

Р. Е. Калитеевский

ЛЕСОПИЛЕНИЕ в ХХІ веке

**ТЕХНОЛОГИЯ
ОБОРУДОВАНИЕ
МЕНЕДЖМЕНТ**

«ПРОФИ-ИНФОРМ»

Санкт-Петербург

2005

ПРЕДИСЛОВИЕ

По производству пиломатериалов СССР занимал первое место в мире. Однако они выпускались в основном на лесопильных рамах.

В настоящее время производство пиломатериалов уменьшилось в 4 раза. Поэтому перед лесопильной промышленностью России, обладающей почти четвертью мировых запасов леса, стоит задача увеличить выпуск конкурентоспособных пиломатериалов в 3...4 раза. Особое значение конкурентоспособность отечественных пиломатериалов приобретает в связи с вступлением России во Всемирную торговую организацию (ВТО).

В мире постоянно растет потребление лесобумажной продукции. По прогнозам ООН и ФАО, уже к 2015 г. потребление основных ее видов увеличится по сравнению с 2001 г. в 1,6...2,0 раза. В связи с этим в большинстве стран мира происходит динамичное развитие лесного сектора. Огромные запасы леса (свыше 80 млрд. м³) ставят задачу выхода России на первое место в мире по производству пиломатериалов, где в настоящее время находятся США с выпуском 120 млн. м³ пиломатериалов в год.

За последние несколько десятков лет в мировой практике лесопильного станкостроения созданы десятки новых типов бревноперерабатывающего оборудования: проходного, позиционно-проходного и позиционного типов. Некоторые типы этого оборудования уже используются в России на малых совместных лесопильных предприятиях. Однако в целом уже началось массовое выбытие старых производственных мощностей на базе лесопильных рам на лесопильных предприятиях.

Необходимо коренное перевооружение отечественной лесопильной промышленности с применением наиболее перспективных технологий, оборудования и систем управления, широко использующих компьютеризацию, и на этой базе внедрение в современное производство пиломатериалов оптимизационных, имитационных и расчетных программ.

Любое оживление промышленности приводит к дефициту квалифицированных кадров, которого можно избежать только их своевременной подготовкой при наличии современной технологической и технической информации.

Представители российской промышленности пути выхода из кризиса видят в основном в инвестициях в производство. Уменьшение запасов леса и высокий уровень заработной платы в ряде стран приводят к строительству в России средних и крупных совместных лесопильных и, в частности, лесопильно-

мебельных предприятий на базе оборудования Германии, Финляндии, Швеции и др. При этом, как правило, игнорируется слабая подготовка управляющего и инженерного состава в области динамики и структуры современного производства с точки зрения требований к конкурентоспособности пиломатериалов на внешнем и внутреннем рынках не только сегодня, но и в реальной временной перспективе.

В книге приведена классификация современного оборудования для переработки бревен на пиломатериалы, используемого на крупных, средних и малых предприятиях.

Изложены пути перевооружения и современные производственные процессы на этих лесопильных предприятиях. Приведена методика расчета их производственной мощности.

Расчетом производственной мощности лесопильных предприятий по инструкции ЦНИИМОД 1977 и 1986 гг. пользоваться не рекомендуется. Это приводит к занижению производительности современного высокопроизводительного бревноперерабатывающего оборудования до 50 % и более. Что касается методики расчета производственной мощности малых лесопильных предприятий на базе бревнопильного оборудования позиционно-проходного и позиционного типов, то она вообще отсутствовала.

Большое внимание уделено степени надежности оборудования, так как пониженный и даже средний уровень надежности современного бревнопильного оборудования делает его неэффективным.

В организации производства пиломатериалов приведены основы его теории, классификация лесопильных предприятий по уровню специализации и особенности малых предприятий в лесопилении. Рассмотрена необходимость внедрения и технологические основы модульного лесопильного оборудования. Приведены сведения об АРМ и САПР технологии лесопиления.

Моя позиция по проблемам лесопиления основана на опыте, который мне довелось приобрести за 12 лет работы технологом в системе Министерства станкостроительной и инструментальной промышленности, а также во Всесоюзном научно-исследовательском и проектно-институте деревообрабатывающего машиностроения (ВНИИДМАШ), за 6 лет работы заведующим кафедрой автоматики Санкт-Петербургской лесотехнической академии и уже более четверти века профессором ее технологических кафедр.

В результате накоплен обширный объем информации в области технологии, оборудования и систем управления производства пиломатериалов, на основе анализа которого в книге представлены направления совершенствования и развития отечественного лесопиления.

1. ПРОИЗВОДСТВО ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В РОССИИ, ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ И РОЛЬ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

1.1. Вопросы экологии

Современную эпоху можно охарактеризовать как эпоху кардинального решения экологических вопросов. Как правило, человечество опасалось утраты невозобновляемых ресурсов — руды, нефти, угля. В действительности под угрозой оказалась как раз «возобновляемая» часть ресурсов — лес, природные воды и пр. Поэтому сегодня проблема истощения природы может быть решена только путем совершенствования технологий, решением проблем технологической отсталости. Необходим переход в эпоху информационных технологий, позволяющих, например, в условиях неистощительного ведения лесного хозяйства сэкономить примерно 1/4 древесного сырья, используемого в традиционных технологиях лесопиления, при полном обеспечении потребностей людей.

Сегодня имеются две концепции развития мира:

- ресурсная техногенная, решающая все вопросы на основе новых технологий, без ограничения экономического роста;

- биосферная, базирующаяся на опасности разрушения естественной биоты, и считающая, что обжитые человеком территории необходимо снизить примерно с 50 до 5 %. Только тогда естественная биота сохранит окружающую среду в пригодном для людей состоянии.

Источником жизни на Земле являются естественные сообщества фауны и флоры, называемые в науке биотой.

Фауна по греческой мифологии является богиней полей и лесов. Она характеризует совокупность всех видов животных.

Флора — богиня цветов и весны, характеризующая совокупность всех видов растений.

В генетических программах биоты содержится четкая информация о том, какую работу должны выполнять естественные живые организмы, чтобы поддерживать надлежащий уровень окружающей среды.

Каждая бактериологическая клетка обрабатывает такое количество информации, которое способен выдать современный персональный компьютер.

Общий поток информации, обрабатываемый биотой Земли, на 20 порядков больше, чем возможные информационные потоки во всех компьютерах человечества любых поколений.

Опасность ядерной войны снизилась, но война с природой продолжается.

На сегодня человек превысил допустимые нормы освоения природы примерно на порядок, т. е. в 10 раз. В связи с деградацией природной среды на Земле ежегодно погибают 10... 15 тыс. разновидностей организмов. По оценкам ученых, за полвека мы можем потерять от 1/4 до 1/2 всего биологического разнообразия планеты.

Следует иметь в виду, что в основе охраны природы лежат три фундаментальные рекомендации:

- помнить о потоках энергии, даже самых слабых;
- не нарушать обмена веществ;
- оберегать структуру — организацию.

Загрязнение среды может угрожать лишь тонким молекулярным структурам, но по ступенькам лестницы организации жизни нарушение этих структур может незаметно быстро добраться до глобальной вершины — биосферы.

В природе малое лишь до тех пор ничтожно, пока оно не вторгается в святая святых жизни — ее вещественно-энергетическую основу. От исчезающе малого иногда возникают так называемые триггерные эффекты (эффекты спускового крючка), когда фактор не служит непосредственно вещественно-энергетической причиной цепи событий, а является лишь «спусковым устройством». Его дело — чуть подтолкнуть, а дальше лавина, набирая массу и скорость, сама катится под гору.

В настоящее время главной функцией леса считается экологическая. Это объясняется тем, что леса начала ХХI в. имеют резко выраженную динамичность. Во многих регионах планеты произошли коренные изменения в составе лесов, их возрастной структуре, состоянии устойчивости, меняется лесистость. В то же время сохранность лесного покрова — одно из главных условий устойчивости оболочки планеты. По многим жизненно важным для человечества параметрам роль лесного покрова Земли сопоставима с ролью Мирового океана. Лес аккумулирует огромное количество солнечной энергии, преобразует ее в процессе фотосинтеза. Главная функция лесов планеты, которую не сможет взять на себя ни один компонент биосферы, — это производство кислорода. Гектар хорошо «работающего» леса выделяет в год около 30 т фотосинтетического кислорода — наиболее ценного для живых организмов.

В планетарном масштабе наиболее значительную роль в стабилизации кислородного баланса в атмосфере играют бореальные хвойные леса северного полушария и вечнозеленые листовые леса тропиков и субтропиков. Между тем территория тропических дождевых лесов резко сокращается (на 7...7,5 млн. га в год и более), происходит обеднение их состава. Восстановление сложных природных экосистем влажных тропиков (на 1 га здесь произрастают сотни видов древесных растений) после сплошных рубок в их прежнем виде невозможно. Попытки создания плантаций из быстрорастущих хвойных пород позволяют достичь высокого коммерческого эффекта в первых ротациях, однако не возмещают ущерба, наносимого природе.

Современная энергетика на 85 % базируется на использовании угля, нефти, газа, другого органического топлива. При этом в атмосферу попадает свыше 300 млрд. т углекислого газа. Несколько лет назад «перерабатывающие» его растения еще справлялись с таким количеством энергетических «отходов». Но вот уже более 10 лет на Земле ежегодно уничтожается более 20 млн. га лесов, объем углекислого газа постоянно растет. Подсчитано, что в начале XXI в. он может увеличиться до уровня, при котором парниковый эффект станет уже необратимым. Это грозит опасностью резкого повышения уровня морей и океанов и катастрофическим затоплением обширных территорий планеты.

Технократические подходы (имеющие место в нашем сознании и деятельности) жестоко наказывают и людей, и природу, и общество в целом. Они уже нанесли ущерб не только в области экологии и экономики лесопромышленного комплекса, но и в такой сфере, как нравственность. По сути дела, сегодня стоит задача реанимации нравственности и профессионализма. Причем одно без другого, как правило, не существует.

В экологическом смысле переход к рыночной экономике мало что изменяет по сравнению с централизованно управляемой экономикой. Остается основная цель — стремление к количественному росту. Опыт США показывает, что жесткие законы, направленные на защиту среды, необходимы, но сами по себе недостаточны. Требуется быстрый переход только от правовых рычагов к экономическим, чтобы процесс разработки и внедрения ресурсосберегающих, экологически чистых технологий был выгоден и шел сам собой. Но это очень сложная проблема. Юридические меры, как показывает опыт США, остаются пока более эффективными. Непосредственно в США существует порядок присуждения премий за «экологическую» чистоту проектов и

отчисления в пользу разработчиков некоторого процента от экономики, получаемой в результате точно скоординированных экологических обоснований. При этом гражданин США может подать в суд на любого автора проекта, и ему нет необходимости оспаривать проект, достаточно доказать, что в нем не проработан еще какой-то вариант, который и может оказаться самым экономным, самым «чистым».

Локальные экологические бедствия еще гениальным русским ученым В. И. Вернадским рассматривались как всепланетная, антропогенная катастрофа, по сравнению с которой любые войны и межнациональные и межгосударственные конфликты — незначительные события и малосущественные мелочи.

Однако впоследствии он изменил свою точку зрения и указывал, что преобразования природы, осуществляемые человеком, не уступают силам природы. Разрушительное вмешательство человека в природу ведет к исчезновению видов растительного и животного мира такими темпами и в таких масштабах, которые можно сравнить с последствиями катастрофы, произошедшей 65 млн. лет назад, когда гигантский астероид столкнулся с Землей. Такой вывод сделали ученые, принимающие участие в 16-м международном конгрессе ботаников, который проходил в американском городе Сент-Луисе. Там было сказано: «Мы предсказываем, что в случае сохранения нынешних темпов вымирания животных и растений, к концу следующего столетия на Земле перестанут существовать две трети всех известных науке видов птиц, млекопитающих, бабочек и растений. К середине будущего столетия останется лишь 5 процентов тропических лесов, которые покрывают Землю сегодня».

Интересно высказывание на этот счет академика Дмитрия Сергеевича Лихачева: «Разговоры о том, что спасти природу необходимо всем миром — беспредметны, если не использовать структуры, способные взять на себя этот труд».

В начале XXI в. глобализация превратилась в основную, хотя и достаточно противоречивую тенденцию современного мирового развития. Согласно мнению многих ведущих западных экспертов, главной определяющей силой в диффузных глобальных сетях является закон. Ведущие силы глобализации являются регулируемыми и управляемыми. Однако такое регулирование и управление пока трудно назвать оптимальным и эффективным. На долю 15 % населения мира приходится 56 % мирового потребления товаров и услуг. Беднейшие 40 % населения потребляют только 11 %. Эксперты Римского клуба — известной орга-

низации, занимающейся изучением проблем глобализации, — в конце прошлого столетия ввели ставшее известным понятие «золотой миллиард». Примерно столько людей на Земле пользуются сейчас жизненными благами по высоким североамериканским и западноевропейским стандартам. При этом проблема не сводится только к временным рамкам достижения уровня жизни «золотого миллиарда» населением наиболее бедных стран. Ученые полагают, что если все 6,3 млрд. землян вдруг стали бы жить по стандартам «золотого миллиарда», то на планете наступила бы глобальная катастрофа, вызванная разрушением мировых жизнеобеспечивающих систем, прежде всего в области экологии и энергетики. Так, США производят примерно 1/3 мировых загрязнений окружающей среды при населении, составляющем только 6 % всех жителей нашей планеты, а автомобильный парк США потребляет больше кислорода, чем воспроизводит весь растительный мир этой страны.

На смену ресурсо- и энергоемким производствам должны прийти наукоемкие и высокотехнологичные производства, обеспечивающие экологическую безопасность.

1.2. Концепция использования древесины и роль лесопиления

На заре научно-технической революции (НТР) считалось, что изделия из цельной древесины утрачивают свое значение — наступал век синтетики.

В 1950-х годах возникли различные концепции использования древесины на базе одного продукта: «все на базе щепы» (так называемая концепция Юнга), «все на базе фанеры» и другие.

В 1960-х годах ученые-химики заявили, что при развитии химии потребность в древесине сократится.

Лесопилению отводилась второстепенная роль, но действительность показала ошибочность всех этих предположений.

Если в 1950 г. в мире было использовано 1,5 млрд. м³ древесины, то в 1970 г. — уже 2,2 млрд. м³. В 1980-х годах объем заготовки древесины в мире достиг 3 млрд. м³ в год. По прогнозам лесного департамента ФАО ООН и других организаций, ежегодная потребность в древесине в начале XXI в. составит свыше 4 млрд. м³, а в ближайшие 25 лет может увеличиться вдвое, несмотря на тенденцию замены древесины другими материалами.

Так, в США с введением ограничения на сплошные рубки цены на пиломатериалы с 1990 по 1994 г. увеличились на 60 %. В результате в несущих конструкциях малоэтажных жилых домов начали применять сталь, как более экономичный материал. Кроме того, наблюдается замена древесины в дверных и оконных блоках на пластик и металл. Очевидно, что такие невосполнимые сырьевые ресурсы, как нефть, уголь, газ и другие, будут неизбежно сокращаться. Поэтому древесина — постоянно возобновляемое сырье — имеет перед ними неопределимые преимущества для мировой цивилизации в качестве уникального природного материала. Из древесины можно изготовить более 90 % всех видов пластических масс, синтетических волокон, а также другой продукции, производимой из нефти и газа. Так, из 1 т древесной сырой массы можно получить 450 кг нефти. Уже в настоящее время из древесины и ее компонентов изготавливается более 20 тыс. видов продукции.

К концу 1990-х годов общий запас леса составлял более 390 млрд. м³, в том числе в Европе (без бывшего СССР) — 20 млрд. м³, в Северной и Южной Америке — около 160 млрд. м³, в Азии — более 50 млрд. м³.

По материалам ЗАО ИФК «Солид», доля рубки леса, прогнозируемая на 2010 г. в объеме 4,2 млрд. м³, составит всего 1,1 % от общего запаса. Производство пиломатериалов в целом по миру возрастет на 10...12 %.

В настоящее время мировое производство пиломатериалов (включая шпалы) составляет около 450 млн. м³.

В России находится более 80 (81,9) млрд. м³ древесины. Это более 1/5 (22 %) мирового запаса древесины. Около 60 млрд. м³ составляют хвойные леса (примерно 1/2 мирового запаса).

При централизованной экономике отечественное лесопиление имело низкий уровень использования (экономии) древесины, труда и энергии, т. е. трех основных показателей его эффективности, по сравнению с промышленно развитыми странами.

Самые продуктивные леса хвойных и твердолиственных пород с высоким содержанием крупномерного пиловочника, который был главным предметом эксплуатации на протяжении всей истории России, оказались к настоящему времени вырубленными или сильно истощенными. Половина площади имеющихся лесов остается недоступной только по транспортным условиям.

Производительность труда в отечественном лесопилении в несколько раз ниже, чем в странах с развитым лесопилением, а

по сравнению с производительностью труда на зарубежных автоматизированных лесопильных заводах — ниже на порядок (в 10 раз и более).

При централизованной системе планирования и ведомственной организации производства сложился особый тип научно-технического прогресса (НТП) — так называемый валовый НТП с его специфическими приоритетами. К его основным особенностям относятся: обеспечение роста технологической эффективности в основном за счет повышения мощностей лесопильных предприятий на базе существующего типажа оборудования при сохранении и расширении масштабов производства пиломатериалов независимо от проблем, связанных с экологией леса, экономией сырья и перспективных, долговременных задач экономики.

Главной задачей было обеспечение валовых, объемных показателей выпуска пиломатериалов, зачастую при сравнительно низком проценте выхода спецификационных обрезных пиломатериалов из пиловочного сырья, использовании пилопродукции в конечных изделиях в соответствии с их размерами и качеством. Так, даже на специализированных заводах Минлеспрома выпускалось до 40 % и более обезличенных пиломатериалов.

Бесплодная статистическая абстракция по огромным объемам выпуска неизвестно каких (спецификационных, обезличенных, обрезных, необрезных и пр.) пиломатериалов без учета использования всей массы заготавливаемой древесины, что самое главное, без интенсивного ее воспроизводства, принималась за выражение степени общественных потребностей. Под интенсификацией понималось приращение только абстрактных численных значений. Между тем экстенсивная величина или количество «есть такое определение, к изменению которого определенная вещь относится безразлично... В какую бы сторону не изменялось определение величины, вещь остается тем, чем она есть» (Гегель Г. В. Ф. Энциклопедия философских наук. Т. I. Наука логики. М.: Мысль, 1974. С. 233). Интенсивная величина характеризует не количество, а степень соответствия предмета — в нашем случае вырабатываемой из древесины продукции: пиломатериалов, технологической щепы и пр. — своему назначению. «Интенсивная величина... отлична по своему понятию от экстенсивной величины или определенного количества и недопустимо поэтому, как это часто делают, не признавать этого различия» (Там же. С. 249). Поэтому, подменяя процесс интенсификации воспроизводства древесины и ее переработки, напри-

мер, ростом объемных показателей выпуска пиломатериалов (на том или ином предприятии или в стране в целом) даже за счет более эффективных средств производства без учета структурно-технологических преобразований, являющихся сутью нынешней интенсификации, мы практически применяем экстенсивные величины к предмету, подлежащему интенсивному определению. Ибо «абстрактный рассудок... не признает интенсивных величин во всей их своеобразной определенности там, где они имеются налицо, а, опираясь на самостоятельную саму по себе гипотезу, стремится насильственным образом свести их к экстенсивным величинам» (Там же. С. 250).

Таким образом, если исходить из логико-диалектических определений, то меру интенсификации следует рассматривать не в объеме заготавливаемой древесины и выпускаемых пиломатериалов, а в степени соответствия системы лесоводство—лесозаготовки—переработка древесины (в том числе и на пилопродукцию с учетом использования вторичного сырья, так называемых отходов лесозаготовок, лесопиления и других производств) достижимому идеалу высшей организации и эффективности.

Теория непрерывного и неистощительного лесопользования была закреплена в Основах лесного законодательства бывшего СССР и союзных республик в 1977 г. Однако в течение десятилетий этот принцип (и законодательство) хронически, за редким исключением, нарушался. В настоящее время коэффициент утилизации древесины в нашей стране не превышает 0,35, тогда как в промышленно развитых странах он составляет не менее 0,95.

Все это, естественно, изменяет всю концепцию лесопиления, сложившуюся при централизованном планировании и ведомственной системе. Очевидно, что отечественному лесопилению необходимы инвестиции для совершенствования производства, создания новых технологий и пр. Решение этих вопросов требует глубоких разработок в каждом конкретном случае в области организации и расчета производства пиломатериалов, его технологической подготовки и проектирования с использованием ЭВМ.

1.3. Производство пиломатериалов в России

Лесопильные предприятия, цеха и установки классифицируются по объему производства и уровню специализации. Кроме того, различают вертикальную и горизонтальную интеграции лесопиления.

По объему производства и уровню производственной мощности лесопильные предприятия подразделяются на крупные, средние и малые. Их уровень производственной мощности в основном определяется экономической целесообразностью применения оборудования и систем управления определенного вида и типа и степенью их специализации. По объему производства к крупным относятся лесопильные предприятия производственной мощностью 250...300 тыс. м³ и более пиловочных бревен в год, к средним от 80...100 до 200...250 тыс. м³ и к малым — от 5...10 до 60...80 тыс. м³ бревен в год.

На крупных и средних лесопильных предприятиях в основном используется бревноперерабатывающее многопильное оборудование проходного типа. Исключение составляют однопильные вертикальные ленточнопильные станки позиционно-проходного типа для распиловки крупномерных бревен со сконцентрированными пороками (стволовая гниль и др.) и фаубных бревен. На малых лесопильных и лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях и установках, как правило, используются однопильные круглопильные и ленточнопильные станки позиционно-проходного и позиционного типов. Определенное количество малых лесопильных предприятий и установок оснащено одноэтажными лесопильными рамами. Лесопильные установки производительностью менее 5 тыс. м³ бревен в год в основном относятся к фермерскому лесопилению.

На крупных и средних предприятиях, оснащенных в прошлые годы двухэтажными лесопильными рамами, для переработки тонкомерных бревен используются фрезерно-брусующие и фрезерно-профилирующие (линии агрегатной переработки бревен — ЛАПБ) станки.

В последние годы на базе оборудования иностранных фирм и с их участием созданы средние лесопильно-мебельные предприятия с гибкими поставками и рециркуляцией брусьев. На некоторых из них линии окончательной обработки пиломатериалов (ЛООП), используемые на крупных предприятиях только для окончательной торцовки и сортировки сухих пиломатериалов по сортам и длинам, устанавливаются непосредственно за лесопильными цехами и на них осуществляется (по скользящему графику работы) также выборочная торцовка и сортировка сырых досок по сечениям. На крупных предприятиях это сделать невозможно и на них за лесопильным цехом устанавливается уже специализированная линия только для выборочной торцовки и сортировки сырых пиломатериалов.

Таким образом, объем производства предопределяет не только вид и тип головного оборудования лесопильных цехов, но и вид и тип оборудования для обработки и сортировки сырых и сухих пиломатериалов.

Являясь одним из основных факторов, определяющих экономическую эффективность, объем производства предопределяет уровень комплексной механизации и автоматизации производственных процессов лесопильных предприятий, издержки производства, себестоимость пилопродукции, а также способствует удержанию имеющихся рынков и освоению новых, снижению расходов на рекламу и сбыт продукции.

Уровни объемов производства пиломатериалов теснейшим образом связаны с развитием целлюлозно-бумажной промышленности: именно так называемые отходы лесопиления, переработанные в технологическую щепу, являются наиболее качественным сырьем для производства целлюлозы и бумаги.

Целлюлозно-бумажная промышленность определяет эффективность использования леса и экономику лесопромышленного комплекса в целом. Поэтому в ведущих зарубежных странах целлюлозно-бумажная промышленность развивается стабильно и опережает по темпам своего развития другие направления переработки древесины.

Ежегодный потенциал лесного комплекса России оценивается в объеме более 100 млрд. дол. США. Эта цифра рассчитана исходя из средней стоимости лесобумажной продукции в пересчете на 1 м³ круглого леса, равной примерно 150 дол. США, и возможного объема рубки (по главному и промежуточному пользованию) около 700 млн. м³ в год.

Точного учета производства пиломатериалов в настоящее время нет. Анализ показывает, что их производство в различные годы составляет от 1/3 до 1/5 от общего объема заготовки леса в стране. В 1970-х годах в СССР было заготовлено порядка 300 млн. м³ деловой древесины при выпуске примерно 100 млн. м³ пиломатериалов. В эти годы СССР был на первом месте в мире по производству пиломатериалов ([4], с. 51). Оно составляло примерно 1/3 от объема заготовки леса. В 2002 г. в России, по данным Министерства природных ресурсов, заготовлено 167 млн. м³ леса по всем видам рубок (в том числе по рубкам главного пользования 130 млн. м³ и примерно 1/5 часть по рубкам промежуточного пользования). Производство пиломатериалов от общего объема заготовленного леса составило примерно 1/5 часть (25 млн. м³ в год), так как последние исследования Всемирного

фонда дикой природы показали, что до 35 % всей древесины, заготовленной в европейской части России, а также до 50...70 % древесины, заготовленной на Дальнем Востоке и Кавказе, имеют незаконное происхождение. По оценкам налоговой полиции, в России бюджеты всех уровней теряют от незаконных операций на рынке древесины до 1 млрд. дол. США в год. Таким образом, производство пиломатериалов уменьшилось в 4 раза.

В 1920-х годах, по официальной статистике, объем заготовки древесины в России был в пределах 100...170 млн. м³ в год. По данным экспертных аналитических оценок, объем заготовки древесины был не менее 500 млн. м³, т. е. в 3...4 раза больше. По информации со спутников США, в России леса вырубается в 6 раз больше, чем по данным нашей официальной статистики конца 1990-х годов (убыль лесов за счет пожаров превышает объем заготовок по рубкам главного пользования, нелегальным рубкам и др.).

В 2001 г. в США было заготовлено 500 млн. м³ леса. Пиломатериалов из твердолиственных пород было выпущено 33 млн. м³ и из хвойных пород древесины 87 млн. м³. Таким образом, производство пиломатериалов составило 1/4 часть от объема заготовки леса. Импорт пиломатериалов в США в основном из Канады составил 47 млн. м³ и экспорт 5,9 млн. м³. Производство пиломатериалов в США в основном осуществляют лесопильные предприятия производственной мощностью более 100...200 тыс. м³ пиломатериалов в год, т. е. крупные предприятия.

Количество лесов, которым обладает Россия, потрясает воображение. Однако лесными ресурсами с адекватной экономической ценностью лесопокрываемые территории становятся только при наличии работающей системы организационно-социальных правил и соглашений.

Имеется мнение, что для коммерчески выгодной эксплуатации пригодна примерно 1/4 часть лесов нашей страны (В. В. Срахов, В. А. Ильин). Однако и в этом случае мы далеко отстаем от всех развитых в лесном отношении стран. В России, по данным за 2001 г., в целлюлозно-бумажной промышленности было использовано всего 26 млн. м³ балансов и технологических дров, что составило примерно 15 % от общего объема заготовленной древесины всеми видами рубок. Для сравнения в США ежегодный объем потребления балансовой древесины в целлюлозно-бумажном производстве составляет 256 млн. м³, т. е. в 10 раз больше.

В настоящее время в России самая низкая среди развитых стран эффективность лесопользования. Только 20 % добываемой

древесины идет на глубокую переработку. В скандинавских странах — до 85 %. Однако лес может дать даже больший эффект, чем нефть и газ. По оценкам экспертов, выпуск основных видов целлюлозно-бумажной продукции будет стабильно расти, и мировое производство бумаги и картона в 2010 г. превысит 400 млн. т, на 30 % больше по сравнению с 1999 г. Рост производства целлюлозно-бумажной продукции в России предусматривается за счет расширения и реконструкции действующих предприятий, создания новых предприятий средней и малой мощности (50...200 тыс. т в год) в европейской части страны, а также строительства предприятий целлюлозно-бумажной промышленности в восточных районах страны при решении вопросов инвестиций. Ресурсный потенциал Сибири многократно превосходит доперестроечные объемы лесозаготовок. Производственные мощности для глубокой переработки древесины в ряде регионов Восточной Сибири недостаточны, а в Западной Сибири практически отсутствуют. Именно поэтому объем лесозаготовок упал там в несколько раз больше, чем по Северо-Западному округу (соответственно 5,4 и 1,9 раза). Расширение и создание в Сибири новых производственных мощностей, особенно в целлюлозно-бумажной промышленности, возможны только с помощью внешних инвестиций. Такие инвестиционные предложения уже начинают поступать, например, из Китая, который предлагает построить целлюлозно-бумажный комбинат стоимостью около 500 млн. дол. США.

Развитие целлюлозно-бумажной промышленности влечет за собой создание лесопильных предприятий большой производственной мощности. Сведение в одну структуру технологически связанных производств позволяет осуществить их вертикальную интеграцию.

Базой вертикально интегрированных структур являются крупные экспортно-ориентированные лесопильно-деревообрабатывающие и целлюлозно-бумажные комбинаты. Крупные лесопильные заводы входят в ассоциацию, фирму, холдинг, где сосредоточиваются ряд предприятий лесного комплекса: лесозаготовительные, лесопильные, целлюлозно-бумажные и другие. Это характерно для США и Канады. Владельцы таких комплексов, как правило, являются и крупными лесовладельцами. К преимуществам подобных комплексов относятся рациональное распределение сырья с места его заготовки и поступление технологической щепы непосредственно с лесопильных на целлюлозно-бумажные предприятия. В России таким холдингом является,

например, объединение на базе Сегежского целлюлозно-бумажного комбината.

Лидирующим в мире экспортером древесины является Канада — около 30 млрд. дол., затем идут Финляндия и Швеция — по 10 млрд. дол.; Россия экспортирует древесину только на 3,3... 3,8 млрд. дол. США в зависимости от года. При этом 1/3 валютной выручки России составляет экспорт круглых лесоматериалов (первое место в мире по этому показателю). Однако под видом балансов зачастую поставляется экспортный пиловочник. Доля экспорта российских пиломатериалов по их стоимости составляет около 3 %, почти в 2 раза меньше, чем доля Финляндии (5,3 %).

С 1995 по 2001 г. выпуск пиломатериалов в России снизился в 1,5 раза. Половина всех выпускаемых пиломатериалов в 2000 г. была произведена на малых лесопильных предприятиях с объемом производства около 10 тыс. м³ бревен в год.

В 2001 г. Россией было экспортировано 7730 тыс. м³ пиломатериалов на общую сумму 714,8 млн. дол. США. Это меньше, чем экспорт Финляндии, имеющей в десятки раз меньшие объемы древесины.

Расширение объемов производства пиломатериалов требует во много раз меньших капитальных вложений по сравнению с вложениями в бумагоделательную промышленность.

Решить проблему увеличения выпуска пиломатериалов до уровня 1970-х годов (около 75...80 млн. м³ в год) на базе малых предприятий невозможно, так как только крупные и средние лесопильные предприятия, оснащенные современным оборудованием и системами управления, могут обеспечить конкурентоспособность продукции лесопиления. Последнее особенно важно в период вхождения России во Всемирную торговую организацию. В странах с развитым лесопилением 10...20 % предприятий выпускают 50...80 % пилопродукции.

К основным видам стратегии повышения конкурентоспособности продукции лесопиления относятся следующие.

Во-первых, это лидерство по себестоимости. В современных условиях низкая себестоимость продукции лесопиления является не преимуществом, а необходимостью. При этом высокий выход пилопродукции тесно связан с окупаемостью современного оборудования и систем управления.

Во-вторых, это дифференциация, т. е. освоение выпуска специальных видов более качественной пилопродукции. К ней относятся заготовки различного назначения, строганный погонаж, мебельные щиты, столярные плиты ~~или~~, например, оконные и

дверные блоки, мебельные фасады. Естественно, в последнем случае это относится уже не к лесопильным, а к лесопильно-деревообрабатывающим предприятиям. При этом малые лесопильно-деревообрабатывающие предприятия должны, как правило, выпиливать пилопродукцию на соответствующую деревообработку по специализированной технологии.

Наконец, в-третьих, это концентрация, т. е. комплексная обработка древесины при рациональном использовании всех отходов лесопиления.

Средняя цена на экспортные пиломатериалы, поставляемые из России, составляет примерно 100 дол. при средней мировой цене около 170 дол. США. Главной причиной низкой конкурентоспособности российской пилопродукции является низкий уровень качества ее обработки.

Необходим переход с рамной распиловки на фрезерно-пильное, круглопильное и ленточнопильное оборудование и информационные технологии производства пиломатериалов ([7], с. 20).

Большое значение имеет выполнение экологических требований, без чего невозможна сертификация пилопродукции, осуществление пакетной отгрузки пиломатериалов в строго запланированные сроки.

Малые лесопильные и лесопильно-деревообрабатывающие предприятия, безусловно, должны и могут иметь свою нишу в области экологии, экономики и технологии, оборудования, систем управления и социальных аспектов.

В условиях централизованной экономики, валового НТП [5], с одной стороны, у нас проектировались гиганты лесопиления: Братское, Усть-Илимское и другие объединения. С другой — имелись десятки тысяч мелких (отнюдь не малых в современном смысле) предприятий, цехов и установок преимущественно на базе одноэтажных лесопильных рам, на которых выпиливались в основном необрезные доски.

Современные малые предприятия имеют наиболее передовые технологии, обеспечивающие прорыв в экономике и технологии с выполнением требований экологии. К основным преимуществам малых лесопильных предприятий относятся: малые сроки строительства, быстрое освоение производственных мощностей, снижение сроков окупаемости, увеличение рабочих мест и другие (см. п. 13.5).

В 1970-х годах, по данным Центрального статистического управления, менее 1 % предприятий СССР выпилили порядка

70 % пиломатериалов (453 предприятия выпилили 66 млн. м³ пиломатериалов). Каждое из крупных лесопильных предприятий выпиливало в среднем около 300 тыс. м³ пиломатериалов в год. Всего предприятий было более 50 тыс., в том числе самостоятельного подчинения — 453, подсобных — 19 101 и предприятий колхозов, совхозов и межколхозных организаций — 30 937. При этом средняя производственная мощность крупных предприятий самостоятельного подчинения составляла более 600 тыс. м³ бревен в год, подсобных предприятий — около 3 тыс. м³ и предприятий колхозов, совхозов и межколхозных организаций — около 1,5 тыс. м³ бревен в год ([4], с. 51).

Таким образом (учитывая очень большое общее количество предприятий и установок), в среднем на каждое лесопильное предприятие приходилось только порядка 5 тыс. м³ распиленных бревен в год.

В Европе доля лесопильных заводов производственной мощностью свыше 50...100 тыс. м³ бревен в год не велика, примерно 3 %. Однако на предприятиях Австрии, Финляндии, Швеции производственной мощностью свыше 50 тыс. м³ бревен в год выпиливалось свыше 40 % пиломатериалов. В последние годы в Европе наблюдается строительство очень крупных лесопильных предприятий. Одно из самых больших в мире деревоперерабатывающее предприятие «KNT» («Klausner Nordic Timber») в Висмаре производит 1 млн. 200 тыс. м³ пиломатериалов в год.

Фирма «KNT» находится около порта, куда морским путем поставляется на предприятие наибольшее количество сырья, главным образом из скандинавских стран, а также из других стран Балтийского региона. Древесина доставляется на комбинат огромными баржами, а затем большими транспортными автомобилями по внутренней дороге перевозится на площадку складирования сырья.

Особенностью предприятия является комплексная автоматизация практически всего производственного процесса.

Линии сортировки и переработки пиловочника на пиломатериалы управляются и контролируются при помощи компьютеров и систем электронных датчиков. Считается, что потребность в пиломатериалах будет расти и предприятия типа «KNT» обеспечат высокую конкурентоспособность пилопродукции. Подобные предприятия предлагается создать в Польше, Румынии и других странах.

Крупнейшими лесопильными предприятиями Финляндии являются завод «Varkaus» объединения «Stora Enso», с произ-

водством пиломатериалов 330 тыс. м³ в год; завод «Vierumaen Teollisuus» с производством пиломатериалов около 500 тыс. м³ в год, завод «Kaukas Sawmil» с производством пиломатериалов 500 тыс. м³ в год. Все эти лесопильные заводы служат частью систем во главе с целлюлозно-бумажными комбинатами. В Финляндии на экспорт идет более 8 млн. из 12 млн. м³ пиломатериалов.

2. РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ РАСКРОЯ СЫРЬЯ НА ПИЛОМАТЕРИАЛЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ

2.1. Основные положения теории раскроя пиловочного сырья

Теория раскроя пиловочного сырья ставит основной целью увеличение выхода пилопродукции, т. е. рациональное использование природных ресурсов древесины. С начала промышленного лесопиления бревна раскраивали в основном на лесопильных рамах по групповому способу, т. е. группой пил, устанавливаемых в соответствии со схемой раскроя. Постав пил должен обеспечить получение пиломатериалов определенных размеров и качества, поэтому схемы раскроя бревен на пиломатериалы требуемых размеров и качества, показывающие порядок и место пропилов, толщину, ширину и длину получаемых досок, были также названы поставами. Поставы являются основным технологическим документом, от которого зависит рациональность раскроя пиловочного сырья.

