыление влаги, однако они менее удобны в эксплуатации, чем щеточные.

Рис. 232. Схема увлажнительных станков:

а — щеточный увлажнитель: *1* — раскат; *2* — накат; *3* — щетка; *4* — натяжной валик; *б* — валиковый увлажнитель: *5* — раскат; *6* — наматываемый валик; *7* — барабан; *8* — обрезиненные валики; *9* — ванна; *10* — водяной спрыск; *11* — дуга; *12* — расправляющая линейка

В настоящее время увлажнительные устройства, действующие по принципу распыления воды сжатым воздухом, устанавливаются непосредственно на бумагоделательной машине перед накатом под бумажным полотном, сходящим с нижнего вала машинного каландра и могут работать при любой скорости машины.

Увлажнительные станки с передачей влаги при помощи валиков (рис. 232, *б*). Станки этого типа применяются чаще всего для увлажнения тонкой бумаги. Устройство станины, раската и наката сходно со щеточным увлажнительным станком, однако увлажнительное устройство выполнено иначе. Оно состоит из двух валиков, расположенных один над другим, нижний из которых погружен в воду, находящуюся в желобе. Бумага проходит через валик и увлажняется с одной стороны водой, увлекаемой нижним валиком из ванны. При намотке увлажненной бумаги на накате происходит увлажнение и второй стороны листа соприкосновением ее с увлажненной стороной. Увлажнение бумаги здесь регулируется изменением уровня воды в желобе, в результате чего изменяется степень погружения в воду нижнего валика.

В другой конструкции станка применяется сетчатый валик,

который при погружении в желоб захватывает своими ячейками воду, последняя затем выдувается на бумагу сжатым воздухом.

Увлажнение бумаги влажным воздухом. К устройствам, работающим по этому принципу, принадлежат, например, установка Холл и Кей. Установка состоит из кондиционера с подогревателем воды; центробежного вентилятора; камеры и приточно-вытяжных воздуховодов; автоматов, регулирующих температуру и влажность воздуха, а также раската и наката.

Движущееся через камеру бумажное полотно обдувается влажным воздухом и насыщается влагой до установленных размеров. Машины строятся двух величин: производительностью 37,5 и 90 т/сутки, с регулированием рабочей скорости от 90 до 360 м/мин. Общая мощность электродвигателей всей установки производительностью 90 т/сутки, включая вентиляторы, насосы и накат — 84 квт. Установка расходует 600 л воды в час и 0,72 т пара. Подобные установки применяются для увлажнения высокосортных видов бумаги без последующей их отлежки, а также для кондиционирования бумаги машинного лоска.

Отлежка бумаги после увлажнения. После увлажнения на бумагоделательной машине или на отдельных увлажнительных станках бумагу желательно подвергнуть отлежке в течение 12—48 часов, чтобы влага, нанесенная при увлажнении и оставшаяся при сушке, равномерно распределилась в толще листа и по всей его поверхности. При выработке высокосортной бумаги, а также плотных клееных видов бумаги, отлежка значительно улучшает дальнейший процесс каландрирования бумаги, так как бумага при этом становится более однородной по влажности. Для отлежки бумаги отводится специальное помещение, оборудованное деревянными стеллажами, служащими для хранения валиков бумаги небольшого диаметра на гильзах. Валики бумаги большого диаметра на тамбурах необходимо хранить в подвешенном состоянии на стойках во избежание деформации рулонов и смятия бумаги. Помещение отлежки должно быть сравнительно прохладным и влажным, с относительной влажностью воздуха 70—75%.

При выработке массовых видов бумаги на быстроходных машинах, в особенности слабо клееных, отлежку бумаги обычно не производят и направляют бумагу сразу на каландрирование. Конечно, такой способ работы дает несколько худшие результаты, чем с применением отлежки. Однако он оправдывается тем, что значительно упрощает работу, так как организация отлежки бумаги в условиях высокой производительности фабрики сильно усложняет работу и требует больших площадей.

В некоторых случаях отлежка бумаги бывает даже вредной. Например, отлежка сильно увлажненной конденсаторной бумаги может привести к слипанию листов бумаги и к потере прочности, вследствие чего конденсаторную бумагу следует каландрировать сразу же после увлажнения.

ТИПЫ КАЛАНДРОВ И ИХ РАБОТА

Многовальный каландр для отделки ролевой бумаги

Многовальный каландр состоит из двух массивных вертикальных стоек, в которых расположены друг над другом от 8 до 14 валов. Для удобства смены валов станины выполняют обычно односторонними, открытого типа. Подшипники валов раньше делали с кольцевой смазкой, теперь же — роликовые. Все подшипники связаны между собой винтами или тягами и могут передвигаться вертикально по направляющей их станине вместе с перемещением верхнего вала при помощи подъемного устройства. Последнее раньше изготовляли в виде рычажно-грузовой системы с ручным управлением маховичком и цепью. В современных же каландрах подъем и опускание валов осуществляют масляно-гидравлическим или пневматическим устройством. Для предотвращения попадания масла из подшипников на бумажные валы, что может загрязнить бумагу и испортить валы, на шейки их ставят предохранительные кольца, посредством которых масло отбрасывается центробежной силой и не попадает на вал. В многовальном каландре для отделки бумаги с двусторонней гладкостью ставят попеременно чугунные и бумажные валы. Последние, обладая значительной эластичностью и упругостью, предохраняют бумагу от раздавливания, обеспечивают ее упругое прессование и равномерное разглаживание. Так как сторона бумаги, примыкающая к металлическому валу, получается более гладкой, чем сторона, прилегающая к бумажному валу, то для получения однородной поверхности бумаги с обеих сторон листа в середине каландра ставят два бумажных вала рядом, пройдя которые, бумага меняет сторону соприкосновения с металлическими валами.

Металлические валы изготовляют из твердого, закаленного чугуна, их тщательно шлифуют и полируют. Бумажные валы изготовляют обычно из полушерстяной бумаги, реже из хлопка, а для каландрирования технической бумаги, требующей сильного уплотнения и термостойкости, из асбеста.

Бумажный вал состоит из прочного стального сердечника, бумажной набивки и торцовых металлических шайб. Изготовляют бумажный вал следующим образом. Каландровая бумага, содержащая в композиции 25—50% шерсти и от 50 до 75% хлопчатобумажной тряпичной полумассы, отличающаяся хорошей впитывающей способностью, пухлостью и упругостью, нарезается кругами, в которых вырезается центральное отверстие по размеру сердечника. Далее бумага надевается на сердечник и запрессовывается на гидравлическом прессе под давлением 350—450 кг/см^2. Запрессовку бумаги ведут равномерными слоями толщиной не выше 600—800 мм и после набивки закрывают вал особым разъемным кольцом, вкладываемым в паз торцовой шайбы. После этого вал протачивают на

станке резцом (лучше алмазным) и шлифуют. Для получения твердой и равномерной набивки бумага перед закладкой на сердечник подвергается сушке в специальных сушилах. По окончании набивки вал также сушат, затем снова прессуют и добавляют бумагу.

Свойства исходной каландровой бумаги и режим набивки имеют большое значение для качества бумажных валов. От бумажного вала требуется, чтобы он сообщал каландрируемой бумаге хороший лоск, а сам вал обладал достаточной твердостью и упругостью и в случае повреждения поверхности и образования на ней вмятин закатывался, т. е. повреждения устранялись при обкатке валов на холостом ходу. Нормальная твердость бумажных валов для каландрирования писчей и печатной бумаги от 35 до 50 единиц по склероскопу Шора. Применяемое линейное давление при каландрировании писчей и печатной бумаги обычно колеблется в пределах 50—250 кг/см, а при использовании современных каландров достигает даже 350 кг/см.

Верхний и нижний чугунные валы делают большего диаметра, чем остальные, и снабжают шаберами для очистки валов и предотвращения наматывания на них бумаги. Для компенсации прогиба нижнему, а также иногда и верхнему валу придают небольшую бомбировку. Остальные металлические валы обычно шлифуются цилиндрическими. Величина бомбировки нижнего вала 10-вального суперкаландра рабочей шириной 4,2 м составляет около 1,2 мм по диаметру.

Между валами при входе в них бумаги ставятся предохранительные угольники, как и в машинных каландрах. Для обслуживания и заправки бумаги каландр снабжается лесенками и площадками. На современных каландрах для этой же цели устанавливают электрическую подъемную площадку (лифт). Это значительно облегчает труд рабочего при заправке бумаги.

Каландр снабжается раскатом, накатом и тормозным устройством для регулирования натяжения бумаги. Обычно на каландрах применяются накаты с осевой намоткой, реже барабанного типа. Тормозные устройства на старых установках чаще всего фрикционного типа, на более же новых электрические. Подробнее о них сказано при описании продольно-резательных станков.

Для снятия и установки валиков бумаги каландр оборудуется электрическими подъемниками. На малых каландрах для этой цели пользуются канатом и кабестаном, насаженным на удлиненной шейке нижнего вала каландра.

Привод валов каландра осуществляется через металлический вал, чаще всего нижний. При числе валов свыше 10—12 привод дается третьему или даже иногда пятому снизу валу. Все остальные валы вращаются трением от приводного вала. Такое расположение приводного вала вызывается желанием снизить разницу в окружных скоростях между приводным и верхним валом за счет проскальзывания, чтобы избежать вредного перенапряжения и разрывов бумаги.

К приводу каландра предъявляются серьезные требования: он должен иметь малую заправочную скорость (8—15 м/мин) и более высокую регулируемую рабочую скорость. Привод должен обеспечить возможность моментальной остановки каландра, чтобы не повредить бумажные валы при обрывах бумаги, и должен обеспечить плавное изменение скорости. Работа каландра происходит с частыми перерывами из-за смены валиков и обрывов бумажного полотна, поэтому ко всем механизмам пускового устройства и включения привода предъявляются требования повышенной прочности и надежности в работе. Рабочая скорость каландра в зависимости от конструкции и вида бумаги может изменяться в очень широких пределах: от 80—100 до 200—400 м/мин у старых конструкций и до 600—900 м/мин у современных.

Современные суперкаландры приводятся в движение электродвигателями постоянного тока, включенными по схеме Леонарда или по схеме прямого и встречного включения, позволяющими регулировать рабочую скорость в широких пределах.

Мощность, потребляемая каландром, зависит от рабочей ширины каландра, его рабочей скорости, числа валов и давления, и может быть ориентировочно определена по эмпирической формуле

$$N = Knbv \text{ квт}, \tag{138}$$

где:

n — число валов каландра;
v — рабочая скорость в м/мин;
b — рабочая ширина каландра в м;
K — коэффициент, зависящий от конструкции каландра, вида бумаги и применяемого давления; $K = 0{,}015—0{,}026$.

Современные каландры снабжаются электрическим приводом с регулируемой скоростью, автоматически действующим приспособлением для подъема и опускания валов, электрической подъемной площадкой для заправки бумаги в валы, усовершенствованным масляным и электрическим тормозом, автоматической принудительной смазкой подшипников и регулятором натяжения бумажного полотна. Все управление каландром сосредоточено на пульте у рабочего места каландровщика. Таким образом, современный суперкаландр является весьма совершенной, технически оснащенной машиной. Дальнейшее усовершенствование каландра должно быть направлено в первую очередь на автоматизацию заправки бумаги, требующей в настоящее время затраты ручного труда и большой осторожности от рабочего. Эта операция выполняется сейчас при малой заправочной скорости каландра. Указанное является главным препятствием к тому, чтобы устанавливать суперкаландры непосредственно у бумагоделательной машины.

Каландры для отделки массовых видов писчей и печатной бумаги строятся рабочей шириной до 5 м на скорость работы до 900 м/мин. Конструкцией, сходной с описанным типом каландра для лощения

ролевой бумаги, является каландр для окрашенной с поверхности бумаги. При выработке односторонне окрашенных видов бумаги применяют нечетное количество валов с равномерным чередованием чугунных и металлических валов сверху донизу.

Каландр для жиронепроницаемой бумаги

При каландрировании пергамина, конденсаторных и других технических бумаг, требующих высокого уплотнения или прозрачности, применяются узкие каландры достаточно мощной конструкции, на которых легче достигнуть более однородного и высокого уплотнения бумаги, чем на широких каландрах.

Рис. 233. Схема суперкаландра для технических видов бумаги:
1 — раскат; *2* — накат; *3* — чугунные валы; *4* — бумажные валы; *5* — обводные валики; *6* — подъемная площадка; *7* — гидравлический цилиндр

Каландры этого типа (рис. 233) изготовляются обычно рабочей шириной от 1 до 2,4 м на рабочую скорость от 150 до 450 м/мин и линейное давление от 350 до 600 кг/см. Они имеют от 12 до 18 валов (меньше для конденсаторной бумаги и больше для пергамина).

Все металлические валы, кроме нижнего и верхнего, делаются пустотелыми и обогреваются острым паром давлением 6—10 атм. Обогрев паром валов необходим для повышения эффекта каландрирования и испарения влаги, содержащейся в бумаге. Вода из валов отводится так же, как и у сушильных цилиндров.