Началом создания теории раскроя пиловочного сырья считается разработка системы максимальных поставов, родоначальником которой явился ленинградский математик Х. Л. Фельдман (1932 г.). Он определил максимальные площади поперечных сечений обрезных досок (прямоугольников), которые можно вписать в круг вершинного торца бревна (рис. 2.1 а). Х. Л. Фельдман определил, что наибольшую площадь будет иметь квадрат со сторонами, равными $0,707d$, где d — вершинный диаметр торца бревна. Наибольшая площадь прямоугольников, вписанных в сегменты (см. рис. 2.1 а), будет при их толщине, равной $0,1d$, и ширине $0,421d$. Постав на первом проходе $0,1d/0,421d—0,707d—0,1d/0,421d$, охватывающий $0,907d$, был назван брусковым. Постав при распиловке бревен вразвал записывался так:

$$\frac{0,1d}{0,421d} - \frac{0,143d}{0,707d} - \frac{0,2105d}{0,907d} - \frac{0,2105d}{0,907d} - \frac{0,143d}{0,707d} - \frac{0,1d}{0,421d}.$$

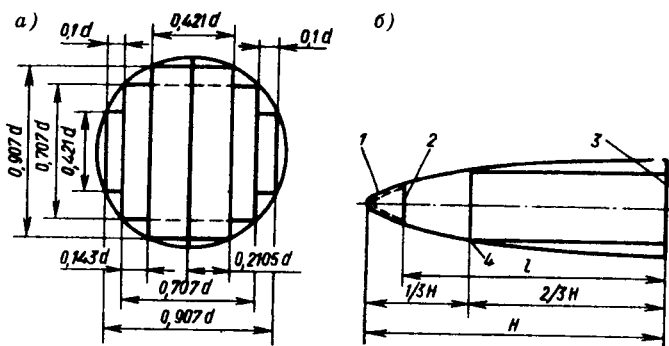


Рис. 2.1. Схемы к расчету максимальных поставов.

a — при продольном раскрое бревен; *b* — при определении наиболее выгодных размеров боковых досок; 1 — вершина параболы; 2 — верхний торец бревна; 3 — комлевой торец; 4 — место торцовки доски по длине; *l* — длина боковой доски; *H* — высота параболы.

В приведенных поставках все доски имеют полную длину, равную длине бревна, форма которого принималась в виде усеченного параболоида вращения. Однако важнейшим условием получения максимального выхода пиломатериалов при раскрое бревен является правильное использование сбega. Поэтому Х. Л. Фельдман делил постав на основной и дополнительный. Основной постав составляют для так называемой консервативной (пифагорической) зоны бревен. В этом поставе все доски имеют полную длину, равную длине бревна.

Дополнительный постав предназначен для зоны сбega. В этой зоне максимальный выход пиломатериалов можно получить только при укорочении длины боковых досок, находящихся в так называемой параболической зоне. Поэтому задачу определения наиболее выгодных размеров обрезных досок в поставках решали поиском максимальных размеров досок не только в пифагорической, но и в сбеговой зоне бревен из сочетания объемов тел, в основании которых лежат гиперболы или параболы. Крайние пропилы, выходящие за пределы верхнего торца бревна, формируют в сбеговых зонах доски с пластью, имеющей очертание параболы. Максимальная площадь прямоугольника, вписанного в параболу, получится при обрезании параболы на $1/3$ ее высоты от вершины. По этому правилу также можно раскраивать по длине укороченные (находящиеся в сбеговых зонах) доски даже в случае, когда вершина параболы не помещается на доске, а приходится на открываемую часть бревна (см. рис. 2.1 б).

Х. Л. Фельдман определял наибольшие по площади поперечные сечения и длину боковых обрезных досок без учета их соответствия спецификационным (целочисленным) размерам в долях вершинного диаметра бревен (и высоты параболы).

Получение максимального постава осуществляли последовательно: сначала находили максимум для основного постава — пифагорической зоны бревна, а затем для дополнительного — сбеговой зоны. Таким образом был применен метод последовательной оптимизации, что явилось первым допущением. Х. Л. Фельдман также отмечал, что последовательное нахождение максимальной площади сначала прямоугольника, вписанного в круг, а затем прямоугольников, вписанных в сегменты, нельзя признать достаточно точным, и оно используется с целью упрощения вычислений.

Вторым допущением служит то, что максимальные поставы Х. Л. Фельдмана являются частным решением, которое справедливо только для цилиндрических бревен (основной постав) и для сбежистых бревен с коэффициентом сбега 1,18. Такой сбеги имеет, например, бревно с вершинным диаметром 22 см и комлевым диаметром 26 см при длине 4 м. При других коэффициентах сбега ширина основного постава может значительно отличаться от $0,91d$.

Несмотря на недостатки теории максимальных поставов, Х. Л. Фельдман впервые выделил следующие вопросы: 1) о необходимости подсортировки бревен с учетом размеров вершинных диаметров и сбега (особенно отмечалась необходимость исследования сбега бревен); 2) о необходимости рационального использования не только основной, но и сбеговой части бревен; 3) о необходимости укорочения боковых досок; 4) о возможности сравнить различные способы распиловки с помощью математических выкладок.

Дальнейшее развитие теории раскроя пиловочных бревен на пиломатериалы было осуществлено профессором Д. Ф. Шапиро. Он предложил определять критическое расстояние между симметричными пропилами, которые делят бревно в поставе первого прохода на пифагорическую и сбеговую зоны, по формуле

$$E_{кр} = \sqrt{1,5d^2 - 0,5D^2}, \quad (2.1)$$

где D — комлевый диаметр.

Это позволило учитывать при составлении поставов различные значения сбега бревен и делало основной постав «подвижным» в зависимости от сбега.

При отношении $d/D < 0,577$, т. е. при $d < 0,577D$, все доски подлежат укорочению, и ни одна из них не может по длине равняться бревну. При этом обратим внимание, что при коэффициенте сбега $K_c = D/d = 1,6$ (например, при сбеге 2 см на 1 м, длине бревна 6,6 м, $d = 22$ см и $D = 35,2$ см) ширина основного постава $\approx 0,5d$, а отнюдь не $0,907d$ (см. рис. 2.1 а).

Д. Ф. Шапиро разработал аналитический метод определения оптимальной толщины обрезных пиломатериалов при раскрое бревен на 1, 2 и т. д. пары досок и составил номограмму Фельдмана—Шапиро для расчета максимальных поставов. Сумма объемов всех досок по поставу выражалась в виде функции их переменных толщины, ширины и длины. С целью упрощения расчетов максимального геометрического выхода по каждому поставу были разработаны номограммы для бревен диаметром 16...35 см, длиной 3,5...8,5 м и разного сбега. Припуски на усушку и пропилы включались в размер толщины досок. Увязка этих номограмм со спецификационными размерами досок была затруднена, и они не получили практического применения. Тогда появилось понятие «относительно максимальные поставы», под которыми понимали поставы с некоторыми отклонениями от абсолютно максимального выхода пиломатериалов в меньшую сторону, так как рекомендуемые толщины досок в долях радиуса (или диаметра) торца бревна редко совпадают со спецификационными толщинами пиломатериалов с учетом пропилов и припусков на усушку.

Дальнейшее уточнение и дополнение теории раскроя осуществили: профессор А. Н. Песоцкий, выявивший влияние эллиптичности и кривизны бревен, неточности подбора их в постав, смещения центра бревна относительно постава, сортности, размеров бревен и других факторов на объемный выход пиломатериалов; профессор Г. Д. Власов, предложивший метод предварительной проверки возможности выполнения заданной спецификации (без учета качества) пиломатериалов из имеющегося сырья; Г. Г. Титков, разработавший графики максимальных поставов на каждый диаметр бревна с учетом расхода древесины на пропилы и припуски на усушку, и многие другие отечественные ученые.

2.1.1. Расчет неполных поставов по графикам профессора Н. А. Батина

Наиболее полные исследования и обобщения теории максимальных поставов были проведены профессором Н. А. Батиным,

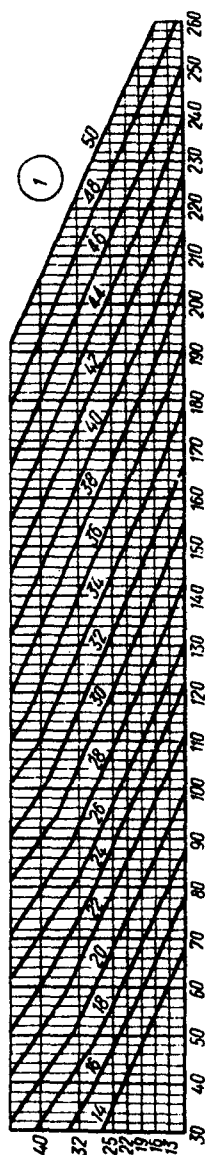
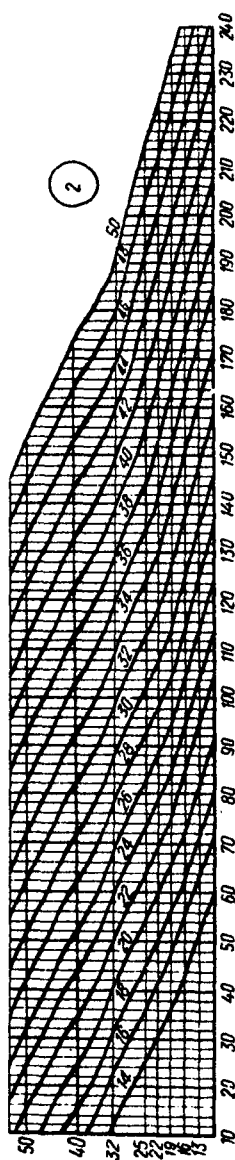
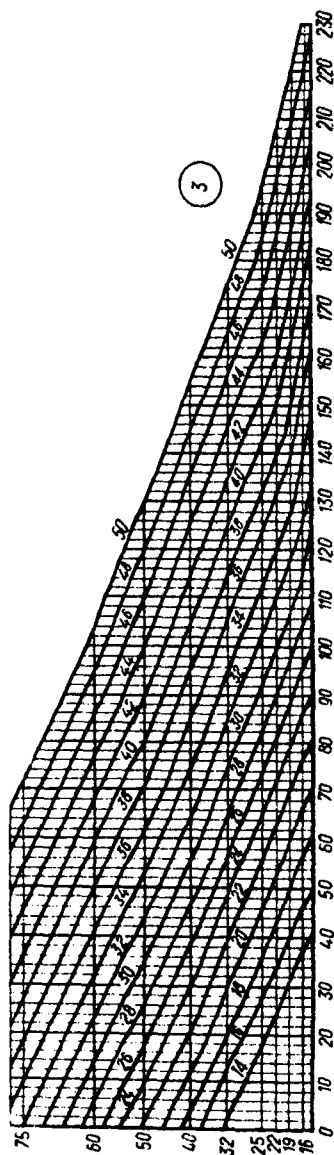
разработавшим графики составления (проектирования) поставов, дающих максимальный объемный выход пиломатериалов. Эти графики наиболее удобны для определения толщины досок при их разном количестве в поставе с учетом различного сбega (рис. 2.2). На оси абсцисс графиков отложены расстояния от центра бревна до внутренней пласти выпиливаемой доски в миллиметрах, а на оси ординат — толщина досок в миллиметрах. Кривые, идущие вниз слева направо, отражают изменение толщины доски в зависимости от расстояния ее внутренней пласти от центра торца бревна. Каждая кривая имеет отметку, соответствующую вершинному диаметру. Кроме этого, указан коэффициент сбega $K_c = D/d$, т. е. отношение комлевого диаметра к вершинному. Номер графика соответствует порядковому номеру выпиливаемой доски, считая от периферии к центру. По этому графику и следует определять ее оптимальную толщину.

Графики и данные (табл. 2.1) профессора Н. А. Батина представляют значительный интерес в области максимальных и оптимальных поставов, несмотря на переход к проектированию и расчету поставов по специальным технологическим программам на ЭВМ. Поэтому остановимся на них более подробно.

Различают полный постав, т. е. схему раскроя бревен, включающую не только толщину, но и ширину и длину досок, и неполный постав — схему раскроя, включающую только толщину досок. Например, для диаметра $d = 26$ см, длины бревна $L = 6$ м и коэффициента сбega $K_c = D/d = 1,2$ полный постав при распиловке с брусковкой записывается так:

$$\begin{array}{l} \text{первый проход} \quad \frac{3,75}{100} 19 - \frac{25}{150} - 150 - \frac{25}{150} - \frac{19^{3,75}}{100}, \\ \text{второй проход} \quad \frac{4,25}{100} 19 - \frac{60}{150} - \frac{75}{150} - \frac{60}{150} - \frac{19^{4,25}}{100}, \end{array}$$

где 3,75 и 4,25 — это длины (в метрах) укороченных боковых досок (при градации по длине 0,25 м) толщиной 19 мм и шириной 100 мм. Длина в всех остальных досок равна длине бревна ($L = 6$ м). Таким образом, полный постав содержит информацию о толщине, ширине и длине всех досок, которая может быть получена только в результате расчета поставов аналитическим, графическим (по графику-квадранту) и табличным способами или по специальной технологической программе расчета поставов на ЭВМ.



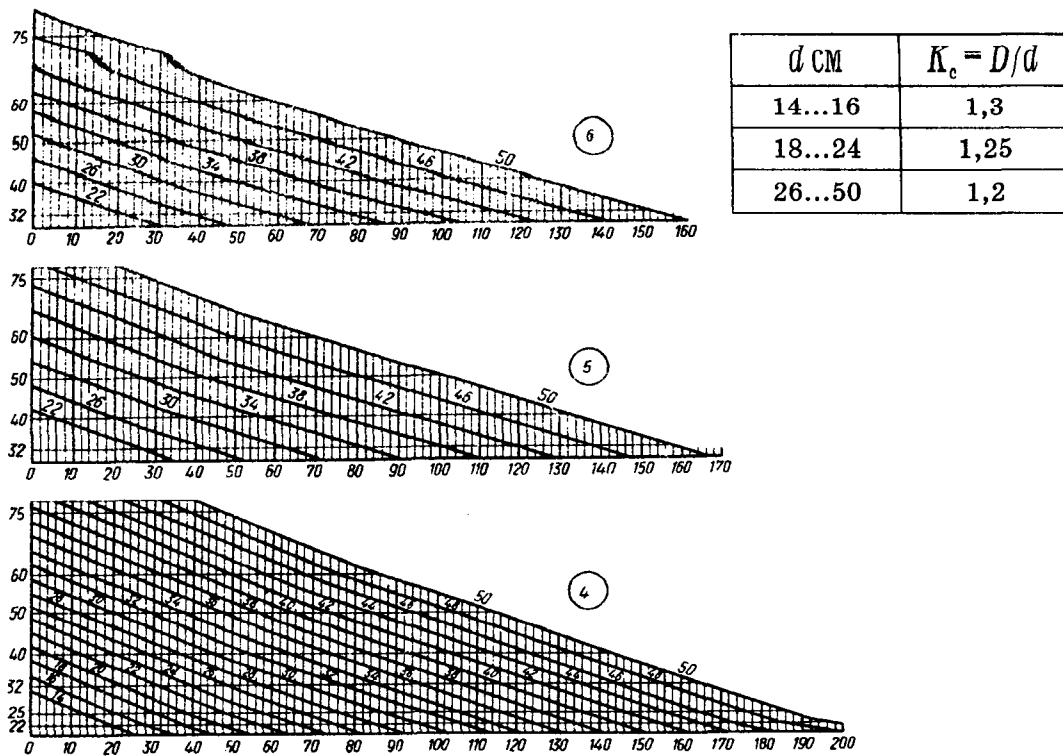


Рис. 2.2. Графики профессора Н. А. Батина для составления неполных поставов (номер графика соответствует порядковому номеру выпиливаемой доски, считая от периферии к центру).

**Оптимальное число досок в поставе при распиловке бревен вразвал
и с брусковой**

Диаметр бревен, см	Оптимальное число досок в поставе при распиловке бревен					
	вразвал	с брусковой при высоте бруса, мм				
		90	100	110	130	150
14	5...6	1(1)	1(1)	—	—	—
16	5...6	—	1(1)	1(1)	—	—
18	5...7	—	2(1)	1...2(1)	1(1)	—
20	6...7	—	2(1)	2(1)	1...2(1)	1(1... 2)
22	6...7	—	—	2...3(1)	2(1)	1...2(1...2)
24	7...8	—	—	—	2...3(1)	2(1... 2)
26	7...8	—	—	—	2...3(1)	2(1... 2)
28	8...9	—	—	—	—	2... 3(1)
30	8... 10	—	—	—	—	3(1)
32	9... 10	—	—	—	—	—
34	9... 10	—	—	—	—	—
36	9...11	—	—	—	—	—
38	11	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	—
42	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 2.1

Диаметр бревен, см	Оптимальное число досок в поставе при распиловке бревен				
	вразвал	с брусковой при высоте бруса, мм			
		180	200	220	250
14	5...6	—	—	—	—
16	5...6	—	—	—	—
18	5...7	—	—	—	—
20	6...7	—	—	—	—
22	6...7	—	—	—	—
24	7...8	1... 2(2)	—	—	—
26	7...8	2(2)	—	—	—
28	8...9	2(2)	—	—	—
30	8...10	2...3(1...2)	2(2)	2(2)	—
32	9...10	3(1...2)	2...3(2)	2(2)	—
34	9...10	3(1...2)	2...3(2)	2...3(2)	2(2...3)
36	9...11	3...4(1...2)	3(2)	3(2)	2(2...3)
38	11	3...4(1...2)	3...4(2)	3(2)	2...3(2...3)
40	—	—	3...4(2)	3...4(2)	3(2)
42	—	—	—	3...4(2)	3(2)

Примечание. Цифры без скобок показывают число досок за брусом с каждой стороны в первом проходе, цифры в скобках — то же за пределами пласти при втором проходе.

Очевидно, чтобы приступить к расчету постава, необходимо составить (спроектировать) наиболее рациональный неполный постав, включающий только толщину досок:

первый проход 19—25—150—25—19,
второй проход 19—69—75—60—19.

Это как раз и позволяют сделать графики и таблица, предложенные профессором Н. А. Батиным, пользуясь которыми можно подбирать наиболее выгодные неполные поставы для различного количества пар досок в поставе в зависимости от спецификационных требований. Покажем это на следующем примере.

Пример. Необходимо составить неполный постав при распиловке с брусочкой для бревна с вершинным диаметром $d = 26$ см, длиной $L = 6$ м, коэффициентом сбега $K_c = 1,2$ при ширине пропила $S = 3,6$ мм и ширине выпиливаемых досок из зоны пласти бруса 150 мм.

Определяем неполный постав для первого прохода. Находим число досок за пределами бруса, т. е. их число за брусом с каждой стороны в первом проходе по табл. 2.1 и спецификационным требованиям. Берем две пары боковых досок и нумеруем их от периферии к центру (рис. 2.3 а). Последовательность определения толщины этих досок — от центра к периферии.

Определяем толщину боковой доски 2 по графику 2 (см. рис. 2.2). Находим расстояние (мм) внутренней пласти этой доски от центра торца бревна:

$$c_2 = 1/2(h_{бв} + Y_{бв}) + S = 1/2(150 + 3,9) + 3,6 = 80,5,$$

где $h_{бв}$ — толщина бруса, равная ширине выпиливаемых досок из зоны пласти бруса; $Y_{бв}$ — припуск на усушку для досок шириной 150 мм при влажности 20... 22 % (табл. 2.2) (ГОСТ 24454—80); S — ширина пропила, принятая равной 3,6 мм.

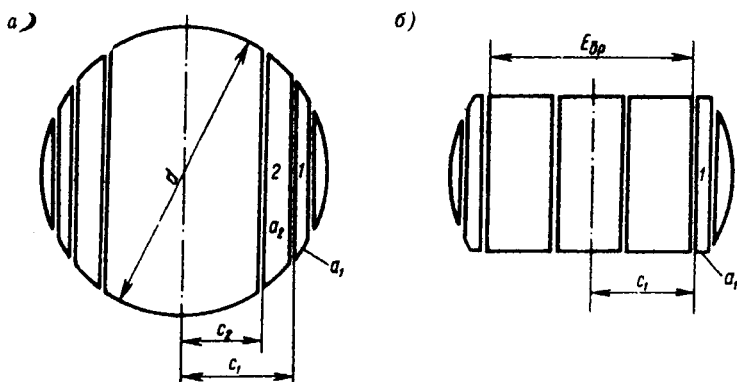


Рис. 2.3. Схемы к расчету неполных поставов по графикам профессора Н. А. Батина.

а — на первом проходе; б — на втором проходе.

**Расход ширины поставка для досок хвойных пород
(кроме лиственницы) по ТУ 13-316—76 и ГОСТ 24454—80**

Толщина или ширина доски, мм	Припуск на усушку при влажности 20...22 %, мм	Расход ширины поставка для досок хвойных пород, мм		
		на половину толщины сердцевинной доски	на толщину доски	
			центральной	боковой
16	0,6	8,3	18,5	20,3
19	0,6	9,9	21,4	23,2
22	0,7	11,4	24,5	26,3
25	0,8	12,9	27,6	29,4
32	1,0	16,5	34,8	36,6
38	1,2	19,6	41,0	42,8
40	1,2	20,6	43,0	44,8
44	1,4	22,7	47,2	49,0
50	1,5	25,8	53,3	55,1
60	1,8	30,9	63,6	65,4
63	1,9	32,5	66,7	68,5
75	2,3	38,7	79,1	80,9
100	2,8	51,4	104,6	106,4
115	3,2	59,1	120,0	121,8
125	3,4	64,2	130,2	132,0
150	3,9	77,0	155,7	157,5
175	4,4	89,7	181,2	183,0
200	4,9	102,5	206,7	208,5
225	5,6	115,3	232,4	234,2
250	6,2	128,1	258,0	259,8
275	6,6	140,8	283,4	285,2
300	7,1	153,6	308,9	310,7

Зная c_2 , по графику 2 определяем, что ближайшая стандартная толщина доски $a_2 = 25$ мм. Для этого на оси абсцисс графика 2 находим точку, соответствующую $c_2 = 80,5$ мм и от нее направляем вверх перпендикуляр до пересечения с кривой диаметра бревна 26 см. Точку пересечения наносим на ось ординат и находим, что ближайшая стандартная толщина доски будет 25 см. Необходимо отметить, что если оптимальная толщина не совпадает со стандартной или спецификационной, то следует брать ближайший соответствующий размер по толщине.

Толщину боковой доски 1 определяем по графику 1. Рассчитываем расстояние (мм) от внутренней пласти этой доски до центра бревна:

$$c_1 = c_2 + (a_2 + Y_2 + S) = 80,5 + (25 + 0,8 + 3,6) = 110,$$

где Y_2 — припуск на усушку доски толщиной 25 мм.

Зная c_1 , по графику 1 находим, что ближайшая стандартная толщина доски $a_1 = 19$ мм. Таким образом, неполный постав первого прохода 19—25—150—25—19.

Определяем общую ширину (мм) постава:

$$2(c_1 + a_1 + Y_1) = 2(110 + 19 + 0,6) \approx 260,$$

где Y_1 — припуск на усушку доски толщиной 19 мм. Таким образом, охват ширины постава вершинным диаметром бревна равен $\sim 1d$ (практически иногда доходит до $1,1d$).

Определяем неполный постав второго прохода. Рассчитываем ширину (мм) пласти бруса:

$$B_{6p} = \sqrt{d^2 - (h_{6p} + Y_{6p})^2} = \sqrt{260^2 - (150 + 3,9)^2} = 209,5.$$

Для распиловки зоны пласти бруса ставим одну доску толщиной 75 мм и две доски по 60 мм с их расположением в постава: 60—75—60. Рассчитываем ширину (мм) этого постава:

$$E_{6p} = 2(60 + 1,8) + (75 + 2,3) + 2 \cdot 3,6 = 208,1.$$

Здесь 1,8 и 2,3 — соответственно припуски на усушку досок толщиной 60 и 75 мм; произведение $2 \cdot 3,6$ характеризует расход ширины постава на два шпропила по 3,6 мм.

Полученные данные свидетельствуют о хорошем использовании пласти бруса. За пределами пласти бруса (см. рис. 2.3 б) ставим одну пару боковых досок (см. табл. 2.1). Определяем толщину боковой доски 1 по графику 1. Рассчитываем расстояние (мм) внутренней пласти этой доски от центра торца бревна:

$$c_1 = 1/2 E_{6p} + S = 1/2 \cdot 208,1 + 3,6 = 107,6.$$

Зная c_1 , по графику 1 находим, что ближайшая стандартная толщина доски $a_1 = 19$ мм (если она присутствует в заданной нам спецификации). Таким образом, неполный постав второго прохода 19—60—75—60—19.

Определяем общую ширину постава (мм) второго прохода:

$$2(c_1 + a_1 + Y_1) = 2(107,6 + 19 + 0,6) = 254,4;$$

охват ширины постава вершинным диаметром бревна составил $254,4/260 \approx 0,98$.

Расчет полученных неполных поставов первого и второго проходов при заданных условиях сводится к определению объемного выхода пиломатериалов.

2.1.2. Расчет поставов по графику-квадранту

Практика показывает, что при проектировании и расчете поставов на ЭВМ пользователю необходимо овладеть не только приведенным выше графо-аналитическим методом проектирования оптимальных неполных поставов, но и их расчетом, например по графику-квадранту (рис. 2.4). Это в сумме дает наилучшее представление о закономерностях и особенностях раскря пиловочного сырья на пиломатериалы. Так, программы расчетов на ЭВМ могут учитывать влияние допустимости небольшого обзола на расчетную ширину боковых обрезных досок (а следовательно, и объемный выход пиломатериалов), иметь блок автоматической оптимизации длины боковых обрезных досок, учитывать кривизну и эллиптичность бревен и прочие факторы или не предусматривать учет всех этих факторов или их части.

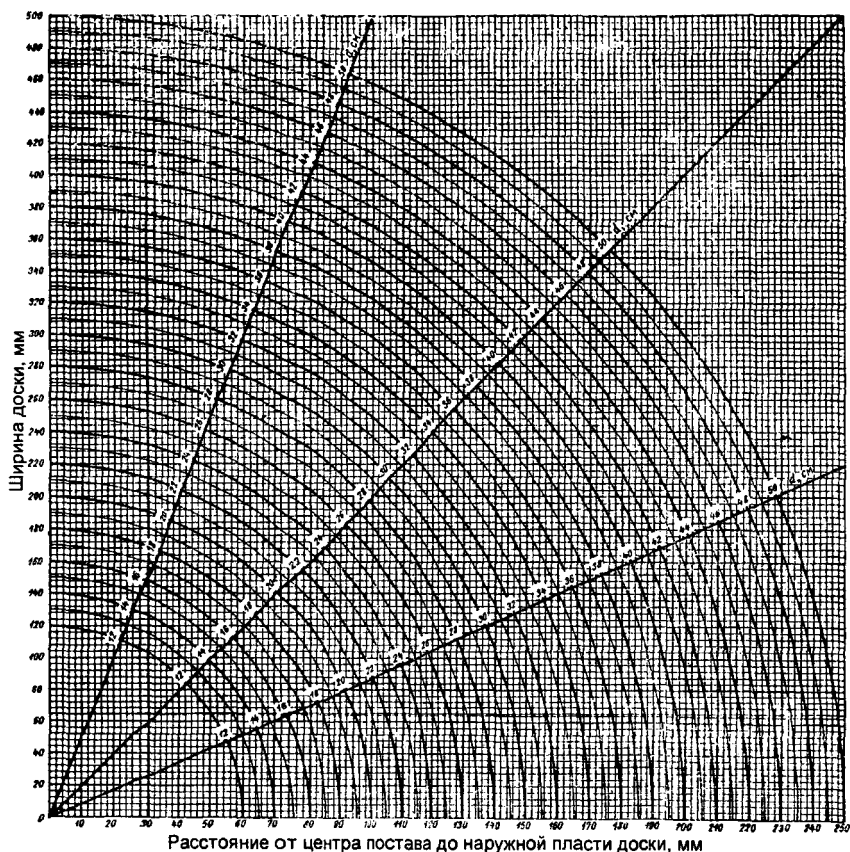


Рис. 2.4. График-квадрант.

Пример. Проведем расчет по графику-квадранту (см. рис. 2.4) полученных выше оптимальных неполных поставов первого и второго проходов при распиловке с брусочкой пиловочных бревен с теми же размерными параметрами ($d = 26$ см, $L = 6$ м и объем бревна этого диаметра и длины $q = 0,39$ м³).

Расчет постава первого прохода начинаем с определения расхода древесины (мм) на брус:

$$h_{6p} + Y_{6p} = 150 + 3,9 = 153,9.$$

Ввиду того что мы имеем дело с симметричными поставами, расстояние от оси бревна до наружной пласти бруса составит $153,9/2 = 76,95 = 77$ мм, которое и записываем в графу 4 табл. 2.3. Обратим внимание на то, что при проектировании неполных поставов по графикам профессора Н. А. Батина расстояние от центра бревна определяется до внутренней пласти доски, а при расчете поставов по графику-квадранту расстояние от центра бревна определяется до ее наружной пласти. Номинальную толщину первой от центра бревна боковой доски $a_2 = 25$ мм записываем в графу 1 табл. 2.3, а в графу 2 — число этих досок в поставе первого прохода — 2 шт. Определяем расход древесины (мм) на доску a_2 :

$$a_2 + Y_2 = 25 + 0,8 = 25,8.$$

Заносим это значение в графу 3 табл. 2.3 и т. д. Рассчитываем расстояние (мм) от оси бревна до наружной пласти этой доски:

$$1/2(h_{6p} + Y_{6p}) + S + a_2 + Y_2 = 77 + 3,6 + 25 + 0,8 = 106,4.$$

Откладываем это расстояние от центра постава на графике-квадранте (см. рис. 2.4) и проводим вертикальную линию до пересечения с заданным вершинным диаметром бревна, в данном случае $d = 26$ см. График построен в прямоугольных координатах. На оси абсцисс — расстояние от центра постава до наружной пласти доски в миллиметрах. На оси ординат — ширина обрешной доски в миллиметрах. Проектируя точку пересечения диаметра бревна с вертикальной линией, характеризующей расстояние от оси бревна до наружной пласти доски, на ось ординат, находим расчетную ширину доски ≈ 148 мм. Учитывая, что небольшой обзол ($\sim 1/5$ длины) допускается даже в досках высших сортов, принимаем стандартную ширину доски толщиной 25 мм равную 150 мм.

Определяем расход древесины (мм) на боковую доску толщиной 19 мм:

$$a_1 + Y_1 = 19 + 0,6 = 19,6.$$

Все эти и другие данные последовательно записываем в табл. 2.3. Рассчитываем расстояние (мм) от оси бревна до наружной пласти этой доски:

$$\begin{aligned} & 1/2(h_{6p} + Y_{6p}) + S + a_2 + Y_2 + S + a_1 + Y_1 = \\ & = 1/2(150 + 3,9) + 3,6 + 25 + 0,8 + 3,6 + 19 + 0,6 = 129,6. \end{aligned}$$

Ведомость поставок к плану раскроя сырья
($d = 26$ см; $L = 6$ м; $q = 0,39$ м³)

Номинальная толщина доски, мм	Число досок в поставе	Расход древесины на одну доску, мм	Расстояние от оси бревна до наружной пласти доски, мм	Ширина доски, мм		Длина доски, мм	Объем досок, м ³	
				расчетная	стандартная		из одного бревна	общий
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Первый проход 19—25—150—25—19

25	2	153,9	77					
		25,8	106,4	148	150	6	0,045	
19	2	19,6	129,6	—	100	3,75	0,0142	

Второй проход 19—60—75—60—19

75	1	77,3	38,7	—	150	6	0,0675	
60	2	61,8	104,1	—	150	6	0,108	
19	2	19,6	127,3	—	100	4,25	0,0161	
		$OB = \frac{0,2508}{0,39} \cdot 100 = 64,3 \%$						

Допустим, что в соответствии с заданной нам размерной спецификацией пиломатериалов ее ширина должна быть равна 100 мм. Проводим горизонталь от оси ординат из точки, соответствующей ширине доски 100 мм, до пересечения с вертикальной линией, проведенной от оси абсцисс из точки, соответствующей расстоянию от центра поставы до наружной пласти доски толщиной 19 мм, равному 129,6 мм. В точке пересечения этих линий находится диаметр бревна, равный 28 см. Его можно назвать «текущим» — d_T . С его помощью рассчитываем длину (м) боковой укорачиваемой доски:

$$l_{yk} = L - \frac{d_T - d}{\alpha_{сб}} = 6 - \frac{28 - 26}{0,866} = 3,7,$$

где $\alpha_{сб}$ — расчетный сбег бревна (см/м), который определяется в свою очередь по формуле

$$\alpha_{сб} = \frac{dK_c - d}{L} = \frac{26 \cdot 1,2 - 26}{6} = 0,866.$$

Заметим, что произведение $dK_c = D = 26 \cdot 1,2 = 31,2$ см — комлевый диаметр бревна. Мы ведем расчет поставы при выпилке из бревен пиломатериалов по ГОСТ 8486—86 с градацией досок по длине 0,25 м. Поэтому, учитывая возможность небольшого обзола, длину доски толщиной

19 мм и шириной 100 мм принимаем 3,75 м (см. графу 7 в табл. 2.3). После этого определяем объем обрезных досок, выпиленных из бревна на первом проходе: $0,025 \cdot 0,15 \cdot 6 \cdot 2 = 0,045 \text{ м}^3$ и $0,019 \cdot 0,1 \cdot 3,75 \cdot 2 = 0,0142 \text{ м}^3$.

Приступаем к расчету поставы на втором проходе. Номинальная толщина сердцевинной доски 75 мм. Число таких досок в поставе 1. Расход древесины на эту доску с учетом усушки 77,3 мм, расстояние от оси бревна до ее наружной пласти 38,65 мм, т. е. ~38,7 мм. Ширина этой доски равна ширине бруса 150 мм, длина равна длине бревна 6 м и объем составляет $0,075 \cdot 0,15 \cdot 6 = 0,0675 \text{ м}^3$. Расход древесины с учетом усушки на доску толщиной 60 мм равен $60 + 1,8 = 61,8$ мм. Расстояние от оси бревна до наружной пласти этой доски составляет $38,7 + 3,6 + 61,8 = 104,1$ мм. Она находится в пределах пласти бруса, следовательно, ее ширина 150 мм, длина 6 м. Объем этих досок (так как их две) равен $0,06 \cdot 0,15 \cdot 6 \cdot 2 = 0,108 \text{ м}^3$. Расход древесины с учетом усушки на доску толщиной 19 мм равен 19,6 мм. Расстояние от оси бревна до наружной пласти этой доски составляет $104,1 + 3,6 + 19,6 = 127,3$ мм. Аналогично с боковой доской такой же толщины в первом проходе: назначаем ее ширину 100 мм и определяем ее длину по график-у-квадранту. Точка пересечения проекций с осей абсцисс и ординат находится на «текущем» диаметре бревна $d_t = 27,5$ см. Следовательно, ее длина $l_{\text{вк}} = 6 - (27,5 - 26)/0,866 = 4,27$ м. Принимаем ее длину равной 4,25 м. Объем таких досок (их две) равен $0,019 \cdot 0,1 \cdot 4,25 \cdot 2 = 0,0171 \text{ м}^3$.

Сумма объемов всех досок, выпиленных из бревна на первом и втором проходах, $A = 0,045 + 0,0142 + 0,0675 + 0,108 + 0,0161 = 0,2508 \text{ м}^3$. Следовательно, объемный выход пиломатериалов (см. табл. 2.3), %:

$$OB = \frac{A}{q} \cdot 100 = \frac{0,2508}{0,39} \cdot 100 = 64,3.$$

В табл. 2.1 приведено оптимальное число досок в поставе при распиловке бревен с брусковой при выпилке одного бруса. Для ряда случаев даны 2...3 варианта числа досок в поставе. Эти варианты дают почти совпадающие результаты по объемному выходу обрезных пиломатериалов. Однако, пользуясь таблицей для выбора оптимального количества досок в поставе, следует иметь в виду, что постав с большим числом досок дает несколько больший выход, но при получении более тонких досок (особенно крайних). Из боковой зоны бревна выпиляют доски толщиной 16; 19; 22; 25 мм и очень редко большей толщины — только при распиловке крупномерных бревен.

Следует учесть, что ни в один постав, по которому распиливают бревна в один период работы лесопильного потока (цеха), при сортировке досок на одной сортировочной площадке или автоматизированной линии не ставят доски смежных толщин, на-

пример 19 и 22 мм. Иначе не только затрудняется визуальная сортировка досок, но и происходит переход досок из одного размера в другой при определении размеров их поперечных сечений. Поэтому на автоматических линиях для сортировки сырых досок по сечениям предусматривается разделение досок, отличающихся по толщине не менее чем на 5 мм.

Первой задачей при раскросе бревен брусоразвальным методом является определение рациональной толщины (на первом проходе) или высоты (на втором проходе, когда брус уже лежит на пласти) бруса. Толщину бруса берут равной ширине обрезных досок (включая припуски на усушку), получаемых из пласти бруса при его развале на раме второго ряда. На практике при составлении поставов крайние пилы, использующие основную часть бруса при его развале, размещают несколько ближе к центру, чем граница пласти бруса. Это делается для сокращения потерь объемного выхода пиломатериалов от расчетного при распиловке с брусом. Несоблюдение этих условий (расход ширины постава для досок, выпиленных из пласти бруса, меньше пласти в вершинном торце расчетного диаметра на 10...20 мм) вызывает дополнительное снижение объемного выхода пиломатериалов, например при точности сортировки ± 1 см на 1,5...3 % от объема сырья. Теоретически это впервые показал В. А. Залегаллер при помощи графика усредненной высоты пропилов для брусом с разной толщиной бруса.

При выработке обрезных пиломатериалов заданных размеров толщину (высоту) бруса рекомендуется принимать в пределах от 0,6 до 0,8 диаметра бревна ($0,7d \pm 0,1d$). При учете качества бревен профессор П. П. Аксенов рекомендует для увеличения выхода пиломатериалов высших сортов принимать высоту бруса в поставках по развально-брусомому способу ближе к его верхней границе, т.е. к $0,8d$. Объясняется это тем, что по действующим ГОСТам на пиломатериалы допустимый размер сучков зависит от ширины досок — чем она больше, тем больший размер сучков допускается в пиломатериалах высших сортов. Однако учитывая, что размеры сучков, выходящих на поверхность бревен, уменьшаются с приближением к продольной оси, при распиловке сильно сучковатых бревен большая высота бруса может привести к увеличению размеров сучков, выходящих на поверхность досок, а следовательно, к снижению их сортности. Поэтому при распиловке сильно сучковатых бревен лучший сортовой выход пиломатериалов может быть получен из бруса высотой $0,6d$. Очевидно, что учесть эти и другие особенности качества

распиливаемых бревен возможно только при наличии информации о качестве конкретного бревна и нахождении оптимального постава с учетом спецификационных требований к выпиленным пиломатериалам.

В пределах пласти бруса можно ставить доски любой требуемой толщины. При этом выпилка более толстых досок дает лучший выход благодаря уменьшению потерь в опилки и на усушку. Большое значение также имеет число выпиленных сечений досок из зоны пласти бруса. Наиболее целесообразно для уменьшения числа сечений пиломатериалов, выпиленных за расчетные периоды времени, из зоны пласти бруса выпиливать доски только одной толщины.

Следует учитывать, что сердцевина и отлупные трещины в годовых слоях, прилегающих к ней, снижают качество досок. Поэтому зону пониженного качества включают в сердцевинную или центральные доски, ограничивая их наименьшую толщину. В бревнах диаметром 36 см и выше вообще не рекомендуется выпиливать центральные доски, а минимальная толщина сердцевинных досок равна приблизительно 50 мм. Минимальная толщина сердцевинных досок в бревнах диаметром 22...24 см равна 40 мм, диаметром 26...34 см — около 45 мм. Наименьшая толщина центральных досок в бревнах диаметром 18...20 см равна 19 мм, диаметром 22...24 см — около 22...25 мм.

Исследования этого вопроса показывают, что существующее в практике лесопиления предположение о связи величины отлупной трубки с диаметром бревна не подтверждается, так как независимо от последнего размер отлупа изменяется от 8 до 36 мм и включает до 5 годовых слоев. Поэтому основное влияние на минимальную толщину сердцевинных и центральных досок оказывают отклонение сердцевины от центра торца бревна и размер отлупа годовых слоев, прилегающих к сердцевине. С увеличением диаметров сосновых бревен чаще встречаются отлупы годовых слоев, прилегающих к сердцевине. В вершинных бревнах это явление менее выражено, в комлевых (диаметром около 36 см и выше) более заметно. Выбор толщины центральных досок позволяет исключить попадание отлупной трубки более чем в две доски, выпиленные из зоны пласти бруса. Большой же эффект при раскоре бревен с учетом их качества может быть достигнут только при индивидуальном подходе к размерным и качественным особенностям каждого бревна.

Сырье восточных районов страны характеризуется разнообразием пород древесины, широким диапазоном диаметров бревен

и значений их сбега и как следствие весьма существенным удельным весом различных пороков древесины (не только сучков, но и гнили, метиковых трещин и т. п.). С самого начала промышленного лесопиления распиловку бревен в восточных районах производят на среднепросветных и широкопросветных лесопильных рамах в потоках, структура которых практически мало чем отличается от структуры потоков в европейской части страны, где, как правило, из бревна выпиливают только один брус.

Например, при диаметре бревен 40 см и выпилке бруса с минимально рекомендованной шириной, равной $0,6d$, из центральной части бруса (в пределах ширины его пласти) на втором проходе могут быть выпилены доски шириной $40 \cdot 0,6 = 240$ мм, тогда как средняя ширина досок, требуемая спецификациями, составляет около 130...150 мм. Поэтому традиционные рекомендации при распиловке крупномерного сырья с брусом сводились к тому, чтобы выпиливать на первом проходе 2 или 3 бруса с последующей распиловкой их на доски за один или два прохода. Брус распиливали отдельно, по одному, или же сложенными так, как были получены при первом проходе. Для лучшего выделения качественных зон брус средний из трех брусев отделяли и распиливали отдельно. Сумму высот (ширин) всех брусев рекомендовалось брать от $0,6d$ до $0,8d$.

Распиловка крупномерных бревен с одним брусом приводит к появлению глубокого (тонкого) бруса с шириной меньше $0,6d$. Выпиливаемые за этим брусом необрезные доски получают очень широкими и требуют не только обрезки кромок, но и продольного раскроя на несколько обрезных досок заданной ширины. При выпилке широкого бруса выпиливаемые из него широкие обрезные доски требуют продольного раскроя на несколько узких досок.

Раскрой бревен больших диаметров на два бруса рационален только при хорошем качестве сырья. Это по сравнению с выпилкой одного бруса, когда центральные доски не делятся по ширине до сушки, позволяет уменьшить длину годичных слоев в досках, выпиленных из центральной части бревна, и благодаря этому на несколько процентов снизить потери от поперечной покоробленности досок при последующей выработке из них строганых и других изделий.

Известно, что толщина снимаемого слоя древесины T при продольном фрезеровании является функцией шероховатости $Ш$, поперечной покоробленности $П$ и отклонения от номинальных размеров пиломатериалов Δ , т. е. $T = f(Ш; П; \Delta)$. Поэтому

систематическое уменьшение поперечной покоробленности позволяет сэкономить древесину за счет уменьшения припусков при продольном фрезеровании.

Наиболее значительные исследования в области теории раскроя сырья с учетом качественных зон бревен, выработки высококачественных пиломатериалов и заготовок специального назначения из определенных зон бревен были проведены профессорами П. П. Аксеновым, В. Ф. Ветшевой и др. В результате предложены новые методы раскроя сырья с учетом его качества и выдвинута гипотеза об экономической целесообразности сортировки сырья на качественные группы. Однако в связи с особыми трудностями, зависящими в огромной степени от общего уровня организации переработки древесного сырья, отсутствием датчиков качества и другими факторами решение этой проблемы, по существу, находится в начальной стадии.

Даже при специализации по породам и группам диаметров на одном и том же оборудовании лесопильных потоков распиливаются одновременно бревна с довольно широкими отклонениями по диаметру, резко различным сбегом (комлевые, срединные, вершинные) и не рассортированные даже по основным качественным признакам (сильносучковатые, малосучковатые, с гнилями, равными, например, 0,4d, без гнили и т. д.). Теоретически можно допустить, что выходом из этого положения явится предварительная сортировка бревен не только по породам и группам диаметров, но и по месту их вырезки из хлыста, т. е. на комлевые и вершинные бревна. Однако даже эти сортировочные признаки не определяют однозначно ни протяженность бессучковой зоны, ни значение сбегов у целого ряда бревен и другие факторы, влияющие на выбор оптимального способа и схемы их раскроя, не говоря уже о практической невозможности в целом ряде случаев осуществить такую сортировку сырья.

Разнообразие размерных, качественных и физико-механических параметров древесного сырья и требований к пилопродукции приводит к необходимости постоянного совершенствования технологии раскроя пиловочных бревен. Большое значение имеет при этом выбор наиболее рационального способа раскроя пиловочных бревен в зависимости от породы, размеров и качества сырья, назначения пиломатериалов, влияния на качество и время сушки (с точки зрения поперечной покоробленности и других факторов) досок радиальной, тангенциальной и смешанной распиловки, а также объема и технического уровня производства.

2.1.3. Способы раскря пиловочного сырья на пиломатериалы

По числу одновременно работающих в станке (агрегате) пил различают индивидуальный и групповой способы распиловки бревен. Кроме этого, на участках формирования поперечных сечений пиломатериалов может быть выделен также индивидуально-групповой способ раскря бревен.

Индивидуальный способ предусматривает последовательный раскрой — последовательное отпиливание одной пилой от бревна сортиментов (горбылей, досок, брусьев), а групповой — распиловку бревна одновременно несколькими пилами, установленными в соответствии с размерами выпиливаемых пиломатериалов на одном станке или на одной линии. Если на линии (в лесопильном потоке) раскрой бревна осуществляется последовательно с выпилкой на станке с одной пилой крупных элементов бревна (брусьев, сегментов, секторов) с их последующей распиловкой на станке с несколькими пилами, то это индивидуально-групповой (смешанный) способ раскря. При групповом способе следует различать распиловку регулируемыми, т.е. с возможностью изменения постава (схемы раскря) перед каждым распиливаемым бревном, и нерегулируемыми поставами. Возможность распиловки бревен регулирующими поставами на первом проходе заложена в конструкции. Характерным примером распиловки с нерегулируемыми поставами является распиловка бревен на лесопильных рамах.

По направлению пропилов в бревне, а также числу проходов бревна через бревнопильные станки (раньше только через лесопильную раму, а сейчас и через фрезерно-брусующие, ленточнопильные и круглопильные станки) различают распиловку вразвал и с брусовкой. При распиловке вразвал на лесопильной раме бревно сразу распиливается на несколько необрезных досок (рис. 2.5 а). При распиловке развальным способом, например на станках с одной пилой, доски могут выпиливаться из бревна последовательно. При распиловке бревен брусоразвальным способом (с брусовкой) сначала из крайних частей бревна выпиливают необрезные доски, из средней части получают двухкантный брус, из крайних частей которого также выпиливают необрезные доски, а из зоны, ограниченной пластью бруса, — обрезные. При распиловке бревен на лесопильных рамах обычно брусовку бревна (выпилку бруса и необрезных досок) производят на раме первого ряда, а развал бруса — на раме второго ряда (рис. 2.5 б).

Для выработки специальных видов пилопродукции радиальной и тангенциальной распиловки, требующих четкой ориентации пластей досок относительно годичных слоев древесины, применяют секторный (рис. 2.5 в) и сегментный (рис. 2.5 г) способы раскря бревен. Разновидностями последнего являются развально-сегментный способ (рис. 2.5 д) для выработки пилопродукции преимущественно радиальной распиловки и брусово-сегментный — преимущественно для тангенциальной распиловки (рис. 2.5 ж).

Использование в восточных районах страны лесопильных рам в условиях чрезвычайного разнообразия природных условий и при наличии древесины различных пород, размеров и качества вызвало попытки применения комбинированных способов раскря. К ним можно отнести комбинированный развально-сегментный способ распиловки крупномерного лиственничного сырья (рис. 2.5 з), при котором на первом проходе из центральной зоны бревна выпиливают пиломатериалы радиальной распиловки, а из периферийной — два обрезных сегмента и необрезные доски. На втором проходе обрезные сегменты (боковые тонкие двухкантные брусья) распиливают на обрезные радиальные и полурадимальные доски. При этом способе учитывается, что пиломатериалы радиальной и смешанной (полурадимальной) распиловки сушатся практически без брака и требуют вдвое меньше припусков на усушку по сравнению с тангенциальными.

К комбинированным способам раскря также иногда относят брусово-развальную распиловку крупномерных сбежистых бревен, когда из средней части бревна получают длинномерную продукцию брусом способом, а из периферийной зоны — необрезные доски с их последующей переработкой на заготовки, например поперечно-продольным раскром (рис. 2.5 и).

Круговой способ раскря (рис. 2.5 к), применяемый при индивидуальной распиловке (на однопильных станках), характеризуется тем, что бревна после отпила горбыля и одной или нескольких досок или сегмента поворачиваются на тележке (кадетке) на 90° для отпиливания следующей группы досок или, например, сектора и т. д. Этим способом возможен раскром бревна с любым направлением резов. Раскром круговым способом крупномерного бревна для пиломатериалов преимущественно радиальной, полурадимальной распиловки представлен на рис. 2.5 к. Из рисунка видно, что радиальный раскром бревен, вырезка, например, гнили в центре бревна легко осуществляются без предварительной сортировки бревен по размерам и качеству.

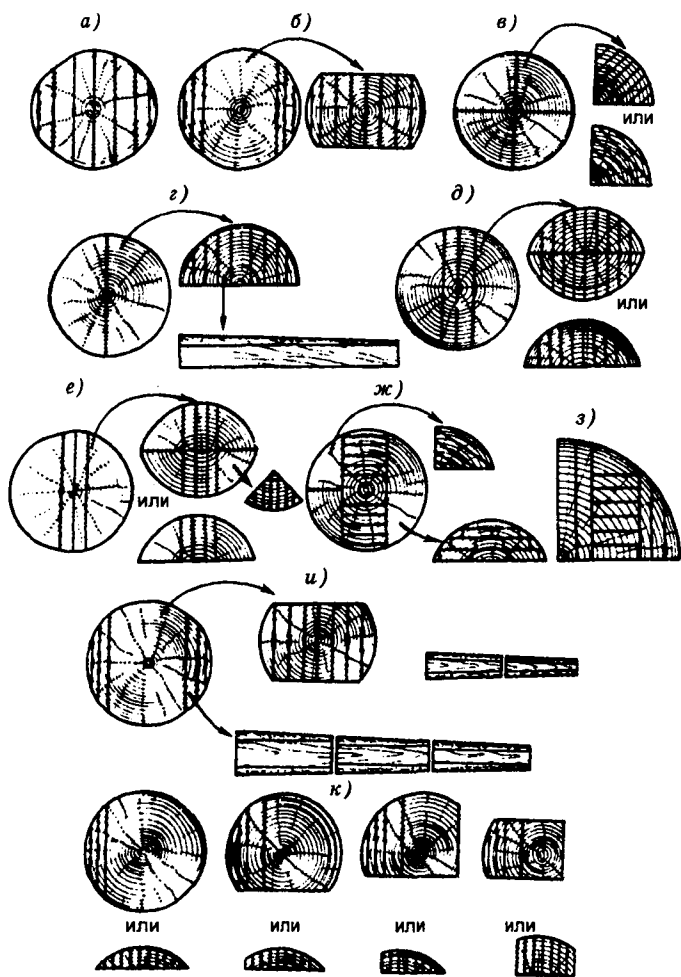


Рис. 2.5. Способы распиловки бревен.

а — вразвал; б — с брусковой; в — секторный; г — сегментный; д — развально-сегментный; е — развально-секторный; ж — брусково-сегментный; з — комбинированный развально-сегментный; и — комбинированный брусково-развальный для крупномерных сбежистых бревен с раскроем необрезных досок на заготовки поперечно-продольным методом параллельно оси или сбегу; к — круговой.

По направлению продольной оси бревна в бревнопильных станках различают распиловку параллельно оси бревна и параллельно образующей (сбегу) бревна. Сравнительно недавно распиловка параллельно образующей производилась только иногда, при индивидуальном способе, когда требовалось получить пило-

материалы с минимальным перерезанием годовых слоев, например при распиловке лыжных березовых кряжей. Как показали наши исследования, объемный выход заготовок при индивидуальном раскрое комлевых бревен бука параллельно образующей увеличивается на 3,5 % по сравнению с раскроем бревен параллельно их оси. Комлевые бревна из бука имеют значительный сбеги. У срединных бревен из бука сбеги незначительны, и их раскрой параллельно образующей нецелесообразен. Сбег у вершинных бревен из бука мал, и их число в общем объеме букового сырья сравнительно невелико.

Качественные зоны буковой древесины отличаются от качественных зон древесины хвойных пород тем, что они, помимо периферийно-заболонной зоны, предназначенной для любых ответственных деталей (преимущественно для гнутья), и внутренней зоны, древесина которой часто не находит применения, имеют среднюю зону в виде кольца ложного ядра. Древесина ложного ядра без признаков гнили по своим физико-механическим свойствам (объемный вес, гигроскопичность, твердость, сопротивление сжатию) в основном не отличается от здоровой. Однако она менее однородна, ее сушка значительно отличается по продолжительности и скорости и даже частичное присутствие ее в заготовках делает их непригодными для гнутья. Распиловка параллельно образующей позволяет более рационально использовать заболонную зону, а также частично исключает перерезание волокон, что благоприятно сказывается на сушке пиломатериалов.

Отсутствие до недавнего времени ЭВМ и специальных технологических программ по расчету поставов, их проектированию, планированию раскроя пиловочного сырья на пиломатериалы, а также ряд других причин привели к тому, что теория раскроя в практике лесопиления широкого использования не получила. Применение разработанных графо-аналитических методов в основном сводится к выполнению следующих правил:

— рекомендуется распиловка пиловочника с брусковкой. Это обеспечивает меньшее варьирование ширины досок, лучшее использование качественных зон бревен и некоторое увеличение объемного выхода пиломатериалов;

— при распиловке с брусковкой наиболее целесообразной толщиной (высотой) бруса является его величина, равная $0,7d \pm \pm 0,1d$;

— почти всегда рекомендуется метод последовательной оптимизации: для первого прохода составляют основной постав из

пифагорической зоны для бруса толщиной $(0,6...0,8)d$, для второго прохода — постав на развал этого бруса. Между тем метод полного перебора вариантов на ЭВМ (см. п. 2.3) показывает, что оптимальная толщина бруса в зависимости от размерной спецификации пиломатериалов может колебаться от $0,5d$ до $0,9d$;

— рекомендуются симметричные поставы. Несимметричные поставы увеличивают число вариантов ширины досок, создают эксцентричную нагрузку на пильные рамки лесопильных рам;

— в центральной части постава рекомендуется устанавливать толстые доски, по краям постава толщина досок уменьшается;

— разница в толщине досок в поставе не должна быть менее $3...5$ мм;

— рекомендуется сортировка пиловочных бревен по четным или группам четных диаметров без учета границ эффективности действия того или иного постава, особенностей формы бревен и др.

2.1.4. Традиционные требования к сортировке бревен и их недостатки

Традиционно толщину (диаметр) бревен при проектировании и расчете поставов, учете их кубатуры и сортировке в нашей стране рассчитывают по среднему вершинному диаметру группы, имеющей границы четного диаметра, т.е. ± 1 см. Расчетный диаметр принимается равным полусумме наибольшего и наименьшего значений вершинного диаметра. Толщина коры при этом не учитывается.

Требования к сортировке бревен по четным диаметрам возникли в нашей стране в 1930-е годы. До этого измерение вершинных диаметров бревен производилось с интервалом 1 см и с округлением «вниз» (с отбрасыванием долей сантиметра), что вызвало уменьшение учетной кубатуры сырья. Поэтому, а также с целью уменьшения затрат труда по подсчету объема бревен и по другим причинам был осуществлен переход на измерение диаметров с градацией через 2 см с округлением на середину. Под округлением подразумевается такой способ, когда доли менее половины принятого интервала между ступенями толщины отбрасываются, а доли, равные половине интервала и более, принимаются за целую ступень. При интервале 2 см ступени толщины равны 14; 16; 18; 20; 22; 24 см и т.д. Поэтому бревна с диаметрами, например, 21; 21,1; 21,2,..., 21,9 см считаются имеющими диаметр 22 см, как и бревна с диаметрами 22,1; 22,2;...; 22,9 см.

Заметим, что при диаметре бревна 21,1 см расчетный диаметр при округлении «вниз» с интервалом 1 см равен 21 см, а с интервалом 2 см — 20 см.

Методы измерения бревен для учета сырья с интервалом 2 см и округлением на середину были использованы при сортировке бревен по четным диаметрам, т.е. перенесены на методы подбора бревен в сортировочные группы (± 1 см). Поэтому все альбомы поставов и таблицы посылок лесопильных рам разработаны применительно к четным диаметрам бревен.

Развитие теории раскроя сырья на пиломатериалы также происходило, как правило, с использованием градации рассматриваемых вершинных диаметров бревен с интервалом 2 см. Поэтому составление (проектирование) и расчет поставов в плане раскроя пиловочного сырья также производят по четным диаметрам бревен.

Вопрос о нерациональности сортировки бревен по четным и группам четных диаметров в отечественной технической литературе поднимался уже давно. Так, В. И. Шибалов еще несколько десятков лет назад отмечал, что потери объемного выхода пиломатериалов для бревен диаметрами 22...30 см при дробности сортировки ± 2 см составляют 2,3...3,3 %, при дробности ± 4 см — 4,6...6,6 %; при дробности ± 6 см — 8,8...11,3 %. Существовали мнения о взаимосвязи сортировки пиловочного сырья с поставами и о том, что переход с градации через 2 см на градацию через 1 см при рассортировке бревен по диаметрам при соответствующем планировании их раскроя экономически оправдан.

В. Е. Житников и С. Г. Нушкарлов (ЦНИИМОД) утверждали, что наиболее рациональная градация при сортировке бревен должна быть $\pm 0,5$ см, что позволило бы улучшить использование сырья, применять поставки с наименьшим количеством сечений и создать лучшие условия для механизации и автоматизации последующей обработки пиломатериалов.

Обратим внимание, что довольно часто смешиваются понятия «дробность сортировки» и «точность измерения вершинных диаметров бревен». Ввиду этого следует учитывать, что в нашей стране действует ГОСТ 21524—76 «Лесоматериалы. Средства для линейных и объемных измерений. Типы и основные параметры. Технические требования». В соответствии с ним при измерении диаметра бревен от 6 до 60 см цена деления и предел погрешности равны ± 2 мм. Такой точности можно достичь только при использовании бесконтактных измерителей толщины.

Каждое лесопильное предприятие, как правило, имеет характерные только для него спецификации пиломатериалов, сырья, условия распиловки, организационные, технологические и технические ограничения. Любое изменение этих условий или ограничений приводит к необходимости проектирования новой системы (мы подчеркиваем — именно всей системы) поставов, так как в противном случае часть поставов перестают быть оптимальными, что приводит к потере выхода пиломатериалов. Об этом следует всегда помнить. Воздействовать на процесс производства пиломатериалов, т. е. осуществлять его регулирование и управление им во времени с технологических позиций, можно именно через поставки.

Исследования и практика лесопиления показывают, что поставки очень редко соответствуют границам того или иного четного диаметра бревен.

На рис. 2.6 представлена гистограмма зависимости объемного выхода пиломатериалов от диаметра бревен при его изменении от 21 до 22,9 см. Принят постав, рекомендуемый для бревна с расчетным диаметром 22 см, длиной 5,7 м из Альбома поставов для распиловки хвойных пиловочных бревен на экспортные пиломатериалы в метрическом измерении: 19—175—19 (первый проход) и 19—19—50—50—19—19 (второй проход). Расчет поставы выполнен с шагом 1 мм на ЭВМ по алгоритму, приведенному ниже (в п. 2.2 на рис. 2.7). Обычно максимум объемного выхода пиломатериалов редко соответствует середине диапазона группы — четному диаметру. В данном случае это имеет место. Из гистограммы видно, что если объемный выход пиломатериалов из бревен расчетного диаметра равен 61,48 %, то его средневзвешенное значение (при равных долях объема бревен каждого диаметра) для принятой группы — 59,84 %, т.е. расчет объемного выхода пиломатериалов по бревнам только расчетного диаметра приводит к его завышению на 1,64 %. С точки зрения выбора рациональных границ сортировочной группы диаметр $d = 22$ см может являться ее началом, но отнюдь не серединой. В этом случае при сдвиге, например, на 1,5 см вправо при прочих равных условиях границы сортировочной группы (от 22 до 23,5 см) средневзвешенное значение объемного выхода пиломатериалов новой группы будет на 0,3 % выше, чем при распиловке бревен диаметром от 21 до 22,9 см.

Другим, даже более важным обстоятельством является переход большинства лесопильных предприятий на выпилку в определенные периоды времени сравнительно небольшого числа

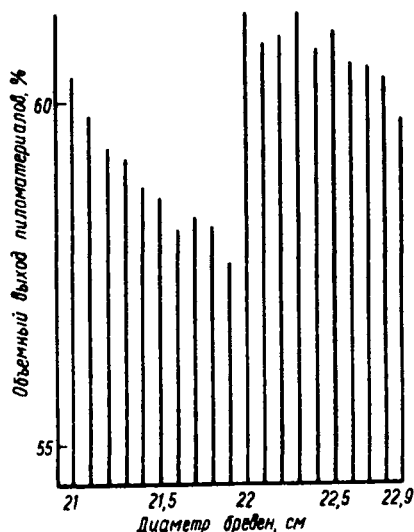


Рис. 2.6. Гистограмма зависимости объемного выхода пиломатериалов от диаметра бревен.

сечений спецификационных пиломатериалов. Это объясняется тем, что пакетная отгрузка пиломатериалов потребовала пережода лесопиления на новую технологию окончательной обработки пиломатериалов с осуществлением сортировки сырых досок по сечениям за лесопильным цехом и сухих досок по сортам и длинам. Внедрение 100 %-й, в основном камерной, сушки пиломатериалов и, что самое важное, высокопроизводительного и дорогого оборудования большой единичной мощности для окончательной торцовки и сортировки досок по сортам и длинам после сушки потребовало в несколько раз уменьшить число выпиливаемых сечений пиломатериалов в течение оперативного периода работы предприятия (месяца, квартала или года). Это объясняется тем, что для эффективной работы линий окончательной обработки пиломатериалов перед ними необходимо иметь партии запуска высушенных досок тех или иных сечений, каждая объемом в несколько сотен кубометров. Поэтому невозможно выпиливать большое число сечений обрабатываемых досок в оперативный период времени работы предприятия из-за ограниченной емкости механизированных складских помещений. Если же пойти по пути уменьшения объемов партий запуска на линии окончательной обработки, то производительность последних резко уменьшится из-за возрастания потерь рабочего времени на

переходы (переналадки линии) с одного сечения на другое. Очень важно, что при этом значительно снижается объем пиломатериалов в пакетах из досок одной длины, выпускаемых с линий.

Поэтому если еще сравнительно недавно выпиливалось по 60 (а иногда и более) сечений пиломатериалов не являлась чем-то исключительным, то в настоящее время лесопильные предприятия в течение года или за оперативный период времени, например квартал, выпиливают не более 12...15 сечений досок, а иногда и меньше, так как в цехах сушки и окончательной обработки создаются хорошие условия при поступлении в них не более 4...6 сечений пиломатериалов.

Если в спецификации пиломатериалов лесопильного предприятия имелось несколько десятков сечений пиломатериалов, то большое рассеивание ширины боковых досок, получаемое в результате довольно грубой сортировки бревен, не приводило к значительному снижению объемного выхода пиломатериалов. Эти доски обрезали на обрезных станках и торцевали с учетом получения максимально возможного выхода спецификационных пиломатериалов, так как большое их разнообразие позволяло это. При выпилке на предприятии ограниченного числа ширин их рассеивание вследствие плохой сортировки сырья приводит к снижению объемного выхода пиломатериалов на несколько процентов.

В балансе сырья небольшую долю (несколько процентов) составляли короткие доски, минимальная длина которых, по ГОСТ 8486—86, равна 1 м. В настоящее время минимальная длина коротких досок в лесопильных потоках с автоматизированными линиями для сортировки сырых пиломатериалов равна 1,8 или 2 м.

Приведенные выше изменения при производстве пиломатериалов потребовали также качественного изменения методов сортировки бревен и составления (проектирования) оптимальных спецификационных поставок с использованием ЭВМ.

Современное развитие электронно-вычислительной техники и методов исследований позволяет подойти к оптимизации как отдельных поставок, так и их систем на качественно новом уровне. Развитие теории и практики раскроя сырья на пиломатериалы происходит с использованием ЭВМ. Еще в конце 1970-х годов нами были разработаны алгоритм и программа для расчета поставок с использованием ЭВМ, которые легли в основу имитационной модели процесса раскроя пиловочного сырья для определения оптимальных границ сортировочных групп пиловочных

бревен. Работы по определению оптимальных пределов классов границ сортировки бревен проводятся также в Финляндии под руководством профессора, доктора А. Усениуса.

В практику лесопиления внедряются датчики, позволяющие измерять «текущие» диаметры бревна по всей его длине с точностью $\pm(1...2)$ мм и шагом размеров, равным нескольким миллиметрам. Поэтому стало возможным осуществить индивидуальный подход к каждому бревну при сортировке с учетом его диаметра, сбега и длины, а также особенностей формы: кривизны, закомелистости и эллиптичности.

В наиболее совершенном типе сортировки бревен по поставкам в контуре системы управления сортировочной линии имеется так называемый тренажер — имитатор распиловки, куда поступает информация от датчиков — измерительных преобразователей о размерах «текущих» диаметров и длине очередного бревна. В результате обработки этой информации определяют значение и особенности сбега бревна, а также его форму. В соответствии с этими данными по специальной технологической программе ЭВМ (УВМ) имитирует распиловку данного бревна. При имитации происходит поочередный перебор всех пиломатериалов. При этом их объемный выход может возрасти на 5 % и более. Это возможно только при включении в контур автоматизированной системы управления системы измерения диаметров хлыстов по всей их длине, определения сбега, кривизны и других дефектов формы.

Изложенное показывает, что наиболее перспективным является решение задач оптимального проектирования поставок и их систем с использованием диалога «человек—ЭВМ». Это позволяет одновременно сопоставлять множество противоречивых вариантов и осуществлять качественно новый способ проектирования поставок, их систем, планирования раскроя сырья и решать ряд других вопросов, от которых зависит определение оптимального числа сортировочных групп бревен и рациональное функционирование процессов сортировки сырья и обработки его во времени.

2.1.5. Задачи, решаемые в области теории раскроя пиловочного сырья с использованием ЭВМ

Развитие теории раскроя пиловочного сырья с использованием ЭВМ позволяет на качественно новом уровне решать следующие задачи:

— проектировать (составлять) максимальные спецификационные поставки, позволяющие получить при раскрое пиловочных бревен максимальным объемный или ценностный выход спецификационных пиломатериалов с учетом их качества;

— составлять планы раскроя пиловочных бревен, т.е. системы поставов, обеспечивающие выполнение заданных спецификаций пиломатериалов из имеющегося или ожидаемого сырья при прогнозируемом объемном или ценностном выходе с учетом качества пиломатериалов;

— определять рациональные способы и схемы раскроя пиловочных бревен на пиломатериалы: вразвал, с брусовой, круговой способ, секторный, сегментный, развально-сегментный и др.;

— определять оптимальные методы сортировки бревен: по четным и группам четных диаметров, по диаметрам (12; 13; 14; 15 см и т. д.), по оптимальным границам сортировочных групп бревен, по качественным признакам и др., по критерию максимального объемного или ценностного выхода пиломатериалов (с учетом их качества), а также приведенного дохода с учетом затрат на капитальные и эксплуатационные расходы;

— прогнозировать объемный выход, посортный состав, а также при необходимости прочностные характеристики пиломатериалов;

— совершенствовать нормирование пороков пиломатериалов;

— определять оптимальные схемы раскроя конкретных хлыстов, бревен, брусьев и досок с учетом их размеров (диаметра, сбега, длины), особенностей формы (кривизны, эллиптичности) и пр.

Максимальные спецификационные поставки проектируют (составляют) на ЭВМ при помощи специальных технологических программ по распиловке бревен определенной толщины (диаметра) на пиломатериалы всех размеров в различных сочетаниях, допускаемых государственными стандартами, техническими условиями или иными требованиями к выпилке. При раскрое бревен такими поставками может быть получен максимально возможный объемный или ценностный выход пиломатериалов. Однако при этом число выпиленных сечений за оперативный период времени может оказаться больше 50, что в условиях специализации лесопильных предприятий, как правило, нерационально. Получаемое в этом случае максимальное значение объемного или ценностного выхода спецификационных пиломатериалов является критерием не только при оценке эффективности тех или иных систем поставов, но и, например, при минимизации числа сечений выпиленных пиломатериалов и проведении целого ряда других исследований. В отличие от традиционного понятия о максимальных поставках, здесь в расчете используются только спецификационные размеры пиломатериалов в соответствии с ГОСТом, ТУ и т.д. Именно поэтому такие поставки и названы максимальными спецификационными.

Следует иметь в виду, что при проектировании максимального спецификационного постава для определенного диаметра бревна объемный или ценностный выход пиломатериалов может значительно изменяться в зависимости от числа толщин, ширин, размеров и вариантов сочетаний. Оптимизация поставов на ЭВМ позволяет свести к минимуму потери объемного или ценностного выхода пиломатериалов при минимизации числа сечений. Исследования показывают, что, например, объемный выход пиломатериалов увеличивается с ростом числа толщин, но практически не зависит от общего числа сечений при их определенном количестве.

К оптимальным относятся спецификационные поставки, обеспечивающие максимально возможный объемный или ценностный выход пиломатериалов при распиловке бревен определенной толщины (диаметра) на пиломатериалы тех сечений, которые предназначены к выпилке в течение определенного оперативного периода времени работы лесопильного предприятия (нескольких недель, дней, месяцев, года). Здесь могут иметь место также ограничения на количество длин вырабатываемых пиломатериалов и др. Оптимальные спецификационные поставки лежат в основе технологической подготовки производства лесопильных предприятий, так как именно их использование приводит к получению максимально возможного объемного или ценностного выхода пиломатериалов из сырья, поступающего на конкретное предприятие, с учетом имеющихся требований и ограничений по количеству выпиливаемых сечений пиломатериалов за определенный период времени работы предприятия и другим показателям. Следует иметь в виду, что при выработке сравнительно небольшого числа сечений, например 12...15, распиловка бревен меньшим числом поставов, например восемь или десятью вместо 40...50, приводит к снижению объемного выхода пиломатериалов на 1...2 %.

При наличии на предприятии бревнопильного оборудования с гибкими (переналаживаемыми перед каждым бревном) поставками выпилка ограниченного числа сечений пиломатериалов за определенный период времени работы предприятия может и должна производиться тем числом поставов, которое дает наибольший объемный или ценностный выход. Это может иметь место и при круглогодичной поставке сырья на предприятие, когда, например, месячный запас пиловочных бревен рационально хранить в уже рассортированном виде. В этом случае может быть большое число сортировочных групп бревен, что позволяет

иметь на 1...2 % больший объемный выход пиломатериалов при раскрое бревен последовательно несколькими десятками поставов и без переналадки поставов перед каждым бревном иметь большую производительность бревнопильных линий за счет увеличения коэффициента использования их машинного времени.

Исторически сложилось, что подавляющее большинство отечественных лесопильных предприятий расположены на берегах рек для обеспечения сезонной водной поставки сырья. Оборудование с гибкими поставами в отечественном лесопилении практически отсутствует. В этих условиях применять большое число поставов, а следовательно, и большое число сортировочных групп бревен в основном затруднительно. Использование ЭВМ при минимизации оптимальных спецификационных поставов позволяет значительно уменьшить потери объемного или ценностного выхода пиломатериалов.

Наиболее важным положением при проектировании поставов на ЭВМ является то, что использование ЭВМ не по специальным технологическим программам с методом полного перебора вариантов (см. п. 2.3), а по существующим методам позволяет лишь повысить производительность вычислений, оставляя выход пиломатериалов и достоверность вычислений на прежнем уровне.

Максимальные и оптимальные спецификационные поставки, при которых может быть получен максимальный или оптимальный объемный выход пиломатериалов, отличаются от таковых же, ориентированных на максимальный или оптимальный ценностный выход пиломатериалов, критерием оптимизации. В первом случае им выступает объем, а во втором — цена пиломатериалов. Показатели качества пиломатериалов, по которым в соответствии с их размерами определяется цена того или иного постава и систем поставов, прогнозируются на основе статистических данных предприятия или параметров статистических распределений характеристик качества сырья определенного места произрастания. При решении проблемы датчиков качества проектирование максимальных спецификационных поставов по критерию ценностного выхода пиломатериалов может осуществляться в процессе сортировки пиловочного сырья или непосредственно перед его раскромом на бревнопильном оборудовании с регулируемыми (гибкими) поставами.

Необходимо учитывать, что современные теория и практика раскроя пиловочного сырья с применением ЭВМ, как правило, базируются не на общих аналитических расчетах и даже не на результатах расчетов по тем или иным оптимизационным моде-

длям без учета конкретно требуемых размеров спецификационных пиломатериалов, так как именно непосредственное использование заданных размеров пиломатериалов в процедуре оптимизации позволяет увеличить их выход на несколько процентов. Именно поэтому в мировой практике лесопиления активно используется технология, подразумевающая индивидуальный подход к раскрою каждого хлыста, бревна, бруса и доски с применением специальных оптимизационных программ на ЭВМ по критерию максимального выхода спецификационных с конкретно заданными размерами пиломатериалов. Иными словами, необходим (и использование ЭВМ со специальными оптимизационными технологически ориентированными программами это позволяет) не просто поиск области оптимизации в том или ином случае при косвенном учете заданных параметров пиломатериалов с последующим округлением до их ближайших спецификационных (стандартных) размеров, а их использование в процедуре оптимизации с самого начала. Иначе мы проведем оптимизацию не по тому критерию.

Ввиду важности этого положения поясним его на следующем примере. Рассмотрим задачу оптимальной обрезки необрезных досок не спецификационных, а максимальных размеров путем вписания прямоугольника максимальной площади в необрезную доску, ограниченную кривыми кромками и торцами. Затем произведем округление до ближайших спецификационных размеров. Однако процедура округления до стандартных (спецификационных) размеров в большую сторону, например увеличение размера по ширине, повлечет за собой уменьшение длины доски. Это требует новых расчетов. Возможен вариант, когда при этом площадь полученной доски будет меньше площади доски с уменьшенной шириной, но увеличенной длиной. Вероятно, процедура округления должна вестись в меньшую сторону. Однако это может привести к значительным потерям объемного выхода.

Пример. Рассмотрим результаты, полученные при обрезке необрезной доски, выпиленной из бревна диаметром 24 см, длиной 6 м и кривизной 1 %, наружная пластъ которой находится на расстоянии 0,9 радиуса от центра бревна. При этом длина доски равна 480 см, ширина 120 мм и площадь 5660 см². При округлении до стандартных размеров с градацией по ширине 25 мм и длине 300 мм получится доска шириной 100 мм, длиной 480 см и площадью 4800 см². В действительности возможно увеличение объемного выхода на 6,25 % при вписании доски шириной 100 мм, длиной 510 см и площадью 5100 см². При этом ориен-

тация необрезной доски может производиться в некоторых случаях не только по оси, но и под некоторым углом.

Таким образом, математический аппарат теории раскроя пиловочного сырья на пиломатериалы главным образом должен использоваться в качестве математического описания в триаде: математическое описание—алгоритм—технологически ориентированная программа.

Вопросы планирования раскроя пиловочного сырья на пиломатериалы являются как бы заключительной стадией теории раскроя. Однако они непосредственно связаны с управлением производством пиломатериалов и поэтому рассматриваются в гл. 5. Там же рассмотрены и вопросы точности выпилки пиломатериалов, так как неучет последних зачастую приводит к уменьшению выхода пиломатериалов на несколько процентов.

2.2. Расчет поставов на ЭВМ

Как известно, основу плана раскроя пиловочного сырья на пиломатериалы составляет система спроектированных и рассчитанных поставов, обеспечивающих выполнение требуемой спецификации пиломатериалов из имеющегося или ожидаемого пиловочного сырья. При отсутствии ЭВМ и специальных технологически ориентированных программ для этих расчетов обычно использовалась имеющаяся на заводе информация по прошлому году (или нескольким годам) о рациональных для той или иной ситуации неполных поставках. Расчет поставов проводился по табличному, графическому или аналитическому методам.