Валы с бумажной набивкой изготовляются обычно с использованием асбестовой бумаги, содержащей до 25—50% хлопковой полумассы, с латексной или крахмальной проклейкой. Такие валы лучше уплотняют бумагу при каландрировании и, обладая высокой термостойкостью, выдерживают высокую температуру нагрева чугунных валов. Однако они менее упруги, чем полушерстяные, и быстрее повреждаются, требуя более частой шлифовки.

Чтобы бумага лучше выдерживала напряжение при каландрировании с высоким давлением и лучше охлаждалась, применяют заправку бумаги через обводные бумаговедущие валики, позволяющие отводить бумажное полотно от валов. Такой способ заправки бумаги позволяет распределить деформацию бумаги, вы-

званную вдавливанием металлического вала в бумажный, на более длинном участке бумаги и тем самым предотвратить ее разрыв, а также уменьшает маркировку бумаги вмятинами на валах. В остальном они не отличаются от обычных каландров для ролевой бумаги.

Работа каландра

Каландр в зависимости от его размера обслуживается одним старшим каландровщиком и одним или двумя подручными. В обязанности рабочих входит: установка бумаги на раскат, заправка бумаги и снятие готовой бумаги с наката. Бумага в валы каландра заправляется только на малой, заправочной, скорости и при вылегченных валах. Конец бумаги обрывается клином, осторожно без каких-либо морщин и складок проводится через все валы и заправляется на накат, после чего выравнивается натяжение бумажного полотна. Только после этого каландр переключается на рабочую скорость и создается рабочее давление между валами. В процессе работы каландровщик обязан следить за нормальным прохождением бумаги через валы без образования морщин. Он регулирует натяжение бумаги тормозом на раскате, а также плотность и равномерность намотки бумаги на накате. В случае прохождения бумаги с каким-либо дефектом следует уменьшить давление между валами, чтобы предотвратить обрыв. При обрыве же бумаги необходимо остановить каландр во избежание помятия валов.

Каландровщик обязан обеспечить необходимую отделку, требуемую для данного вида бумаги: степень лоска или гладкость, толщину, объемный вес, прозрачность и др. С этой целью он регулирует степень прижима валов, устанавливает необходимое давление и, если бумага недостаточно увлажнена, включает паровую мочку и снижает скорость каландра, добиваясь тем лучшего эффекта каландрирования.

Наиболее частым дефектом бумаги при каландрировании является образование морщин, которое происходит вследствие слабого натяжения или перекоса бумажного полотна перед входом в валы каландра, а также иногда из-за неправильного положения бумаговедущих валиков. Прорезанная, с мелкими морщинками бумага может получиться и по другим причинам: например, вследствие неправильной шлифовки или установки каландровых валов или при неравномерной и чрезмерной сухости бумаги.

Другим характерным дефектом каландрированной бумаги является наличие отпечатков полос и вмятин на поверхности бумаги вследствие неудовлетворительного состояния поверхности бумажных валов. Эти дефекты бумаги заметны на просвет и в отраженном свете и потому они сильно портят внешний вид бумаги. Для ликвидации этого дефекта нужно выполнить обкатку каландровых валов, а если это не поможет — проточить на станке дефектные бумажные валы.

Третья группа дефектов бумаги зависит от неправильного ее увлажнения или сушки. Сюда относится в первую очередь потемнение и пергаментация бумаги при каландрировании из-за чрезмерной влажности бумаги или отдельных ее участков и чрезмерного давления между валами. Для предотвращения раздавливания бумаги при каландрировании следует снизить давление между валами и работать с обогревом чугунных валов. При пересушке, наоборот, получается слишком пухлая бумага с малым объемным весом и недостаточным лоском и гладкостью. Сухая бумага может рваться при каландрировании и образовывать морщины. Поэтому при каландрировании сухой бумаги ее дополнительно увлажняют непосредственно на каландре посредством парового спрыска.

Наряду с отмеченными, при каландрировании наблюдаются еще и другие дефекты бумаги: грязные и залощенные полосы, отпечатки от грязи или от бумаги, приставшей к валам, так называемые «двойняшки» или сдвоенные проколы в бумаге от песка или от металлических вкраплений, застрявших в бумажных валах, и некоторые другие, более редкие дефекты бумаги.

Наряду с этим могут происходить и дефекты намотки бумаги, а также дефекты, зависящие от выработки бумаги на бумагоделательной машине. Сюда относятся: неравномерные вес 1 м^2 и влажность бумаги, наличие в бумаге морщин, сгустков, трещин, обрывов и других дефектов выработки, которые затрудняют работу каландров, вызывают обрывы и образование брака. Для успешной работы каландра очень важно, чтобы бумага была однородной по своим свойствам, главным образом по весу 1 м^2, имела равномерную и притом оптимальную влажность и не имела дефектов выработки. Количество брака при каландрировании обычно составляет около 1%.

Уход за каландровыми валами

Одним из условий успешной работы каландров и получения бумаги с хорошей степенью отделки является исправное состояние бумажных валов. Поэтому за ними необходим внимательный уход. Бумажные каландровые валы легко повредить при небрежной заправке бумаги, а также при обрывах и в случаях, когда через валы проходит нерасправленная, сморщенная бумага и если в бумажные валы попадают пыль, грязь или какие-либо посторонние предметы и комки бумаги. Очень важно, чтобы на бумажные валы не попадало смазочное масло, так как оно разрушает бумажные валы. Для поддержания бумажных валов в хорошем состоянии необходимо один раз в сутки протирать валы сырой губкой и производить непродолжительную обкатку валов. В случае повреждения валов и образования на них вмятин, необходимо выполнить более длительную обкатку валов с целью устранения дефектов. Если же дефекты настолько велики, что обкатка их не исправляет, необходимо заменить испорченные валы, которые направляют при этом для шли-

фовки. Новые валы, установленные на каландр после шлифовки, подвергают длительной обкатке от 24 до 72 часов, прежде чем пустить их в работу. Скорость и давление при обкатке постепенно увеличивают. Новые валы обкатываются дольше, чем при повторной шлифовке. Бумажные набивные полушерстяные валы подвергают повторной шлифовке через 3—6 месяцев и реже, асбестовые через 1—2 месяца. При продолжительном простое каландра следует разъединять валы во избежание образования пролежней на бумажных валах от чугунных валов.

Очень важно правильно подобрать размер бомбировки нижнему и верхнему чугунным валам. При неудачной бомбировке этих валов гладкость и толщина бумаги по ширине полотна так же, как и плотность намотки бумаги в рулоне, будут неравномерными.

Производительность суперкаландра определяется по формуле:

$$Q = 0{,}06 b v q K \text{ кг/час}, \qquad (139)$$

где:

b — рабочая ширина в м;
v — рабочая скорость в м;
q — вес бумаги в г/м^2;
K — коэффициент использования рабочего времени каландра (обычно 0,5—0,8, в зависимости от вида бумаги).

Нормальное рабочее время каландра в сутки составляет 23 часа, час отводится на уборку, мытье и обкатку валов.

Каландрирование листовой бумаги

Глазировка листовой бумаги и картона может осуществляться двумя способами: выравниванием листа методом прессования в гидравлическом прессе без придания ему лоска и каландрированием в двух- или в многовальном каландре с приданием листу гладкости и лоска.

Глазировка бумаги в листах в настоящее время применяется для бумаги и картона, вырабатываемых в листах. Для массовых видов бумаги этот метод применять не целесообразно ввиду малой его производительности.

Глазировка бумаги в гидравлическом прессе производится следующим образом. Увлажненную между влажными сукнами бумагу укладывают между листами «политуры» (гладкими и блестящими с поверхности листами прессшпана), а между пачками бумаги в 70—80 листов прокладывают для жесткости цинковые или медные листы. Стопа бумаги, состоящая из нескольких пачек, закладывается в гидравлический пресс и подвергается прессованию под давлением 250—300 атм в течение 6—8 часов, после чего пачки разбираются. Бумага после такой обработки принимает ровную и гладкую поверхность, но без лоска. Этот способ применяется также для исправления помятой ценной бумаги и может применяться для тиснения.

На двухвальном листовом каландре, описанном ниже, возможно производить глазировку и тиснение бумаги в зависимости от структуры поверхности прокладок между листами бумаги.

Двухвальный каландр состоит из двух массивных чугунных валов с реверсивным приводом к нижнему валу, позволяющим вращать валы в обе стороны. Верхний вал вращается трением от нижнего и может опускаться и подниматься при помощи винтового подъемного приспособления. По обе стороны от валов помещаются столики, на которые укладывается бумага. Каландрирование осуществляется многократным пропуском бумаги, уложенной между цинковыми пластинами в пачки толщиной 20—35 мм. Внутри пачки между каждым листом бумаги прокладывают гладкие листы прессшпана. Этот способ широко применялся до появления многовальных каландров, теперь же он применяется только для отделки толстого листового или склеенного картона и листовой бумаги с водяными знаками. Кроме того, этот каландр используется также для тиснения бумаги. В этом случае вместо гладких листов прессшпана между листами бумаги укладывают салфетки, структуру ткани которых желают придать бумаге.

Производительность описанных выше двухвальных каландров очень невелика и составляет около 1000 листов в час. Для обслуживания каландра необходимы 2 человека и для подготовки бумаги еще 2 человека.

В настоящее время для глазировки листовой бумаги и картонов находят применение более производительные многовальные листовые каландры. По своей конструкции листовой каландр отличается от многовального ролевого только заправкой бумаги между валами. Устройство же станин, валов, подъемного приспособления, подшипников и привода остается таким же. Число валов у листового каландра может изменяться от 3 до 10.

Листы бумаги, подлежащие каландрированию, складываются на столе и лист за листом подаются к верхнему валу каландра ленточным транспортером, снабженным регулировочным и натяжным приспособлениями. Заправка в валы каландра производится автоматически при помощи дуг и шаберов, которые отделяют бумагу от поверхности валов и направляют их в зазор между валами. Прошедшая валы глазированная бумага транспортерной лентой подается на приемный стол. При желании получить более высокую степень лоска и гладкости иногда практикуют последовательный пропуск бумаги через два каландра.

Другие типы каландров

Другими типами каландров являются фрикционный каландр и каландр для тиснения.

Фрикционный каландр. Для получения бумаги или картона с особо высоким лоском применяют двух-, трех- и четырехвальные

каландры, у которых создается большое трение между валами благодаря различной скорости вращения валов от специального ременного и шестеренного привода.

У четырехвального фрикционного каландра имеются два стальных (первый и третий снизу) и два бумажных вала. Верхний стальной вал имеет меньший диаметр, чем другие валы, и вращается почти втрое быстрее остальных. Этот так называемый фрикционный вал обогревается изнутри паром. При пропуске через каландр ролевая бумага подвергается интенсивному трению о фрикционный вал и приобретает с этой стороны высокую степень лоска.

Каландр для тиснения. С целью придания поверхности бумаги определенной структуры или рисунка, напоминающего водяные знаки, как например филигранный рисунок у папиросной бумаги, линовку у почтовой и писчей бумаги, зернистость у рисовальной бумаги, а также имитации полотна, крокодиловой кожи и т. п. применяют каландры для тиснения с количеством валов от двух до пяти.

У двухвального каландра для тиснения нижний вал изготовляется бумажным, а верхний, меньшего диаметра, стальным, на котором специальным штампом или иным путем нанесен рельефный рисунок. Валы сцеплены шестернями и приводятся в движение через стальной вал от привода. При пропуске через валы бумага приобретает рельефный рисунок, отпечаток поверхности стального вала. Для лучшего тиснения бумагу увлажняют непосредственно на каландре при помощи парового увлажнителя.

ГЛАВА 16

РАЗРЕЗАНИЕ, СОРТИРОВКА И УПАКОВКА БУМАГИ

РАЗРЕЗАНИЕ БУМАГИ НА РУЛОНЫ

При дальнейшей отделке ролевой бумаги на данной фабрике, например при изготовлении растительного пергамента, при мелованию, поверхностной проклейке, пропитке и т. п., иногда бумагу не подвергают специальной перемотке и разрезанию на рулоны, а направляют с машины прямо в валиках на деревянных или металлических гильзах. Этим устраняют операцию перемотки и резания бумаги на рулоны. При отправке бумаги за пределы фабрики такой метод работы не удобен, а в ряде случаев и вообще недопустим. Так, для ротационных печатных машин требуется точно обрезанная по формату бумага с плотной, равномерной намоткой, хорошим обрезом и идеально ровными торцами, чего нельзя сделать при разрезке и намотке бумаги непосредственно на бумагоделательной машине. Кроме того, в бумаге могут быть отдельные дефекты выработки, которые должны быть удалены из рулонов и не должны попасть потребителю. Поэтому бумагу разрезают на рулоны на отдельных станках и подвергают одновременно просмотру с удалением дефектных мест и склеиванием концов бумаги при обрывах полотна.