Выполнение этих расчетов на ЭВМ практически невозможно без использования программы расчетов поставов. В комплексной программе планирования раскроя пиловочного сырья она может носить характер программы, определенного блока и др. В программе автоматического составления систем оптимальных поставов именно с ее помощью осуществляется процесс их оптимизации (см. п. 2.3).

Программа расчета поставов предназначена для определения оптимальных ширины и длины боковых досок и объемного выхода пиломатериалов по неполному поставу. Неполный постав несет информацию о высоте бруса, размерах и числе досок, получаемых из пропиленной части бруса, и толщинах боковых досок первого и второго проходов. При распиловке вразвал неполный постав не содержит досок в первом проходе.

Объемный выход (%) определяют как отношение объема V (м^3) всех полученных из бревна пиломатериалов без учета припусков на усушку к объему бревна q :

$$OB = 100V/q.$$

Объем бревна (м^3) определяют по формуле

$$q = (0,87L + 0,01L^2)(d + 0,0001L^2)^2 + 0,00002L^3, \quad (2.1)$$

где d — вершинный диаметр бревна, м; L — длина бревна, м.

Формула интерпретирует таблицы ГОСТ 2708—75.

Размеры пакета досок, вписываемых в пропиленную часть бруса, определяют следующим образом: длина соответствует заданной, принятой длине бревна; высота соответствует ширине бруса (или ширине центральных досок, так как эти размеры идентичны) плюс припуск на усушку, т. е.

$$B = B_{\text{бр}} + S_{B_{\text{бр}}},$$

где B — высота пакета досок, мм; $B_{\text{бр}}$ — ширина бруса и центральных досок, мм; $S_{B_{\text{бр}}}$ — припуск на усушку, соответствующий номинальному размеру $B_{\text{бр}}$, мм. Ширина (мм) пакета досок, вписываемых в пропиленную часть бруса, определяется числом и толщиной центральных досок:

$$H = h_{\text{ц}}(h_{\text{ц}} + S_{h_{\text{ц}}}) + (n_{\text{ц}} - 1)p,$$

где $h_{\text{ц}}$ — толщина центральных досок, мм; $S_{h_{\text{ц}}}$ — припуск на усушку, соответствующий номинальному размеру $h_{\text{ц}}$, мм; $n_{\text{ц}}$ — число досок, вписываемых в пропиленную часть бруса; p — толщина (ширина) пропила, мм.

Пакет досок, вписываемых в пропиленную часть бруса, должен всегда укладываться в вершинный диаметр бревна. Это положение используют при составлении алгоритма (см. рис. 2.7) и программы определения объемного выхода пиломатериалов из бревна с принятым расчетным диаметром.

Для определения длины боковых досок введено понятие «фиктивный» диаметр. Фиктивным называется такой минимальный диаметр, в который вписывается пакет досок, где крайними являются боковые доски, длина которых определяется (рис. 2.8). Расчет фиктивного диаметра (мм) производят по формуле:

$$d_i = \sqrt{b^2 + 4R^2}, \quad (2.2)$$

где b — ширина боковой доски, длина которой определяется, мм; R — расстояние от центра постава до наружной пласти боковой доски, мм.

Длину (м) боковых досок определяют по формуле

$$l = L - (d_i - d)\rho, \quad (2.3)$$

где L — длина бревна, м; d — вершинный диаметр бревна, см; ρ — сбеги бревна, см/м.

Если длина доски равна длине бревна, то $d_i = d$.

По формуле определяют длину чистообрезной доски. Если длина не соответствует стандартной, то округление производят в большую сторону до ближайшего стандартного значения. Здесь учитывается, что по действующим стандартам и техническим условиям небольшой обзол допускается по длине пиломатериала даже высших сортов.

Сбег (см/м) рассчитывается по формуле

$$\rho = (\sqrt{8q/\pi L - d^2} - d) / L. \quad (2.4)$$

На рис. 2.7 представлен алгоритм расчета поставов при распиловке бревен с брусковой (брусово-развальным методом). Реализация этого алгоритма позволяет на базе изложенных выше математических зависимостей оптимизировать объемный выход пиломатериалов при раскрое бревен по заданному неполному поставу. Оптимизация происходит путем нахождения ширины и длины боковых досок, обеспечивающих их максимальный объем, методом последовательного перебора. При определении размеров боковой доски производится последовательный перебор ширин, начиная с минимальной из имеющихся в заданной спецификации сечений. При этом рассчитывается длина доски, вписывающейся в данное место постава, и ее объем. После перебора всех ширин досок, имеющихся в спецификации сечений, выделяются те значения ширины и длины, при которых доска приобретает максимальный объем. Это позволяет оптимизировать объем боковых досок, что практически невозможно сделать при ручных методах расчета поставов. Алгоритм является циклическим, т.е. по окончании расчета постава для начального заданного диаметра значение последнего увеличивается на один шаг (например, на 5 мм), значение которого задается заранее, и расчет продолжается уже для следующего расчетного

диаметр a бревна. Полученная таким образом зависимость максимального объемного выхода пиломатериалов от вершинного диаметра a бревен позволяет не только определить оптимальные границы сортировочной группы бревен, распиливаемых данным поставом, но и проанализировать последний.

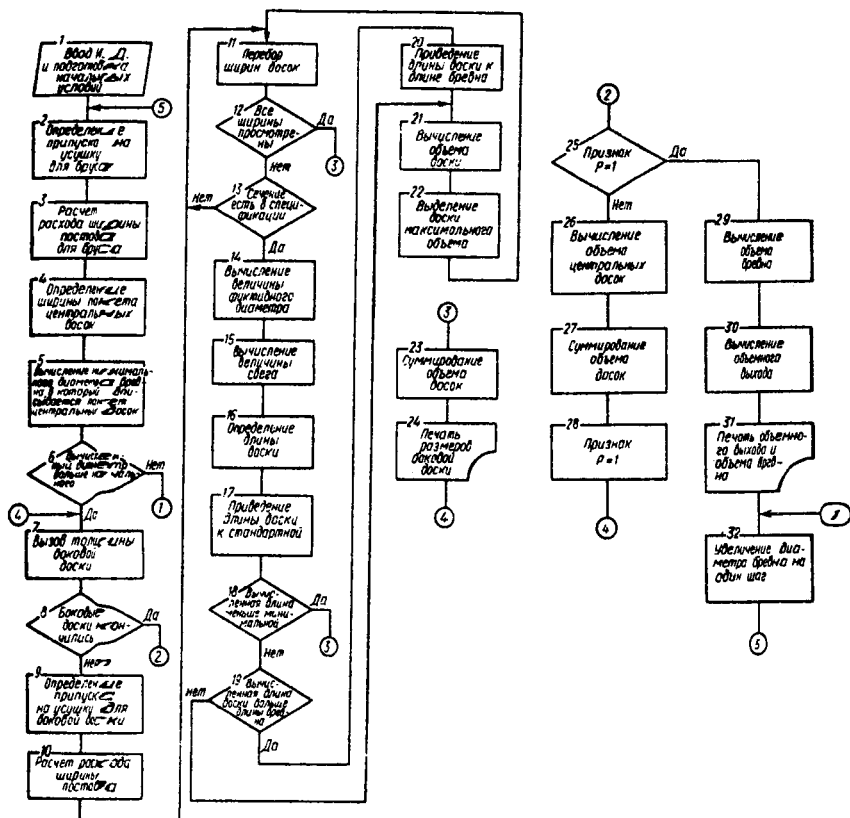


Рис. 2.7. Алгоритм расчета поставов при распиловке с брусковой.

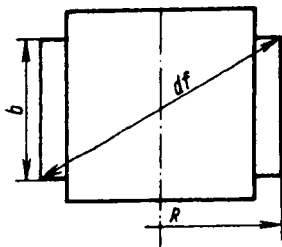


Рис. 2.8. Схема определения фиктивного диаметра бревен.

Естественно, что при расчете поставов, предусматривающих распиловку бревен вразвал, не задают ширину бруса и центральных досок. В остальном определение размерных параметров и вычисление максимального объемного выхода пиломатериалов для случаев распиловки бревен с брусом и вразвал ведется по аналогичным алгоритмам, имеющим различия только в начальной фазе расчета. Алгоритм расчета поставов при распиловке бревен с брусом (см. рис. 2.7) построен таким образом, что при задании диаметра бревна меньше того, в который вписывается пакет досок, получаемый из пропиленной части бруса, вершинный диаметр бревна увеличивается с заданным шагом расчета (например, 5 мм) до тех пор, пока не станет достаточным для вписания пакета досок в пропиленную часть бруса.

Блок 1 обеспечивает ввод исходных данных для расчета поставов. К ним относятся:

- размерная спецификация сечений;
- информация о полупоставе, ширина бруса, толщина досок, вписываемых в пропиленную часть бруса, толщина боковых досок первого и второго проходов по мере их удаления от центра постава;
- начальное значение вершинного диаметра бревен;
- длина бревен;
- число досок, вписываемых в пропиленную часть бруса;
- минимально допустимая длина боковых досок;
- шаг расчета — изменения вершинного диаметра бревна;
- толщина пропила.

Кроме того, блоком 1 подготавливаются начальные условия, необходимые для реализации алгоритма.

После ввода исходных данных и подготовки начальных условий производится анализ возможности вписывания пакета досок в пропиленную часть бруса при заданном начальном значении вершинного диаметра бревна. Обычно расчет начинается при вершинном диаметре бревна 10 см, и программа сама находит вершинный диаметр бревна, в который вписывается пакет досок, размещаемых в пропиленной части. Блоками 1, 2 и 3 определяется ширина (высота) бруса. Ширина пакета досок, вписываемых в пропиленную часть бруса с учетом припусков на усушку и ширины пропилов, находится блоком 4. Рассчитанное в блоке 5 значение диагонали пакета досок, вписываемых в пропиленную часть бруса, анализируется блоком 6.

Если пакет досок не вписывается в начальное значение диаметра, управление передается в блок 32, который увеличивает

начальный диаметр бревна на один шаг. Это повторяется до тех пор, пока расчетный вершинный диаметр не позволит вписать пакет досок в пропиленную часть бруса. Такой анализ позволяет, задавая заведомо малый диаметр бревна и исходя из условия получения чистообрезных досок, вписываемых в пропиленную часть бруса, определить границу существования заданного постава длиной, равной длине бревна.

При соблюдении условия анализа блока 6 производится расчет расхода ширины постава для боковой доски (блоки 7, 9 и 10). При отсутствии в поставе или завершении просчета всех боковых досок соблюдается условие анализа блока 8, и управление передается в блок 25, анализирующий состояние признака номера прохода P . Нулевое состояние признака P означает, что идет просчет первого прохода, единичное — второго. В первом проходе признак $P = 0$, и управление передается в блоки 26 и 27 для вычисления и суммирования объема центральных досок, вписываемых в пропиленную часть бруса, боковых досок первого прохода. Блоком 28 признаку P присваивается единичное значение, после чего производится переход ко второму проходу.

Размеры боковых досок, независимо от номера прохода, рассчитываются по одной схеме. После расчета расхода ширины постава блоком 11 задается минимальная стандартная ширина доски, которая анализируется блоком 13 на соответствие спецификации сечений. Если такого сечения в спецификации нет, то управление передается в блок 11, и так до тех пор, пока не будет найдена минимальная ширина доски, соответствующая спецификации сечений. При этом происходит соблюдение условия анализа блока 13, и управление передается блоку 14. Блоками 14...17 производится определение максимальной длины безобзольной боковой доски, вписывающейся в данное место постава, с последующим приведением вычисленной длины к ближайшей стандартной. Полученная длина доски сравнивается с минимально допустимой. Если не соблюдаются условия анализа блока 18 (длина доски больше или равна минимально допустимой), то управление передается блоку 19. Если длина доски окажется меньше минимально допустимой длины, то это означает, что доска не вписывается в данное место постава и дальнейший перебор ширин нецелесообразен.

В блоке 19 производится анализ длины доски на тот случай, если ее теоретическое значение окажется больше длины бревна. Это объясняется тем, что в данном случае пакет вписывается в диаметр меньше вершинного, т.е. $d_j < d$ и $l > L$.

В случае соблюдения условия анализа блока 19 длина доски блоком 20 приводится к длине бревна. Далее производится расчет объема текущей доски в блоке 21 и выделение блоком 22 доски максимального объема в процессе перебора ширин, после чего перебор ширин блоком 11 продолжается.

Если все ширины пересмотрены, а также в ранее оговоренном случае, когда длина боковой доски становится равной или больше минимально допустимой, управление из блоков 12 или 18 передается в блок 23, суммирующий максимальные объемы боковых досок. Блоком 24 производится печать размеров боковой доски и ее объема, после чего управление снова передается блоку 7 и происходит вызов толщины следующей доски.

По окончании расчета досок второго прохода (условие анализа блока 25 соблюдено) управление передается блоку 29. В блоках 29...31 производятся вычисление объемного выхода пиломатериалов и печать результатов этого расчета. В блоке 32 расчетный диаметр бревна увеличивается на один шаг, после чего реализация алгоритма повторяется. Алгоритм останавливает оператор ЭВМ по выполнении требуемого объема расчетов.

Расчет поставок может осуществляться как по циклическому, так и по нециклическому алгоритму. В первом случае целью работы является увеличение объемного выхода пиломатериалов при оптимизации границ и числа сортировочных групп бревен. Во втором случае производится только расчет заданных к выполнению неполных поставок. Пример распечатки результатов расчета неполного поставка: первый проход 22—22—200—22—22; второй проход 22—22—63—63—63—22—22 для бревен с $d = 30$ см и $L = 5,1$ м приведен в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Распечатка результатов расчета неполного поставка

Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, м	Количество, шт.	Объем, м ³
Брусовые доски				
63	200	5,1	3	0,1927
Боковые доски, первый проход				
22	150	5,1	2	0,0336
22	100	2,7	2	0,0118
Боковые доски, второй проход				
22	150	5,1	2	0,0336
22	100	3,0	2	0,0132

$d_{\text{бр}} = 300$ мм; $L = 5,1$ м; $OB = 65,89$ %.

При необходимости меняют исходные данные: ширину пропила, шаг длины досок, длину бревна, минимальную длину доски, спецификацию сечений пиломатериалов, диаметр бревна, высоту бруса, толщину досок первого прохода, толщину брусковых досок, толщину досок второго прохода, число брусковых досок. Это позволяет проанализировать зависимость объемного выхода пиломатериалов от таких технологических факторов, как ширина пропила, минимальная длина доски, шаг длины досок, длина бревна и пр.

Пример распечатки результатов расчетов по программе циклического алгоритма приведен в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Распечатка результатов расчета по программе циклического алгоритма

Д БР 110 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 18,03 %	БР 0,062 КУБ.М
Д БР 115 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 36,11 %	БР 0,067 КУБ.М
Д БР 120 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 38,74 %	БР 0,073 КУБ.М
Д БР 125 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 40,86 %	БР 0,079 КУБ.М
Д БР 130 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 39,48 %	БР 0,085 КУБ.М
Д БР 135 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 36,75 %	БР 0,091 КУБ.М
Д БР 130 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 34,28 %	БР 0,098 КУБ.М
Д БР 140 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 51,29 %	БР 0,098 КУБ.М
Д БР 145 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 50,47 %	БР 0,104 КУБ.М
Д БР 150 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 48,48 %	БР 0,112 КУБ.М
Д БР 155 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 45,52 %	БР 0,119 КУБ.М
Д БР 160 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 43,34 %	БР 0,126 КУБ.М
Д БР 160 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 52,86 %	БР 0,126 КУБ.М
Д БР 165 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 52,75 %	БР 0,134 КУБ.М
Д БР 170 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 51,65 %	БР 0,142 КУБ.М
Д БР 175 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 53,43 %	БР 0,150 КУБ.М
Д БР 180 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 50,59 %	БР 0,159 КУБ.М
Д БР 185 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 50,33 %	БР 0,167 КУБ.М
Д БР 190 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 48,72 %	БР 0,176 КУБ.М
Д БР 195 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 52,00 %	БР 0,186 КУБ.М
Д БР 200 ММ	Л БР 5,10 М	О.В. 50,85 %	БР 0,195 КУБ.М

Пример расчета оптимальных границ сортировочных групп бревен и зложен в п. 2.5. Обратим внимание, что границы сортировочных групп бревен можно находить при шаге проектирования поставов 1 или 2, или 4 см и др. (см. п. 2.3). Также заметим, что подобные расчеты могут быть выполнены на ЭВМ по специальной технологической программе не только по критерию максимального объемного выхода пиломатериалов, но и по критерию их максимального ценностного выхода.

2.3. Проектирование оптимальных систем поставок с использованием ЭВМ

При расчете плана раскроя сырья под оптимальным поставом традиционно понимают тот, который позволяет получить при заданной размерной спецификации пиломатериалов их наибольший объемный выход из бревна определенных размеров.

Как правило, при проектировании постава на распиловку бревна брусом способом сначала выбирают оптимальный брус, затем последовательно оптимизируют пакеты боковых досок первого и второго проходов. Однако получить оптимальную схему раскроя бревна на пиломатериалы (постав) можно только методом полного перебора всех возможных вариантов раскроя с учетом влияния тех или иных схем раскроя бревен на первом и втором проходах на объемный выход пиломатериалов.

Считалось, что метод полного перебора всех возможных вариантов раскроя бревна на пиломатериалы при заданной размерной спецификации практически нереален на персональных ЭВМ, так как требует очень большого машинного времени. Отсутствовали и разработанные методика, алгоритм и программа для осуществления этого метода. Однако исследования канд. техн. наук Л. И. Шматкова, проведенные под руководством автора, показали, что эти проблемы могут быть решены.

Снижение числа вариантов перебора с целью уменьшения объема вычислений достигается введением ограничений на толщину бруса и чистообрезных (брусовых) досок, получаемых из его пропиленной пласти. Максимальный объем брусовых досок в этом случае получается при условии, что доски имеют длину, равную длине бревна. Поэтому сравнение различных вариантов осуществляется по площади поперечного сечения пакета брусовых досок с учетом припуска на усушку и ширины пропила (рис. 2.9). Из рисунка видно, что пакет брусовых досок вписывается в вершинный диаметр бревна d тогда, когда диагональ пакета меньше или равна d .

Алгоритм расчета оптимальных пакетов брусовых досок представлен на рис. 2.10. Исходными данными здесь являются диаметр бревна и размеры сечений пиломатериалов в соответствии с их спецификацией. Оптимизация осуществляется перебором всех сечений досок с вписанием максимального их числа в пропиленную пласт бруса. Поочередно выбирают все сечения досок. Затем поштучно увеличивают их число в пакете до максимального, при котором данный пакет вписывается в вершинный диаметр бревна.

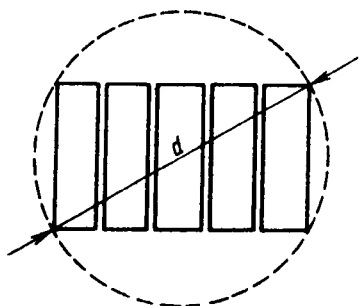


Рис. 2.9. Схема пакета брусовых досок.

Оптимальным является такой пакет, в котором получается максимальный суммарный объем (а при одинаковой длине досок, равной длине бревна, — максимальная суммарная площадь поперечного сечения) брусовых досок.

Блок 1 (см. рис. 2.10) вводит исходные данные — диаметр бревна и спецификацию сечений пиломатериалов. Блок 2 выбирает из спецификации самую тонкую доску, а блок 3 — ее минимальную ширину. Количество досок в пакете вначале принимается равным единице (блок 4). Затем блок 5 рассчитывает диагональ пакета досок по формуле

$$P = \sqrt{[n(a + \Delta Q) + t(n - 1)]^2 + (b + \Delta b)^2},$$

где n — количество брусовых досок в пакете; a — толщина досок, мм; t — ширина пропила, мм; b — ширина досок, мм; Δb — припуск на усушку по ширине досок, мм; ΔQ — припуск на усушку по толщине досок, мм.

Если $P \neq d$ (несоблюдение условия анализа блока 6), управление передается блоку 7, который сравнивает значения P и d по условию $d > P$. Если диагональ P меньше вершинного диаметра d бревна (соблюдение условия анализа блока 7), то к пакету добавляется еще одна доска и управление передается блоку 5. Таким образом, число досок в пакете увеличивается до тех пор, пока диагональ пакета не станет равной диаметру бревна (соблюдение условия анализа блока 6) или больше этого диаметра (несоблюдение условия анализа блока 7). В первом случае управление передается блоку 9, а во втором — число досок в пакете уменьшается блоком 8, после чего управление передается блоку 9. Последний вычисляет площадь поперечного сечения досок без учета припусков на усушку и пропилы. Блоком 10 выделяется мак-

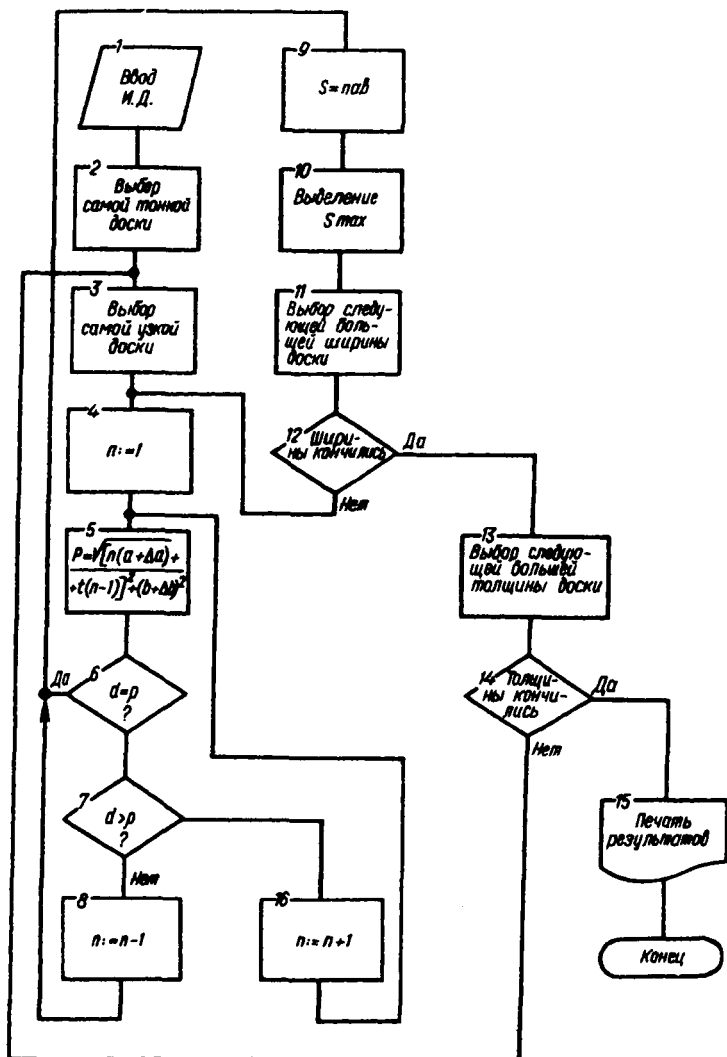


Рис. 2.10. Алгоритм расчета оптимального пакета брусковых досок.

симальное значение вычисленной площади и фиксируются соответствующие параметры пакета. Блоком 11 выбирается следующая большая ширина для доски текущей толщины. Если ширины в спецификации не кончились (несоблюдение условия анализа блока 12), управление передается блоку 4, и цикл повторяется снова. По окончании ширин досок данной толщины (соблюдение

условия анализа блока 12) блоком 13 выбирается следующая бо́льшая толщина из имеющихся в размерной спецификации. Если толщины не кончились (несоблюдение условия анализа блока 14), управление передается блоку 3. Затем цикл вычислений для текущей доски повторяется. По окончании толщин досок, имеющихся в спецификации (соблюдение условия анализа блока 14), цикл вычислений заканчивается. Таким образом осуществляется перебор всех сечений досок, имеющихся в спецификации. Блок 15 печатает параметры оптимального пакета брусковых досок для данного диаметра бревна.

В табл. 2.6 приведены результаты расчетов по определению рядов параметров пакетов брусковых досок, расположенных по мере убывания их объемов (слева направо). Это позволяет определить минимальные толщины брусковых досок, выпиливаемых из бревен различных диаметров, и ограничения на толщины брусков. Иными словами, исходя из данной спецификации сечений пиломатериалов, можно быстро выбрать оптимальные пакеты брусковых досок, т.е. определить толщину бруса, ширину брусковых досок и их количество. Введение этих ограничений позволяет уменьшить объем вычислений при автоматизированном проектировании, а также значительно сократить время неавтоматизированного составления оптимальных поставок.

В качестве исходной при составлении табл. 2.6 была введена спецификация, включающая все основные сечения пиломатериалов по ГОСТ 24454—80. После окончания очередной реализации полученное сечение досок исключалось из спецификации с последующим повторением просчета без смены диаметра бревен. Максимальное количество брусковых досок принято равным семи. Рассматривалась сортировка бревен в плюс от указанных диаметров. Естественно, что аналогичные таблицы могут быть составлены по любым нормативам на сечение пиломатериалов.

Общий принцип проектирования оптимальных поставок методом полного перебора сводится к следующему. В первом проходе перебирают все толщины брусков в соответствии с введенными ограничениями. Для каждой толщины бруса формируют набор (пакет) боковых досок первого прохода. При этом перебирают все возможные комбинации пакетов боковых досок. Для каждой доски в комбинации рассчитывают ее ширину и длину. Объемы полученных досок в каждой комбинации суммируют, а сумму сравнивают с предыдущей. Таким образом для каждой толщины бруса в первом проходе выбирают оптимальный пакет боковых досок. Эта информация накапливается и используется для выбора оптимального поставка.

Таблица 2.6

Оптимальные пакеты брусковых досок (ГОСТ 24454—80)

Диаметр бревна, мм	Толщина × ширина × количество брусковых досок								
120	50×100×1	25×100×2	16×100×3	44×100×2	22×100×2	38×100×1	19×100×2	32×100×1	—
140	44×100×2	38×100×2	19×100×4	75×100×1	25×100×3	22×100×3	32×100×2	16×100×4	63×100×1
160	44×125×2	50×100×2	25×100×4	32×100×3	16×100×6	38×125×2	19×125×4	75×125×1	22×100×4
18С	38×125×3	44×100×3	32×100×4	63×100×2	50×125×2	25×125×4	16×125×6	19×125×5	75×150×1
200	38×150×3	44×125×3	32×125×4	63×125×2	25×125×5	75×100×2	50×150×2	16×150×6	19×150×5
220	38×175×3	44×150×3	22×150×6	35×150×4	63×150×2	75×125×2	50×125×3	25×150×5	19×150×6
240	75×175×2	32×150×5	63×125×3	44×175×3	38×150×4	38×150×4	50×150×3	25×150×6	—
260	75×200×2	63×150×3	32×175×5	22×175×7	38×175×4	44×200×3	50×175×3	25×175×6	—
280	75×225×2	38×175×5	32×200×5	44×175×4	22×200×5	25×175×7	50×200×3	63×225×2	—
300	50×200×4	75×175×3	32×200×6	38×200×5	63×200×3	44×200×4	25×200×7	—	—
320	75×200×3	50×225×4	44×200×5	32×225×5	38×225×5	63×225×3	—	—	—
340	75×225×3	63×200×4	50×250×4	44×225×5	32×250×6	38×250×5	—	—	—
360	63×225×4	75×250×3	50×225×5	44×250×5	32×275×6	38×275×5	—	—	—
380	63×250×4	38×275×6	50×250×5	75×275×3	32×275×7	44×275×5	—	—	—
400	63×275×4	50×275×5	75×225×4	38×250×7	44×250×6	—	—	—	—
420	75×250×4	50×250×6	38×275×7	44×275×6	63×225×5	—	—	—	—
440	75×275×4	50×275×6	63×250×5	44×250×7	—	—	—	—	—
460	63×275×5	44×275×7	75×275×4	50×275×6	—	—	—	—	—
480	50×275×7	75×250×5	63×275×5	—	—	—	—	—	—
500	63×275×6	75×275×5	50×275×7	—	—	—	—	—	—

Во втором проходе формируют пакеты брусковых досок вписыванием их максимального числа в пропиленную пластину бруса. Толщины брусковых досок перебирают поочередно, в соответствии с введенными ограничениями. Для каждой толщины, также с учетом ограничений, перебирают все ширины брусковых досок. Для каждого варианта пакета брусковых досок, как и в первом проходе, выбирают оптимальный пакет боковых досок. Во втором проходе оптимальные пакеты боковых досок определяют для всех допустимых толщин бруса (ширин боковых досок) и всех допустимых толщин брусковых досок. Вводят только ограничения на толщину брусковых досок в соответствии с размерной спецификацией сечений. Кроме того, учитывают, что в ряде случаев уменьшение максимального числа брусковых досок на одну может привести к увеличению объемного выхода.

В результате для каждой из текущих толщин бруса (т. е. ширины брусковых досок) суммируют объемы досок первого и второго проходов, а по суммарному максимальному объему пиломатериалов, получаемых из данного бревна, определяют оптимальный постав. Для расчета объемного выхода пиломатериалов в эту программу включена в качестве подпрограммы программа расчета поставов на ЭВМ.

На рис. 2.11 представлен алгоритм проектирования оптимальных поставов. Блок 1 вводит исходные данные и подготавливает начальные условия. Блок 2 формирует ограничения на толщины и ширины брусковых досок, исключающие расчеты, не ведущие к оптимальному решению. Блок 3 осуществляет перебор ширин брусковых досок для последующего определения оптимального пакета боковых досок. Окончание перебора ширин контролирует блок 4. Если перебор ширин не окончен, блок 5 формирует комбинацию-ограничение боковых досок первого прохода. Это происходит следующим образом: при очередной ширине бруса в первом проходе за ним вписывается самая толстая и узкая доска из спецификации с учетом ограничения по минимальной длине боковых досок, за ней вписывается следующая, и так до заполнения боковой зоны бревна. Таким образом происходит формирование ограничений при переборе вариантов пакетов боковых досок на первом и втором проходах. В последнем случае комбинация-ограничение пристраивается к сформированному пакету брусковых досок.

Блок 6 последовательно формирует варианты пакетов боковых досок. При их окончании управление передается блоком 7 блоку 3, который выбирает следующую ширину брусковых досок

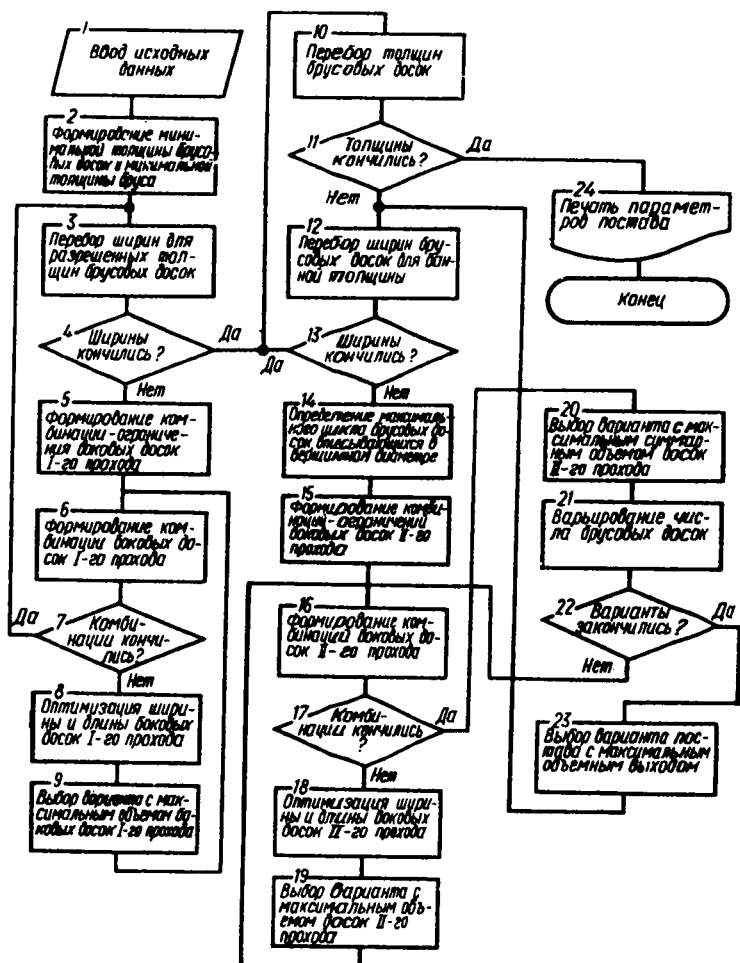


Рис. 2.11. Алгоритм проектирования оптимальных поставов.

(толщину бруса). Блок 8 осуществляет оптимизацию ширины и длины всех досок, входящих в каждую комбинацию. Блок 9 выбирает и фиксирует для каждой толщины бруса (ширины брус-овых досок) вариант комбинации боковых досок с максимальным суммарным объемом. При окончании спецификационных ширин брус-овых досок (условие анализа блока 4) управление передается блоку 10, и начинается формирование схемы раскроя бревна на втором проходе. Перебор толщин брус-овых досок осуществляется блоком 10 с учетом введенных ограничений. Блок 11 контролирует окончание перебора толщин брус-овых досок и, если они

не кончились, блок 12 перебирает их ширины для данной толщины брусковых досок. Контроль осуществляется блоком 13. По окончании перебора ширин управление передается блоку 10 для продолжения перебора толщин брусковых досок.

Блок 14 определяет максимальное число брусковых досок для данного пакета, вписываемого в вершинный диаметр бревна. Далее для него блоками 15...18, как и в первом проходе, выбирается оптимальная комбинация боковых досок второго прохода (блок 19). По окончании комбинаций боковых досок (соблюдение условия анализа блока 17) блок 20 выбирает максимальный вариант для данного пакета брусковых досок. Блок 21 уменьшает максимальное число брусковых досок данного сечения для возможности нахождения варианта комбинации боковых досок, обеспечивающего больший объемный выход. По окончании варьирования числа брусковых досок (соблюдение условия анализа блока 22) блок 23 производит суммирование объема пиломатериалов во втором и первом проходе (в соответствии с толщиной бруса), находит и фиксирует оптимальный вариант. По окончании перебора всех толщин брусковых досок (соблюдение условия анализа блока 11) блоком 24 осуществляются формирование и печать выходных данных — параметров поставы, обеспечивающего оптимальный объемный выход в соответствии с введенными исходными данными и ограничениями.

Поставы можно оптимизировать также и методом последовательной оптимизации. Согласно алгоритму последовательной оптимизации, сначала формируется оптимальный брус (ширина бруса и размеры брусковых досок) аналогично алгоритму на рис. 2.10. Затем последовательно в первом и втором проходах к брусу, параметры которого остаются неизменными, пристраиваются оптимальные пакеты боковых досок при переборе их вариантов аналогично алгоритму на рис. 2.11. Расчет поставов методом последовательной оптимизации на ЭВМ занимает меньше времени, особенно для бревен больших диаметров. Он используется при планировании раскроя при заданных сечениях брусковых досок. Однако следует учитывать, что только методом полного перебора могут быть получены поставки, обеспечивающие максимальный объемный выход спецификационных пиломатериалов.

Принципиальным отличием проектирования поставов на ЭВМ является возможность при их составлении изменять целый ряд параметров пиловочных бревен (диаметр, длину), размерную спецификацию пиломатериалов (размеры поперечных сечений досок, число их толщин и т. д.) и те или иные технологические

ограничения (минимальную длину боковой доски и т. д.), обеспечивая при этом максимально возможный объемный выход пиломатериалов при заданных условиях и ограничениях.

Имитация раскроя сырья на пиломатериалы с использованием ЭВМ позволяет осуществить одновременно и составление (проектирование), и расчет максимальных или оптимальных спецификационных поставов практически с любым шагом расчета, чтобы обеспечить высокий выход пиломатериалов. Она позволяет также перейти к автоматической оптимизации раскроя каждого бревна, а при раскрое хлыстов по критерию максимального объемного выхода пиломатериалов — и хлыста, так как имитационные программы могут быть включены в контур управления бревнопильных линий с гибкими поставами и триммерных линий для раскроя хлыстов.

Спроектированные на ЭВМ по специальной технологической программе методом полного перебора вариантов поставки позволяют:

- увеличить объемный выход спецификационных пиломатериалов на 0,2...2,0 %. При этом на бревнах небольших диаметров (14...16 см) он может быть увеличен на 10...16 %. С увеличением диаметра бревна разница в объемном выходе уменьшается;

- свести к минимуму потери объемного выхода пиломатериалов при увеличении длины боковых досок. Например, при увеличении минимальной длины досок с 1,8 до 2,7 м синтез поставов обеспечивает практически равный выход пиломатериалов. Это позволяет уменьшить общее число выпиливаемых длин и короткомерных пиломатериалов, а также повысить среднюю длину выпиливаемых досок;

- повысить объемный выход пиломатериалов на 0,5...1,5 % при учете влияния сбега, толщины пропила и длины бревен.

Специальным вопросом с точки зрения развития теории раскроя пиловочного сырья является решение задачи рационального раскроя пиловочных бревен неправильной формы. До настоящего времени расчеты при проектировании оптимальных поставов, ориентации бревен, брусьев и необрезных досок основывались на графо-аналитических методах. Это не позволяло производить имитацию их оптимального раскроя с учетом различных вариантов поставов, связанных с геометрической формой бревен, брусьев и необрезных досок и их ориентацией в процессе распиловки и обрезки.

Заметим, что методы пассивного факторного эксперимента (при натуральных производственных экспериментах) не позво-

ляют учесть влияние на объемный выход пиломатериалов всего многообразия факторов, присущих геометрической форме бревен, брусьев и необрезных досок, вариантов их ориентации и особенностей самого раскроя.

Эти вопросы могут быть решены только путем разработки соответствующего математического описания и создания оптимизационных моделей раскроя пиловочного сырья неправильной формы. Исследования, проведенные под руководством автора канд. техн. наук С. Г. Елсаковым, показывают, что, например, каждый вид кривизны бревен при ее определенном коэффициенте K и размере диаметра пиловочника может потребовать проектирования своих оптимальных поставок. Например, при $K = 1\%$ и $L = 5,4$ м объемный выход пиломатериалов различается при оптимальных поставках и оптимальной ориентации для бревен с односторонней и двусторонней кривизной в пределах от 0 до 5 % (в зависимости от диаметра с 12 до 30 см). В зависимости от вида кривизны разница средневзвешенного объемного выхода пиломатериалов при среднем диаметре бревен $d_{cp} = 20$ см составляет 1,4 %, а при $L = 3,9$ м и $K = 1\%$ эта разница равна 1,8 %. При $K = 2\%$ разница в объемном выходе пиломатериалов при различных видах кривизны еще выше. Так, при $L = 5,4$ м и $d_{cp} = 20$ см она равна 2,8 %, а при $L = 3,9$ м — 4,4 %.

Что касается эллиптичности пиловочного сырья, то, по данным профессора Н. П. Анучина, у пиловочника хвойных пород, полученного из нижней и срединной частей ствола, взаимно перпендикулярные диаметры различаются в среднем на 3,1... 3,7 %. Возможна эллиптичность до 6...8 %, но доля таких бревен не превышает 8...10 % от их общего объема. Считается, что эллиптичность влияет на изменение ширины тонких боковых досок и на толщину бруса, и поэтому эллиптичные бревна следует сортировать, считая размер большей оси эллипса за вершинный диаметр, и подавать эллиптическое бревно в распиловку, располагая большую ось эллипса горизонтально. Однако у 75 % бревен большая ось эллипса и плоскость кривизны бревна совпадают. В то же время кривые бревна при распиловке с брусовкой следует подавать, располагая плоскость кривизны по вертикали.

Исследования, проведенные на имитационной модели, показывают, что влияние эллиптичности даже в размере 6 % на выбор толщины бруса и объемный выход пиломатериалов незначительно. В среднем при односторонней кривизне и коэффициенте кривизны $K = 1\%$ оно не превышает 0,4 %.

В настоящее время в отечественной практике лесопиления бревна неправильной формы раскраивают практически теми же системами поставов и ориентируют теми же устройствами, что и бревна, не имеющие кривизны и эллиптичности. Между тем до 30 % пиловочных бревен, поступающих на отечественные предприятия, имеют кривизну до 2 %, что допускается по ГОСТ 9463—88 на лесоматериалы круглых хвойных пород. При среднем диаметре 30 см эллиптичность возможна у 80 % бревен. При этом традиционно считается, что каждый процент кривизны приводит к снижению объемного выхода пиломатериалов на 8...10 %. Из-за неправильной ориентации кривых брусьев и необрезных досок перед раскромом уменьшение выхода пиломатериалов из них может составить несколько процентов. Проанализировать и локализовать это положение можно применением оптимизированных поставов и осуществлением ориентации бревен, брусьев и необрезных досок в оптимальное положение для раскромки с помощью специальных систем типа «Оптилог», «Оптиэджер» и других, оснащенных сканирующими датчиками и включенных в контур управления оборудования для раскромки хлыстов, распиловки бревен, брусьев и обрезки необрезных досок. Мировая практика лесопиления показывает, что использование таких систем может окупить затраты на них за несколько месяцев.

Сортировка бревен с учетом не только вершинных диаметров, но и сбега, и длины позволяет увеличить объемный выход пиломатериалов на 1,5...2,0 %. Однако для бревен неправильной формы следует также учитывать кривизну, форму оси бревна и эллиптичность его сечения.

До недавнего времени описание поверхности хлыстов основывалось преимущественно на моделях их поверхностей круглого сечения без кривизны. В этом случае боковая поверхность хлыста (бревна) представляет собой поверхность вращения, описываемую уравнением $z = f(\sqrt{x^2 + y^2})$, где $z = f(x)$ — уравнение образующей. В качестве таких моделей использовались уравнения кубической параболы, многочлены 4-го порядка и пр. Профессор Н. П. Анучин рассматривал образующие ствола как совокупность фрагментов кривых, описываемых уравнением вида $y = cx^a$, где a и c — параметры, причем a может принимать как целые, так и дробные значения. Профессор В. С. Петровский предложил модель образующей ствола в виде полинома 4-й степени:

$$2x = d_{0,5} [\sqrt{2(1-l/H)} + A(l/H)^4 + B(l/H)^3 + C(l/H)^2 + D(l/H) + E],$$

где $2x$ — диаметр хлыста на высоте l от комля; H — высота хлыста; $d_{0,5}$ — диаметр его на высоте $0,5H$; A, B, C, D — коэффици-

енты, имеющие определенное значение для каждой породы и бонитета древесины.

Эти модели базируются на предположении о стабильности формы древесных стволов. Между тем погрешность расчета текущих диаметров ствола, например, по полиному 4-й степени по сравнению с фактическими замерами составляет до 6...8 %, что приводит к значительным ошибкам при определении раскроя конкретного хлыста и полученных из него бревен по критерию максимального выхода пиломатериалов.

Стремление создать «универсальную форму дерева» и разработка соответствующих моделей стволов с постоянными коэффициентами в определенной степени объясняются отсутствием донедавнего времени систем, позволяющих получить подробную информацию о фактических размерах каждого хлыста. С появлением соответствующих систем датчиков и ЭВМ это положение качественно меняется. Модель поверхности хлыстов и бревен в предположении, что эти тела могут иметь кривизну оси, эллиптичность поперечного сечения, а образующая поверхности может иметь любой вид из представленных выше, предложили профессора А. А. Пижурин и М. С. Розенблит. Модель в поперечном сечении описывается уравнением эллипса

$$[(x - f_1)/a]^2 + [(y - f_2)/b]^2 = 1,$$

где f_1 и f_2 — координаты центра эллипса; a и b — размеры полуосей эллипса. Предполагается, что ось z проходит через центры комлевого и вершинного сечений хлыста и $f_1 = f_1(z)$; $f_2 = f_2(z)$. Также функциями от z являются параметры a и b : $a = a(z)$; $b = b(z)$ и

$$\left(\frac{x - f_1(z)}{a(z)} \right)^2 + \left(\frac{y - f_2(z)}{b(z)} \right)^2 = 1.$$

Это уравнение описывает поверхность хлыста при произвольной форме его осевой линии, задаваемой системой уравнений

$$\begin{cases} X = f_1(z) \\ Y = f_2(z) \end{cases}$$

при общем виде горизонтальной и вертикальной «образующих» хлыста и в предположении, что его сечение имеет форму эллипса. Ось хлыста может быть представлена уравнением деформи-

рованной синусоиды, а бревна — полиномами второго и третьего порядков.

Однако, согласно исследованиям авторов модели, представление образующих поверхностей бревен и осевой линии многочленами второго и третьего порядков снижает точность модели на 8 %. При сложной форме оси хлыста или бревна в случае многоэкстремальной кривизны полиномиальная интерполяция будет давать более значительные погрешности в промежутках между узлами (координатами) оси бревна. С увеличением числа узлов погрешность не только не уменьшается, но и начинает расти. Обратим внимание, что в современных системах автоматической оптимизации раскроя хлыстов, бревен, брусьев и необрезных досок шаг по их длине составляет 10...20 мм. Использование при этом кусочной интерполяции (когда его осуществляют по небольшому количеству узловых точек, а затем многочлены объединяют в одну функцию) приводит к разрыву в узлах интерполяции первой производной.

От этих недостатков свободны аппроксимация и интерполяция с помощью сплайн-функций. Сплайн-аппроксимация первого порядка, в сущности, есть кусочно-линейная аппроксимация. Чаще всего применяют сплайн третьего порядка. Сплайн-функцию можно наглядно трактовать как линию, которую образует гибкая линейка, закрепленная в узлах интерполяции.

Проведенные исследования показывают, что при работе автоматизированных управляющих комплексов, позволяющих оптимизировать раскрой хлыстов, бревен, брусьев и необрезных досок с любыми пороками формы, в качестве математического обеспечения наиболее рационально использовать сплайн-функции.

Рассмотрим результаты исследования с применением алгоритма проектирования и расчета оптимального постава и оптимальной ориентации бревна, бруса и необрезных досок неправильной формы (рис. 2.12 и 2.13) изложенного в работе [7] (с. 90).

Результаты машинного эксперимента на имитационной модели представлены в табл. 2.7. В качестве исходных данных использованы система поставов и спецификация сечений пиломатериалов ЛДК-3 (г. Архангельск).

В табл. 2.7 приведен объемный выход пиломатериалов из 6-метровых бревен правильной и неправильной формы при различных способах сортировки, раскроя бревен, брусьев и необрезных досок. Результаты исследований показывают, что разница в объемном выходе пиломатериалов, например, из бревен длиной 5,1 м практически остается на том же уровне, что и для бревен длиной 6 м во всех вариантах их раскроя.

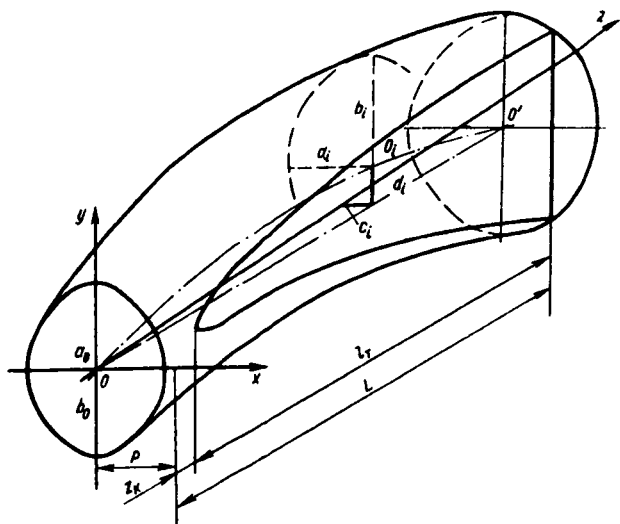


Рис. 2.12. Расчетная схема раскроя и ориентации бревна неправильной формы.

Первый вариант соответствует существующей на предприятии технологии, т.е. бревна неправильной формы сортируют по тем же группам четных диаметров, что и бревна правильной формы, и раскрой производят принятыми для групп четных диаметров поставами. Брусья ориентируют центрирующими устройствами типа ПРДВ-80.

Из данных табл. 2.7 видно, что наибольшее увеличение объемного выхода пиломатериалов — около 4 % (с учетом распределения бревен по диаметрам при среднем диаметре 20 см и статистики распределения бревен по диаметрам в зависимости от размера кривизны) — можно получить при сортировке бревен неправильной формы по оптимальным поставам и осуществлении гибкого первичного базирования бревен, брусьев и необрезных досок перед продольным раскромом. Следует учитывать некоторое увеличение числа сортировочных групп бревен, которое по результатам исследований для условий рассматриваемого предприятия составляет 5...6 дополнительных групп. В связи с этим могут возникнуть ситуации больших временных периодов накопления сырья.

В настоящее время наиболее рационально осуществлять сортировку бревен с учетом всех их геометрических параметров по существующим системам поставок. В этих условиях при наличии гибкого базирования перед продольным раскромом предмета

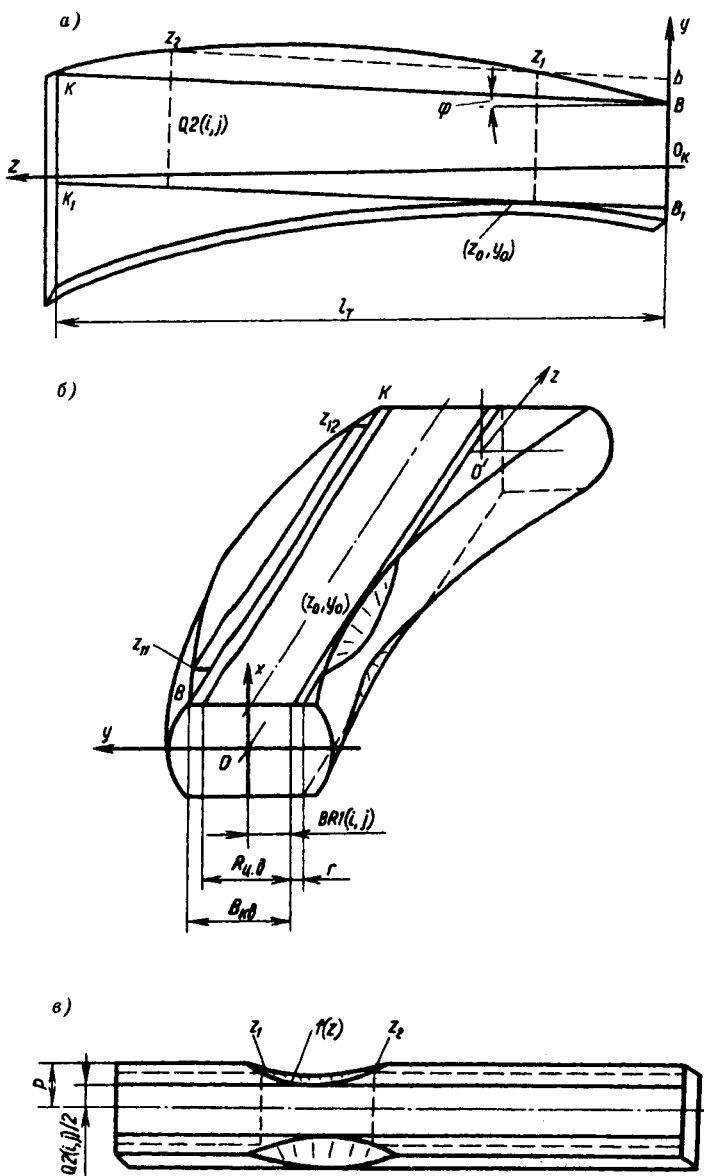


Рис. 2.13. Расчетная схема раскроя и ориентации.

a — необрезная доска неправильной формы, полученная на первом проходе;
 $б$ — брус неправильной формы; $в$ — доска неправильной формы, полученная на втором проходе.

**Объемный выход пиломатериалов при различных способах сортировки, раскря бревен, брусьев
и необрезных досок**

Варианты технологий сортировки, раскря и ориентации бревен неправильной формы	Коэффициент кривизны, %	Объемный выход (%) пиломатериалов из бревен диаметром, см								
		16	18	20	22	24	26	28	30	32
Сортировка по четным диаметрам, раскря по существующим системам поставов при существующих устройствах первичного базирования	1	43,8	46,8	49,2	49,4	51,6	53,2	53,9	55,5	55,6
	1,5	40,0	43,0	45,4	47,1	48,4	50,0	51,7	53,4	53,2
Сортировка и раскря по оптимальным системам поставов при существующих устройствах первичного базирования	1	43,8	46,8	49,8	51,6	53,5	55,5	55,5	56,4	57,0
	1,5	40,0	45,0	45,4	47,1	50,3	51,9	52,5	53,6	53,5
Сортировка по существующей системе поставов при возможности гибкого первичного базирования брусьев и необрезных досок	1	46,4	50,0	52,4	53,0	54,1	56,7	59,1	58,4	59,1
	1,5	41,4	46,2	46,5	47,8	50,8	54,4	56,0	55,8	55,5
Сортировка и раскря по оптимальным системам поставов при оптимальном первичном базировании бревен, брусьев и необрезных досок	1	48,3	50,7	52,4	53,0	54,6	57,6	59,1	60,2	60,5
	1,5	41,6	46,8	47,3	48,3	50,8	55,0	56,0	57,0	56,0
Сортировка по четным диаметрам и раскря по существующим системам поставов бревен правильной формы	0	53,7	55,4	57,2	59,0	61,9	62,0	63,0	65,0	65,0

Примечание. Эллиптичность сечения равна 3,5 %.

обработки неправильной формы выход пиломатериалов можно увеличить в среднем на 3,2 %. Заметим, что при числе выпиленных сечений спецификационных пиломатериалов свыше 12...14 их объемный выход также увеличивается.

Применение оборудования для гибкого первичного базирования на основе оптимизирующих систем позволяет увеличить объемный выход пиломатериалов не только из сырья неправильной формы, но и из бревен, брусьев и необрезных досок, не имеющих пороков формы. Поэтому первоочередной задачей следует считать разработку и внедрение в отечественном лесопилении систем гибкого базирования с автоматической оптимизацией.

В условиях рыночной экономики большое значение приобретают оптимизация поставок и их систем по критерию не объемного, а ценностного выхода пиломатериалов, и учет себестоимости процессов подготовки пиловочного сырья к обработке, распиловке и др. (см. гл. 5). В связи с этим следует иметь в виду, что при определенных ограничениях (например, размеров брусковых досок) проектировать оптимальные поставки и их системы можно по изложенным выше методическим положениям и программному обеспечению на ЭВМ по ценностному выходу пиломатериалов. Прогноз качества пиломатериалов в этом случае может основываться на их статистических данных, имеющихся на том или ином предприятии, или на параметрах статистических распределений характеристик качества сырья определенного места произрастания. При наличии датчиков качества он может осуществляться как при сортировке, так и перед непосредственной распиловкой пиловочника на бревнопильном оборудовании гибкими поставками. В последнем случае оптимизационные системы встраиваются непосредственно в контур управления этим оборудованием.

Примерно такие же результаты получаются при оптимизации ориентации бревен неправильной формы при их раскрое на современном бревнопильном оборудовании проходного типа (см. ниже рис. 4.3), применении датчиков и систем обработки информации.

2.4. Планирование на ЭВМ раскроя бревен при свободных объемах выпиленных сечений пиломатериалов

На лесопильных предприятиях могут иметь место следующие методы сортировки пиловочника: 1) по диаметрам, 2) по диаметрам и группам диаметров, 3) по четным диаметрам, 4) по

четным и группам четных диаметров, 5) по нечетным диаметрам, 6) по нечетным и группам нечетных диаметров, 7) по оптимальным границам сортировочных групп бревен.

Рассмотреть и проанализировать процесс планирования раскроя пиловочного сырья на пиломатериалы с применением персональной ЭВМ (ПЭВМ) наиболее удобно на примере имитационной модели сортировки и раскроя бревен при заданных числе и границах их сортировочных групп. В этой модели решается задача получения пиломатериалов спецификационных сечений при «свободных» объемах их выпилки.

Программа предназначена для автоматизации расчетов при составлении плана раскроя пиловочного сырья. Программа осуществляет расчет объемного выхода пиломатериалов с шагом диаметра бревен 5 мм в пределах границ использования поставов. При этом накапливается суммарный объем пиломатериалов и определенное количество досок по сечениям. Число бревен в каждом диапазоне диаметров определяется согласно кривой распределения сырья. Расчет ведется на 1000 м³ сырья.

Суть метода состоит в повышении достоверности расчета плана раскроя при расчете поставов с малым шагом по диаметру бревен.

Обратим внимание, что так как программа предназначена для получения пиломатериалов спецификационных сечений при «свободных» объемах их выпилки, перебор массива пиловочных бревен можно начинать с наименьших диаметров.

Следует различать расчеты при проектировании систем поставов, которые проводятся с шагом 1 или 2 см, и расчеты объемного выхода пиломатериалов для заданного постава с шагом диаметра бревен 5 мм. Достаточность расчета объемного выхода пиломатериалов в пределах границ любой сортировочной группы с шагом диаметра бревен 5 мм объясняется целочисленным измерением длин и ширин боковых досок на смежных диаметрах размерных групп бревен. Градация длин досок, например, для экспортных пиломатериалов составляет 0,3 м. Изменение же длины боковых досок на 0,3 м происходит приблизительно через 1,5...2,0 см изменения диаметров бревен. Минимальное изменение ширины досок происходит через 10...15 мм, что соответствует изменению диаметров бревен через 0,5...1,0 см. При необходимости (точность измерения диаметров бревен ± 1 мм и пр.) и достаточном быстродействии ЭВМ расчет объемного выхода для определенных поставов можно производить и с шагом 1 мм, что зачастую и наблюдается в мировой практике лесопиления. В этом случае границы сортировочной группы при сортировке бревен

вен по четным диаметрам, например, для бревен с вершинным диаметром 18 см составляют от 17 до 18,9 см. При шаге расчета объемного выхода пиломатериалов для данного постава 5 мм границы сортировочной группы при тех же условиях составляют от 17 до 18,5 см. Заметим, что и в этом случае обеспечивается охват этой сортировочной группы, так как производится четыре счета для бревен диаметром 17; 17,5; 18; 18,5 см.

Расчеты объемного выхода пиломатериалов для определенных поставов с шагом 5 мм (или 1 мм) проводятся для более достоверного определения их средневзвешенного объемного выхода при имитации раскроя бревен как внутри границ их сортировочных групп, так и по всему диапазону диаметров пиловочника, поступающего в распиловку. Заметим, что при сортировке бревен на автоматизированных линиях с учетом их конкретных диаметров, сбега, длины и особенностей формы (кривизны, эллиптичности и пр.) точность измерения диаметров при расчете поставов должна составлять $\pm(1...2)$ мм. Без получения информации с такой точностью трудно увеличить объемный выход пиломатериалов за счет учета не только конкретных диаметров бревен, но и особенностей их формы. В общем можно считать, что точность сортировки бревен должна быть на порядок выше, чем дробность их сортировки. Например, дробность сортировки бревен по четным диаметрам ± 1 см, а требуемая точность их сортировки ± 1 мм.

Число поставов, как правило, определяет число сортировочных групп бревен. С уменьшением шага расчета диаметров бревен при планировании раскроя сырья возникает вероятность появления поставов, обеспечивающих большой объемный выход пиломатериалов. Однако главным здесь является не максимальное увеличение дробности сортировки бревен через 2; 1; 0,5 см, а учет интенсивности применения поставов и принятие решений по критерию объемного выхода пиломатериалов, принимая во внимание конкретные условия лесопильного предприятия: метод сортировки бревен; число сортировочных карманов на сортирующих линиях; величина рациональной емкости — вместимость складов рассортированного сырья (оперативных запасов бревен), например в зависимости от сезонности его поставки; число поставляемых пород древесины и стадийность сортировки бревен и других факторов.

Использовать на большинстве существующих лесопильных предприятий максимальное и даже большое число поставов невозможно, так как это приведет к резкому увеличению числа

сортировочных групп бревен, необходимой емкости оперативных запасов бревен и к другим последствиям. Поэтому необходимо определить уровень объемного выхода пиломатериалов при различном числе оптимальных спецификационных поставов и в зависимости от перечисленных выше факторов — условий работы предприятия — принимать решения. Так, исследования показывают, что при сортировке и распиловке бревен диаметром от 12 до 32,5 см на пилопродукцию различных толщин (от 2 до 5) и все возможные по ГОСТу ширины досок при шаге расчета 0,5 см получается 36 различных поставов (42 точки расчета на ЭВМ). При увеличении шага расчета до 2 см получается только 9 поставов, т. е. число поставов, а следовательно, и сортировочных групп бревен сокращается в 4 раза. При этом потери объемного выхода пиломатериалов составляют от 0,30 до 1,25 %. Однако следует учитывать, что при сортировке бревен просто по четным диаметрам не под оптимальные поставки, а, например, при визуальном их подборе, объемный выход пиломатериалов может быть уже значительно меньше, например на 5 % и более.

Оптимальное планирование раскроя сырья на пиломатериалы может быть осуществлено только при учете возможности и целесообразности применения на заводе того или иного метода сортировки бревен, числа сортировочных карманов на сортирующих линиях и пр.

Основой для решения этих вопросов является наличие на заводе автоматизированного рабочего места (АРМ) технолога лесопильного производства, оснащенного ПЭВМ со специальными технологическими программами. Это также позволяет значительно повысить эффективность планирования раскроя сырья на предприятии и, как говорилось выше, дает возможность осуществления оптимальной стратегии при выполнении плана.

Например, при сортировке бревен по четным группам четных диаметров число сортировочных групп при средних диаметрах бревен до 22 см включительно может быть принято равным 13 с четными диаметрами: 12, 14, 16, 20, 22, 24, 28, 30...32, 34...36, 38...40, 42 см и более. Число сортировочных групп при средних диаметрах бревен более 22 см может быть принято равным 15 с четными диаметрами: 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30...32, 34...36, 38...40, 42...44, 46...48, 50 см и более.

Технологическая подготовка рассматриваемых процессов начинается с проектирования системы оптимальных поставов на ЭВМ. Затем посредством реализации программы осуществляется

расчет выхода пиломатериалов с шагом диаметра бревен, например, 5 мм в пределах границ использования поставов. При сортировке бревен по четным диаметрам начальной границей использования постава, например, при распиловке бревен сортировочной группы по поставу, соответствующему бревнам диаметром 18 см, должен являться диаметр 17 см и конечной границей — диаметр 18,5 см. Начальной границей использования постава, например, при распиловке сортировочной группы по поставу, соответствующему бревнам диаметром 30...32 см, должен являться диаметр 29 см и конечной границей — диаметр 32,5 см.

Однако начальный диаметр действия постава может не соответствовать нижней допустимой границе его использования. Это при соответствующем выполнении программы может быть отражено на дисплее.

Учитывая, что в большинстве стран с развитым лесопилением осуществляется сортировка бревен только в плюс, следует проводить и в данном случае их сортировку в плюс, т. е. практически по нечетным и группам нечетных диаметров: 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31...33, 35...37, 39...41, 43...45, 47...49, 51 см и более. В этом случае начальной границей использования постава, например, при распиловке сортировочной группы по поставу, соответствующему бревнам диаметром 18 см, является также диаметр 18 см и конечной границей — диаметр 19,5 см, т. е. с диапазоном действия постава с шагом 5 мм: 18; 18,5; 19; 19,5 см. Начальной границей использования постава, например, при распиловке сортировочной группы по поставу, найденному для бревен диаметром 30...32 см, является также диаметр 30 см и конечной границей — диаметр 33,5 см (т. е. проводится 8 счетов с шагом 5 мм для группы нечетных диаметров бревен 31...33 см). Ввиду того что проектирование оптимальных поставов осуществляется с большим шагом, чем производится их расчет по программе на ЭВМ, следует для каждого постава на первом и втором проходах вводить несколько дополнительных пар (при расчете симметричных поставов) крайних боковых досок (пил) согласно заданной спецификации пиломатериалов. Число бревен в каждом диапазоне диаметров внутри границы их сортировочных групп определяется согласно кривой распределения сырья в соответствии со средним диаметром пиловочника с последовательным накоплением суммарного объема пиломатериалов, в результате чего и определяется их средневзвешенный выход при спроектированной системе поставов.

Заметим, что наибольший объемный выход пиломатериалов может быть получен при использовании на бревнопильном обо-

рудовании так называемых гибких поставов, когда имеется возможность раскрыть каждое бревно индивидуально соответствующим ему оптимальным поставом. Например, при шаге изменения диаметров бревен 2 мм на диапазоне диаметров, соответствующем среднему диаметру бревна 21,5 см, мы получаем более 100 частично повторяющихся поставов. После исключения повторов остается 43 постова, дающих с учетом заданной кривой сырья объемный выход пиломатериалов 60 %. Однако, как уже отмечалось, подавляющее количество отечественных заводов имеет водную сезонную поставку сырья, и в промышленности практически отсутствуют бревнопильные линии с гибкими постовами. Поэтому одной из важных задач является минимизация числа сортировочных групп бревен при минимальных потерях объемного выхода пиломатериалов. Исследования показывают, что при минимизации числа поставов, а следовательно, и сортировочных групп бревен их число может быть уменьшено с 43 до 8 (см. приведенный выше пример при среднем диаметре бревен 21,5 см). При этом объемный выход пиломатериалов снижается на 2 %. Однако следует иметь в виду, что без оптимизации раскроя поставов при их минимизации по специальной технологической программе эти потери объемного выхода пиломатериалов могут увеличиться в несколько раз.

2.5. Оптимизация границ и числа сортировочных групп бревен

Одним из методов минимизации числа поставов, а следовательно, и сортировочных групп бревен при минимизации снижения объемного выхода пиломатериалов является сортировка пиловочника по оптимальным границам сортировочных групп бревен, отличающаяся, например, от сортировки бревен по четным диаметрам значением граничных диаметров. В этом случае расчеты могут быть проведены по программе циклического алгоритма. Результаты этих расчетов позволяют определить диапазон эффективного действия того или иного постова по критерию максимально возможного объемного выхода пиломатериалов путем имитации распиловки бревен при шаге изменения вершинного диаметра бревен 5 мм. Напомним, что при выполнении имитационной программы диаметры бревен, в которые не вписывается брус данной высоты, пропускаются, и расчет начинается с ближайшего вершинного диаметра (соответствующего принятому

шагу расчета), в который вписывается данный брус. Таким образом, расчет объемного выхода пиломатериалов начинается с бревен этого вершинного диаметра и ведется в направлении увеличения диаметров распиливаемых бревен. По этим данным строят графики, характеризующие зоны эффективного действия применяемых поставов. Объемный выход пиломатериалов для первого и всех последующих поставов рассчитывается с шагом 5 мм, начиная с вершинных диаметров, в которые вписываются соответствующие им брусья, до момента, когда его уровень (после его увеличения) становится равным объемному выходу пиломатериалов, полученному в начале расчета того или иного постава. Практически при синтезе поставов, например, для четных диаметров бревен (через 2 см) достаточно иметь около четырех точек расчета объемного выхода пиломатериалов (через 5 мм) после того диаметра, для которого определяется оптимальный постав.

Оптимальные границы сортировочных групп бревен находятся в точках пересечения (или наложения по вертикали) кривых, в которых обеспечивается максимальный объемный выход пиломатериалов при переходе от данного постава к другому (рис. 2.14). Число сортировочных групп определяется их границами. На основании полученных данных, числа и границ сортировочных групп бревен по программе составления плана раскроя пиловочного сырья на спецификационные пиломатериалы при свободных объемах их выпилки рассчитывается средневзвешенный объемный выход пиломатериалов. Пример результатов этих расчетов на ЭВМ приведен в табл. 2.8.

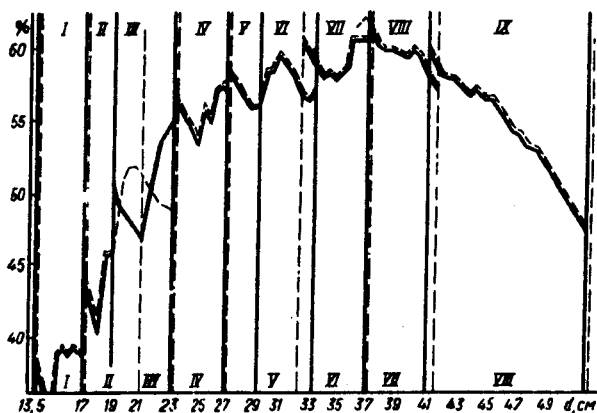


Рис. 2.14. Оптимизация границ сортировочных групп бревен в зависимости от объемного выхода (%) пиломатериалов.

I—IX — группы.

**План раскрытия пиловочного сырья на спецификационные
пиломатериалы**

Сечение, мм	Объем, м³	Количество, шт.	Сечение, мм	Объем, м³	Количество, шт.
19×75	72,9553	1,539E+04	38×125	101,0670	4172
19×100	48,4431	5864	38×175	46,4976	1371
19×125	44,8823	3882	50×125	72,1014	2262
19×150	18,8272	1378	50×150	38,3266	1002
19×175	6,63940	410	63×175	8,8310	157
19×200	5,39904	286	63×200	37,2710	580
38×100	80,6596	4162			

Средневзвешенный объемный выход пиломатериалов 58,19 %.

Представленные в табл. 2.8 результаты планирования раскрытия пиловочных бревен на пиломатериалы могут являться исходными данными для расчета среднесменной фактической производительности линии окончательной обработки пиломатериалов после сушки по их входу (пропуску). Критерием оценки выбираемой системы сортировочных групп бревен служит средневзвешенный объемный выход пиломатериалов. Здесь могут иметь место следующие варианты исследований и анализа полученных результатов:

— определение оптимальных границ и числа сортировочных групп бревен по сравнению с числом сортировочных групп бревен, например, при их сортировке по четным и группам четных диаметров. Проведенные расчеты показывают, что при оптимальных границах сортировочных групп бревен их число даже при большем значении средневзвешенного объемного выхода пиломатериалов может быть уменьшено на несколько групп (например, с 13 до 9). При этом зона действия эффективности того или иного постава может не совпадать с границами сортировочной группы, например, четного диаметра, равного 22 см (21...22,5 см), а быть равной, например, 20...23,5 см, т. е. иметь шаг не только 2 см, а разный — 3,5 см и пр. Именно за счет этого и может происходить минимизация (уменьшение) сортировочных групп бревен без снижения средневзвешенного объемного выхода пиломатериалов, а зачастую и при его некотором увеличении. Заметим, что во всех случаях расчетов внутри групп четных диаметров принимается равномерное распределение бревен;

— может быть поставлена и обратная задача — определение границ сортировочных групп бревен при ограниченном их числе.

Может сложиться такая ситуация, когда сортировочная группа очень мала (например, 0,5 или 1 см). В этом случае решается вопрос: имеет ли смысл некоторое снижение объемного выхода пиломатериалов за счет уменьшения числа сортировочных групп бревен? В примере, представленном на рис. 2.14, могут иметь место два варианта систем размерных групп бревен с их числом 8 или 9. Расчеты средневзвешенного объемного выхода пиломатериалов по первому $Q_{св1}$ и второму $Q_{св2}$ вариантам показывают, что в нашем случае $Q_{св1} = 54,05 \%$ и $Q_{св2} = 55,53 \%$. Следовательно, принимая второй вариант системы размерных групп бревен, мы можем иметь не 9, а 8 размерных сортировочных групп и увеличить расчетный объемный выход пиломатериалов почти на 1,5 %.

При определении оптимальных границ и числа сортировочных групп бревен необходимо также учитывать следующее.

1. Замена одного постава другим может привести к существенному изменению планируемой спецификации пиломатериалов как с точки зрения числа размеров поперечных сечений досок, так и объемов пилопродукции. Поэтому при необходимости эти вопросы также должны быть проверены соответствующими расчетами.

2. Диапазон действия любого постава во многом зависит от числа пар боковых досок (симметричные поставы), которые могут быть выпилены при установке дополнительных пил как на первом, так и на втором проходе. Это может иметь место при использовании лесопильных рам первого и второго ряда и установке за фрезерно-брусующим станком многопильного круглопильного станка на втором проходе. Поэтому в лесопильном цехе требуется проверять возможности обрезки необрезных и торцовки и сортировки обрезных досок, выпиливаемых в единицу времени на бревнопильных станках соответствующими поставами. Эти расчеты необходимо осуществлять в штуках досок в минуту.

Более высокий уровень достоверности расчетов при планировании раскроя пиловочных бревен на пиломатериалы с использованием ЭВМ возможен при имитации раскроя бревен соответствующих диаметров с учетом их длины, когда бревна каждой из двух заданных длин сортируются по оптимальным границам их вершинных диаметров. На предприятие, например, поступает 42,5 % бревен длиной 3,9 м и 57,5 % бревен длиной 6 м. В данном случае находят средневзвешенный объемный выход пиломатериалов при различных системах сортировки и распиловки бревен:

— сортировка и распиловка бревен по нечетным диаметрам, не рассортированных по длинам (средней длиной 5,1 м);

— сортировка и распиловка бревен по нечетным диаметрам, рассортированных по длинам (3,9 и 6 м);

— сортировка и распиловка бревен в соответствии с найденными границами и числом сортировочных групп, не рассортированных по длинам (средней длиной 5,1 м);

— сортировка и распиловка бревен в соответствии с найденными границами и числом сортировочных групп, рассортированных по длинам (3,9 и 6 м).

Затем производят анализ полученных результатов и делают вывод о наиболее рациональной системе сортировки и распиловки бревен. При этом может быть проанализирована также эффективность проектирования системы поставок по максимальной заданной длине бревен (в данном случае 6 м) при различных системах их сортировки и распиловки и пр.

Следует иметь в виду, что иногда лесоэкспортные предприятия применяют так называемый припуск на распиловку. Это объясняется тем, что ГОСТ 26002—83Э предусматривает несимметричные предельные отклонения от номинальных размеров пиломатериалов, например, при их толщине менее 50 мм: +2, -1 мм и при толщине от 50 мм и выше: +3; -2 мм. При хорошем состоянии бревнопильного оборудования, инструментального хозяйства, технологической дисциплины можно производить выпилровку пиломатериалов и в минусовом поле допускаемых отклонений, например при толщине пиломатериалов от 50 мм и выше: ± 1 мм. Естественно, что в этом случае имеется возможность экономии древесины, так как выпиливаемые доски толщиной, например, 48 и 50 мм будут соответствовать требованиям ГОСТа для их номинальной толщины 50 мм при установке в поставе досок с их условной номинальной толщиной 49 мм. Задача это сложная, так как в соответствии с ГОСТ 26002—83Э количество пиломатериалов с максимально допускаемыми отклонениями не должно составлять более 25 % от общего количества пиломатериалов, но при очень хорошей организации работы — выполнимая. Противоположной (негативной) стороной решения этого вопроса является не уменьшение, а увеличение условной номинальной толщины выпиливаемых пиломатериалов, например, толщиной менее 50 мм на 1 мм, более 50 мм на 2 мм, т.е. установка в постав досок, например, вместо номинальной толщины 50 мм с условной номинальной толщиной 52 мм. В результате уменьшение объемного выхода пиломатериалов достигает до 4 %, а иногда и более.

Естественно, что указанные выше особенности проектирования и расчета поставок должны учитываться при планировании раскроя пиловочного сырья на пиломатериалы в условиях конкретного лесопильного завода.

Приведенный выше метод определения оптимальных границ и числа сортировочных групп бревен на основе моделирования раскроя пиловочника на ЭВМ нагляден и используется в практических расчетах в условиях конкретных предприятий. Однако эти расчеты могут быть проведены и по специальной программе, позволяющей выполнять их на ЭВМ в автоматизированном режиме.

Изменение границ сортировочных групп бревен приводит к изменению размеров и числа сечений пиломатериалов, выпиленных из уже рассортированных бревен, поступивших на склад рассортированного сырья. Естественно, что при этом необходимо изменение системы рациональных (оптимальных) поставок, соответствующих оптимальным границам и числу сортировочных групп бревен. Однако потери обычного выхода пиломатериалов в этом случае могут быть локализованы имитацией планирования раскроя бревен в течение оперативного периода времени. Иными словами, бревен соответствующих диаметров может поступать к концу периода их рациональной распиловки минимальное количество.