Просмотр бумаги, удаление дефектной и склеивание концов иногда выполняют на специальных контрольно-перемотных или сортировочных станках. Это делается для того, чтобы освободить продольно-резательный станок от излишних операций и повысить его производительность. При налаженной работе бумагоделательной машины, когда количество обрывов в рулоне невелико, операция контрольной перемотки на специальном станке становится лишней, а необходимую сортировку бумаги и склейку концов осуществляют на продольно-резательном станке.

Сортировочный станок

Сортировочный станок предназначается для контрольной перемотки бумаги, снятой с машины, устранения дефектной бумаги и склейки концов бумажного полотна в местах обрывов. Наряду с этим контрольная перемотка имеет целью улучшение качества намотки бумаги, если последняя была неудовлетворительной.

Сортировочный станок состоит из двух пар стоек для размотки и для намотки бумаги. В первую пару стоек закладывается разматываемый рулон, который вилкой или муфтой соединяется с тормозным устройством, предназначенным для регулирования натяжения бумажного полотна при работе. Во вторую пару стоек закладывается железный тамбур, на который перематывается бумага. При помощи такой же вилки или муфты тамбур соединяется с приводным валом, вращающимся от электродвигателя и снабженным быстродействующим тормозом для остановки станка. Подшипники с рабочей стороны станка у тамбуров раската и наката располагаются на передвижных суппортах, посредством которых можно регулировать натяжение и устранять перекосы бумажного полотна. Для выравнивания бумажного полотна разматываемый валик бумаги вместе со стойками может перемещаться в осевом направлении.

Для привода станка применяют регулируемые коллекторные электродвигатели трехфазного тока последовательного возбуждения. Рабочая скорость станка должна быть примерно в два раза выше скорости бумагоделательной машины, так как коэффициент использования рабочего времени станка составляет 0,5—0,7.

При выработке ролевой бумаги сортировочный станок обычно устанавливается по оси бумагоделательной машины между накатом и продольно-резательном станком.

Сортировочный станок обслуживается двумя рабочими, из которых старший управляет тормозом и приводом, а подручный регулирует бумажное полотно. При обнаружении дефектной бумаги (складки, морщины, влажная бумага, обрывы и др.) станок останавливают, срывают дефектную бумагу и склеивают концы бумаги, для чего применяют клеевую ленту, которую прокладывают между концами ровно оборванной бумаги и проглаживают горячим утюгом. При этом лента плавится и склеивает бумагу.

Для склеивания можно пользоваться также животным или другим нерастекающимся клеем. Последнее обстоятельство особенно важно, так как при растекании клей можно склеить соседние слои в рулоне бумаги, что вызовет брак. Весьма серьезным дефектом ролевой бумаги является грубая, небрежная склейка концов.

Продольно-резательные станки

Продольно-резательный станок (рис. 234) состоит из следующих основных частей: раската с тормозом и приспособлением для регулирования натяжения и хода бумажного полотна; наката, состоящего из двух несущих барабанов, которые приводятся в движение электродвигателем с регулируемым числом оборотов; вала, на который наматывается разрезанная бумага; резательного устройства, состоящего из нескольких пар ножей; бумаговедущих валиков, а также вспомогательного устройства для снятия готовых рулонов бумаги со станка.

Продольно-резательные станки изготовляют такой же рабочей ширины, как и бумагоделательные машины, для которых они предназначаются. Станки должны работать при скорости, превышающей рабочую скорость машины не меньше чем в два раза для того,

Рис. 234. Продольно-резательный станок:
1 — раскат; *2* — наматываемый рулон; *3* — ножевое устройство; *4* — прижимной валик; *5* — несущие барабаны (накат); *6* — груз; *7* — станина; *8* — обрезки бумаги

чтобы успеть разрезать на рулоны бумагу, поступающую с машины. Нельзя допустить, чтобы работа бумагоделательной машины тормозилась работой станка и имела из-за него простои. Поэтому станки должны быть достаточно надежными в работе.

Современные продольно-резательные станки, обслуживающие быстроходные бумагоделательные машины, проектируются на рабочую скорость 1500—2000 м/мин и даже выше, а для обслуживания машин средних и малых скоростей — до 500—800 м/мин. Основные требования, предъявляемые к станку, сводятся к следую-

щему. Станок должен обеспечить ровную и плотную намотку рулонов бумаги; чистый обрез кромок и отсутствие пыления при работе; отсутствие «нахлеста» разрезаемых полотен бумаги и легкое разъединение рулонов после разрезания; плавное изменение скорости и удобное обслуживание.

Со времени изобретения продольно-резательного станка Бишофом в 1873 г., т. е. за 85 лет своего существования, он подвергался значительным усовершенствованиям. В настоящее время имеется несколько различных типов станков, отличающихся друг от друга конструкцией ножевого устройства, схемой заправки бумаги и методом намотки бумаги. Наряду с этими основными признаками станки могут отличаться и некоторыми другими конструктивными особенностями, например системой тормоза, методом правки бумажного полотна, устройством для снятия готовых рулонов со станка и др.

Рассмотрим устройство основных узлов продольно-резательных станков.

Ножевое устройство. Оно может быть сконструировано по принципу ножниц или по принципу давления. Устройство первого типа состоит из двух круглых ножей, из которых один, тарельчатый сидит на приводном валу, а другой, дисковый, прижимаемый к первому пружиной, обычно не имеет отдельного привода и вращается трением от первого. Этот нож посредством рукоятки может отводиться от тарельчатого, что делается при заправке бумаги. На современных быстроходных станках дисковые ножи снабжаются индивидуальными электродвигателями для привода. Для получения чистого обреза бумаги скорость ножей должна превышать скорость бумаги на 10—20%.

Положение ножевого устройства по отношению к наматываемому рулону бумаги может быть различным. У одних станков ножи располагаются неподвижно на прямом участке между раскатом и накатом, у других — сверху, в подвижной каретке над наматываемыми рулонами, у третьих — внизу, под опорным барабаном.

Ножевое устройство, работающее по принципу давления, состоит из одного клиновидного круглого ножа, расположенного над гладкой закаленной поверхностью барабана или валика, по которому движется бумага. Разрезание происходит за счет давления острой кромки ножа на бумагу на твердой поверхности опорного барабана или валика.

К достоинствам этого ножевого устройства следует отнести простоту конструкции и легкое разъединение рулонов, к недостатку — быстрое тупление ножей и повреждение поверхности опорного барабана (или валика) при неточной установке ножей.

Станки с ножевым устройством, работающим по принципу ножниц, больше распространены, чем станки с ножевым устройством, работающим по принципу давления. Независимо от типа ножей они могут перемещаться по ширине станка и устанавливаться в лю-

бом месте по ширине бумажного полотна, в соответствии с заданным форматом рулонов. Ножи изготовляются из хромоникелевой стали и периодически, через 4—8 месяцев, подвергаются точке.

Схема заправки бумаги. От схемы движения бумаги зависит внешний облик станка, его конструктивное оформление, расположение ножевого устройства и метод заправки бумаги. Наиболее типичной является схема с подачей бумаги сверху к наматываемому рулону (рис. 234), при которой ножевое устройство помещается

Рис. 235. Схемы продольно-резательных станков с заправкой бумаги снизу под несущий барабан:

а — при неподвижном ножевом устройстве, установленном на прямом участке между раскатом и накатом; *б* — с ножами, работающими по принципу давления; *в* — с ножевым устройством, установленным под несущими барабанами; *1* — раскат; *2* — ножевой аппарат; *3* — наматываемый рулон; *4* — прижимной валик; *5* — несущие валы

над нажимным валиком рулона бумаги. Ножевое устройство в этом типе станка подвешено при помощи цепей и противовеса и передвигается вверх вместе с нажимным валиком при намотке по мере увеличения диаметра рулона. К недостатку этой схемы следует отнести вибрацию ножевого устройства при высоких скоростях станка и возможность осевого смещения ножей, что может привести к «нахлесту» бумаги и трудному разъединению рулонов после разрезания.

Во второй схеме бумага подается под первый опорный барабан, а ножевое устройство расположено неподвижно на прямом участке бумаги между накатом и раскатом (рис. 235, *а*).

В третьей схеме бумага подается снизу под второй опорный барабан наката, а ножевое устройство располагается неподвижно под вторым опорным валом. По этой схеме изготовляются станки с обоими типами ножевого устройства (рис. 235, *б* и *в*). Для облегчения заправки бумаги у станков этого типа применяют иногда ленточный транспортер.

При выборе схемы станка очень важно максимально приблизить ножевое устройство к наматываемым рулонам бумаги, чтобы

свести к минимуму «нахлесты» бумажных полотен после разрезания. Кроме того, следует считаться с удобством заправки бумаги и обслуживания станка при работе.

Метод намотки бумаги и типы накатов. По методу намотки бумаги различают станки с намоткой рулона на двух опорных барабанах, с осевой намоткой, а также с комбинированной намоткой по обоим методам.

Первые применяются для большинства видов бумаги, вторые для резания картонов и бумаги, не требующей тугой намотки, а третьи — для резания тонкой бумаги.

Основной конструкцией наката продольно-резательного станка является конструкция наката с двумя опорными барабанами, на которых от трения вращается наматываемый на вал рулон бумаги. Для увеличения плотности намотки рулона бумаги служит прижимной валик, располагающийся сверху наматываемого рулона. По мере увеличения диаметра наматываемого рулона бумаги растет и вес последнего, что вызывает увеличение давления рулона на опорные барабаны. Это приводит к некоторой неравномерности в плотности намотки по диаметру рулона, для устранения которой стараются создать в начале намотки большее давление прижимным валиком, а затем постепенно снизить его так, чтобы суммарное давление бумаги на опорные барабаны от веса рулона и давления опорного валика оставалось постоянным. Эта задача сравнительно удовлетворительно решается установкой специальных разгрузочных устройств в виде подвижных грузов, вылегчивающих прижимной валик при его поднятии с увеличением диаметра рулона.

Для получения плотной намотки давление рулона бумаги на опорные барабаны должно составлять 1,2—1,5 кг/см. Чтобы избежать брака и повысить качество намотки рулонов, второму по ходу бумаги опорному барабану придается небольшое опережение, приблизительно 1%. Это обеспечивает разглаживающее действие барабана по отношению к бумаге. Для этой же цели в некоторых конструкциях станков в небольших пределах регулируется скорость опорных барабанов.

Бумага наматывается на круглый стальной валик диаметром 70 мм, на который надеваются бумажные гильзы, имеющие толщину стенки 10—12 мм, разрезанные по формату рулонов бумаги. При установке на станок концы намоточного валика помещаются в подвижные подшипники, движущиеся в направляющих станины. Намоточный валик изготовляется как сплошным, так и пустотелым. Часто его делают раздвижным из трех сегментов. Это дает возможность изменять в небольших пределах его диаметр, благодаря чему облегчается труд рабочих при вынимании валика из рулонов после намотки.

Для намотки тонкой и специальной бумаги существуют станки с комбинированной намоткой бумаги. У них имеются опорные барабаны, на которых вращается наматываемый валик, приводимый

в движение от специального осевого привода со скользящими шестеренками. Опорные барабаны приводятся во вращение трением от бумажного валика и имеют фрикционные тормоза, посредством которых возможно изменять скорость вращения и тем регулировать плотность намотки бумаги.

В другой конструкции станка с дифференциальным приводом, имеющей сходное устройство с описанной выше, бумага наматывается вначале на опорных барабанах, а затем по достижении известного диаметра снимается с них и наматывается по осевому методу. Такой способ позволяет ослабить плотность рулона в конце намотки.

В последнее время на одном из наших газетных комбинатов разработана система бесштанговой намотки рулонов бумаги на продольно-резательных станках. Вместо металлического намоточного валика бумажные гильзы надеваются на легкий деревянный валик, который в сущности служит только для удобства сборки комплекта гильз, и этот комплект бумажных гильз укладывается в зазор между опорными барабанами, прижимается сверху прижимным валиком, после чего в торцы крайних бумажных гильз вдвигаются короткие конусообразные металлические втулки, заменяющие намоточный валик и удерживающие гильзы от осевого смещения. После этого заправляется бумага и станок пускается в ход. Опытом установлены большие преимущества нового способа работы: значительно облегчается труд рабочих, упрощается обслуживание станка, сокращается требующаяся рабочая сила и вместе с тем качество намотки бумаги при этом не снижается.

Тормозное устройство. Разматываемый валик бумаги соединяется с тормозом, чтобы можно было создавать необходимое натяжение бумаги при работе станка. Натяжение в зависимости от вида бумаги составляет 0,1—0,5 кг/см. При слабом натяжении бумага морщится, при слишком сильном она может порваться. Поэтому важно создать оптимальное натяжение бумаги для получения равномерной и плотной намотки рулона. Если натяжение бумаги в процессе ее резания изменяется, плотность рулонов получается неравномерной, может произойти набегание разрезаемых полотен бумаги друг на друга и образуются так называемые «захлесты», в результате чего разрезанные рулоны бумаги трудно разъединить.