2.6. Основы оперативного планирования на ЭВМ раскроя бревен при заданных объемах выпиливаемых сечений пиломатериалов

В новых экономических условиях проблема технологической подготовки и оперативного планирования раскроя пиловочника на пиломатериалы выходит на одно из первых мест. Во-первых, они несут функции регулирования производства пиломатериалов заданных размеров, качества, объемов и сроков их выпуска. При этом должны быть обеспечены максимальный выход пиломатериалов, экономия площадей складов рассортированных бревен, рациональная загрузка бревнопильных линий лесопильного цеха и решение целого ряда других вопросов.

Во-вторых, в настоящее время на большинстве лесопильных предприятий имеется значительное количество ПЭВМ, которыми могут быть оснащены АРМы технологов. Это позволяет при-

близить теорию к практике и проводить оптимизацию и регулирование процессов непосредственно в производстве. Однако решение этих вопросов невозможно без создания и использования специализированных технологически ориентированных (прикладных) программ. Иными словами, без создания программно-методического обеспечения невозможно осуществить оперативное планирование раскроя пиловочных бревен, являющейся, по существу, главным механизмом эффективного управления производством пиломатериалов.

Планирование раскроя пиловочника необходимо для выработки пиломатериалов определенных сечений и их объемов, входящих в определенный заказ (стокнот) в течение, например, смены и периода выполнения определенного заказа или в течение года. В первом случае это задача оперативного планирования, в последнем — задача прогнозирования возможности и уровня эффективности выполнения определенной суммы заказов из имеющегося и ожидаемого к поступлению сырья.

Оперативное планирование раскроя пиловочника должно осуществляться в соответствии с ходом производства пиломатериалов, т. е. с учетом динамики производственного процесса.

В настоящее время совершенствование процессов лесопильного производства невозможно без применения современных технологий и оборудования. Однако их эффективное использование осуществимо только при рациональном проектировании процессов и, что особенно важно, глубокой технологической подготовке производства пиломатериалов. Именно она и определяет возможности оперативного планирования и управления процессами.

На рис. 2.15 представлен алгоритм комплексной модели информационно-технологии подготовки и оперативного планирования раскроя пиловочного сырья.

Эта модель предназначена для использования в качестве программно-методического обеспечения на АРМах технологов лесопильного производства и в системах автоматизированного проектирования (САПР) технологии новых лесопильных предприятий и реконструкции существующих.

Комплексная модель включает в себя ряд прикладных программ и подпрограмм. Основными программами являются имитационная программа процессов подготовки и раскроя сырья на пиломатериалы и программа оперативного планирования раскроя сырья на пиломатериалы. Первая программа включает в себя в качестве подпрограмм программы расчета поставок на ПЭВМ и проектирования оптимальных систем поставок на ПЭВМ.

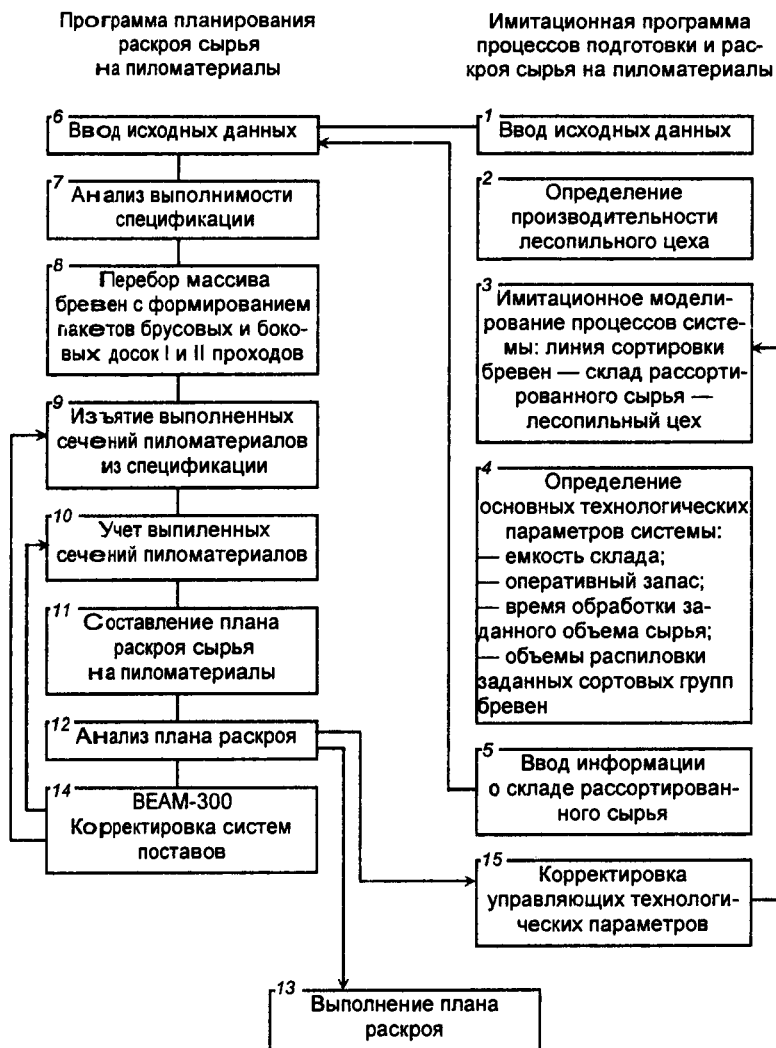


Рис. 2.15. Общий алгоритм комплексной модели оперативного планирования раскря и технологической подготовки сырья к раскряю.

Определение производительности лесопильного цеха (блок 2) осуществляется по нашей методике (см. гл. 8).

Блоками 3 и 4 производится непосредственно имитационное моделирование технологического процесса и определение основных технологических параметров системы линия сортировки бревен—склад рассортированного сырья—лесопильный цех. По-

сле этого в базу данных (блок 5) вводится информация об оставшемся сырье на складе рассортированного сырья и в программу оперативного планирования раскроя сырья на пиломатериалы фактически обработанное сырье по каждой сортировочной группе бревен (кривая сырья, поступившего на распиловку в лесопильный цех).

В блок 6 этой программы вводятся спецификация пиломатериалов с заданными объемами их выпилки, минимальная длина боковых досок, шаг длины досок, требуемая влажность пилопродукции, ширина пропила головного и делительных станков, допускаемая величина перепилов и недопилов в партии пиломатериалов.

Анализ выполнимости спецификации осуществляется в блоке 7 по методу профессора Г. Д. Власова. Далее производится проектирование оптимальных систем поставок для каждой сортировочной группы бревен (блок 8).

По мере имитации распиловки сортировочных групп бревен и выполнения объемов определенных сечений пиломатериалов осуществляется их изъятие из спецификации (блок 9) и занесение информации в блок 10.

Блок 11 формирует план раскроя пиловочных бревен на пиломатериалы, после анализа которого (блок 12) принимается решение о переходе имитации процесса подготовки и раскроя сырья на пиломатериалы на новую итерацию с измененными управляющими технологическими параметрами (блок 13) или к корректировке и формированию новых систем поставок (блок 14) подпрограммой расчета поставок ВЕАМ-300. Если план раскроя допустимо корректен, то происходит переход к блоку 15 для его выполнения.

Общий алгоритм имитационной модели представлен на рис. 2.16. Программа начинается с ввода исходных данных (см. ниже). В блоке 2 осуществляется подготовка исходных данных: расчет объема бревна каждого расчетного диаметра и вычисление по кривой распределения сырья по диаметрам процента бревен с шагом 5 мм (до 1 мм). Для обеспечения распределения сортировочных групп бревен по лесопильным потокам производится расчет производственной мощности лесопильного цеха при равномерной загрузке оборудования (блоки 13, 14, 15), и в блоке 3 определяются граничные диаметры бревен между потоками. В блоке 16 рассчитываются объем сырья (в процентах) на каждый поток и доли сырья (в процентах граничного диаметра), приходящиеся на каждый поток.

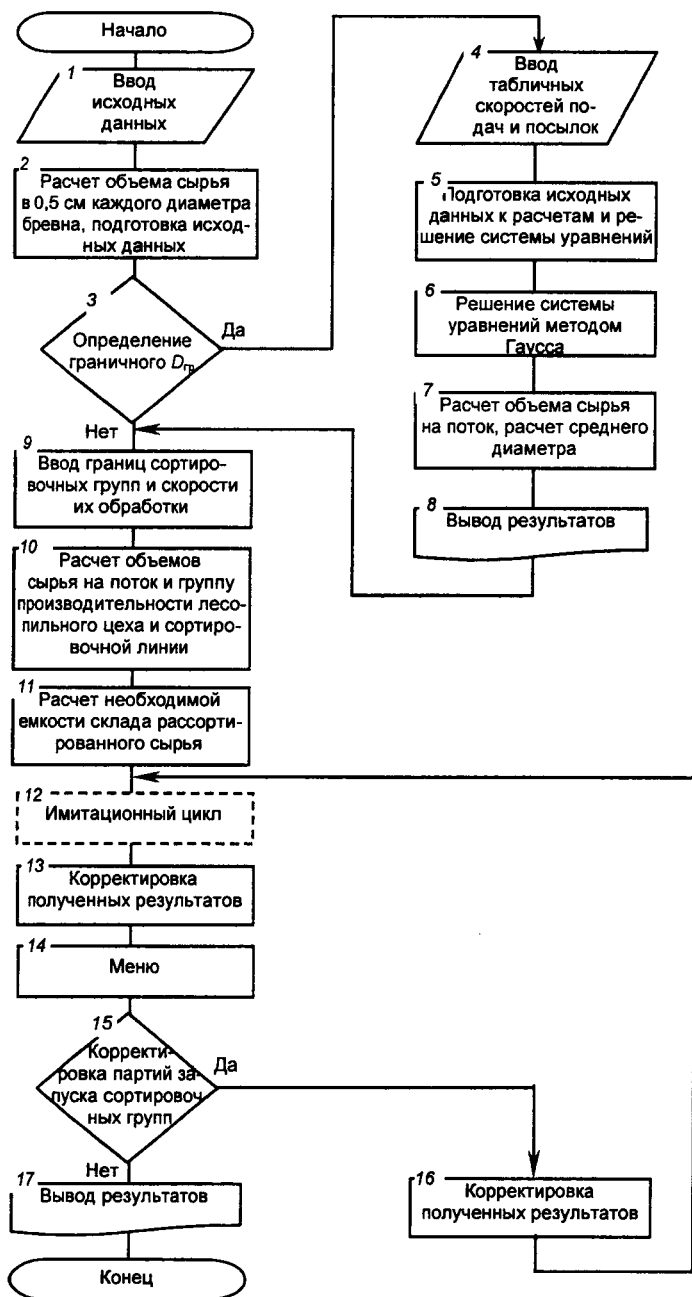


Рис. 2.16. Общий алгоритм имитационной модели.

В Блоке 4 осуществляется ввод границ сортировочных групп бревен с их распределением по бревнопильным потокам и ввод скоростей или (и) посылок лесопильных рам при обработке пиловочника. В блоке 5 рассчитывается производственная мощность лесопильного цеха [7] согласно введенному распределению сортировочных групп бревен по потокам, интенсивности работы линии сортировки бревен, объему сырья в группе и на потоке. В блоке 6 вычисляется необходимая емкость склада рассортированного сырья. Блок 7 обозначен в алгоритме как имитационный цикл. Так как во время имитации принимаются единицы измерения времени в минутах, а объем бревен выражается в штуках бревен, то блоком 8 осуществляется их корректировка для получения выводимых результатов в удобных для пользователя единицах: кубометры бревен, часы, смена, кубометры в смену.

Завершение имитационного цикла производится по заказанному времени имитации или по требуемому объему распиловки бревен с возможностью продолжить имитацию для последующих итераций.

Следующая итерация позволяет произвести повторение имитации, но уже с заполненным складом рассортированных бревен, оставшихся от предыдущей итерации. Практически это временное изменение кривой распределения бревен по диаметрам поступающего в лесопильный цех, но не на линию сортировки пиловочника. Обратим внимание, что при больших партиях перерабатываемого сырья и тех же спецификациях бревен и пиломатериалов повторение итераций значительного влияния на изменение объемов сортировочных групп бревен, распиливаемых в лесопильном цехе, и, следовательно, на выполнение плана раскроя не оказывает. Это происходит потому, что среднегодовая кривая распределения бревен по диаметрам, по которой до сих пор традиционно составляется план раскроя сырья, незначительно отличается от кривой распределения бревен по диаметрам, поступающих со склада рассортированного сырья в лесопильный цех.

При выполнении небольших заказов с часто изменяемой спецификацией пиломатериалов и корректировкой плана раскроя бревен в течение малых промежутков времени повторение итераций оказывает большое влияние на изменение объемов сортировочных групп бревен и выполнение плана раскроя сырья.

В меню (блок 9) имеется позиция «Вывод промежуточных данных», необходимая для проверки правильности введенных

данных. Имеется также позиция-корректировка партий запуска сортировочных групп бревен, осуществляемая через блок 10. Здесь предполагается автоматическая коррекция планируемого периода работы лесопильных потоков, распиливающих соответствующие сортировочные группы бревен, от 0,5 до 2 смен с шагом 0,25 смены в зависимости от интенсивности их накопления (блок 11). Блок 12 осуществляет вывод полученных результатов на печать.

Исходными данными имитационной модели технологической подготовки и раскроя пиловочного сырья в лесопильном цехе являются:

1. Кривая распределения сырья по диаметрам (принимается по учетному сырью на складе или ожидаемому к поступлению)

2. Структура лесопильного цеха (состав бревнопильного оборудования).

3. Интенсивность работы линии (линий) для сортировки бревен.

4. Коэффициент превышения работы линии для сортировки бревен над производительностью лесопильного цеха (корректирующийся технологический параметр — 1,2; 1,4;...2).

5. Средняя длина бревен с минимальным межторцовым разрывом.

6. Коэффициент превышения минимальных партий запуска рассортированных бревен (корректирующийся технологический параметр — 1,2...4).

7. Коэффициент использования (общий и коэффициент технического использования — $K_{\text{тн}}$; коэффициент использования машинного времени — $K_{\text{м}}$ и коэффициент загрузки — $K_{\text{з}}$) для каждого бревнопильного потока.

8. Планируемый период работы лесопильных потоков (корректируемый технологический параметр — 0,5; 1...2 смены).

9. Время имитации работы системы линия сортировки бревен—склад рассортированного сырья—лесопильный цех.

10. Границы сортировочных групп бревен с их распределением по бревнопильным потокам.

11. Посылки лесопильных рам и число оборотов их коленчатого вала, скорости обработки принятых сортировочных групп бревен.

12. Требуемый запланированный объем обрабатываемого сырья.

13. Время имитации работы системы.

Целью имитации на ПЭВМ производственного процесса системы сортировка бревен—склад рассортированного сырья—

лесопильный цех является нахождение основных технологических параметров рационального процесса подготовки сырья к раскрою.

Задачи работы — определение рациональной емкости склада сырья, объемов и времени распиловки заданного объема пиловочника, нахождение кривых распределения бревен по диаметрам, поступающих в лесопильный цех, нахождение коэффициента загрузки лесопильного цеха.

К конечным (выводным) результатам имитационной модели технологической подготовки и раскроя пиловочного сырья в лесопильном цехе относятся следующие данные:

1. Время последнего включения бревнопильных потоков и их простоев за время имитации, начиная с заполнения начальной емкости склада рассортированных бревен (достаточности сырья для включения (начала) работы всех лесопильных потоков на планируемый период их работы).

2. Время простоя линии для сортировки бревен.

3. Необходимая начальная емкость склада рассортированного сырья (см. ниже)

4. Производственная мощность лесопильного цеха при принятых сортировочных группах бревен.

5. Количество обработанного сырья на каждом бревнопильном потоке по принятым сортировочным группам бревен.

6. Количество смен лесопильного цеха, необходимое для распиловки заданного объема сырья.

7. Процентное содержание диаметров бревен, поступающих со склада рассортированного сырья в лесопильный цех.

Имеется возможность повтора имитации после изменения следующих параметров:

1. Кривой распределения бревен по параметрам.

2. Компонировки цеха.

3. Границ сортировочных групп бревен.

4. Режимы имитации.

Введем понятия необходимой и начальной емкости склада рассортированного пиловочного сырья.

Необходимая емкость склада рассортированного сырья — это сумма объемов пиловочных бревен во всех сортировочных группах бревен с учетом коэффициента превышения минимальных партий запуска. Под минимальными партиями запуска подразумеваются объемы каждой сортировочной группы бревен, необходимые для распиловки в течение принятого периода работы лесопильного потока.

Поэтому значение необходимой емкости склада рассортированного сырья выводится сразу при построении графического отображения имитации.

Начальная емкость склада рассортированного сырья определяется только посредством имитации системы сортировка бревен—склад рассортированного сырья—лесопильный цех. Объем сырья в начальной емкости достаточен для начала работы всех потоков в лесопильном цехе одновременно. Это объясняется тем, что имитация упомянутой производственной системы начинается с момента разворота потока, т. е. с момента включения линии сортировки бревен.

Программа предназначена для составления оперативного плана раскроя сырья на пиломатериалы при определенных спецификациях бревен и пиломатериалов в двух режимах: во-первых, с ранее заказанными поставками для каждой сортировочной группы бревен и, во-вторых, с оптимизацией поставок по критерию максимального объемного выхода пиломатериалов для каждой сортировочной группы бревен.

В последнем случае могут быть два варианта.

В первом варианте задаются определенные число и границы сортировочных групп бревен. Для каждой из групп для наименьшего диаметра бревен в группе в соответствии с заданными спецификациями сырья и пиломатериалов автоматически определяется оптимальный постав. Во втором варианте производится минимизация числа сортировочных групп (по выполнению брусковых досок) и определяются их границы, характерные только для данного случая раскроя. В этом случае сначала все поставки выводятся на печать и затем их число уменьшается, так как остаются только поставки с разными брусковыми пакетами досок.

Во всех случаях программой предусматривается автоматический ввод дополнительных боковых пил при появлении в поставках дополнительных тонких досок на первом и втором проходах при увеличении расчетного диаметра бревна в сортировочной группе. Это объясняется тем, что шаг расчета поставок составляет 5 мм.

Расчет оперативного плана раскроя бревен с оптимизацией поставок по критерию максимального объемного выхода пиломатериалов для каждой сортировочной группы. Основной задачей работы программы является расчет на ПЭВМ сравнительного влияния на выполнение оперативного плана раскроя и объемный выход пиломатериалов различных кривых распределения бревен по диаметрам: среднегодовой и бревен, поступающих в лесопильный цех со склада рассортированного сырья за время выполнения оперативного заказа.

Исходные данные программы следующие.

1. Спецификация пиломатериалов и объемы заданных сечений досок.

2. Средняя длина бревна.
3. Шаг длины досок.
4. Минимальная длина боковой доски.
5. Ширина пропила.
6. Объем сырья.

7. Кривые распределения бревен по диаметрам: среднегодовая, соответствующая среднему диаметру перерабатываемых в течение года бревен, и процентное содержание диаметров бревен, поступающих в лесопильный цех за время выполнения оперативного заказа.

8. Начальный и конечный диаметры бревен, например, по четным и группам четных диаметров с максимального вершинного диаметра в кривой сырья.

Расчет оперативного плана раскроя бревен с заказанными (определенными) поставками для каждой сортировочной группы. В данном случае производится расчет оперативного плана раскроя при выполнении заданной спецификации пиломатериалов (при определенных сечениях досок и их объемах) и заданном числе сортировочных групп бревен (определенном количестве карманов на линии сортировки бревен, не считая резервных). Задачей работы является составление рациональных поставок при этих условиях для получения максимально возможного средневзвешенного объемного выхода с минимальным процентом перепилов и недопилов пиломатериалов.

Перед работой с программой производится расчет поставок с их распределением по сортировочным группам бревен. Программа осуществляет оптимизацию поставок по критерию максимального объемного выхода пиломатериалов для каждой сортировочной группы бревен. Выбираются те сечения досок, сочетание которых может дать их наибольший объемный выход. В результате некоторые сечения досок могут оказаться невостребованными.

Поэтому система поставок корректируется, и все сечения досок оказываются задействованными. При этом могут быть также скорректированы границы некоторых сортировочных групп бревен.

При получении неудовлетворительного результата (высокий процент недопилов или низкий средневзвешенный объемный выход пиломатериалов) поставки снова корректируются.

Главным результатом, кроме планирования производства пиломатериалов, как оперативного, так и в виде прогноза на один-два года, является эффективный контроль за материальными и финансовыми потоками в реальном времени.

3. ДИНАМИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

3.1. Общие положения информационных технологий лесопиления

В теории производства имеются три взаимосвязанных фактора: труд, капитал и природные ресурсы. В мировом лесопилении именно замещение «дорогого» сырья и «дорогой» рабочей силы привело в условиях конкуренции, без директивных указаний, к широкому внедрению автоматизированных процессов, оборудования и систем управления, позволяющих осуществлять экономию сырья, труда и энергии при оптимальном раскрое и переработке пиловочного сырья на пилопродукцию. Именно экономия сырья, стоимость которого в наших условиях увеличилась на три порядка, а также труда и энергии позволяет окупить в разумные сроки дорогостоящее автоматизированное оборудование и системы управления.

В то же время обеспечить их рациональное использование при наиболее высоких уровнях экономии древесины, труда и энергии невозможно без применения новых информационных технологий. Информационные технологии относятся к классу высоких технологий, представляющих собой сплав науки с инженерным искусством. Они являются одними из самых совершенных технологий.

Проектирование информационных технологий лесопиления нельзя проводить старыми методами, когда принимаемое оборудование зачастую просто располагалось по ходу производственного процесса, без определения рациональных взаимозависимостей его параметров, емкости складов между ними, определения основных технологических параметров системы сортировка бревен—склад рассортированного сырья—переработка бревен на пиломатериалы и других показателей, анализ которых сегодня гарантирует возможность проектирования и «ведения» современных высокоэффективных производств. При этом возникает необходимость пересмотра всей системы учета круглых лесоматериалов, планирования раскроя бревен на пиломатериалы и целого ряда других вопросов.

Типовое проектирование процессов лесопиления, сыгравшее свою положительную роль в определенный период времени,

осуществлялось практически ручными методами расчета, что при современной стоимости древесного сырья, оборудования, систем управления и строительных сооружений приводит к низкой достоверности технологических расчетов и, как следствие, к большим экономическим потерям.

Технологическими основами создания и «ведения» информационных технологий лесопиления являются специальные технологические программы. Именно они лежат в основе создания АРМов технологов лесопильных предприятий, на базе которых отрабатываются САПР технологий лесопиления.

В настоящее время стоит задача вхождения нашей экономики и, в частности, отечественной лесопильной промышленности полноправным членом в мировое хозяйство.

Несмотря на то что заготовки древесины у нас уменьшились по сравнению с 1988 г. более чем в 3 раза, в Федеральной программе развития лесопромышленного комплекса России предусматривается довести выработку пиломатериалов к 2005 г. до 38 млн. м³ в год. Поэтому необходим прорыв отрасли на всех этапах технического перевооружения, так как более половины заготавливаемой древесины перерабатывается на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях. При этом необходим также экономически качественный скачок в производстве пилопродукции, так как в условиях рыночных отношений именно совершенство технологий, оборудования и систем управления определяет уровень конкретной экономики.

Минимизация материальных и энергетических ресурсов требует переработки все большего количества информации. В условиях все возрастающей цены древесины, оборудования, энергии, строительства и труда в целом несоизмеримо возрастает цена ошибки.

Заметим, что сегодня главное богатство любой развитой страны — не нефть или другие полезные ископаемые, не совокупность производств и предприятий и даже не золотой запас, а информационные ресурсы, сосредоточенные на определенных носителях.

Современные информационные технологии требуют развития и обобщения методов научного исследования на базе математического моделирования с циклом вычислительного эксперимента «Объект—модель—алгоритм—программа—ЭВМ (ПЭВМ)—управление объектом».

Значительные вычислительные эксперименты невозможны без информационного обеспечения управляющих ими систем,

банков данных, систем искусственного интеллекта, экспертных систем и так далее.

Применение информационных технологий, базирующихся на современных системах управления с возможностью оптимизации процессов раскря бревен на пиломатериалы, в корне меняет стереотипные представления об уровне автоматизации лесопильных предприятий.

3.2. Основные задачи лесопиления в России

К основным концептуальным положениям (задачам) лесопиления следует отнести следующие.

1. Резко повысить конкурентоспособность пилопродукции и осуществить глубокую переработку древесины с выпуском конструкционных, строганых и клееных пиломатериалов, заготовок и другой пилопродукции.

Современное лесопиление «стоит на трех китах»: откуда и какой получать пиловочник (или хлысты), какую выпускать продукцию (пиломатериалы, заготовки или другие элементы пилопродукции), какие оборудование, технологии и системы управления использовать.

Следует учитывать, что именно экономия сырья позволяет окупить в сравнительно короткие сроки современное оборудование и системы управления.

2. Разработать и внедрить на малых, средних и крупных лесопильных предприятиях информационные технологии лесопиления с набором прикладных программ и банками данных. Информационные технологии (см. п. 3.3) включают в себя все стадии производства, начиная с заказа пилопродукции и оперативного планирования раскря пиловочника при условии наиболее эффективного выполнения заказа и кончая отгрузкой пилопродукции. Их внедрение обеспечивает оптимизацию раскря хлыстов, бревен и досок и позволяет сэкономить до 1/4 части древесного сырья, используемого в традиционных технологиях.

Следует учитывать, что главным двигателем подъема экономики у нас, как и в Западной Германии после Великой Отечественной войны при проведении реформ Эрхарда, является модернизация промышленности на основе новых технологий.

3. Разработать и внедрить специальные технологические (прикладные) программы. Именно такие программы, как оптимизация систем поставок; планирование на ПЭВМ раскря бре-

вен на пиломатериалы; имитация на ПЭВМ производственного процесса сортировка бревен—склад рассортированного сырья—лесопильный цех и другие являются программно-методическим обеспечением АРМов технологов лесопильных предприятий и САПР технологий лесопиления. Без последних практически не могут быть спроектированы лесопильные предприятия с информационными технологиями лесопиления. Американские специалисты считают, что экономическая эффективность от САПР непосредственно в процессе проектирования составляет только 5 %, от экономии при строительстве — 15 % и от функционирования самих спроектированных предприятий — 80 %.

Необходимо философское осмысление таких проблем, как автоматизированное проектирование, автоматизированная подготовка производства пиломатериалов и ряд других, без чего уже не может развиваться методология лесопиления.

Не случайно в США при подготовке инженеров все большее внимание уделяется общефилософским обобщениям, ведущим от «своей» специальности. Следует помнить, что если мы допускаем ошибку, которая может сказаться, например, через 5...6 лет, то она срабатывает как мина замедленного действия. Необходимо учитывать, что в настоящее время резко возрастает роль организационно-технологической подготовки специалистов. Каждый инженер должен быть в какой-то мере менеджером.

Долгое время бытовало мнение, что успех дела решается прежде всего на рабочем месте рамщика, обрезчика, сортировщика досок. На самом деле успех на 85...90 % — это эффективное применение автоматизированных ресурсосберегающих технологий, разработка и применение которых невозможны без творческого вклада высококвалифицированного инженерного корпуса. При этом следует иметь в виду, что ни хозрасчет, ни аренда, ни свободный рынок сами по себе не приведут к росту квалификации работников, широкому использованию достижений НТР. Это вопросы большой государственной важности и долгосрочной политики с преимущественным приоритетом образования, подготовки и использования кадров.

Решение этих вопросов нельзя откладывать, так как, например, в США в настоящее время работников физического труда в материальном производстве не более половины, а в целом по стране не более четверти. Доля работников наемного труда достигла примерно 90 %. Прогноз к XXI в. таков: доля работников физического труда в целом в хозяйстве не должна превышать 10 %. Таким образом, под воздействием НТР физический труд

как труд производительный все больше уступает место интеллектуальному, а в ряде промышленно развитых стран практически исчезает.

3.3. Классификация информационных технологий лесопиления

Различают информационные технологии каких-либо отдельных процессов и производств, отличающихся по виду конечной пилопродукции. Сущность информационных технологий отдельных процессов заключается в применении средств измерения, например, оптико-электронных и других типов измерительных систем, обеспечивающих технологическую связь с УВМ, ПЭВМ, ЭВМ, а также средств обработки, хранения и использования информации. Особенностью информационных технологий процессов является, как правило, включение в контур управления оборудованием оптимизационных программ.

В информационных технологиях производств с применением средств вычислительной техники на базе специализированных технологических программ осуществляется также технологическая подготовка, планирование и оперативное управление процессами производства.

Можно различить информационные технологии следующих основных процессов.

1. Информационные технологии окорки хлыстов и бревен.

В мировой практике окорки пиловочника и хлыстов большое распространение получили роторные окорочные станки: у нас — типа ОК63-2 и 20К63-1, ОК80-2 и 20К80-1; у финнов — ВК-26 и др. Анализ показывает, что при оптимизации процессов окорки при наличии дистанционного бесступенчатого регулирования скорости подачи и частоты вращения ротора производительность окорочных станков может быть увеличена, по сравнению со средними показателями в промышленности, летом до 3 раз и зимой до 4 раз. Однако при этом необходимо взаимное соответствие семи параметров: диаметра бревна d , температуры t , влажности заболони бревен w , усилия прижима короснимателей P_n , числа короснимателей $Z_{кор}$, частоты вращения ротора $N_{рот}$ и скорости подачи U , т. е. $U=f(d; t; w; P_n; N_{рот}; Z_{кор})$. Очевидно, что при таком числе параметров наиболее целесообразна автоматическая оптимизация параметров процессов окорки.

2. Информационные технологии раскря хлыстов.

В настоящее время хлысты раскраиваются не только в лес-промхозах, но и на лесопильных предприятиях. При раскряе хлыстов на лесопильных предприятиях наиболее эффективен вариационный метод, предусматривающий оптимизацию раскря каждого хлыста на бревна нескольких длин по критерию максимального выхода пилопродукции. При этом хлысты раскраиваются на пиловочные бревна нескольких определенных длин с такими вершинными диаметрами, сбегом, особенностями форм и качеством, которые обеспечивают максимально возможный объем спецификационных пиломатериалов или кратных заготовок при заданных поставках. Общая экономия сырья при информационной технологии раскря хлыстов составляет 5 %, а иногда до 8 % и более.

3. Информационные технологии сортировки бревен.

Эти технологии позволяют сэкономить 2...3 %, а за счет точности приемки до 5 % и более пиловочного сырья. Это достигается сортировкой бревен с точностью 1...2 мм с учетом их кривизны, сбega и других особенностей формы с помощью бесконтактных систем сбора информации о каждом бревне и обработки этой информации по специализированной программе на ЭВМ. В результате имитации на «тренажере» раскря каждого бревна по ряду используемых на предприятии поставов выбирается тот, который дает максимальный объемный выход пиломатериалов. Этот постав и определяет рациональную сортировочную группу для данного бревна.

4. Информационные технологии раскря бревен на пилопродукцию с учетом качества древесины.

Следует иметь в виду, что автоматизация технологических процессов раскря пиловочного сырья может быть решена только при использовании соответствующих датчиков — измерительных преобразователей для получения достоверной информации не только о размерах, но и качестве древесины.

В начале 1980-х годов в США начаты интересные работы по лазерному раскря бревен с помощью новейшей видеотехники, называемому фотон-томографией. Серия томограмм дает полное трехмерное изображение бревна и позволяет определить качество древесины. Это приводит к увеличению выхода пиломатериалов примерно на 15 %.

Для контроля внутреннего строения древесины в Японии применяются медицинские компьютерные томографические сканирующие устройства с использованием рентгеновских лучей.

Моделирование процесса распиловки с применением сканирующих устройств увеличивает объемный выход пиломатериалов на 8 %, а ценностный — на 20 %.

В настоящее время в отечественной практике лесопиления бревна неправильной формы, которых насчитывается до 30 %, раскраиваются практически теми же поставками и ориентируются перед распиловкой теми же устройствами, что и бревна, не имеющие кривизны и эллиптичности. Из-за неправильной ориентации кривых брусьев и необрезных досок перед раскромом уменьшение выхода пиломатериалов может составлять несколько %. В мировой практике в информационных технологиях лесопиления для локализации этого положения применяются системы гибкого базирования типа «Оптилог», «Оптикант» и «Оптиэджер», оснащенные сканирующими датчиками и включенные в контур систем управления для распиловки бревен, брусьев и обрезки необрезных досок. Применение таких систем позволяет увеличить объемный выход пиломатериалов также из бревен, брусьев и необрезных досок, не имеющих пороков формы (разные сбеги, длина и т. д.). Мировая практика показывает, что затраты в случае применения информационных технологий таких процессов могут окупиться за несколько месяцев.

5. Информационные технологии сортировки и окончательной обработки пиломатериалов после сушки.

В этом случае наиболее эффективна двухстадийная сортировка спецификационных пиломатериалов с автоматическим осуществлением ее по сечениям в лесопильном цехе и автоматизированная по сортам и автоматическая по длинам досок после их сушки. В случае выработки конструкционных пиломатериалов производится автоматическая оптимизация их обработки после сушки.

К информационным технологиям производств следует отнести следующие:

- 1) информационные технологии пиломатериалов;
- 2) информационные технологии пилозаготовок. При этом наибольший эффект с точки зрения экономии сырья имеют процессы, в которых формирование заготовок начинается уже с раскромки хлыстов и бревен;
- 3) информационные технологии конструкционных пиломатериалов ([6], с. 298);
- 4) информационные технологии сушки пилопродукции, которые органически входят в производство пилопродукции, но могут иметь и самостоятельное значение.

В информационных технологиях производств большое значение имеет их применение не только в процессах технологической подготовки и раскроя пиловочника, но и в процессах окончательной обработки и отгрузки пиломатериалов.

В информационных технологиях производств объединение маркетинга, получения заказов, планирования и оперативного управления в единую систему дает значительное преимущество с точки зрения гибкости, сроков и качества поставки, расходов и, в конечном итоге, получения максимальной эффективности производства пиломатериалов.

3.4. Компьютеризация и информатизация как новый этап научно-технического развития общества

Под компьютеризацией понимается процесс быстрого распространения ЭВМ. Она является технической составляющей производственных сил общества.

Информатизация надстраивается над компьютеризацией на основе применения ЭВМ и информационных систем.

Считается, что информатизация сопоставима по своему всемирно-историческому значению с индустриализацией, начавшейся примерно 300 лет назад и увеличившей физическую мощь человека в тысячи раз. Однако индустриализация почти не затронула такую важную сферу человеческой деятельности, как умственный труд.

Компьютеризация и информатизация приводят к новому этапу НТР — научно-технологическому. Одной из основных его сторон является создание «падающих» безотходных информационных технологий. Но эти процессы проходят не гладко. Непонимание преимуществ компьютеризации, некомпетентность специалистов в этих вопросах в сочетании с большой сложностью задач, возникающих при внедрении информационных технологий, приводят к скрытому, а иногда и явному сопротивлению.

Сегодня смена новых поколений техники (машин и их систем) опережает темпы смены поколений работников в несколько раз. (За 12...20 лет сменяются 2...3, а иногда и более поколений машин, систем.)

Компьютеризацию нельзя «навешивать» на существующие традиционные процессы. Необходимо изменение структуры про-

изводства и управления, совершенствование или изменение технологий (см., например, структуру автоматизированного управления процессом лесопиления на крупных предприятиях в кн. «Технология лесопиления» ([6], с. 190)).

Любопытно толкование ЮНЕСКО термина «компьютерное обучение». Выделяется несколько уровней:

1) компьютерная осведомленность — самая низкая ступень;

2) компьютерная грамотность — знание общей структуры и возможностей ЭВМ. Способность выбрать нужную программу из пакета (библиотеки программ), владение навыками работы с вычислительной техникой;

3) компьютерная культура — умелое определение места и времени персональной ЭВМ, микрокалькулятора, ЭВМ определенного типа. Владение компьютером как классическим образцом технологического средства обучения (ТСО) без спекулятивной сенсационности;

4) компьютерная психология — выработка гибридного стиля мышления, характерного для системы «машина—человек» при массовом внедрении ЭВМ и ПЭВМ во все сферы деятельности общества. Взаимодействие естественного интеллекта человека с искусственным интеллектом машины. Как говорят на Западе, — это уже компьютерно ориентированное общество.

3.5. Информационные технологии окорки хлыстов и бревен

3.5.1. Требования к окорке и основные типы окорочных установок

Окорка хлыстов и бревен на лесопильных предприятиях необходима по следующим соображениям.

1. Высококачественная технологическая щепка может быть получена для целлюлозно-бумажного предприятия только при наличии окорки пиловочника.

Сульфитная варка допускает до 1 % коры в щепе, сульфатная варка и производство специальных высококачественных плит — до 3 %. Качество окорки определяется не только степенью очистки поверхности пиловочника от коры, но и повреждением древесины, например, короснимателями и подающими элементами станков. Последнее приводит к увеличению мелких фракций — отсева в технологической щепе.

Важнейшим требованием является сведение к минимуму потерь древесины при окорке. Так, если, например, в балансе древесины технологическая щепа составляет 20 %, а потери древесины при окорке доходят до 5 %, то мы можем потерять до 1/4 технологической щепы.

2. Окорка бревен и хлыстов существенно повышает точность измерения диаметров, облегчает определение кривизны, эллиптичности и других особенностей формы и качества древесины. Распределение сбега по длине неравномерно, особенно у хлыстов.

При переходе на сухопутную сортировку бревен их окорка, как правило, начинается перед сортировкой пиловочника на комплексных линиях окорки и сортировки бревен (ОК—БС) или окорки, раскроя хлыстов и сортировки бревен (ОК—РХ—БС). В современных технологиях на этих линиях производится оцилиндровка выступающих корневых утолщений. Измельчители корней рекомендуется устанавливать перед окорочными станками. Отделение корней происходит с помощью фрезы, расположенной в нижней части измельчителя, во время одного полного оборота ствола.

Удаление корней облегчает и улучшает окорку стволов, их обработку и подачу в оборудование для распиловки.

Все это на несколько % увеличивает производительность бревнопильного оборудования, улучшает процесс ориентации бревен при распиловке и увеличивает объемный выход пиломатериалов.

Различают следующие виды окорки, а также станки и устройства для окорки хлыстов и бревен.

1. Роторные окорочные станки, получившие наибольшее распространение в мировой практике лесопиления. У финнов это станки «Камбио-66», ВК-26 и другие; у нас — ОК40-2; ОК63-2; ОК80-2 и ОК100-2, относящиеся к классу однороторных станков, а также 2ОК40-1; 2ОК63-1 и 2ОК80-1, относящиеся к классу двухроторных станков. Двухроторные станки способны окоривать мерзлые и подсушенные лесоматериалы как хвойных, так и лиственных пород. При работе на форсированных режимах, а также в зимний период на обоих роторах устанавливаются коросниматели, что позволяет повышать скорость подачи бревен и качество окорки лесоматериалов.

При окорке экспортных балансов, рудничной стойки и пиловочника, полученного из сучковатой части ствола, двухроторные станки 2ОК40-1 и 2ОК63-1 одновременно зачищают

сучья. Для этого на втором роторе вместо короснимателей устанавливаются зачистные инструменты. Двухроторные станки рекомендуется использовать и для получения качественного корья, идущего на дубильные экстракты. Экономический эффект от их применения в 1,5...2,0 раза, а производительность в 1,6 раза выше, чем у однороторных. В двухроторных станках между двумя окорочными головками установлена дополнительная пара приводных валцов. Имеется шесть скоростей подачи и две-три скорости ротора. Разработан также станок модели ОК-63-3 с гидравлическим индивидуальным приводом каждого вальца, обеспечивающим бесступенчатое изменение скорости подачи.

2. Гидравлическая окорка кинетической энергией струй воды. Однако она очень энергоемка (установленная мощность достигает 500...800 кВт) и имеет ряд других недостатков.

3. Окорочные установки фрикционного типа, в которых отделение коры осуществляется трением бревен друг о друга. Они носили сезонный характер и были неэкологичными.

4. Окорка в поле СВЧ. В этом случае в поле сверхвысокой частоты генерируется тепло и происходит вскипание жидкости комбиального слоя лесоматериалов. Резко увеличившийся в объеме образовавшийся пар отрывает кору от древесины. Этот вид окорки может быть использован только при значительном снижении стоимости электроэнергии.

5. Цилиндрические фрезы с притупленными зубьями, которые оснащены ограничителями глубины врезания. На этих станках типа ДС-12 нет роторов — здесь вращается бревно, скорость перемещения которого вдоль продольной оси составляет около 0,05...0,5 м/с.

К важнейшим требованиям окорки пиловочника на роторных станках относятся определение рациональных скоростей подачи и сведение потерь древесины к минимуму.

В зимнее время при работе острыми короснимателями потери древесины составляют до 3...3,5 %, а иногда до 4 % и более.

Фактическая производительность роторных окорочных станков (м³ бревен в смену) определяется по формуле

$$Q_{\phi} = Q_{\pi} K_{\pi} K_{\pi} T_{\pi} q_{\pi},$$

где Q_{π} — пропускная способность станка, равная U/c , шт. бревен в минуту; U — скорость подачи окорочного станка, м/мин; l — расчетная длина бревна, м; K_{π} — коэффициент использования машинного времени окорочного станка; K_{π} — коэффициент, характеризующий снижение расчетной скорости окорки бревен

вследствие падения напряжения на зажимах нагрузки. Для локализации этих потерь применяются системы (установки) компенсации реактивной мощности, так как по этой причине производительность оборудования может быть снижена в отдельные периоды времени на несколько десятков %. Этот же коэффициент учитывает так называемые скрытые потери производительности из-за окорки припусков по длине бревна (около 1,5 %); минимальные межторцовые разрывы (около 1 %), возникающие в процессе эксплуатации (но не конструктивные потери, учитывающиеся K_m). Кроме этого могут учитываться $K_{т.и}$ — коэффициент технического использования станка и K_z — коэффициент загрузки станка; T_c — время смены, мин; $q_{ср}$ — объем бревна среднего диаметра расчетной длины, м³.

Скорость подачи окорочного станка (м/мин) рассчитывается по формуле

$$U = bN_{\text{рот}}Z_{\text{кор}},$$

где b — ширина полосы коры, снимаемой одним короснимателем, в летних условиях ($t > 0^\circ\text{C}$) $b = 0,95B$ (B — длина рабочей кромки короснимателя, см); $N_{\text{рот}}$ — частота вращения ротора, мин⁻¹; $Z_{\text{кор}}$ — число короснимателей.

Частота вращения роторов станков ОК40-2 и 2ОК40-1 составляет 200; 270 и 400 мин⁻¹, станков ОК63-2 и 2ОК63-1 — 150; 200 и 300 мин⁻¹.

Например, на ОК63-2 при $Z = 6$ и $N_{\text{рот}} = 300$ мин⁻¹ $U = 0,05 \times 0,95 \cdot 6 \cdot 300 = 85,5$ м/мин или 1,425 м/с. Это примерно в 1,5 раза больше, чем наибольшая паспортная скорость подачи этого станка, равная 1 м/с. Фактически же, применяемая скорость подачи окорочных станков находится летом в среднем на уровне 0,45...0,5 м/с и зимой на уровне 0,3...0,4 м/с.

Зачастую при определении скорости подачи окорочных станков вводят коэффициент кратности окорки $K_k = 3$ [1]. Под ним понимается число короснимателей, проходящих по одному и тому же участку поверхности бревна. Естественно, что при этом условии в приведенном выше примере скорость подачи окорочного станка будет в 3 раза меньше и составит уже не 1,45 м/с, а только примерно 0,5 м/с.

При возможности регулирования прижима короснимателей в зависимости от диаметров бревен производительность роторных окорочных станков может быть увеличена в 1,5 раза. По этому пути идет канадская фирма «Брюнет», в окорочных станках которой прижим короснимателей регулирует оператор с пульта

управления. В отечественных окорочных станках механизмы регулирования прижима короснимателей отсутствуют.

3.5.2. Оптимизация окорки хлыстов и бревен

Проведенные исследования [1] показывают, что при оптимизации процессов окорки (достижение 100 %-го качества окорки без потерь древесины) на роторных станках с тупыми короснимателями необходимо взаимное соответствие не менее семи параметров: диаметра бревна d , температуры t , влажности заболони бревна w , усилия прижима короснимателей $P_{\text{п}}$, частоты вращения ротора $N_{\text{рот}}$, числа короснимателей $Z_{\text{кор}}$ и скорости подачи U . Здесь d , w , t — параметры обрабатываемого материала, $P_{\text{п}}$, $N_{\text{рот}}$, $Z_{\text{кор}}$ и U — параметры оборудования. Ввиду того что $U = f(d; w; t)$, условием оптимальности является степень соблюдения функциональных зависимостей $P_{\text{п}}$, $N_{\text{рот}}$ и $Z_{\text{кор}}$.

Очевидно, что при таком числе учитываемых параметров, степени и характере их взаимной зависимости возможна только автоматическая оптимизация процессов окорки, так как только в этом случае может быть определена оптимальная скорость подачи бревен с учетом основных параметров материала и оборудования. При этом можно иметь потери древесины менее 0,5 % при высоком качестве окорки (не ниже 98 %) как в летних, так и в зимних условиях.

При наличии дистанционного бесступенчатого регулирования скорости подачи и частоты вращения ротора в режиме автоматической оптимизации производительность окорочных станков может быть увеличена по сравнению со средними фактическими показателями в отечественной промышленности летом до 3 раз и зимой до 4 раз.

3.6. Информационные технологии раскроя хлыстов

В настоящее время хлысты на определенные сортименты раскраиваются не только в леспромпхозах, но и на лесопильных предприятиях. На лесопильных предприятиях раскрой хлыстов производят наиболее эффективным вариационным методом, предусматривающим оптимизацию раскроя каждого хлыста на бревна нескольких длин по критерию максимального выхода пиломатериалов. При этом хлысты раскраиваются на пиловочные бревна нескольких длин с такими вершинными диаметрами,

сбегом, особенностями формы и качества, которые могут обеспечить максимальный объем спецификационной пилопродукции (досок и кратных заготовок) при заданных поставках.

В этом случае как бы исчезает промежуточная операция раскроя: последовательность хлыст—бревно—пиломатериалы сводится к последовательности хлыст—пиломатериалы, заготовки.

Традиционный метод раскроя хлыстов, применяемый в лес-промхозах и на отечественных лесопильных заводах, называется константным. При константном методе раскрой хлыстов производится по критерию получения максимального объема бревен из каждого хлыста. Таким образом, современный вариационный метод предусматривает раскрой хлыстов по критерию максимального выхода пиломатериалов, а константный — по критерию максимального выхода бревен.

При отсутствии ЭВМ и информационных технологий под константным понимался метод, когда диаметр бревен являлся функцией их длины $d = f(L)$: длины определенные — диаметры разные.

Под вариационным понимался метод, когда длина бревен являлась функцией их диаметра $L = f(d)$: диаметры определенные — длины разные. При этом диаметры бревен выпиливались в соответствии с требованиями спецификации пиломатериалов.

Вариационный метод широко применялся в скандинавских странах. Этим, в частности, объясняется то положение, что до настоящего времени в международной лесной торговле определенная длина пиломатериалов в их спецификациях, как правило, не фиксируется.

Наши исследования показывают, что при раскрое хлыстов на лесопильных предприятиях использование константного метода приводит к потерям пиломатериалов от 5 до 8 % и более по сравнению с раскром хлыстов вариационным методом.

Одним из важнейших вопросов как в настоящее время, так и в ближайшем будущем является приоритет хлыстовой или сортиментной технологии на лесозаготовках. Считается, что технология хлыстовой вывозки с нижнескладскими работами не может быть конкурентной по уровню затрат с сортиментной технологией, основанной на прямой поставке лесоматериалов потребителям. Однако хлыстовая технология предпочтительнее при крупных сплошных рубках в лесах естественного происхождения, т. е. в запущенных двухъярусных древостоях с большим содержанием перестойной лиственной древесины разных

размеров на слабых почвах. Это создает повышенную опасность при лесосечных работах, повышает дробность сортировки, поэтому раскряжевку предпочтительнее вести в стационарных условиях. Хлыстовая технология имеет преимущество также при слабых грунтах, пересеченной местности, недостаточном развитии дорог общего назначения и невозможности организации перевозок сортиментов из лесосеки во двор потребителя. Поэтому противопоставлять хлыстовую и сортиментную заготовку без подробного анализа их эффективности нельзя. В большей степени хлыстовую технологию применяют в США, Канаде, Бразилии и других странах. В мире по этой технологии заготавливается более 70 % всей древесины. При этом при хлыстовой технологии часть древесины вывозится в сортиментах по причине ограниченный при перевозке хлыстов по дорогам общего назначения.

Известны случаи, когда линии для раскря хлыстов по вариационному методу, например, в Канаде окупаются за несколько месяцев за счет дополнительного выхода пиломатериалов в размере 3...4 %. Технология раскря хлыстов по вариационному методу применяется также в Германии ([7], с. 297), например фирмой «Вурстер и Дитц».

На рис. 3.1 показан пример имитации раскря хлыстов по критерию максимального выхода пиломатериалов с автоматизированным управлением процессом раскря.

На рис. 3.2 представлен алгоритм имитационной модели раскря хлыстов по вариационному методу.

Для каждого бревна из текущей комбинации (блок 3) определяется вершинный диаметр, сбег, объем (блок 4). Затем имитируется распиловка бревен всеми заданными поставами и выделяются поставы с максимальным выходом пиломатериалов.

Когда все комбинации заканчиваются, выделяется комбинация с максимальным объемом пиломатериалов, которая и определяет оптимальную схему раскря хлыста (блок 10) при условии максимального выхода пиломатериалов.

Исходными данными (блок 1) являются: система неполных поставов предприятия; размерная спецификация пиломатериалов; заданный ряд длин бревен; минимальная длина боковых досок; припуск по длине бревна.

Программа с определенной УВМ включена в контур системы управления линией, например, окорки, раскря хлыстов и сортировки бревен. Здесь применяется метод полного перебора всех возможных вариантов раскря хлыста и всех вариантов раскря каждого из полученных бревен на бревнопильном оборудовании.

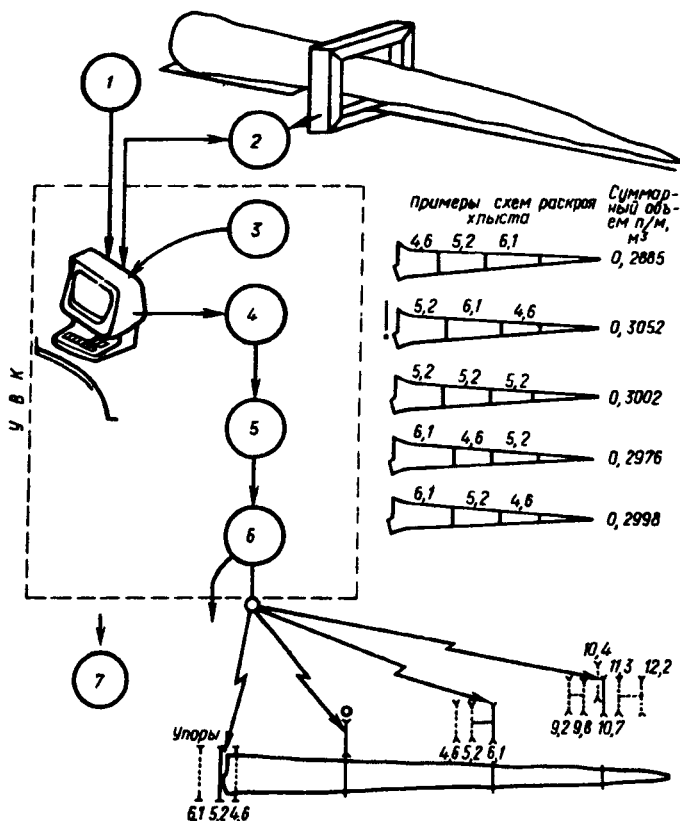


Рис. 3.1. Структурная схема автоматизированного управления процессом раскря хлыстов с примером раскря одного из них.

1 — исходные данные: система поставок предприятия, ряд длин бревен; 2 — измерение длины, текущих диаметров, кривизны хлыста; 3 — определение оператором схемы раскря хлыста в зависимости от его качества; 4 — имитация раскря хлыста на бревна и бревен на пиломатериалы; 5 — выбор оптимальной схемы раскря хлыста по критерию максимального объема пиломатериалов; 6 — подъем пил и раскря хлыста на триммере по сигналам управления; 7 — управление сортировочным устройством.

Учет неправильной формы бревен при возможных вариантах их ориентации перед раскром позволяет увеличить объемный выход пиломатериалов на 1...3 % дополнительно к оптимизационному оптимуму.

Общая экономия сырья составляет до 8 %, а иногда и более. Так, при выпуске не пиломатериалов, а черновых заготовок кратных длин выход пилопродукции может быть значительно увеличен.

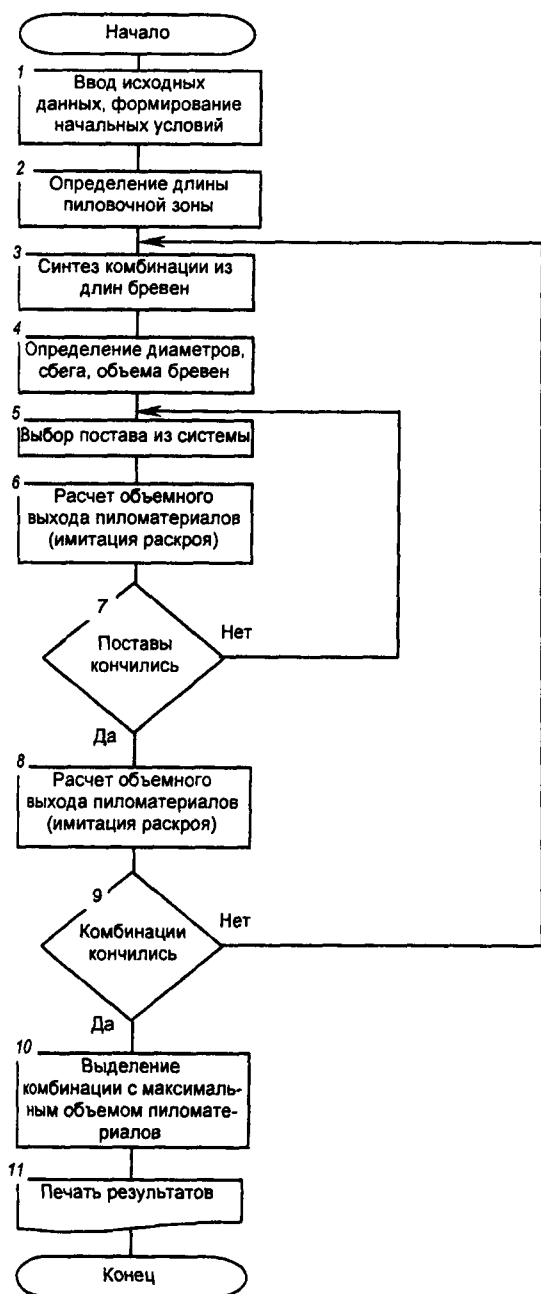


Рис. 3.2. Алгоритм имитационной модели раскроя хлыстов по вариационному методу.

Применение оптимизационных программ для ЭВМ также позволяет определять:

1) конкретные оптимальные длины пиловочных бревен, получаемых из хлыстов, и их количество. Для разных предприятий с разными параметрами хлыстов, поставов и спецификацией пиломатериалов они могут быть различными. Большое влияние на объемный выход пиломатериалов оказывает сочетание длин бревен;

2) рациональные схемы расстановки пил на триммерных линиях поперечного раскроя хлыстов. В программе оптимизации раскроя хлыстов в качестве подпрограммы предусматривается использование программы расчета и оптимизации поставов.

3.7. Информационные технологии раскроя бревен на пиломатериалы с учетом качества древесины

В настоящее время раскрой бревен производится на скорости подачи до 100 м/мин и более. Поэтому оптимизация их раскроя и ориентации перед раскромом практически невозможна без применения информационных технологий, т. е. использования соответствующих датчиков размеров бревен и ЭВМ с оптимизационными программами, включенных в систему управления процессом ориентации и раскроя бревен.

Что же касается оптимизации раскроя бревен с учетом качества древесины, то это является одной из важнейших проблем лесопиления.

3.7.1. Проблема качества пилопродукции и пути ее решения

Качество пиломатериалов является одним из основных факторов конкурентоспособности отечественной пилопродукции.

Анализ мирового опыта показывает, что в основном качество пиломатериалов зависит от качества поставляемого сырья. Сортировка бревен по качеству в мировой практике практически отсутствует. Исключение составляет отсортировка сильно сучковатых бревен, из которых выпиливаются пиломатериалы для строительства.

Для проверки гипотезы о необходимости сортировки сырья на качественные группы и распиловки его отдельными поставами для увеличения выхода пиломатериалов высших сортов в 1969—1972 гг. проводился эксперимент на Игарском лесо-

пильно-перевалочном комбинате под руководством профессора П. П. Аксенова. Бревна сортировались по качественным группам, а не по сортам, так как нет строгой взаимосвязи между сортом бревен и сортами пиломатериалов при раскрые пиловочника разных сортов одними поставами. Несомненно, что из пиловочника высших сортов выход высококачественных пиломатериалов будет больше. Однако на качественный выход пиломатериалов оказывает влияние и схема принятого раскрыя, и набор выпиливаемых сечений досок, и ряд других факторов.

Поэтому в ходе эксперимента было проверено влияние на сортовой состав пиломатериалов включения в поставы в боковые зоны бревен толстых досок при распиловке групп бревен низкого качества. Естественно, при этом происходило некоторое снижение объемного выхода пиломатериалов, но зато из более качественных (периферийных) зон бревен выходило большее количество досок более высших сортов. Было получено, что потери объемного выхода пиломатериалов перекрываются увеличением ценностного выхода пиломатериалов за счет выработки толстых досок, улучшающих сортовой состав пиломатериалов. Однако при групповом методе распиловки бревен в этом случае становится необходимой их сортировка не только по четным и группам четных диаметров, но и по качественным признакам (количеству сучков, наличию и величине стволовой гнили и др.), что приводит к увеличению сортировочных групп бревен в несколько раз. В несколько раз также увеличиваются количество карманов на линиях сортировки бревен и необходимые площади на складах рассортированного сырья, что ведет к значительным экономическим затратам.

Именно этим, очевидно, и объясняется то положение, что в заграничной практике сортировка бревен по качеству не применяется. В целом лесопильные предприятия, пусть и за большую цену, приобретают сырье хорошего качества.

Разработкой вопросов планирования раскрыя пиловочных бревен с учетом качества пиломатериалов занимались профессор П. П. Аксенов и В. Ф. Ветшева, канд. техн. наук И. П. Крашенинников, И. В. Соболев и целый ряд других ученых. Так, В. Ф. Ветшевой предлагалось для упрощения сортировки бревен по качеству предварительно сортировать их по месту вырезки из хлыста, т. е. на комлевые и вершинные бревна. Этот вид сортировки обосновывается тем, что комлевые бревна имеют древесину лучшего качества за счет наличия большей доли бессучковой древесины.

Однако предложение сортировки бревен (с учетом их качества) по методу их вырезки из хлыста (предложение профессора В. Ф. Ветшевой) также не дало положительных результатов, так как распространение, например, стволовой гнили у каждого хлыста имеет индивидуальный характер.

И. В. Соболев считает, что сортировка пиловочника на размерно-качественные группы преследует две цели: во-первых, увеличить выход пиломатериалов высших сортов и как следствие увеличить ценностный выход пилопродукции при некотором снижении объемного выхода; во-вторых, при достаточно больших запасах рассортированного сырья производить распиловку преимущественно бревен заданной размерно-качественной группы. Здесь учитывается, что при больших недопилах по качеству пиломатериалов приходится дополнительно распиливать зачастую сотни кубометров бревен. При этом в перепилах определенных сечений оказываются сотни кубометров пиломатериалов.

Однако наш анализ показывает, что, например, сортировку всего объема сырья, поступающего на лесопильные предприятия при его сезонной поставке, нигде в мире не производят из-за больших экономических затрат.

И. П. Крашенинников отмечает определяющее значение сбега бревна в качестве критерия, характеризующего сучковатость ствола. Проведенные исследования показали, что размеры сучков, количество и распределение их по степени срастания и качеству находятся в прямой зависимости от сбежистости бревна. С увеличением сбега зоны сросшихся и несросшихся сучков становятся по объему больше, бессучковая зона — меньше, увеличиваются размеры и количество сучков.

Однако все это в основном относится к среднестатистическим показателям, не определяющим с достаточной достоверностью качество конкретного бревна перед его распиловкой.

3.7.2. Вопросы развития теории раскроя бревен, брусьев и необрезных досок неправильной формы

Специальным вопросом развития теории раскроя пиловочного сырья с использованием ЭВМ является решение рационального раскроя бревен, брусьев и необрезных досок неправильной формы. При использовании графо-аналитических методов расчета раскроя бревен с шагом 2 см это было практически невозможно. Следует учитывать, что каждый вид кривизны бревен (односторонняя, двухсторонняя и т. д.) при ее различных

значениях и диаметрах бревен может потребовать проектирования своих оптимальных поставов, так как объемный выход пиломатериалов из бревен диаметром, например, с 12 до 30 см может различаться от 0 до 5 %. Между тем до 30 % пиловочника хвойных пород имеет кривизну до 2 %. Каждый процент кривизны приводит к снижению объемного выхода пиломатериалов на 8...10 %.

Наибольшее увеличение объемного выхода пиломатериалов — около 4 % можно получить при сортировке бревен неправильной формы по оптимальным поставам и осуществлении гибкого первичного базирования бревен, брусьев и необрезных досок перед их продольным раскромом. Однако при этом необходимо увеличить число сортировочных групп бревен (примерно на 5...6 дополнительных групп). В связи с этим могут также возникнуть ситуации больших временных периодов накопления этих сортировочных групп бревен. Поэтому в настоящее время наиболее рационально осуществлять сортировку бревен с учетом всех их геометрических параметров по существующим системам поставов. Наличие систем гибкого базирования типа «Оптикант» и «Оптиэджер», оснащенных сканирующими датчиками и включенных в контур систем управления для распиловки бревен, брусьев и необрезных досок, позволяет увеличить выход пиломатериалов до 3 % и более, как уже отмечалось (см. п. 3.3). Применение таких систем позволяет увеличить выход пиломатериалов также и из бревен, брусьев и необрезных досок, не имеющих пороков формы (равные сбеги, длина и т. д.).

В мировой практике лесопиления уже имеются устройства для автоматического определения качества досок. Так, автоматические линии обрезки необрезных досок фирмы «Альстрем», работающие на скорости 225 м/мин, комплектуются такими устройствами, которые регистрируют и анализируют следующие дефекты досок: сучки, выступы, шероховатость, гниль, трещины, косослой, синеву и краснину.

3.7.3. Системы оптимизации раскроя пиловочных бревен на пиломатериалы с учетом качества древесины

Проблема раскроя бревен на пиломатериалы с учетом качества древесины начала решаться в мировой практике лесопиления еще в конце 1960-х годов в проекте ленточнопильного потока шведской фирмы «Чер». Линия (см. [4], с. 24, рис. 5) была расположена в двухэтажном лесопильном цехе, на первом этаже

которого находятся окорочные станки, а также рентгеновская и телевизионная установки. Последние позволяют оператору визуально оценивать качество предназначенных для распиловки бревен. Результаты оценки поступают в ЭВМ, которая по заданной программе после автоматического измерения электронными устройствами геометрических характеристик бревна определяет оптимальный вариант его распиловки. Основу линии составляют девять ленточнопильных станков, восемь из которых попарно симметрично расположены вдоль подающего конвейера, а девятый находится на оси последнего. На этой линии выпиливаются только необрезные доски определенных сорторазмеров. Была предложена также линия, где бревна распиливаются с брусковой. На первом проходе установлен сдвоенный ленточнопильный агрегат, на втором проходе — сдвоенный ленточнопильный агрегат для распиловки двухкантных брусьев и далее — встроенный ленточнопильный агрегат для распиловки четырехкантных брусьев.

В настоящее время для оптимизации раскроя пиловочных бревен применяются лазерные сканирующие устройства, измеряющие текущий диаметр, сбеги, эллиптичность, кривизну и длину бревен, и компьютеры, обрабатывающие эту информацию и определяющие по специальным технологическим программам оптимальные схемы раскроя пиловочника. Раскрой последнего, как правило, в этом случае производится при помощи гибких поставов. Например, система оптимизации распиловки бревен английской фирмы «Локас» имеет четыре этапа. Во-первых, осуществляются контроль и учет объема распиловки. Во-вторых, производится сравнение прогноза с распиловкой при ручном управлении. На третьем этапе обучаются станочники и на четвертом происходит сравнение оптимизационной распиловки с ручной. Считается, что эта система позволяет увеличить выход пиломатериалов на 3,3 %. При этом наибольший эффект отмечается при распиловке бревен пониженного (плохого) качества.

Еще больший экономический эффект может быть получен при внедрении, например, лазерных технологий. Применение ЭВМ позволяет полностью контролировать процесс резания в соответствии с выбранной программой. Каждое бревно осматривается с помощью новейшей фотон-томографии. Это позволяет определить внутреннее строение бревна (скрытые дефекты, состояние сердцевины, размеры и расположение сучков, наклон волокон и т. д.), а следовательно, качество древесины. Полученная информация поступает на ЭВМ, которая по специальной

программе определяет оптимальное положение бревна при прохождении через лазерную установку и выбирает оптимальную схему его раскроя. Считается, что только это увеличивает выход пиломатериалов примерно на 15 %. Ширина реза по лазерной технологии значительно меньше, чем по механической. Производительность лазерной системы при встречном режиме резания с помощью двух лазерных устройств мощностью по 5...8 кВт составляет 75 м³ в смену (общая скорость подачи 24 м/мин). Считается, что лазерная система резания древесины достаточно экономична, несмотря на ее довольно высокую стоимость — 400...800 тыс. дол. США. Так, при раскросе бревен красного дуба на мебельные заготовки увеличение выхода только на 5 % дает ежедневную экономию в 1200 дол. США, что окупает установку за 1,5...3,0 года.

Автоматизация процессов определения качества древесины развивается в двух направлениях. Это прогноз качества в начале технологического процесса при раскросе пиловочных бревен и прогноз качества на конечных операциях при определении прочностных параметров пиломатериалов, например, методом силового изгиба (см. п. 3.9). В основе силовой сортировки пиломатериалов лежит определение модуля упругости и связанных с ним показателей механических свойств древесины по реакции пиломатериалов при изгибе на определенную величину прогиба или при определенной изгибающей силе. Доказано, что имеется корреляционная связь между жесткостью и прочностью конструктивных пиломатериалов. Это позволяет выявить дефекты пиломатериалов, не подвергая их разрушению. По зарубежным данным, проектирование деревянных конструкций с учетом нормативных сопротивлений досок повышает точность расчетов и снижает древесинемкость конструкций в среднем на 18 %.

Созданы также установки для сортировки пиломатериалов по прочности на основании зависимости прочности от плотности древесины. Однако они имеют низкую точность измерения.

Наиболее эффективными при формировании пиломатериалов с учетом качества древесины являются производства, имеющие датчики качества древесины и оборудование, обеспечивающее возможность применения наиболее рационального способа раскроя бревен. Именно при этих условиях можно получить пилопродукцию не только заданных объемов определенных сечений, но и наилучшего качества при максимально возможной цене выпиливаемых пиломатериалов. Например, в связи с особенностями традиционной деревянной архитектуры в жилищном строи-

тельстве Японии применяется качественная древесина с высокими эстетическими достоинствами: с выразительной текстурой, без сучков и т. д. Поэтому перед лесопильными предприятиями стоит задача получения максимального выхода качественных пиломатериалов с красивой текстурой. Для этого применяются сканирующие устройства.

В лесопильной промышленности Японии используются сканирующие устройства двух основных типов. С помощью устройств первого типа определяются диаметры вершинного и комлевого торцов бревна, его длина и объем. На основе этих данных выбирается схема распиловки. Для этого используется метод «секционного» светового луча (среза) с помощью телевизионной камеры и лазерного устройства He—Ne. По этому методу можно получить точные данные об объеме бревна, степени кривизны и разнице в диаметре по оси бревна при относительно гладкой его поверхности в поперечном разрезе круглой формы. Точность замера снижается при наличии сучков или при овальной форме поперечного разреза.

Сканирующие устройства второго типа дают возможность контролировать внутреннее строение древесины. Для этого применяются медицинские компьютерные томографические сканирующие устройства с использованием рентгеновских лучей. Эти устройства эффективны при определении внутреннего строения свежесрубленной и высушенной древесины хвойных пород (расположения годичных колец, наличия сучков, трещин, червотчины и гнили). Для определения формы годичных колец и местонахождения внутренних дефектов в растущем дереве разработано портативное сканирующее устройство. Это устройство может делать томограмму бревна диаметром до 1 м.

Для оценки текстуры древесины на пропиленных поверхностях до распиловки был разработан метод моделирования рисунка с использованием излучения невысокой интенсивности. Результаты обработки изображений микрокомпьютером подтвердили правильность оценки расположения в бревне годичных колец и сучков.

Опыт применения ультракоротких волн для сканирования бревен показал, что изменение степени гнили в бревнах можно определить по разнице во времени распространения волн.

Моделирование процесса распиловки с применением сканирующих устройств показало, что объемный выход пиломатериалов увеличивается на 8 %, а ценностный — на 20 %.

Для увеличения объема производства на лесопильных предприятиях в Японии выпускается автоматическая лесопильная

система на базе сдвоенного ленточнопильного станка, в которую входят загрузочный конвейер, две телевизионные камеры, пульт управления и монитор, а также тележки и конвейеры.

Изображения вершинного и комлевого торцов бревна при ярком освещении снимаются телевизионной камерой. Оптимальное положение каждого бревна определяется компьютером во время распиловки предыдущего бревна. Следующее бревно затем помещают на тележку и распиливают. Изображения обоих торцов поступают в процессор, данные обрабатываются, и выбирается оптимальный вариант раскроя бревна.

Точная регулировка для центрирования в горизонтальной и вертикальной плоскостях дает возможность установить бревно в соответствии с выбранной схемой распиловки. После определения положения бревна распиловка осуществляется автоматически: зажим бревна на тележке, установка ленточных пил, распиловка.

Естественно, что при регулировании качества выпиливаемых пиломатериалов решаются вопросы перепилов и недопилов не только сечений, но и сортов пиломатериалов.

Таким образом, проблема качества пилопродукции — это проблема датчиков качества древесины.

3.8. Общие положения маркетинга в информационных технологиях лесопиления

Иногда под маркетингом понимают систему мер по изучению рынка, воздействию на потребительский спрос, коррекцию поведения производителя и продавца. К маркетингу относят также управление, планирование деятельности предприятия с целью роста прибылей, полное удовлетворение всей цепочки клиентов лесопиления вплоть до потребителей конечного изделия.

Однако это только часть вопросов, входящих в маркетинг.

Маркетинг — это цельная философия, стратегия и тактика организации и управления производством и коммерческой деятельностью предприятия.

Поэтому маркетинг — это экономический спрос и функция управления и концепция производственной деятельности.

При централизованной системе планирования и управления мы жили в антимаркетинговом мире. Например, самым главным вопросом у нас, как правило, было снабжение, тогда как сейчас — в период перехода к рыночным отношениям — уже стал

сбыт продукции. Доперестроечный период характеризовался отсутствием конкуренции на внутреннем рынке, низкой требовательностью к качеству продукции, так как все время ощущался ее дефицит, возможностью иметь огромные запасы. Отмечался сравнительно высокий уровень себестоимости пилопродукции, низкий уровень механизации и автоматизации производственных процессов, и, что, пожалуй, самое главное — сравнительно невысокой была производительность труда. В основной промышленности она была ниже в несколько раз, а на автоматизированных предприятиях лесопиления — в 10 раз и более.

Обратим внимание, что рынок содержит три основные составляющие: спрос, предложение и цены. Отсутствие или централизованное планирование хотя бы одного из этих элементов немедленно прекращает действие рыночных механизмов.

Следует иметь в виду, что маркетинг подразумевает не только философию, логику предпринимательского мышления, но и определение той системы управления, той структуры, которая обеспечивает взаимодействие всех остальных структур с окружающей средой.

В принципе, мы сегодня не только переходим к маркетингу — мы должны начать заново думать, что намного труднее и неприятнее.

Главным условием успешной деятельности в рыночных условиях является строгая ориентация на реальные запросы и потребности покупателей.

Реальные резервы, как правило, на производстве есть, но их надо уметь использовать.

Маркетинговая деятельность является необходимым условием, без которого невозможны переход к подлинно рыночным отношениям и устойчивая работа предприятия. В настоящее время недостаточно внимания уделяется анализу сбыта продукции (услуг) и обоснованию ее конкурентоспособности. Но если потребность в будущей продукции завышена, а это нередко наблюдается, то ценность такой информации становится равной нулю.

В настоящее время нередко наблюдается низкое качество проводимых маркетинговых исследований.

Во-первых, разработка маркетингового раздела поручается ведущим специалистам какого-либо производственного отдела, не имеющим специальной подготовки в этой области. Используя, например, книгу Ф. Котлера «Основы маркетинга» (М.: Прогресс, 1992), они составляют соответствующий раздел в бизнес-плане без его объективной оценки.

Во-вторых, эти работники зачастую не понимают, что маркетинг — это пока не стройная теория, а как бы некая сумма знаний, изложенная авторами, которые, добившись хороших результатов в своем бизнесе, собственное понимание маркетинга пытаются передать в виде теоретических постулатов.

В-третьих, в нормально работающих компаниях маркетинг — не столько предмет заботы отдельных специалистов, сколько результат объединения усилий, в том числе интеллектуальных, всего кадрового потенциала.

В-четвертых, плохую службу служит россиянам их опыт работы в планово-распределительной экономике и отсутствие объективных представлений о конкурентоспособности продукции (принятых в странах с развитыми рыночными отношениями), стратегии конкурентоспособности предприятия, конкурентной среде и конкурентных преимуществах.

Объединение маркетинга, получения запасов, планирования и оперативного управления в единую систему дает значительное преимущество с точки зрения гибкости, сроков, качества поставки и, в конечном итоге, максимальной эффективности производства пиломатериалов.

Поэтому информационные технологии производства включают в себя все его стадии, начиная с заказа и оперативного планирования раскрытия пиловочного сырья при условии наиболее эффективного выполнения заказанной пилопродукции и ее отгрузки.

3.9. Информационные технологии производства конструкционных пиломатериалов

В настоящее время все в большей степени возрастает спрос на конструкционные пиломатериалы с известными механическими свойствами. Это объясняется высокой эффективностью использования конструкционных пиломатериалов в клееных несущих конструкциях, автомобилестроении, сельскохозяйственном машиностроении, строительстве и других отраслях промышленности.

Можно с уверенностью сказать, что более половины выпиленных в России пиломатериалов используется в таких конструкциях и по таким назначениям, где критерием их рационального применения является высокая достоверность соответствия требуемых механических свойств древесины фактическим. Эта же тенденция наблюдается и за рубежом. Так, обеспечение вы-

сокой достоверности механических свойств пиломатериалов в Англии позволило сократить нормализованную толщину пиломатериалов с 50 до 38 мм и с 75 до 63 мм и уменьшить расход древесины на несущие конструкции примерно на 24 %. Таким образом, важнейшим условием рационального использования пиломатериалов является не только их использование по определенному назначению, но и высокая достоверность их сортировки по механическим свойствам.

Это может быть обеспечено только в условиях автоматического определения механических свойств древесины на специальных установках — машинах. Визуальная сортировка (оценка качества) пиломатериалов по механическим свойствам не позволяет иметь высокой степени ее достоверности и малопроизводительна.