Существует несколько различных типов тормозных устройств: фрикционный, вакуумный и электрический. На старых станках наиболее распространенным является фрикционный тормоз, в новых — электрический. Наименее совершенными являются фрикционные тормоза в виде муфты трения или ленточные. В этих конструкциях энергия торможения превращается в тепло. Во избежание сильного разогрева фрикционные тормоза охлаждаются водой. Работа этих тормозов недостаточно надежна и поддержание равномерного натяжения бумаги при работе станка в значительной мере зависит от квалификации рабочего. Более совершенным яв-

ляется вакуумный тормоз в виде вакуумного ящика, устанавливаемого под полотном бумаги и оказывающего тормозящее действие непосредственно на полотно бумаги перед поступлением его на резание. Вакуумный тормоз позволяет контролировать натяжение бумаги в необходимых пределах при помощи вакуумметра. Это облегчает обслуживание, однако и в подобной конструкции энергия торможения также пропадает.

Наиболее совершенным является электрический тормоз, который теперь находит все большее применение. В этой конструкции на раскат вместо механического (фрикционного) тормоза устанавливается электрический генератор, приводимый во вращение бумагой, а получаемая при этом энергия снова возвращается к приводному электродвигателю.

Таким образом, в описываемой системе энергия торможения не теряется, чем достигается экономия энергии, потребляемой станком, в количестве около 35—45%; наряду с этим улучшается работа станка и снижается брак, процесс торможения поддается точной регулировке и автоматизируется, что значительно облегчает труд рабочего. Вследствие равномерного натяжения бумаги полностью устраняются «захлесты» в рулонах бумаги и облегчается разъединение рулонов после разрезания бумаги. При ручном же торможении бумаги при помощи фрикционной муфты процесс торможения идет ступенчато, периодически и равномерность его очень трудно обеспечить.

Правка бумажного полотна. Устройство для правки бумажного полотна аналогично применяемому на сортировочных станках. Для устранения перекосов бумажного полотна подшипник разматываемого тамбура с рабочей стороны станка помещается на подвижном суппорте, при помощи которого этот конец тамбура может перемещаться перпендикулярно его оси. Для регулирования хода бумажного полотна и устранения его смещения в какую-либо сторону весь разматываемый тамбур вместе с подшипниками может перемещаться в осевом направлении.

Наряду с ручным регулированием хода бумажного полотна применяют и автоматическое. Вначале был сконструирован механический, затем пневмо-механический и, наконец, фотоэлектрический регулятор.

Пневмо-механический регулятор состоит из воздушного сопла, устанавливаемого над кромкой бумажного полотна, и компрессора, создающего давление воздуха в трубопроводе. Воздушное сопло устанавливается таким образом, что при нормальном движении кромка бумаги перекрывает его отверстие наполовину. Смещение полотна вызывает изменение давления воздуха в трубопроводе, ведущем к поршню. Последний переключает вращение храпового колеса суппорта станины раската, благодаря чему тамбур перемещается в нужном направлении.

Фотоэлектрический регулятор состоит из головки, в которой

помещается источник света, направляющий пучок света на кромку бумажного полотна. Кроме источника света, в головке помещен также фотоэлектрический элемент, реагирующий на количество света, отражаемого от полотна бумаги. При смещении бумажного полотна происходит увеличение или уменьшение отражаемого бумагой света, что изменяет сопротивление фотоэлемента. Это создает разность потенциалов в лампах регулятора, которые электрически соединены с фотоэлементом. Лампы воздействуют на вспомогательный двигатель, приводящий в движение суппорт станины раската и последний смещается в нужную сторону. Работа регулятора отличается точностью и надежностью. При использовании фотоэлектрического регулятора можно работать с меньшей шириной обрезков (до 5 мм). Количество брака бумаги на станке при этом снижается.

Привод продольно-резательного станка. Заправка бумаги производится на малой скорости станка (20—25 м/мин). Величина же рабочей скорости зависит от вида и качества бумаги и может достигать 500—800 м/мин у обычных и 1500—2500 м/мин у быстроходных станков. Поэтому продольно-резательные станки снабжаются регулируемым приводом, позволяющим плавно изменять скорость в широких пределах от 1 : 3 до 1 : 5. Это достигается применением электродвигателей постоянного тока со включением их от преобразовательной группы по схеме Леонарда или прямого и встречного включения. На старых станках можно встретить также коллекторные двигатели переменного тока с регулированием скорости.

Привод обычно осуществляется через один из двух опорных барабанов станка, второй же барабан приводится в движение от первого через редуктор. Реже каждому барабану придается свой электрический двигатель с самостоятельной регулировкой скорости. На современных быстроходных станках опорные барабаны так же, как и все остальные валы, подвергаются тщательной динамической балансировке.

Для ориентировочного расчета потребляемой мощности станком можно воспользоваться формулой

$$N = \frac{p \cdot b \cdot v}{60 \cdot 102\eta} \text{ квт}, \qquad (140)$$

где:

p — натяжение бумаги (0,1—0,5 кг/см);
b — ширина бумаги в см;
v — скорость в м/мин;
η — коэффициент, равный 0,6—0,7.

Работа продольно-резательного станка. В зависимости от размеров, станок обслуживается двумя или тремя рабочими, из которых один старший. В обязанность рабочих входит: установка рулона бумаги и намоточного валика, заправка бумаги, регулиро-

вание натяжения и хода бумажного полотна, наблюдение за процессом резания и намотки бумаги, а также склеивание и удаление дефектной бумаги и, наконец, съем со станка разрезанных рулонов.

Работа выполняется следующим образом. На металлический намоточный валик надевают прочные бумажные гильзы с внутренним диаметром 70 мм и толщиной стенки 10—12 мм. Длина гильз должна соответствовать формату рулонов бумаги после резания. Положение гильз на валике фиксируется краевыми гайками или стопорными кольцами. Подготовленный намоточный валик кладут в углубление между опорными барабанами при остановленном станке, шейки валика закрепляют в корпусах подшипников, после чего опускается прижимной валик. Далее станок пускается на тихий ход и бумага заправляется при поднятых дисковых ножах. Когда бумага заправлена, ножи опускают и начинают повышать скорость станка с одновременным регулированием натяжения бумаги. Бумага режется на высокой скорости. При наличии обрывов или дефектной бумаги, что должно быть отмечено в рулоне бумаги закладкой или цветным карандашом, станок останавливают, срывают дефектную бумагу и склеивают концы.

Обрезанные кромки бумаги шириной 10—20 мм отводятся от станка пневматическим способом, для чего сверху над рулоном или под станком помещают вентилятор, который при помощи подвижных рукавов и воздуховода транспортирует обрезки к бракомольной установке.

Разрезанные рулоны снимают со станка вручную путем выкатки их с опорных барабанов на стол и далее по откосу на пол, после того как намоточный валик вынут из рулонов. На больших станках бумага сталкивается на опускающийся от гидропривода стол механическими толкателями, действующими от пневмо- или гидропривода.

Наиболее трудоемкой операцией при работе на станке является подготовка и закладка на станок намоточного валика, а также вытаскивание его из комплекта рулонов после резания. С целью механизации этих процессов на некоторых современных больших машинах комплект рулонов после резания опускается вместе с намоточным валиком на транспортер. Намоточный валик одним концом прикрепляется к стойке, и транспортер при своем движении вместе с рулонами бумаги снимает последние с намоточного валика, после чего подготовка и закладка намоточного валика на станок осуществляются при помощи крана. Подобная механизация становится излишней при бесштанговой намотке рулонов, о которой сказано выше.

При выработке ролевой бумаги особое значение приобретает равномерность толщины и влажности бумаги по ширине полотна, отсутствие в рулоне тугих и мягких мест. Если при резании листовой бумаги с такими недостатками еще можно мириться, то при выработке ролевой бумаги они совершенно недопустимы, так как только

в случае равномерной выработки бумаги по весу, толщине и влажности по ширине полотна можно получить рулоны бумаги с равномерной и плотной намоткой.

Недостатком при выработке ролевой бумаги является плохое разделение готовых рулонов после резания. В некоторых случаях для разделения разрезанных рулонов приходится прибегать к помощи дубовых клиньев, что служит иногда причиной повреждения рулонов. Причиной трудного разъединения рулонов может быть «нахлест» полос бумаги в смежных рулонах из-за неравномерного натяжения бумажного полотна при резании, неправильной установки ножей, при которой бумага плохо прорезается, а также влажной бумаги.

Для учета выработанной бумаги к одному из опорных барабанов подключается счетчик метража, автоматически отключающийся при обрывах бумаги. Количество брака при разрезании бумаги на рулоны составляет обычно 2—4%, в том числе 1—2% на обрезки и столько же на срыв дефектной бумаги.

Бобинорезательные станки

Некоторые виды бумаги — конденсаторная, папиросная, мундштучная, спичечная, билетная, кассовая и телеграфная лента, для бумажной пряжи и др. режутся на ленты шириной от 5—10 до 250 мм и наматываются на бобинорезательных станках в узкие плотные катушки, так называемые бобины.

Бобинорезательные станки имеют различные конструкции и предназначены для разрезания на бобины различных видов бумаги. Они имеют рабочую ширину от 0,5 до 2 м и работают со скоростью до 250 м/мин. Максимальный диаметр бобин обычно не превышает 700 мм.

Станок состоит из размоточного устройства с тормозом, наката с осевой или периферической намоткой и ножевого аппарата. Разрезанная на ленты бумага наматывается обычно на бумажные гильзы (кольца), насаженные на намоточный валик. При разрезании же тончайшей конденсаторной бумаги на узкие бобины бумагу наматывают на металлические кольца.

У станков старой конструкции намоточный валик приводится в движение от электродвигателя с постоянным числом оборотов, в результате чего скорость бумажной ленты возрастает по мере увеличения диаметра бобин. У современных станков с осевой намоткой применяют теперь дифференциальный привод, снижающий число оборотов намоточного валика в процессе намотки бумаги и поддерживающий постоянную скорость бумажной ленты.

Для разрезания на бобины тонкой бумаги в целях облегчения разъединения бобин применяются станки с двумя намоточными валиками, на которые бумажные ленты наматываются не вплотную друг к другу, а с промежутками (в шахматном порядке).

Ножевой аппарат состоит из двух ножевых валиков, на которые насаживаются дисковые и упорные ножи, а в промежутки между последними насаживаются шайбы (кольца) различной ширины в зависимости от требуемого формата бобины.

Бобинорезательный станок обслуживается одним человеком. Коэффициент использования рабочего времени станка составляет, в зависимости от вида бумаги и рабочей скорости станка, от 0,45 до 0,7—0,8. Общее количество брака на станках может изменяться от 3 до 8%, в том числе за счет краевых обрезков 3—4% и за счет срывов от 0,2 до 4%.

Комбинированный агрегат, состоящий из суперкаландра и продольно-резательного станка

В последнее время появилась тенденция объединять в одном агрегате операции каландрирования и резания бумаги на рулоны. Для этой цели был создан комбинированный агрегат, в котором суперкаландр спарен с продольно-резательным станком. Этот агрегат имеет один общий электродвигатель с регулируемым числом оборотов или отдельные двигатели, работающие согласованно. Бумага сначала проходит через валы каландра широким полотном, а затем поступает к ножевому аппарату, которым разрезается на ленты требуемого формата. Последние дальше наматываются в рулоны на намоточном устройстве барабанного типа.

УПАКОВКА РОЛЕВОЙ БУМАГИ

Упаковка ролевой бумаги раньше выполнялась вручную. Теперь для этой цели применяются специальные станки.

Рулоноупаковочный станок, изображенный на рис. 236, состоит из станины, на которой размещаются валики упаковочной бумаги, клеевой ванны с валиками, передающими клей бумаге, двух опорных барабанов, расположенных на уровне пола, с приводом от трансмиссии для заворачивания рулона бумаги в обертку и пневматического пресса для обжима торцов рулона с обогреваемыми дисками.

Подлежащий упаковке рулон бумаги закатывается на опорные барабаны, обертывается несколькими слоями плотной упаковочной бумаги (обычно в пять-семь слоев), на внутреннюю сторону которой клеильными валиками наносится клей. Затем упаковщик останавливает станок, обрезает обертку и загибает концы упаковочной бумаги складками на торцах рулона, предварительно вложив на торец кружок упаковочной бумаги, после чего наклеивает сверху еще один кружок обертки с маркировкой рулона. Далее рулон поступает в пресс на обжимку, в котором посредством обогреваемых электричеством дисков зажимается с торцов и кружки обертки окончательно приклеиваются к рулону.

Станок обслуживается бригадой из 3 человек и имеет производительность от 25 до 30 рулонов в час. Потребляемая мощность станка 4—5 квт. Кружки для заклейки торцов рулона вырезают на специальных станках ленточной пилой или дисковыми ножами.

За последнее время на некоторых крупных предприятиях созданы автоматические поточные линии для подачи рулонов бумаги

Рис. 236. Рулоноупаковочный станок:

1 — станина; *2* — рулон бумаги; *3* — тяговые валы; *4* — клеевая ванна с клеевыми валами; *5* — несущие валы; *6* — пакуемый рулон бумаги; *7* — привод; *8* — пресс для торцовой упаковки

от продольно-резательных станков к рулоноупаковочной машине, упаковки, взвешивания и дальнейшей транспортировки рулонов на склад. Поточная линия управляется при помощи кнопок с пульта управления.

Появилась также новая конструкция рулоноупаковочной машины со спиральной намоткой упаковочной бумаги на рулон. В этой конструкции рулон бумаги вращается на опорном барабане, а сравнительно узкая лента упаковочной бумаги наматывается с одного конца рулона по спирали к другому концу. При этом упаковочная бумага автоматически загибается на торцах рулона. Процесс упа-

ковки прост, отличается быстротой и не требует упаковочной бумаги разных форматов. Машина работает со скоростью 54 м/мин и приводится в движение от электродвигателя мощностью 3,7 квт с регулируемым числом оборотов. Применение такой машины целесообразно при упаковке больших рулонов.

РАЗРЕЗАНИЕ ЛИСТОВОЙ БУМАГИ

Для разрезания бумаги на листы служат саморезки. Они разрезают бумагу одновременно с нескольких валиков.

Имеется два основных типа саморезок: гильотинные периодического действия и ротационные непрерывного действия.

Рис. 237. Схема устройства саморезки гильотинного типа:
1 — дисковые ножи; *2* — транспортер; *3* — сукноведущие валики; *4* — шатун; *5* — шарнир; *6* — опора рычага; *7* — рычаг ножа; *8* — шестерня; *9* — гильотинный нож; *10* — зажимной неподвижный пресс; *11* — подвижный пресс, подающий бумагу к поперечному ножу

Для подрезания листовой бумаги или вырезания листов бумаги из срыва применяются стопорезки. Особой разновидностью гильотинных саморезок являются диагональные саморезки, применяющиеся для резания конвертной бумаги, а также саморезки для разрезания бумаги с водяными знаками.

Гильотинная саморезка (рис. 237). Относятся они к машинам периодического действия и состоят из четырех основных частей: станка для валиков бумаги, продольного и поперечного резательного аппарата, подающего механизма и самонаклада.

Станок для валиков бумаги обычно исполняется в виде отдельных стоек с двусторонними кронштейнами, на которые закладываются валики бумаги. На квадрат (штангу) каждого валика ставится тормоз для регулирования натяжения бумаги. Обычно станок рассчитывается в зависимости от веса 1 м^2 бумаги на 10—16 валиков, а иногда и больше. Он должен допускать закладку валиков бумаги на ходу саморезки, без нарушения ее нормальной работы. Закладка валиков на станок производится при помощи небольшого крана или тельфера, а на малых саморезках вручную.

Продольно-резательное устройство состоит из двух ножевых валов, расположенных один над другим и приводимых во вращение

от привода. На нижний вал насажены тарельчатые ножи, а на верхние — дисковые.

Поперечно-резательное устройство состоит из поперечного ножа, поставленного несколько наклонно и имеющего движение вверх и вниз от эксцентрика, и упорного неподвижного ножа, расположенного на жесткой поперечной балке. Над поперечной балкой движется в вертикальных направляющих прижимной брус, или так называемый пресс, который зажимает бумагу в момент резания ее в поперечном направлении.

Подающий механизм состоит из транспортирующего сукна, по которому движется бумага, и двух поперечных брусьев, образующих пресс и имеющих поступательно-возвратное движение по направляющим станины. Подающий пресс приводится в движение от больших шестерен, находящихся по обе стороны от саморезки, посредством особых шатунов. При своем движении вперед верхний брус опускается на нижний, зажимает сукно вместе с находящейся на нем бумагой и подает ее к ножевому прессу, после чего верхний брус пресса поднимается, а подающий механизм возвращается обратно. В этот момент сукно вместе с бумагой остается неподвижным и совершается поперечный отруб.

Формат разрезаемых листов бумаги в поперечном направлении обусловлен расстоянием между круглыми ножами, длина же листа зависит от шага подающего механизма. Шаг регулируется установкой шатуна на большой шестерне. Длина листа равняется двойному радиусу до точки закрепления шатуна подающего механизма на большой шестерне. Листы бумаги, продвигаемые подающим механизмом под нож, захватываются особым зажимом — «самохватом», проносятся над приемным столом и после разжатия зажима опускаются на стол.

Приемный стол самонаклада смонтирован на четырех винтах, посредством которых он медленно опускается, по мере того как стопа бумаги на столе растет.

Бумагу отводят от саморезки на тележках с подъемной платформой. Имеются конструкции и пневматических самохватов, у которых вместо механического продольного зажима продольные полотнища бумаги поддерживаются в равновесии при поперечном резании посредством дутья сжатого воздуха снизу.

Саморезка приводится в действие от электродвигателя или трансмиссии через ступенчатые шкивы, позволяющие изменять число отрубов от 15 до 30 в минуту. Длина отруба достигает 1300—1500 мм. При помощи особого приспособления, допускающего пропуск отруба, можно увеличить длину листа вдвое.

Саморезки гильотинного типа изготовлялись рабочей шириной до 4 м. Потребляемая мощность саморезок, по данным Мюллера, приводится ниже.

Рабочая ширина саморезки в м	1,6	2,0	2,5	3,0	3,5
Потребляемая мощность в л. с.	4,5	5,5	6,5	8,0—8,5	10—10,5

Производительность саморезок очень низка, вследствие чего они вытесняются в настоящее время более совершенными и производительными ротационными саморезками.

Ротационные саморезки. Ротационные, или барабанные, саморезки (рис. 238), у которых ножи для поперечного отруба закреплены на вращающемся барабане, принадлежат к машинам непрерывного действия. Разрезанная на продольные полотна бумага движется непрерывно с равномерной скоростью к вращающемуся ножевому барабану, рубится на листы и при помощи транспортерных лент направляется на приемный стол листоукладчика.

Длина листа в отрубе зависит от соотношения скоростей движения бумаги и вращения ножевого барабана, которые регулируются с достаточной точностью в широких пределах.

По сравнению с гильотинной саморезкой ротационная имеет преимущество не только в использовании эффективного времени работы, но еще в большей степени — в скорости, которую здесь можно увеличить в несколько раз. Если гильотинные саморезки работают с числом отрубов 15—30 в минуту, то ротационные саморезки могут работать с числом отрубов 120—150 и даже до 200 в минуту.

Рис. 238. Схема двухформатной ротационной саморезки:

1 — разматываемый рулон бумаги; *2* — бумаговедущие валики; *3* — ножи для продольной резки бумаги; *4* — первый подающий пресс; *5* — первый поперечный нож; *6* — второй тяговый пресс; *7* — второй поперечный нож; *8* — первый транспортер; *9* — нажимные ленты первого транспортера; *10* — второй транспортер; *11* — нажимные ленты второго транспортера; *12* — листоукладчик; *13* — стопа бумаги

Ротационные саморезки строят такой же рабочей ширины, как и бумагоделательные машины, которые они обслуживают, т. е. от 2 до 5 м, производительность их даже больше, чем бумагоделательных машин соответствующей ширины.

Ротационная саморезка состоит из такого же станка для валиков бумаги, как и у гильотинных саморезок, но только обычно более солидного по своей конструкции, так как резание бумаги производится с тамбуров. Продольно-резательное устройство так же, как у продольно-резательных станков, состоит из нескольких пар круглых тарельчатых и дисковых ножей.

К поперечным ножам бумага подается при помощи подающего пресса, состоящего из пары упругих валов, из которых один гладкий с резиновой облицовкой, а другой с кожаными накладками или тоже с резиновой облицовкой, но имеет рифленую поверхность для того, чтобы в бумаге не образовались складки.

Поперечно-резательное устройство состоит из вращающегося ножевого барабана, на котором укрепляется с небольшим уклоном нож специального углового профиля, и упорного неподвижного ножа.

Отрубленные листы бумаги падают на первый ленточный транспортер, с него передаются на второй, движущийся с меньшей скоростью, который и доставляет разрезанную бумагу к приемному столу. Последний валик ленточного транспортера автоматически поднимается во время работы саморезки вместе с ростом стопы бумаги на приемном столе. В других конструкциях опускается сам приемный стол, а положение ленточного транспортера остается неизменным во время резания бумаги.

При работе саморезок на высоких скоростях отрубленные листы накладываются друг на друга «в нахлест» и движутся к приемному столу с затухающей скоростью. Это устраняет удар листа об ограничитель при укладке бумаги в стопу и предотвращает загибание листов.

Саморезки строятся с одним или двумя ножевыми барабанами. В последнем случае, так называемая «двухформатная» саморезка позволяет резать бумагу сразу двух форматов с различными отрубами. Это дает большое преимущество в том, что позволяет лучше использовать ширину сетки бумагоделательной машины и иметь меньшей ширины обрезки.

В последнее время начали даже строить саморезки с тремя ножевыми барабанами.

Ротационные саморезки снабжаются приводом с регулируемой скоростью. Наибольшее применение в настоящее время имеет привод от электродвигателя постоянного тока с пределом регулирования 1 : 4 до 1 : 6. Потребляемая мощность в зависимости от ширины и рабочей скорости саморезки 10—26 квт.

Рабочая скорость саморезки обусловливается скоростью вращения валов подающего пресса, формат же листов бумаги в отрубе регулируется скоростью вращения ножевого барабана.

Современные саморезки снабжаются листоукладчиком с автоматически опускающимся приемным столом, с трясочным механизмом для ровной укладки бумаги, устройствами для отсчета листов и стоп и приспособлением для отвода статического электричества с поверхности бумаги. Действие последнего основано на индуктивной ионизации воздуха, через который проходит бумага. Точность резания составляет ± 1 мм.

Большая ротационная саморезка обслуживается бригадой из 3—4 человек, из которых один — старший рабочий. В обязанность рабочих входит укладка валиков на станок, заправка бумаги, регулирование натяжения бумажного полотна, наблюдение за обрезками и правка бумаги, а также наблюдение за работой всех механизмов саморезки.

В процессе работы саморезки необходимо время от времени проверять правильность формата листов бумаги и следить за тем, чтобы не было «косины». Отклонения от заданного формата обычно допускаются не выше 1—1,5 мм (отклонение от прямоугольной формы не выше — 0,2%).

Резание бумаги средней толщины на ротационных саморезках производится в 8—12 валиков; толстой бумаги — в 3—4 валика, а тонкой бумаги до 20 валиков и больше.

Суммарный вес 1 м^2 всех листов, подвергаемых одновременному разрезанию, считается нормальным в 600—800 г. При большем количестве листов может быть плохой обрез. При установке на саморезку валиков следует проверять оттенок бумаги, не допуская резания валиков с разными оттенками, что значительно осложнило бы дальнейшую рассортировку и комплектовку листов такой бумаги.

В некоторых случаях при резании особо ответственных видов бумаги в целях устранения разноцвета практикуют резание бумаги в один валик. Для разрезания бумаги с водяными знаками саморезки оборудуются приспособлением для удобного регулирования длины отруба во время ее хода. Для наблюдения за правильным расположением водяного знака в листе бумаги служит передвижная линейка, устанавливаемая впереди движущегося полотна бумаги, просвечиваемого электрической лампочкой. В последнее время для автоматического разрезания бумаги с водяным знаком успешно применяют фотоэлемент. Срезанная таким образом бумага с водяным знаком имеет неравномерные по длине листы. Она накалывается по шаблону так, чтобы водяные знаки совпадали на всех листах в стопе, и подрезается на стопорезке.

Брак при резании на листы составляет 1,7—2,5%, в том числе 1,5—2% на обрезки и 0,5% на срывы. Коэффициент использования рабочего времени составляет 0,5—0,65%.

СОРТИРОВАНИЕ ЛИСТОВОЙ БУМАГИ

Срезанная на саморезках листовая бумага подвергается рассортировке в сортировочном цехе. Цель сортирования: 1) удалить бракованную бумагу с внешними дефектами; 2) подобрать бумагу по

оттенкам и 3) скомплектовать ее по партиям в соответствии с имеющимися техническими условиями. Отсортированная бумага просматривается контролером, подвергается счету и комплектуется в полустопы по 500 листов. Далее бумага направляется на упаковку.

Сортировочный цех должен быть чистым, просторным и светлым. В нем устанавливают большие сортировочные столы, сделанные из плотного дерева и покрытые сверху линолеумом. Свет в сортировочном цехе должен быть рассеянным, поэтому цех должен быть обращен окнами на север. Для работы в вечернее и ночное время каждый сортировочный стол снабжается софитами. Целесообразно для освещения применять лампы дневного света. Столы устанавливаются с большими проходами между рядами для подвоза и хранения бумаги. Площадь сортировочного цеха рассчитывают, исходя из нормы площади на одну сортировщицу 8—10 м^2.

Методы сортирования бумаги применяют различные. Дешевые виды бумаги часто сортируют «на веер», распуская бумагу в стопе веером с каждой стороны. Более дорогие виды бумаги рассортировывают полистно, просматривая обе стороны листа. Документную же бумагу, а также бумагу с водяными знаками, просматривают еще на просвет.

Нормы сортировщиц различны и зависят от метода сортирования, вида и формата бумаги. Можно считать, что при полистном сортировании одна работница может рассортировать в среднем 9—12 тыс. листов бумаги средней толщины (типа писчей и печатной № 1) и 6—8 тыс. плотной бумаги (типа чертежной и карточной). Передовики рассортировывают до 18—20 тыс. листов в смену.

Сортирование бумаги для большинства видов бумаги производится на два сорта — 1-й и 2-й. К первому сорту относят бумагу, полностью удовлетворяющую всем требованиям ГОСТ или техническим условиям, ко второму сорту относят бумагу с незначительными дефектами, допускаемыми ГОСТ для второго сорта, например с повышенной сорностью, с легкими воздушными складками, с отдельными небольшими пятнами и т. п. Листы с более крупными дефектами отбраковываются. Отбракованная листовая бумага направляется в переработку на бумажную массу или направляется для переработки в изделия широкого потребления — блокноты, конверты и т. п.

Бумагу считают обычно сортировщицы, а при выработке высокосортной бумаги правильность счета проверяется еще и контрольными счетчиками. Контроль сортированной бумаги осуществляется контролером. Обычно на 10 сортировщиц приходится один контролер. Писчая и печатная бумага № 1 и другие высокосортные виды бумаги заклеиваются пачками по 125, 250, или 500 листов и только после этого направляются в упаковку. Низкосортную бумагу в пачки не заклеивают.

Для заклейки бумаги в «сорочки» предусматривается штат заклейщиков. Одна пара работниц может заклеить в смену 250—300

пачек бумаги. Работой в цехе руководит начальчник цеха и сменные мастера. Сортирование листовой бумаги очень трудоемкий процесс, требующий большого штата рабочих.

Чистую и однородную бумагу можно сортировать на конвейере или непосредственно на саморезках во время их работы. По данным Вальтера Рида, фирмой Dexter Folder Company выпускается машина для сортирования листовой бумаги. Машина представляет собой транспортер, по которому движутся листы бумаги, автоматически направляемые из штабеля специальным аппаратом. Транспортер устроен таким образом, что у наблюдательного пункта, у которого стоит сортировщица, листы бумаги замедляют ход до $^1/_5$ начальной скорости и далее снова ускоряют его после прохода мимо сортировщицы. Сверху имеется освещение. Сортировщица путем нажатия кнопки может автоматически удалять с транспортера отбракованные листы 2-го сорта, основной же поток годной продукции 1-го сорта укладывается в общий штабель, в котором бумага отсчитывается счетчиком и прокладывается отметками постопно. Отдельные рваные листы удаляются с ленты вручную.

Производительность сортировщицы при машинном сортировании возрастает в среднем в 4 раза. Это происходит за счет освобождения работницы от ручных операций. При рассортировании высокосортных видов бумаги пропуск бумаги производят дважды с просмотром обеих сторон. Считают, что около 90% всех дефектов бумаги видны с одной стороны листа.

Важным преимуществом машинного сортирования бумаги, помимо повышения производительности труда сортировщиц и сокращения площади паккамеры, является также отсутствие повреждений бумаги (помятые углы, заломы и т. п.), что неизбежно при ручной ее рассортировке.

При организации предварительного просмотра бумаги во время ее резания на листы на саморезках возможно отделить часть бумаги, не требующей рассортировки, и подвергать сортированию только определенные места штабеля, отмеченные закладками. При резании же бумаги в один лист операцию рассортировки можно целиком перенести на саморезку.

УПАКОВКА ЛИСТОВОЙ БУМАГИ

Листовую бумагу обычно упаковывают в жесткую или мягкую тару. Низкосортную листовую бумагу можно упаковывать в мягкую тару: в рулончики по способу Донде или просто «калачом» в оберточную бумагу с обвязкой пачки веревкой.

Более ценные виды бумаги упаковывают в жесткую тару — в деревянные щитки, а особенно ценные виды бумаги — в деревянные ящики.

При отправке бумаги в контейнерах или специально оборудованных вагонах целесообразно отправлять и высокосортную бумагу прямо в «сорочках» без упаковки в щитки или ящики.

Упаковка по способу Донде производится следующим образом. Несколько полустоп бумаги кладут на упаковочную бумагу, пачку скашивают под углом 45° таким образом, что она принимает форму параллелограмма. После этого пачку бумаги вместе с оберткой скатывают в рулончик на бумажную гильзу диаметром 100 мм, концы обертки заклеивают, а на торцы после завертывания на них оберточной бумаги наклеивают торцовые кружки. При этом способе упаковки совершенно не применяется упаковочное железо, проволока или веревка и листы бумаги не повреждаются, как это получается, например, при мягкой упаковке «калачом». Упаковка по способу Донде может применяться для писчей и печатной бумаги № 3 и даже № 2. Упаковка же «калачом» с обвязкой веревкой допустима только для оберточной и упаковочной листовой бумаги.

Основным видом упаковки листовой бумаги является упаковка в деревянные щитки. При этом способе несколько пачек бумаги, заклеенных в «сорочки» или без них, обертывают в несколько слоев прочной упаковочной бумаги, после чего упаковывают в щитки с затяжкой кипы полосовым железом. Затяжка кип полосовым железом производится на гидравлических или электрических прессах. Эту же операцию можно выполнить и без прессов путем затяжки кип на ручных упаковочных машинках. Двое упаковщиков могут запаковать в смену около 5 т бумаги (60—70 кип весом 75 кг каждая).

Очень важно, чтобы деревянные щитки были изготовлены из хорошо просушенного дерева. Толщина досок должна быть одинаковой и между досками не должно быть щелей. Применение влажных щитков для упаковки бумаги вызывает «волнистость» верхних листов бумаги в пачке, так как влага проходит из щитков к бумаге и вызывает ее деформацию. Для устранения этого дефекта бумаги, возникающего из-за недоброкачественной упаковки, целесообразно сверху и снизу кипы под обертку прокладывать парафинированную или другую, не пропускающую влагу бумагу. Вес кипы до 75 кг.

ТРАНСПОРТИРОВКА БУМАГИ В ЦЕХАХ И ХРАНЕНИЕ ГОТОВОЙ БУМАГИ

Отделочные станки на современных бумажных фабриках, особенно при выработке массовых видов бумаги, располагаются обычно в зале бумагоделательных машин, что значительно упрощает транспортировку бумаги от машины к станкам. Транспортировка производится в таком случае мостовыми или специальными небольшими электрическими кранами, как это делается обычно при передаче ролевой бумаги на продольно-резательные станки.

Передача отдельных рулонов с одной машины на станки, расположенные у другой машины, если это нельзя сделать мостовым краном, может осуществляться тележкой по рельсовым путям, проложенным перпендикулярно оси машин.

В том случае, если отделочные станки размещены в особом цехе, перевозку бумажных валиков организуют на электрокарах или ручным способом на двух- или трехколесных обитых сукном вагонетках с платформой желобчатой формы. Иногда для этой цели применяют подвесную дорогу с одним монорельсом. Перевозка бумаги ручным способом на двухколесных тележках может практиковаться только при небольших размерах рулонов с весом последних не выше 300—400 кг. Бумагу более высокого веса, намотанную на тамбуры, можно транспортировать на далекие расстояния при помощи электрокар с прицепом.

Для транспортировки листовой бумаги применяются ручные трехколесные тележки с подъемной платформой, а также электрокары с подъемной платформой.

Листовая бумага располагается на площадках (стеллажах) П-образной формы, с боковыми стойками высотой около 200 мм. Тележки заводятся под платформу стеллажа и после подъема платформы весь стеллаж с кипой бумаги на нем весом около 0,5 т и выше отделяется от пола и может транспортироваться в любом направлении.

Применение электрокар с подъемными платформами является лучшим видом внутрицехового транспорта на бумажных фабриках в отделочных и сортировочных цехах.

Для укладки в штабеля упакованной листовой и ролевой бумаги на бумажных складах можно использовать электрокары с подъемными платформами и специальные электропогрузчики, позволяющие поднимать груз на высоту до 4 м. Целесообразно оборудовать бумажный склад передвижной кран-балкой для укладки бумаги и разборки штабелей. Помещение бумажного склада обычно рассчитывается на хранение упакованной продукции до 5—10 дней, что необходимо предусмотреть на случай перебоев с транспортом.

Бумажный склад должен соединяться платформой с железнодорожной линией. Весьма важно предусмотреть, чтобы размещение склада позволяло производить погрузку продукции в вагоны широким фронтом с минимальными простоями вагонов.

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

По данным Роберта Молемея, относительная влажность воздуха в помещении может изменяться в пределах от 10 до 90%. В этих условиях газетная бумага изменяет свою влажность от 2,1 до 10,6%, а писчая — от 3 до 14,2.

Оптимальное содержание влаги в бумаге около 5—6% достигается при относительной влажности воздуха 50%. Изменение относительной влажности воздуха на 30% влечет за собой деформацию печатной бумаги на 0,4% (4 мм на 1 м длины листа), что приводит к образованию волнистости бумаги.

Изменение температуры не влияет заметным образом на физические свойства бумаги. Образование волнистости является существенным дефектом бумаги, ухудшающим использование ее в печати. Устранение этого дефекта бумаги, имеющего массовый характер, возможно только при кондиционировании воздуха в помещениях отделочных, сортировочных цехов, в бумажных складах, а также в типографиях.

Рис. 239. Схема установки для кондиционирования воздуха:

1 — смесительная камера; *2* — увлажнительная камера; *3* — насос; *4* — паровой змеевик; *5* — фильтр; *6* — вентилятор; *7* — подогреватель; *8* — регулятор влажности; *9* — клапан для регулирования количества воздуха; *10* — термостат; *11* — гидростат; *12* — клапан; *13* — компрессор; *14* — мембрана

Нормальной относительной влажностью воздуха в типографиях и отделочных, сортировочных цехах бумажных фабрик для стран с влажным климатом считается 65%, для стран же с континентальным сухим климатом 50%. В этих (последних) условиях нормальная влажность бумаги будет составлять 5,5—6%.

Опишем для примера установку для кондиционирования воздуха системы «Ман». Установка состоит из климатизационной камеры для увлажнения воздуха, вентилятора с подогревателем воздуха, компрессора и дистанционных приборов для управления процессами регулирования влажности и температуры воздуха — термостата и гидростата.

Схема установки представлена на рис. 239.

Свежий воздух с улицы и циркуляционный из помещения поступают в смесительную камеру через регулируемые жалюзи, посредством которых устанавливается правильное соотношение воздуха. Через распределительные перегородки воздух равномерно поступает в увлажнительную камеру и, проходя через водяную пыль, разбрызгиваемую специальными распылителями, увлажняется до полного насыщения. Вода в распылители подается специальным маленьким насосом, избыток воды стекает на дно камеры и снова поступает к насосу. Применяемая для этой цели вода проходит очистку на сетках. Для нагрева воды в камере имеется змеевик, обогреваемый паром. Охлаждение воды достигается добавлением холодной воды. Увлажненный до полного насыщения воздух освобождается от механически увлеченной воды пропуском через фильтр и поступает в вентилятор, который осуществляет необходимую тягу в камере и нагнетает воздух в распределительные воздуховоды кондиционируемых помещений. Предварительно воздух пропускается через добавочный подогреватель, управляемый регулятором влажности. Здесь воздух нагревается настолько, чтобы влажность снизилась до требуемого показателя.

Количество подводимого воздуха регулируется посредством специального клапана. Скорость выходящего из воздуховодов воздуха не должна быть большой, чтобы не создавалась какая-либо тяга в помещении. Управление установкой осуществляется при помощи двух дистанционных приборов — термостата и гидростата.

Термостат поддерживает на одном уровне температуру насыщенного воздуха, регулируя паровым вентилем нагрев воды при помощи змеевика или охлаждение ее поступлением холодной воды. Кроме того, он регулирует приток свежего и циркуляционного воздуха.

Гидростат (регулятор влажности) установлен в помещении. Он регулирует положение парового вентиля для дополнительного нагрева воздуха.

Регулирование вентилей и клапанов осуществляется сжатым воздухом, который подается небольшим компрессором, снабженным аккумулятором.

Точность регулирования составляет: температуры воздуха $\pm 1°$, влажности $\pm 2\%$.

КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ

Производственный контроль должен обеспечить нормальное ведение технологического процесса во всех звеньях производства и поддержание нормальных режимов работы оборудования с тем, чтобы получить бумагу требуемых свойств в полном соответствии с установленными нормами и в нужном количестве.

Производственный контроль за выполнением установленных технологических режимов осуществляется как производственным пер-

соналом цехов (бригадирами, мастерами), так и лабораторией. Контроль за качеством выпускаемой продукции осуществляется отделом технического контроля предприятия.

Отметим основные объекты и методы производственного контроля на бумажной фабрике.

Подготовка массы. При размоле волокнистых материалов в роллах контролируется концентрация и степень помола массы по Шоппер-Риглеру из каждого выпускаемого ролла. Если же оборот ролла длительный, то помол контролируется на протяжении размола одной загрузки несколько раз через каждые 1—2 часа. При выработке наиболее ответственных видов бумаги, помимо степени помола по ШР, контролируется еще и характер помола волокна под микроскопом или на аппарате «Проми» и средняя длина волокна.

Продолжительность размола в роллах, концентрация и степень помола массы, нагрузка мотора по амперметру и пр. фиксируются в рабочем журнале.

При размоле массы в конических мельницах или в других аппаратах непрерывного действия концентрация и степень помола массы должны контролироваться через определенные интервалы времени, например через каждый час. При выработке бумаги из сложной композиции, например из целлюлозы и древесной массы, периодически контролируется степень помола и концентрация этого второго компонента, а также и готовой массы после смешения компонентов в машинном бассейне.

Отклонения в степени помола массы не должны превышать $\pm 2°$ ШР от установленных норм для бумаги с помолом не выше 90° ШР.

Степень присадки размалывающих аппаратов контролируется обычно по показаниям амперметров двигателей, по указателям зазора между ножами размалывающих органов и по положению подвижного груза на весовом присадочном устройстве ролла.

При размоле клееного оборотного брака в роллах, а также при размоле тряпичной полумассы, легко образующей узелки и комочки, проверяют каждый ролл перед спуском массы на отсутствие узелков. Для этой цели проба массы разбавляется водой и проверяется «на ковш».

Проклейка и наполнение массы. В клееварке при приготовлении рабочих растворов проклеивающих и наполняющих веществ проводится контроль за нормальным ведением технологического процесса и свойствами готовых рабочих растворов. При получении клея холодным способом контролируется концентрация и температура разбавленного раствора едкого натра из каждого бака, периодически через каждый час проверяется остаточная щелочность клея из последней колонки колориметрическим способом по фенолфталеину и проверяется концентрация готового клея из каждого бака готового раствора.

При изготовлении белого клея контролируется правильность

дозировки химикатов при варке клея, температура воды, идущей в инжектор для эмульгирования клея, температура эмульсии после инжектора, температура и концентрация клея в эмульгационном баке после разведения его холодной водой и, кроме того, проверяется давление пара, идущего для эмульгирования клея и его варки. Дозировка химикатов, поступающих на варку клея, продолжительность каждой операции варки, качество полученного клея и концентрация канифольного молочка из каждого бака отмечаются в рабочем журнале клееварки. Готовый клей каждой варки анализируется лабораторией с определением содержания свободной и связанной смолы, а в рабочем растворе из каждого бака определяется концентрация. При получении высокосмоляного клея проверяют правильность дозировки химикатов, температуру воды для разведения, температуру эмульгирования, а также время основных операций, нейтрализацию канифоли, эмульгирование, оборот эмульсера и пр. Все эти операции контролируются самими производственниками и в порядке проверки установленного технологического режима контролируются время от времени лабораторией. Готовый клей и рабочие растворы высокосмоляного клея анализируются, как и для белого клея, из каждого эмульсера.

При изготовлении рабочего раствора глинозема проверяется загрузка его по весу в разводной бак и концентрация готового раствора из каждого бака по удельному весу (ареометром). При получении каолиновой суспензии проверяется весовым методом (по удельному весу суспензии) концентрация готового раствора из каждого разводного бака.

На хорошо организованных предприятиях пределы допустимых колебаний в концентрации готовых рабочих растворов проклеивающих и наполняющих веществ обычно не превышают $\pm$ 5%. При приготовлении крахмального клейстера контролируют дозировку крахмала и воды, температуру и продолжительность клейстеризации, а также проверяют степень клейстеризации крахмала просматриванием препарата, окрашенного йодом, под микроскопом с каждой варки крахмала. Во время периодической проклейки массы в роллах или мешальных бассейнах проверяют дозировку рабочих растворов, порядок и время их введения. При непрерывной проклейке массы периодически, через определенные интервалы времени контролируют дозировку рабочих растворов путем замеров их по скорости истечения с фиксированием по секундомеру времени наполнения мерного сосуда. В обоих случаях периодически проверяют pH массы в массном бассейне после введения глинозема и pH подсеточной воды бумагоделательной машины.

Выработка бумаги на бумагоделательной машине. При выработке бумаги на бумагоделательной машине контролируется динамика обезвоживания в разных частях машины, проверяется установленный режим работы отдельных частей машины и свойства вырабатываемой бумаги.

Полный контроль за обезвоживанием бумажного полотна в разных частях машины производится не регулярно, а изредка, например один раз в декаду, так как отбор проб в мокрой и сушильной частях машины связан с некоторыми помехами в работе машины.

Для выявления полной динамики обезвоживания бумажного полотна на машине отбирают пробы: перед выходом массы на сетку, после регистровой части, после отсасывающих ящиков, после гауч-пресса, после каждого мокрого пресса, в нескольких точках сушильной части и на накате. При нормальном заливе на сетке и нормальном отжиме по ширине полотна на прессах можно ограничиться отбором проб только с одной рабочей стороны машины. Чтобы избежать обрывов бумажного полотна, следует дать ленту шириной 20—30 см при помощи водяной отсечки и брать образцы, идя от наката к сетке.

Систематический ежесменный отбор проб на концентрацию производится обычно в следующих пунктах: перед выходом массы на сетку, после последнего мокрого пресса и после сушки. В случае необходимости, по заданию технического персонала цеха, лаборатория берет и анализирует пробы на концентрацию и в других пунктах.

Из отдельных элементов технологического режима работы бумагоделательной машины контролируют: высоту напора массы в линейках или в напорном ящике; степень разбавления массы перед выходом на сетку; характер залива массы на сетке бумагоделательной машины (визуально); размах и частоту колебаний тряски сетки; вакуум в отсасывающих ящиках и в отсасывающих валах; степень прижатия гауч-пресса и мокрых прессов и отжим на них воды (визуально); давление пара и температуру стенок сушильных цилиндров; влажность бумаги после сушки и на накате; скорость бумагоделательной машины; вес 1 м^2 бумаги по всей ширине машины и ее просвет с каждого валика бумаги; формат бумаги на накате (при приемке смены и при каждом пуске машины после остановки).

Все эти показатели технологического процесса работы машины контролируются самим производственным персоналом бумагоделательной машины визуально или при помощи приборов, установленных на машине — регистраторов влажности, тахометров, манометров, вакуумметров и прочих.

Температурный график нагрева сушильных цилиндров проверяется лабораторией при помощи термопары периодически один-два раза в неделю или по особому заданию производственников. При наличии на машине скользящих термометров сопротивления «ТЭП» контроль нагрева цилиндров осуществляется ежесменно.

Контроль за качеством вырабатываемой бумаги по весу 1 м^2, толщине, просвету, влажности и сорности проводится оперативно самим производственным персоналом, а более тщательно с каждого валика по всем показателям ГОСТ или технических условий для данного вида бумаги — отделом технического контроля предприятия.

Отделка бумаги. При выпуске каландрированной на суперкаландрах бумаги проверяется влажность ее после мочки, рабочая скорость и давление при каландрировании, а иногда и температура нагрева валов. Толщина, лоск, гладкость и объемный вес проверяются в соответствии с ГОСТ или техническими условиями отделом технического контроля с каждого валика.

Наряду с этим проверяется однородность гладкости по длине и ширине полотна и отсутствие матовых полос от вмятин на бумажных валах. Эти дефекты хорошо видны при просмотре бумаги с поверхности в отраженном свете.

При резании бумаги на рулоны проверяется формат рулонов и их диаметр, плотность намотки, чистота обреза и качество гильзы, а также качество склеек и их количество в рулоне. При резании бумаги на листы проверяется формат листов, правильность прямоугольной формы листа (отсутствие косины) и чистота обреза. Все эти элементы при работе на станках в отделочном цехе проводятся оперативно самими работающими на станках и контролируются работниками отдела технического контроля. То же самое следует сказать и про контроль при сортировании и упаковке бумаги, который проводится в соответствии с требованиями ГОСТ на упаковку и сортировку бумаги.

Контроль за промоями волокна. В целях снижения безвозвратных потерь волокна и наполнителей в производстве организуется систематический контроль за концентрацией и количеством сточных вод на предприятии. Контролируют эффективность работы ловушек и концентрацию отходящих вод с бумагоделательных машин.

Контроль за промоями производится при помощи аппарата Гаврилова, отбирающего средние пробы сточной воды за смену и регистрирующего количество сбрасываемой в сток воды. При отсутствии аппарата эту же работу проводят силами лаборантов, которые отбирают пробы на концентрацию и делают замеры количества сточной воды через каждый час.

Эффективность работы ловушек определяется коэффициентом улавливания волокна и каолина по концентрации поступающей на ловушку воды и уходящей сточной воды с учетом коэффициента сгущения. Это определяется каждую смену так же, как и pH воды. При работе флотационных ловушек, кроме того, должны контролироваться дозировка животного клея и его приготовление (pH клея, время его созревания). Концентрация отходящей воды с бумагоделательных машин и ее зольность проверяются в следующих пунктах: регистровая часть, отсасывающие ящики, отсасывающий гауч-вал, мокрые прессы. Кроме того определяется концентрация воды от промывки сетки, от промывки сукон и от узлоловителей.

Концентрацию отходящей воды и ее зольность достаточно проверять один-два раза в неделю. Изредка, один раз в 2—3 года, следует проводить баланс воды и волокна с целью проверки рационального использования оборотной воды на бумагоделательных машинах.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Богоявленский И. И., Технология бумаги, ч. 1, Гослесбумиздат, 1946.

Богоявленский И. И., Технология бумаги, ч. II, Гослесбумиздат, 1948.

Блинов В. А., Николаевская Е. Е. и Мудрик В. И., Крашение бумажной массы, Гослесбумиздат, 1956.

Вайнтрауб И. М., Теплоуловители в текстильной промышленности, Гизлегпром, 1937.

Галочкин Н. А., Вентиляция предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, Гослесбумиздат, 1955.

Дмитриев М. Д. и Бондаренко М. В., Материалы Института бумаги, вып. 41, Гослесбумиздат, 1956.

Заморуев Б. М. и Мазинг Л. А., Современные методы борьбы с потерями в отходящих водах бумагоделательных машин, ВНИТО бум. пром., 1952.

Иванов С. Н., Аким, Л. Е. и др., Размол бумажной массы. Сборник статей, Гослесбумиздат, 1956.

Кейси Д., Производство полуфабрикатов и бумаги, Гослесбумиздат, 1958.

Clapperton B. H., Modern Paper Making, Oxford, 1952.

Cottrall L. G., Proc. Techn. Section, Paper Maker, Dec. 1943. Assoc. Ct. Britain Ireland. 24.

Кулев И. Г., О наполнении бумаги и удержании в ней наполнителей, Гослесбумиздат, 1951.

Куликовский П. К., Электрооборудование целлюлозно-бумажной промышленности, Госэнергоиздат, 1953.

Лихомский В. Т., Дефекты бумаги и их устранение, Гослесбумиздат, 1953.

Лыков А. В., Тепло и массообмен в процессах сушки, гл. 4, Госэнергоиздат, 1956.

Мазинг Л. А., Моргенштерн В. С., Клишевич Е. В., Мероприятия по сокращению промоев волокна, Гослесбумиздат, 1956.

F. Müller, Die Papierfabrikation und deren Maschinen, Band 2, 1938.

Мюллер Ф., Производство бумаги и его оборудование, т. 2, ч. 2, гл., 2, Гизлегпром, 1932.

Мясников А. А., Основы крашения бумажной массы, Гослестехиздат, 1935.

Stephenson, Pulp and Paper Manufacture, vol. 2, 1952.

Никитин Н. И., Химия древесины, гл. IV, изд. Академии наук СССР, 1954.

Ott Emil, Harold M. Spurlin, Cellulose and Cellulosederivates, part 11. ch-VIII (J. d'a Clark).

Справочник по проектированию отопления и вентиляции промышленных предприятий, Главстройпроект, 1953.

Справочник бумажника (технолога), т. II, кн. 1, части III, IV и V, Гослесбумиздат, 1956.

Stephenson J. N., Pulp and Paper Manufacture, Vol. 3, New-Jork 1953.

Хинчин Я. Г., Кулев И. Г. и др. Теория и практика проклейки бумаги, Гослестехиздат, 1935.

Филоненко Г. К., Лебедев П. Д., Сушильные установки, Госэнергоиздат, 1952.

Фляте Д. М., Новое в производстве газетной бумаги, Гослесбумиздат, 1957.

Шапошников В. Г., Органические красящие вещества, Гослестехиздат, УССР, 1954.

Шухман Ф. Г., Бумагоделательные машины, т. 1 и 2, Гослесбумиздат, 1954 и 1957.

Шухман Ф. Г., Натяжение и износ сеток, Гослесбумиздат, 1948.

Эйдлин И. Я., Бумагоделательные и отделочные машины, Гослесбумиздат, 1958.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3

Раздел I

Общая технологическая схема производства бумаги и подготовка бумажной массы

Глава I. Общие сведения о производстве бумаги 5
Исторический обзор 5
Общая технологическая схема производства бумаги 12
Волокнистые материалы, применяемые в бумажном производстве . . 14
Классификация и свойства бумаги 18

Глава 2. Массный размол 22
Общие сведения 22
Теория процесса размола 23
Факторы, обусловливающие силы связи в бумажном листе 29
Контроль за процессом размола 31
Направление процесса размола 36
Изменение свойств бумаги в процессе размола массы 37
Факторы процесса размола 41
Размалывающие аппараты периодического действия 60
Конструктивное устройство ролла 61
Системы роллов 71
Технологическая характеристика ролла и его работа 76
Расчет мощности, потребляемой роллом 78
Практика размола в роллах периодического действия 80
Непрерывный размол в роллах периодического действия . . . 85
Размалывающие аппараты непрерывного действия 87
Конические мельницы 88
Дисковые рафинеры . . . . . 10.
Роллы непрерывного действия 109
Крестовые мельницы 111
Размол при помощи ультразвука 112
Гидроразмол 114
Курлатирование целлюлозы 116
Вспомогательное оборудование размольного отдела 118
Мешальные бассейны 118
Мешальные роллы 118
Регуляторы концентрации массы 119
Регуляторы композиции 124
Аппаратура для предварительного измельчения и роспуска волокнистых материалов 127
Технологические схемы подготовки массы 134

Глава 3. Проклейка бумаги 141
Общие сведения 141
Проклейка бумаги канифольным клеем (смоляная проклейка) . . . 142

Теория проклейки бумаги смоляным клеем 143
Явления, протекающие при изготовлении клея 144
Явления, протекающие при проклейке бумажной массы 145
Эффект проклейки бумаги 148
Факторы процесса проклейки 151
Явления расклейки бумаги 159
Канифоль и ее свойства 159
Приготовление канифольного клея 161
Холодный способ приготовления клея 161
Горячий способ получения белого и бурого клеев 164
Получение клея с высоким содержанием свободной смолы . . . 167
Другие проклеивающие материалы 170
Клеящие материалы, применяющиеся для усиления проклейки бумаги и придания ей специальных свойств 174
Сернокислый глинозем 185
Техника проклейки бумажной массы 189
Контроль процесса проклейки 190
Причины неполадок при проклейке бумаги 191

Глава 4. Наполнение бумаги 193
Общие сведения 193
Влияние наполнителей на основные свойства бумаги 194
Влияние наполнителей на технологические процессы бумажного производства 203
Удержание наполнителей в бумаге 203
Характеристика наполнителей 213
Приготовление суспензии наполнителей 219

Глава 5. Крашение бумажной массы 224
Общие сведения 224
Классификация красителей 226
Неорганические (минеральные) красители 226
Органические красители 227
Факторы, влияющие на процесс крашения бумаги 232
Крашение бумажной массы красителями разных групп 233
Использование пигментов для окраски бумаги 234
Применение оптически отбеливающих веществ 235
Испытание анилиновых красителей 236
Техника крашения бумажной массы 237
Дефекты окраски бумаги 240

Раздел II

Изготовление бумаги на бумагоделательной машине

Глава 6. Технологическая схема бумагоделательной машины и подготовка бумажной массы к отливу 241
Общие сведения о бумагоделательной машине 241
Накопление и хранение бумажной массы перед бумагоделательной машиной 243
Лопастные машинные бассейны 244
Пропеллерные бассейны 245
Выбор типа и эксплуатация машинных бассейнов 246
Подача массы на бумагоделательную машину 247
Установка перед бумагоделательной машиной аппаратов для окончательного размола и рафинирования бумажной массы 249

Разбавление массы водой 250
Очистка бумажной массы 255
Песочница 257
Циклон 258
Центробежный очиститель 258
Вихревые очистители 259
Гидроклон 265
Узлоловители 267
Узлоловители с высокочастотной вибрацией 273
Селектифайер Миами 276
Работа узлоловителей и их обслуживание 277
Деаэрация массы перед отливом 279

Глава 7. Сеточная часть бумагоделательной машины 283
Общие сведения 283
Подвод массы к сеточному столу 283
Выпуск массы на сетку бумагоделательной машины 286
Регулирование веса и толщины бумаги по ширине сетки 289
Напорные устройства 290
Подпорные линейки 290
Напорные ящики открытого типа 292
Напорные ящики закрытого типа 294
Напорные ящики с постоянным переливом 297
Сеточный стол 298
Регистровая часть сеточного стола 300
Декельные ремни и ограничительные линейки 306
Сетковедущие валики 307
Желоба и сливы для подсеточной воды 308
Тряска сетки 308
Трясочные механизмы 312
Отсасывающие ящики 314
Вакуум-насосы отсасывающих ящиков и коммуникации . . . 317
Установка отсасывающих ящиков и применяемое разрежение . 319
Теория процесса обезвоживания на отсасывающих ящиках и расчет насосов 320
Работа и обслуживание отсасывающих ящиков 324
Другие конструкции отсасывающих ящиков 325
Гауч-пресс 326
Обычный гауч-пресс 327
Чулки и их эксплуатация 328
Отсасывающий гауч-вал 331
Отсасывающие гауч-валы с вакуум-камерой 332
Отсасывающие гауч-валы ячейкового типа 336
Усовершенствование конструкций отсасывающих гауч-валов . . 338
Централизованная вакуум-установка на бумагоделательной машине 338
Сетки бумагоделательной машины 340
Изготовление сеток 341
Характеристика сеток 342
Выбор ширины и длины сетки 344
Эксплуатация сетки 345
Равнитель. Нанесение водяных знаков на бумагу 358
Брак в сеточной части бумагоделательной машины 362
Образование листа на сетке бумагоделательной машины 366

Глава 8. Прессовая часть бумагоделательной машины 373
Общие сведения 373
Расположение и типы мокрых прессов 375
Процесс обезвоживания бумаги в мокрых прессах 377
Конструкция мокрого пресса 384

Прессовые валы 388
Валы, закрепленные посредине 392
Отсасывающие прессовые валы 392
Отсасывающий пресс с прососом воздуха через сукно 394
Прессовые сукна 395
Смена сукон 398
Промывка сукон 399
Сдвоенные прессы 405
Автоматический съем бумаги с сетки и заправка бумаги в мокрой части быстроходной бумагоделательной машины 407
Сглаживающий пресс 410
Брак в прессовой части машины 411
Регулирующая и контрольная аппаратура, применяемая в мокрой части бумагоделательной машины 413

Глава 9. Использование оборотной воды в бумажном производстве и улавливание волокна 419

Общие сведения 419
Характеристика отходящей воды бумагоделательных машин . . . 420
Схемы использования оборотной воды в бумажном производстве . . 424
Аппаратура для улавливания волокна из отходящей воды 429
Ловушки, работающие по принципу осаждения волокна . . . 429
Ловушки фильтрующего типа 433
Ловушки флотационного типа 438
Методика составления баланса воды и волокна 443
Контроль за промоями волокна в производстве 448

Глава 10. Сушильная часть бумагоделательной машины 451

Общие сведения 451
Теория сушки бумаги 452
Физические процессы при сушке различных материалов и бумаги . . 454
Конвективная сушка материалов 456
Контактная сушка бумаги на нагретой поверхности 459
Факторы, влияющие на процесс сушки бумаги на бумагоделательной машине 466
Температура греющего пара 466
Скорость бумагоделательной машины 468
Свойства окружающего воздуха 469
Коэффициент теплопередачи от пара к бумаге 470
Свойства бумаги 476
Влияние конструктивных элементов сушильной части 480
Влияние процесса сушки на свойства бумаги 481
Изменение физико-химических свойств бумаги при сушке 481
Усадка бумаги при сушке 483
Гидрофобизация бумаги при сушке 485
Влияние натяжения бумажной ленты при сушке на свойства бумаги 487
Дефекты бумаги, возникающие при ее сушке 488
Конструкция открытой сушильной части бумагоделательной машины 491
Общие сведения 491
Устройство сушильного цилиндра 493
Чугунный сушильный цилиндр 494
Прочее оборудование сушильной части 498
Стальной сушильный цилиндр с двойными стенками 502
Сушильные сукна 503
Заправка бумаги в сушильной части бумагоделательной машины . 508
Процесс сушки бумаги в сушильной части бумагоделательной машины 510
Свойства пара и выбор давления для сушки 513
Подвод пара к сушильной части машины, схемы парораспреде-

ления и отвода конденсата 515
Режим нагрева сушильных цилиндров и регулирование сушки бумаги 520
Автоматический контроль и регулирование процесса сушки бумаги 523
Аппараты, контролирующие и регулирующие процесс сушки бумаги 525
Расчеты по сушильной части бумагоделательной машины 529
Определение поверхности сушильных цилиндров 529
Расчет расхода тепла на сушку бумаги 535
Вентиляция зала бумагоделательных машин 538
Вентиляционные установки зала бумагоделательных машин . . 541
Расчет тепла, необходимого для вентиляции 545
Регенерационный теплообменник 551
Усовершенствование вентиляционных устройств и использование теплого воздуха после теплообменника 553
Способы повышения производительности сушильной части бумагоделательной машины 556
Улучшение отвода влажного воздуха от сушильной части бумагоделательных машин 556
Улучшение просушки сушильных сукон теплым воздухом . . . 557
Применение инфракрасных лучей для подогрева и сушки бумаги 559
Применение горячего отсасывающего пресса в сушильной части бумагоделательной машины 561
Другие конструкции сушильных устройств 561

Глава 11. Дальнейшее прохождение бумаги на бумагоделательной машине после сушки 564
Общие сведения 564
Мокрый каландр 564
Охлаждение бумаги перед машинным каландром 566
Машинный каландр 568
Охлаждение валов при работе каландра 571
Работа машинного каландра 571
Продольно-резательное устройство 574
Увлажнение бумаги на машине 575
Намотка бумаги 576
Накаты с осевой намоткой 577
Накаты барабанного типа 579
Учет выработанной бумаги 582
Клеильный пресс 582
Мелование бумаги на бумагоделательной машине 584

Глава 12. Привод бумагоделательной машины 587
Общие сведения 587
Требования, предъявляемые к приводу 587
Системы приводов бумагоделательных машин 589
Однодвигательный привод 591
Многодвигательный привод 594
Определение потребляемой мощности 596

Глава 13. Работа бумагоделательной машины и ее обслуживание . 597
Общие сведения 597
Основные технико-экономические показатели работы бумагоделательных машин 598
Организация труда на бумагоделательной машине 600
Состав бригады и обязанности рабочих 600
Прием и сдача смены 602
Пуск бумагоделательной машины 603
Работа машины 606

Остановка бумагоделательной машины 615
Организация планово-предупредительных и текущих ремонтов бумагоделательной машины 616
Смоляные затруднения в бумажном производстве 618
Слизеобразование в бумажном производстве и борьба с ним . . . 621
Техника безопасности 625
Противопожарная охрана 627
Глава 14. Типы бумагоделательных машин 629
Классификация бумагоделательных машин 629
Длинносеточные, или столовые бумагоделательные машины 630
Характеристика длинносеточных столовых машин 630
Машины для выработки бумаги односторонней гладкости 636
Самосъемочные бумагоделательные машины 638
Двухсеточные столовые бумагоделательные машины 643
Многосеточные столовые машины с тремя и более сеточными столами 644
Круглосеточные машины 645
Вакуум-формующие бумагоделательные машины 649
Комбинированные бумагоделательные машины 650
Листовые бумагоделательные машины 651
Бумагоделательные машины, работающие по методу сухого формования бумаги 652
Бумагоделательные машины сухого формования методом начеса 653
Бумагоделательные машины сухого формования методом осаждения волокон на сетке из воздушного потока 655

Раздел III

Отделка бумаги

Глава 15. Каландрирование бумаги 658
Общие сведения 658
Теория процесса каландрирования 661
Сущность процесса 661
Влияние факторов процесса каландрирования на свойства бумаги 664
Увлажнение бумаги перед каландрированием 672
Типы каландров и их работа 675
Многовальный каландр для отделки ролевой бумаги 675
Каландр для жиронепроницаемой бумаги 678
Работа каландра 679
Уход за каландровыми валами 680
Каландрирование листовой бумаги 681
Другие типы каландров 682
Глава 16. Разрезание, сортировка и упаковка бумаги 684
Разрезание бумаги на рулоны 684
Сортировочный станок 684
Продольно-резательные станки 685
Бобинорезательные станки 694
Комбинированный агрегат, состоящий из суперкаландра и продольно-резательного станка 695
Упаковка ролевой бумаги 695
Разрезание листовой бумаги 697
Сортирование листовой бумаги 701
Упаковка листовой бумаги 703
Транспортировка бумаги в цехах и хранение готовой бумаги . . . 704
Кондиционирование воздуха 705
Контроль производства бумаги 707
Рекомендуемая литература 712