Исследования методов неразрушающего сплошного контроля (радиационного, вибрационного, ультразвукового, изгиба и др.) показали, что в настоящее время наиболее рационален метод изгиба. В его основе лежит определение модуля упругости и связанных с ним показателей механических свойств древесины по реакции пиломатериалов при изгибе на определенную величину, либо по величине прогиба при определенной изгибающей силе. Эта силовая сортировка имеет сравнительно высокую производительность и достоверность и позволяет автоматизировать процесс определения механических свойств древесины при сравнительно несложных конструкциях установок.

Силовая сортировка пиломатериалов довольно широко применяется в Англии, США, Канаде, Австралии, Германии, Финляндии, Швеции, Венгрии, Польше и других странах. Уже в течение ряда лет ведется разработка международного стандарта по сортировке пиломатериалов хвойных пород по механическим свойствам.

Первые установки прочностной сортировки пиломатериалов появились в начале 1960-х годов в США. Обнадеживающие результаты, полученные на этих установках, привели к появлению в 1962 г. установок CLT-1 и «Stress-o Matic» (США), FPRL (Англия), «Computermatic» (Австралия) и др.

Анализ сортирующих устройств с постоянной изгибающей силой и постоянным прогибом показывает ряд преимуществ последних. Так, в установках с постоянной изгибающей силой весьма сложно поддерживать ее на постоянном уровне. Для этого требуются специальные гидросистемы с большим быстродействием, а для измерения прогибов — бесконтактные измери-

тели. Эти и ряд других причин, связанных в основном со сложностью решения процессов в динамике, указывают на целесообразность создания автоматизированных линий силовой сортировки пиломатериалов, имеющих свободно опертую схему нагружения с постоянным прогибом при продольном перемещении пиломатериалов на кромке.

Кинематическая схема сортирующей установки, разработанной в ЛТА им. С. М. Кирова, представлена на рис. 3.3. Установка ([5], с. 300) состоит из сварной станины, несущей два приводных базовых вальца 7, два опорных подпружиненных вальца 4, один изгибающий валец 5 и четыре направляющих вальца 1. Все вальцы имеют диаметр 190 мм, кроме изгибающего, имеющего диаметр 90 мм. Кроме того, имеется четыре поддерживающих вальца 6, механизмы перемещения подпружиненных 2 и изгибающего 8 вальцов, магнитоупругий преобразователь силы 10, привод 11, состоящий из электродвигателя и вариатора, а также роликовые направляющие 9 и фотореле ФР1 и ФР2. Прижим вальцов 2 осуществляется пружинами 3. Скорость подачи от привода мощностью 4 кВт может бесступенчато регулироваться в пределах от 0,68 до 2,04 м/с. Длина установки 2520 мм, ширина 1530 мм и высота 1300 мм. Длина нагружаемого пролета 900 мм.

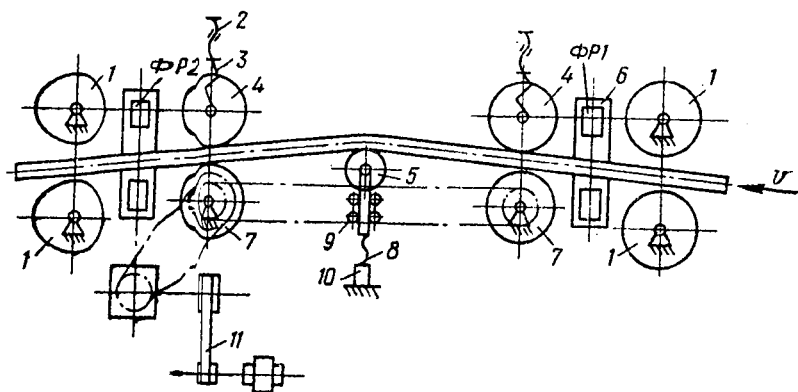


Рис. 3.3. Кинематическая схема установки для сортировки конструктивных пиломатериалов по механическим свойствам.

Пояснения даны в тексте.

При силовой сортировке пиломатериалов на установках с постоянным прогибом модуль упругости оценивается по реакции пиломатериалов на изгиб, которая копируется в определенном масштабе выходным сигналом преобразователя силы. Для определения сорта пиломатериалов необходимо сравнить выходные

сигналы преобразователя силы с расчетными — пороговыми (разделяющими доски на сорта по механическим свойствам), запомнить характер изменения этих сигналов относительно пороговых значений и осуществить операцию синтеза адреса пиломатериалов.

Поэтому в системе управления установки предусматриваются преобразователь силы, блок компараторов (блок сравнения), блок запоминающих устройств и блок синтеза адреса.

На рис. 3.4 представлена схема линии для получения конструкционных пиломатериалов с заданными механическими свойствами и требуемой длины. К линии на участок 1 подаются плотные пакеты пиломатериалов или сушильные штабеля. В зависимости от этого здесь устанавливаются те или иные типы наклонных подъемников и другое оборудование для разборки пакетов или штабелей досок и их накопления в виде однорядного «ковра» на питателе 2 (с выравниванием досок по торцу, ближайшему к установке прочностной сортировки 4). Осмотр досок оператором производится при их подходе к отсекателям, установленным в конце емкости питателя 2 и при их поштучной выдаче (с поворотом и установкой на кромку) на устройства загрузки 3 прочностной сортировки 4. На ней определяются поперечные сечения (участки) по длине досок, например с недопустимо низким значением модуля упругости древесины. Если таких сечений (участков) более одного, доска с помощью шибера устройства 7 отправляется с устройств 5, расположенных за прочностной сортировкой, на продольный транспортер 8 и далее в карман-накопитель 6. Сюда же могут быть направлены доски после визуального контроля качества по команде оператора. Доски, не имеющие участков с недопустимо низкими значениями модуля упругости древесины или имеющие не более одного такого участка, направляются поперечным цепным транспортером 9 к многопильному торцовочному агрегату-триммеру 13. При этом доски ориентируются с помощью управляемых упоров 10, 11 и 12 слабым сечением на одну из его пил. Триммер осуществляет раскрой досок по слабому сечению. Затем пиломатериал поступает на участок 14. Здесь формируется пакет заготовок с выравненными с одной стороны концами. Пакет фиксируется, и фрезерно-пильное устройство торцует концы пиломатериалов и нарезает шипы. Затем пакет освобождается, и заготовки выравниваются торцами с другой стороны, которые также торцуются, и на них нарезаются шипы. Далее пакет перемещается мимо устройства, которое наносит клей на поверхность шипов (нанесение клея одностороннее), и заготовки поочередно подаются к

прессу, где и склеиваются в непрерывную ленту. Последняя обрабатывается на калибровочном станке и раскраивается на заготовки требуемой (или кратной) длины с помощью безупорной измерительной системы и торцовочной пилы. Затем заготовки укладываются в плотные пакеты пакетуюкладчиком. Пакеты выдерживаются определенное время в специальном помещении и отправляются потребителю.

Структура линий для сращивания досок на зубчатый шип и раскря непрерывной ленты может и отличаться от изложенной. Отметим только, что производительность таких современных линий достигает 60 склеек в минуту. Поэтому при мощных или сдублированных установках для прочностной сортировки досок производительность таких цехов может составить около 100 тыс. м³ пиломатериалов в год.

На крупных предприятиях, специализирующихся на выпуске конструкционных пиломатериалов, можно использовать несколько линий для обработки всех выпиливаемых пиломатериалов и выпуска их только конструктивными. При распиловке сырья соответствующего качества это позволяет иметь высокую эффективность процессов. Организация одноэтапной массовой камерной сушки пиломатериалов до заданной конечной влажности сразу на лесопильных заводах в этих условиях является наиболее рациональной. Кроме увеличенной (на несколько десятков процентов) стоимости пиломатериалов (практически выпускаются заготовки) ликвидируются такие традиционные процессы, как оценка качества пиломатериалов по сортам и их сортировка по сортам и длинам, а также складирование пиломатериалов между этими операциями.

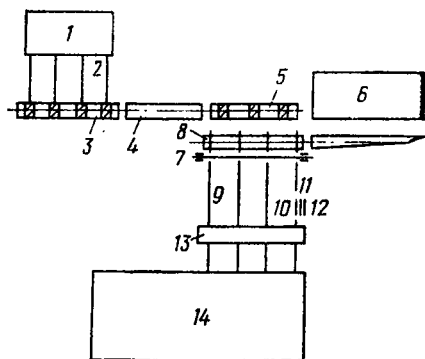


Рис. 3.4. Схема линии для получения конструкционных пиломатериалов с заданными механическими свойствами и требуемой длины.

Пояснения даны в тексте.

Весьма эффективным может оказаться использование таких цехов или линий на лесозаготовительных предприятиях для обработки низкокачественных пиломатериалов, что, по существу, позволяет вообще отказаться от выпуска пилопродукции низкого качества. Исследования показывают, что производить вырезку всех слабых сечений, имеющих по длине досок, нецелесообразно, так как только потери древесины будут сводить эффект перевода пиломатериалов в высшие сорта к минимуму. Вырезка у досок, например, двух слабых участков не приносит значительного выигрыша по сравнению с вырезкой одного слабого участка, но зато вызывает значительные осложнения технологического и конструктивного характера. При этом объем досок, требующих вырезки более одного слабого сечения, как правило, составляет не более нескольких процентов (примерно 5 %).

Рассмотренный выше тип линий позволяет с большой эффективностью применить на них автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), начиная с прочностной сортировки и кончая подачей заготовок на участок их сращивания по длине. К задачам управляющих вычислительных машин относятся: определение модуля упругости древесины по длине досок с заданным шагом; выявление наличия слабых сечений, определение их качества и положения по длине пиломатериала; управление шибберным устройством; определение схемы раскроя; управление триммером и выдвижными упорами; учет выработанной пилопродукции.

Исходной информацией, подлежащей обработке в АСУТП, является: реакция пиломатериала на изгиб, толщина, влажность, температура пиломатериалов и тактовые импульсы, поступающие с частотой, пропорциональной скорости перемещения пиломатериалов через силовую установку.

Установки силовой сортировки в зависимости от требований производства могут быть скомпонованы не только с линиями сращивания заготовок по длине (после вырезки слабого сечения), но и с линиями сортировки досок по длинам. В этом случае доски, не имеющие сечений (участков) с недопустимо низким модулем упругости (или высших сортов), торцуются в размер градаций длин на триммере и направляются для их сортировки по длинам и пакетирования. Доски, имеющие сечения с недопустимо низким модулем упругости, подаются для их раскроя на линии сращивания по длине.

Перспективность прочностной сортировки может быть проиллюстрирована на примере ее осуществления для лиственных пиломатериалов. В этом случае эффективность состоит в

том, что только переход с выпуска пиломатериалов на выпуск заготовок позволит избежать многократно завышенных коэффициентов запаса прочности лиственничной древесины и уменьшить размеры деталей на 20...50 % в ответственных конструкциях.

Большая группа европейских стандартов посвящена конструкционным пиломатериалам. Для них разработаны отдельные стандарты размеров и допусков, методов определения механических свойств и плотности, классификации по прочности. Установлено девять классов прочности для хвойных и тополевых пиломатериалов и шесть классов для лиственничных пиломатериалов.

Использование отечественных пиломатериалов в качестве конструкционных эффективно как для экспорта, так и для внутреннего рынка. Применение европейских стандартов является необходимым условием развития экспорта конструкционных пиломатериалов.

4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ БРЕВЕН НА ПИЛОМАТЕРИАЛЫ

4.1. Классификация бревноперерабатывающего оборудования

До перехода к рыночной экономике в отечественной лесопильной промышленности использовалось до 100 тыс. лесопильных рам, около 10 % — двухэтажных и 90 % — одноэтажных. Поэтому классификация бревнопильного оборудования в основном сводилась к классификации лесопильных рам по назначению (общего или специального назначения — коротышевые, тарные, передвижные), величине просвета (узко-, средне- и широкопросветные), виду распиливаемого материала (для распиловки бревен, для развала брусьев), величине хода, направлению движения и уклона пильной рамки и др. Крупные и средние лесопильные предприятия оснащались преимущественно двухэтажными лесопильными рамами, малые — одноэтажными. На одноэтажных лесопильных рамах вырабатывались в основном необрезные доски, так как производилась распиловка бревен вразвал практически без их сортировки по диаметрам.

В настоящее время бревноперерабатывающее оборудование может быть классифицировано по его типу и виду следующим образом:

1. Многопильное оборудование проходного типа групповой распиловки (переработки) бревен на пиломатериалы. Его коэффициент использования машинного времени составляет порядка $K_m = 0,9$ и выше.

2. Оборудование позиционно-проходного типа индивидуальной распиловки с возвратно-поступательным движением бревен и брусьев при их раскрое. У этого типа оборудования K_m составляет около 0,2...0,3.

3. Оборудование позиционного типа индивидуальной распиловки с возвратно-поступательным движением пильных механизмов. При этом бревна и брусья при их раскрое закреплены на неподвижной станине станка. У этого типа оборудования K_m составляет около 0,3...0,4.

К недостаткам оборудования индивидуального раскроя относится сравнительно небольшая производительность вследствие значительных затрат времени на операции, не связанные непо-

средственно с пилением (навалка, базирование, установка размера, закрепление, съём материала со станка, обратный холостой ход).

Таким образом, бревноперерабатывающее оборудование проходного типа в 3...4 раза, а иногда и в 5 раз имеет бóльшую производительность по сравнению с позиционно-проходным и позиционным оборудованием при сопоставимых условиях.

На средних и крупных лесопильных предприятиях, как правило, устанавливается бревноперерабатывающее оборудование проходного типа. Использование позиционно-проходного и позиционного бревнопильного оборудования характерно для малых лесопильных предприятий и получило большое развитие в конце XX в.

4.2. Бревноперерабатывающее оборудование проходного типа

К этому типу относится следующее оборудование:

- лесопильные рамы;
- оборудование для позиционирования и создания базы;
- фрезерно-брусующие станки;
- многопильные круглопильные станки первого ряда;
- многопильные круглопильные станки второго ряда;
- фрезерно-профилирующие станки;
- сдвоенные и счетверенные вертикальные ленточные станки;
- горизонтальные ленточнопильные конвейеры.

4.2.1. Лесопильные рамы

Классификация лесопильных рам представлена в табл. 4.1. Все двухэтажные лесопильные рамы являются рамами общего назначения.

Уже в середине XX в. были созданы двухэтажные лесопильные рамы с просветами пильных рамок 500—750—1100 мм. В основном выпускались рамы с просветом 750 мм. Для увеличения производительности рам при распиловке бревен сравнительно небольших диаметров были созданы узкопросветные рамы РД50-3 с возможностью изменения уклона пильной рамки, что позволило регулировать скорость подачи (посылку) во время распиловки очередного бревна. Уменьшение просвета с 750 до

Классификация лесопильных рам

Принцип классификации	Разновидности
По назначению	Общего назначения, специального назначения
По уровню производительности	Высокопроизводительные, средней производительности, низкой производительности
По высоте	Одноэтажные, полтораэтажные, двухэтажные
По величине просвета	Узкопросветные, среднепросветные, широкопросветные
По виду распиливаемого материала	Для распиловки бревен, для развала брусьев
По числу шатунов	Одношатунные, двухшатунные
По виду подачи	С непрерывной подачей, с периодической подачей
По уклону пильной рамки	Без изменения уклона, с изменением уклона
По характеру движения пильной рамки	По прямолинейным, по замкнутым криволинейным траекториям
По наличию регулировки пил по ширине постава	Без регулировки, с регулировкой пил по ширине постава
По направлению пильной рамки	Вертикальные, горизонтальные
По уровню механизации и автоматизации	Механизированные, автоматизированные, автоматические

500 мм позволило при равной работоспособности мотылевого подшипника увеличить частоту вращения коленчатого вала у рам РД50-3 по сравнению с рамами с просветом 750 мм на 20 %.

Узкопросветных лесопильных рам с просветом 500 мм было выпущено сравнительно небольшое количество. Они не были обеспечены высокопроизводительными впередирамными устройствами, их внедрение требовало определенной технологической подготовки производства.

Для освоения лесных регионов Сибири и Дальнего Востока с крупномерным пиловочным сырьем были созданы широкопросветные лесопильные рамы с просветом пильных рамок 1100 мм.

На базе РД50-3 была создана гамма двухэтажных рам РД50-3; РД75-6 и РД75-7; РД110-1 и РД110-2 с ходом пильных рамок 600 мм, просветом 500; 750; 1100 мм и частотой вращения коленчатого вала 360; 320 и 235 мин⁻¹ соответственно. Рамы второго ряда (РД75-7) отличаются в основном укороченной пильной рамкой и увеличенной мощностью электродвигателя главного привода, а также тем, что они имеют рифленые подающие вальцы в отличие от рам первого ряда, у которых подающие вальцы (рябухи) имеют шипы.

В 1960-е годы был разработан первый ГОСТ на двухэтажные лесопильные рамы. В соответствии с ним была спроектирована гамма двухэтажных лесопильных рам с просветами 500; 630; 800 и 1000 мм и соответственно с частотой вращения коленчатого вала 360; 345; 320 и 250 мин⁻¹. Считалось, что иметь рамы с меньшим просветом пильных рамок, чем 500 мм, нет смысла, так как большое количество тонкомерных бревен целесообразно перерабатывать на фрезерно-пильных линиях типа ЛАПБ. Кругопильные станки типа Т-92 и Т-94 для распиловки тонкомера были уже практически вытеснены фрезерно-пильным оборудованием для переработки тонкомерных бревен на пиломатериалы и технологическую щепу. Иметь лесопильные рамы с просветом, большим, чем 1000 мм, считалось нецелесообразным, так как толстомерные бревна в большинстве случаев имеют сконцентрированные пороки, например, в виде внутренних гнилей, и их раскрой на однопильных ленточных станках индивидуального раскроя позволяет увеличить качественный выход пиломатериалов.

В это же время была изменена индексация в типаже лесопильного оборудования, и новая гамма рам получила названия: 2Р50, 2Р63, 2Р80 и 2Р100. Все эти рамы должны были иметь ход пильных рамок не менее 700 мм, что и соответствовало техническому уровню мирового рамостроения.

В соответствии с утвержденным ГОСТом, были созданы первые опытные образцы двухэтажных лесопильных рам 2Р80-1 и 2Р80-2 (рамы первого и второго ряда с околорамным оборудованием); 2Р100-1 и 2Р100-2. Их было выпущено небольшое количество. Однако широкое внедрение гаммы рам этого ряда (Р-10) наткнулось на значительные технические и организационные трудности. В отечественной промышленности отсутствовал подшипник нижней головки шатуна двухэтажных лесопильных рам, который обеспечивал бы предъявляемые к нему требования по работоспособности. В связи с этим можно было увеличить

производительность рам не на планируемые 16 % вследствие увеличения хода их пильных рамок ($700/600 = 1,16$), а только на 4...5 % ([10], с. 78). Кроме того, имелся ряд трудностей конструктивного характера и, в частности, необходимость при замене рам РД75-6 и РД75-7 на 2Р80-1 и 2Р80-2 значительно увеличить объем фундамента.

Все двухэтажные лесопильные рамы (устанавливаемые в зданиях лесопильных цехов, имеющих два этажа) являются одноступенчатыми и имеют непрерывную подачу с движением пильных рамок по прямолинейным траекториям (рис. 4.1).

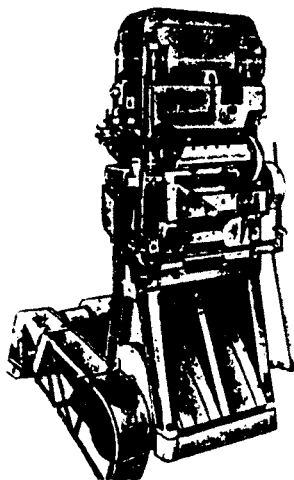


Рис. 4.1. Двухэтажная лесопильная рама.

К узкопросветным относятся рамы, имеющие просвет пильной рамки 500 мм; к среднеспросветным — 630, 750 и 800 мм; к широкопросветным — 1000 и 1100 мм. Все двухэтажные рамы относятся к высокопроизводительному автоматизированному оборудованию. Однако их высокая производительность достигается только при наличии на рамах первого ряда систем автоматического регулирования скорости их подачи в зависимости от диаметров, сбегав бревен и других факторов. Следует иметь в виду, что дробная сортировка бревен по их диаметрам может позволить исключить из конструкции рам механизмы автоматического изменения уклона пильной рамки. Так, опыт ряда фирм скандинавских стран показывает, что при дробной сортировке сырья по диаметрам отсутствие таких механизмов существенно не влияет на режим работы рам, но позволяет увеличить

уровень их надежности и уменьшить стоимость оборудования. К автоматическим можно отнести только рамы второго ряда, оснащенные автоматическими манипуляторами, центрирующими брус по оси постава пил, и другим современным околораменным оборудованием.

К двухэтажным лесопильным рамам с регулировкой пил по ширине постава относятся рамы фирмы «Эстерер ВД» (совместное с 1996 г. предприятие фирм «Вурстер и Дитц» и «Эстерер АГ») с компьютерной регулировкой постава пил по ширине*. Размер каждой стороны постава устанавливается индивидуально. При применении одной или нескольких пил центрального распила можно без смены инструментов и новой настройки расклинивающего ножа производить выпилку различных сортов пиломатериала. При настройке пильных полотен на новый размер круглых лесоматериалов расклинивающие ножи открываются автоматически для пропуска предшествующего бревна. После этого они самостоятельно настраиваются на новую ширину обработки.

По данным фирмы «Эстерер ВД», асимметричное возвратно-поступательное движение пильной рамки позволяет равномерно снимать стружку каждым зубом пильного полотна и полностью использовать весь рабочий ход, одновременно избегая отбоя бревна, бруса при возвратном движении пильной рамки.

Двухэтажные лесопильные рамы «Эстерер ВД» с ходом пильных рамок 700 мм имеют ширину просвета 760 мм, высоту просвета пильной рамки 710 мм, частоту вращения вала 320 мин^{-1} , частоту вращения вала с мобильными пилами 280 мин^{-1} , скорость подачи 0...20 м/мин, мощность привода подачи 11 кВт, минимальную мощность главного привода 110 кВт, максимальную мощность главного привода 150 кВт, массу 14,4 т.

В 1970-е годы в мировой практике лесопиления начался процесс замены двухэтажных лесопильных рам на фрезерно-пильные линии большой единичной мощности. В настоящее время в отечественном рамостроении произошел переход на условия рыночной экономики. По этой и целому ряду других причин ОАО «Северный Коммунар» по заказу предлагает к выпуску:

— рамы лесопильные двухэтажные 2Р50-12; 2Р75-1А; 2Р100-1, предназначенные для распиловки бревен на брусья и необрезные доски;

* К лесопильным рамам с регулировкой пил по ширине постава относятся также рамы фирмы «Линк».

— рамы лесопильные двухэтажные 2Р50-22; 2Р75-2А; 2Р100-2, предназначенные для распиловки брусьев на доски. Технические характеристики этих рам приведены в табл. 4.2.

К лесопильным рамам общего назначения относятся все двухэтажные, одноэтажные типа Р65-4М, полутораэтажные рамы. Государственный стандарт на одноэтажные лесопильные рамы предусматривал их выпуск с просветом 630 и 800 мм, ходом пильных рамок не менее 400 и 500 мм и частотой вращения коленчатого вала 270 и 250 мин⁻¹ соответственно.

Рядом станкостроительных отечественных организаций и заводов были сконструированы и выпущены опытные партии одноэтажных лесопильных рам с качанием пильной рамки (движением пильной рамки по замкнутым криволинейным траекториям). К ним относятся одноэтажные лесопильные рамы Р63-6; Р63-7 и Р63-8 с просветом их пильных рамок 630 мм. Рама РД63-7 имеет волнообразное движение пильной рамки. Это повышает устойчивость пил и увеличивает производительность данной рамы по сравнению с широко распространенной одноэтажной рамой Р63-4Б примерно в 1,5 раза. Рама Р63-7 имеет ход пильной рамки 400 мм, частоту вращения главного вала 285 мин⁻¹, общую установленную мощность 52,4 кВт и массу 6500 кг. Рамы Р63-6 и Р63-8 также имеют механизм качания пильной рамки, но с несколько другой траекторией. Рама Р63-8 имеет бесступенчатый привод подачи. Подъем и опускание вальцев производится от одного гидропривода. В остальном технические характеристики этих рам примерно одинаковы.

Одноэтажная лесопильная рама Р63-4Б (рис. 4.2) имеет следующие технические характеристики: ширина просвета пильной рамки 630 мм; ход пильной рамки 400 мм; частота вращения коленчатого вала 285 мин⁻¹; длина распиливаемых бревен и брусьев от 3 до 7,5 м; наибольшее число пил в поставе 12; общая установленная мощность 47,2 кВт; масса 5450 кг.

Одноэтажные рамы Р63-4Б; Р63-6 и Р63-8 изготовлены на Даниловском ЗДС, Р63-7 — на Тарбагатайском ЗДС.

Лесопильные рамы специального назначения служат для распиловки коротких бревен (коротышевые рамы РК63-1); выпилки из тонкомерных бревен, брусьев и брусков тонких тарных материалов (тарные рамы РТ); ребрового деления пиломатериалов кратных толщин (делительные рамы).

К лесопильным рамам специального назначения относятся также передвижные лесопильные рамы. Рамы специального назначения, как правило, одноэтажные. Все одноэтажные лесопильные рамы являются низкопроизводительными.

Технические характеристики ле

Параметр	2P50-12
Ширина просвета пильной рамки, мм	500
Ход пильной рамки, мм	600
Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	360
Длина распиливаемого материала, м	
Диаметр распиливаемого бревна, мм:	
наибольший	280
наименьший	100
Наибольшая высота распиливаемого бруса, мм	—
Наименьшая толщина выпиливаемой доски, мм	19
Просвет между верхними и нижними вальцами, мм	60.. 470
Подача бревна или бруса на один оборот коленчатого вала, мм/об.	0...80
Наибольшее количество пил в поставе	10
Род тока питающей сети	
Частота тока, Гц	
Напряжение, В	
Суммарная мощность электродвигателя, кВт	105,71
Габариты, мм:	
длина	2980
ширина	2300
высота	5165
Масса лесорамы с принадлежностями и электроаппаратурой, кг	16 200

Таблица 4.2

сопильных двухэтажных рам

2P50-22	2P75-1A	2P75-2A	2P100-1	2P100-2
500	750	750	1000	1000
600	600	600	700	700
360	325	325	250	250
3...7,5				
—	520	—	700	—
—	100	—	170	—
240	—	400	—	600
19	19	19	22	22
60...320	80...750	80...450	110...960	130...650
0...80	5...80	5...80	0...40	0...40
12	12	14	20	20
Переменный трехфазный				
50				
220/380				
98,09	128,71	121,09	172,29	167,89
2480	2850	2000	3110	2520
2380	2500	2580	2965	2965
5015	5410	5060	6410	5545
15 300	18 000	16 680	24 500	23 175

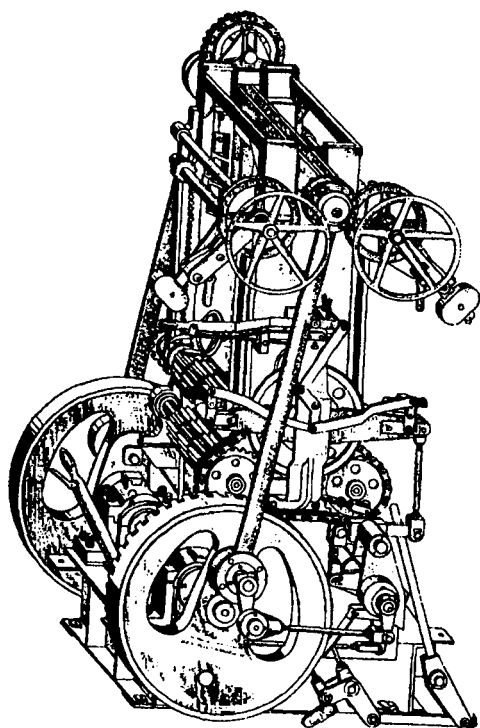


Рис. 4.2. Одноэтажная двухшатунная лесопильная рама типа Р63-4.

К рамам средней производительности могут быть отнесены полутораэтажные рамы с ходом пильной рамки не менее 500 мм и комплексной механизацией не только около- и межстаночных операций, но и процессов подготовки сырья.

Все одно- и полутораэтажные рамы двухшатунные. Они, как правило, имеют периодическую (толчковую) подачу за рабочий ход пильной рамки. У всех отечественных лесопильных рам (а также у большинства выпускаемых фирмами стран с развитым лесопилением) движение пильных рамок осуществляется по прямолинейным траекториям. Однако у одноэтажных рам с движением пильной рамки по замкнутым криволинейным траекториям рычажно-шарнирная система позволяет при непрерывной подаче избежать «отбоя» распиливаемых бревен и брусьев в нижней «мертвой» точке пильной рамки, когда скорость ее движения равна нулю (одноэтажные рамы Р63-6, Р63-7 и Р63-8).

Двухэтажные лесопильные рамы имеют в несколько раз меньшую производительность по сравнению с фрезерно-

ленточнопильными и фрезерно-круглопильными линиями большой единичной мощности. Их применение требует довольно дробной сортировки пиловочного сырья. Однако считать, что эпоха двухэтажных лесопильных рам заканчивается, было бы неправильно. При определенных объемах распиловки (примерно 100... 120 тыс. м³ пиловочника в год), хорошем качестве сырья, определенном назначении пилопродукции, высоком техническом уровне самих лесопильных рам и других условиях их применение может быть оправдано.

Что касается одноэтажных лесопильных рам общего назначения, то использование вместо них круглопильных и ленточнопильных станков позиционно-проходного и позиционного типов позволило производить индивидуальный раскрой бревен на пиломатериалы не только общего, но и специального назначения (радиальные и другие), а также практически исключило необходимость сортировки бревен перед распиловкой.

При определенных размерах и качестве пиловочника, назначении пиломатериалов, организационных условиях и техническом уровне самих одноэтажных лесопильных рам их применение может быть оправдано. Горизонтальные лесопильные рамы (см. табл. 4.1) применялись главным образом для распиловки кражей твердых ценных пород древесины (дуба, бука, граба, ореха и др.). Использование тонких пил (толщиной 0,9... 1,2 мм) с небольшим разводом позволяло иметь небольшую толщину пропила.

Горизонтальные лесопильные рамы относятся к позиционно-проходному типу оборудования с кривошипно-шатунным механизмом резания. Бревно (край) закрепляется на тележке, которая движется по рельсам посредством механизма, обычно представляющего собой комбинацию фрикционной передачи с червячной и зубчатой. Просветом рамы, определяющим максимальный диаметр бревна в комле, называется расстояние между вертикальными стойками рамы. Ход пильной рамки равен двойному радиусу кривошипа и обычно составляет 600...1200 мм при распиловке бревен диаметром до 75...140 см в комле.

Распиловка на горизонтальной раме обычно производится одной пилой, но иногда для увеличения производительности устанавливали две и даже три пилы. Однако при этом терялось преимущество индивидуальной распиловки, особенно важной при раскоре ценных пород. Скорость подачи в горизонтальных лесопильных рамах составляет до 3...4 м/мин (10...15 мм на один оборот вала рамы). Обратный ход тележки происходит со

значительно увеличенной скоростью, достигающей 25 м/мин. Ввиду очень малой скорости пиления (3...4 м/мин) горизонтальные лесопильные рамы имеют $K_{\text{м}} = 0,5$.

Еще в самом конце XX в. были предприняты попытки возродить проектирование и изготовление горизонтальных лесопильных рам. Однако в настоящее время выполнение присущих им операций осуществляется на горизонтальных позиционных ленточнопильных или вертикальных позиционно-проходных ленточнопильных станках.

4.2.2. Оборудование для позиционирования и создания базы

При распиловке искривленных бревен, рассортированных по диаметру вершины, получают пиломатериалы с обзолом, размеры которого превышают предельно допустимые нормы (рис. 4.3 а).

С помощью стандартной ориентации бревен перед распиловкой можно лишь частично сгладить незначительную кривизну бревна.

Рациональное позиционирование пиловочных бревен во время обработки в соответствии с их кривизной, сбежистостью, диаметром и длиной является одним из важных условий высокого выхода пилопродукции.

Удаление части комля при помощи фрезерной головки обеспечивает создание прямолинейной базы, т.е. изменяет расположение конечного пиломатериала внутри бревна таким образом, чтобы максимально сократить размер обзола на выходе (рис. 4.3 б—д).

В настоящее время имеются два основных способа позиционирования пиловочных бревен.

1. Применение специальных установок для минимизирования искривления пиловочных бревен с использованием фуговального станка, понижающего влияние комля на выход пиломатериалов (при прямых бревнах не используется — см. рис. 4.3), выравнивающего кривизну бревен и способствующего повышению выхода при последующих операциях обработки.

Считается, что использование загрузочного устройства с фуговальным валом позволяет избежать применения дорогостоящих конвейерных установок. Максимальная толщина снимаемого фуговальным станком слоя древесины может составлять около 100 мм при мощности электродвигателя до 55...75 кВт.

С целью увеличения выхода пиломатериалов фирма «Эстерер ВД» использует световые устройства для замера диаметров и кривизны пиловочника, поворотные устройства для направле-

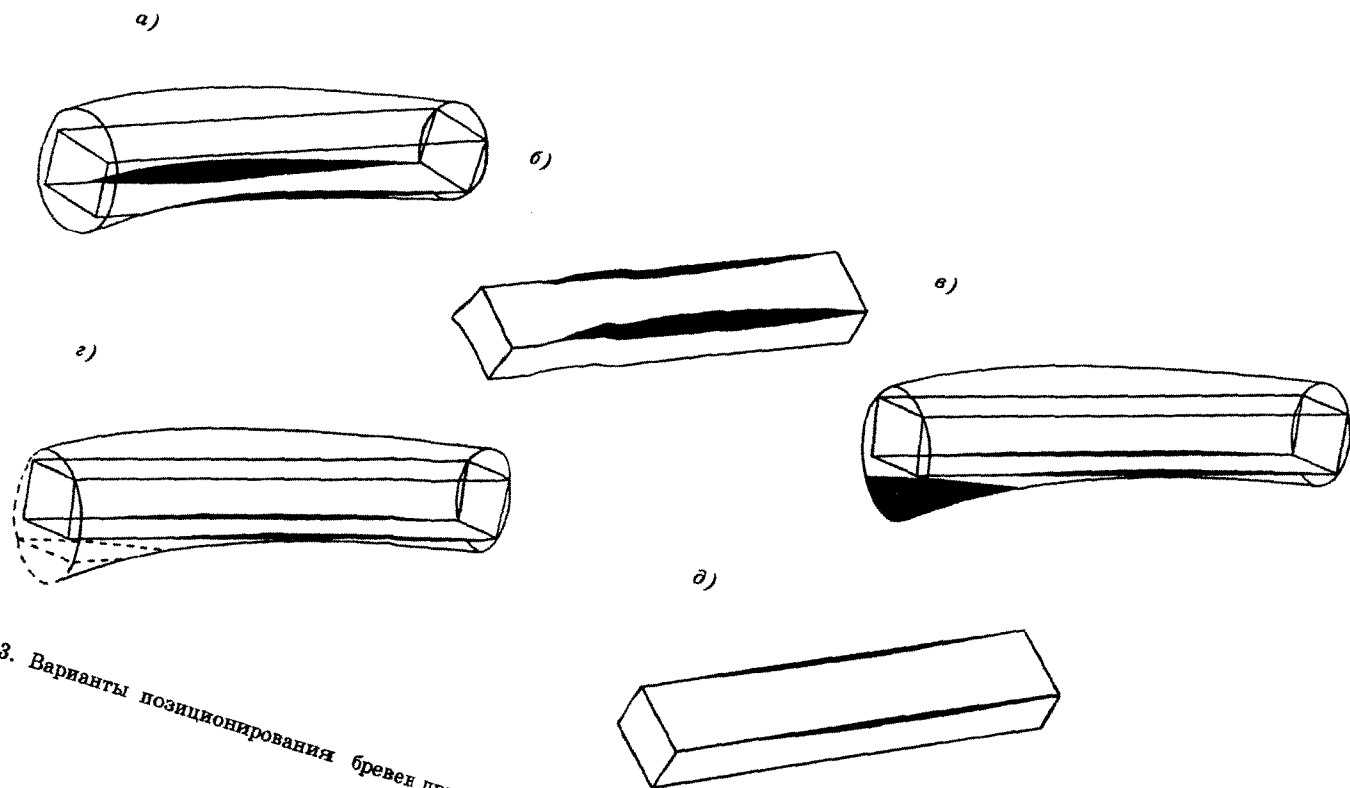


Рис. 4.3. Варианты позиционирования бревен при распиловке для получения максимального выхода пиломатериалов.

ния искривления бревен вверх, механизмы подачи с их автоматически регулируемым уровнем высоты в зависимости от кривизны, сбежистости, диаметра и длины бревен.

2. Позиционирование пиловочных бревен для минимизирования их искривления без использования фуговального станка. Например, в фрезерно-круглопильных линиях «HewSaw SL200» и «HewSaw SL250» концерна «Viesto Group» кантователь бревен измеряет бревно методом трехмерного лазерного измерения формы, поворачивает его с учетом кривизны в разных плоскостях в оптимальное с точки зрения профилирования и пиления положение и подает после центровки в фрезерно-рубильный станок. Все движения бревна оптимизированы и сведены к минимуму.

В автоматической системе подачи бревна «HewSaw Log-In» применен двойной роторный кантователь (рис. 4.4). Бревно измеряется в зависимости от прикладной программы либо в двух направлениях, либо методом трехмерного измерения формы. Персональный компьютер датчика размеров и формы бревна обрабатывает полученные данные и передает месторасположение вершины бревна углу постава, кривизны кантователю бревен и системе управления фрезерно-профилирующим станкам. Когда угол постава по кривизне бревна известен, блок управления кантователем устанавливает натяжные валики под этот же угол.

Автоматическая система подачи бревен «HewSaw Log-In» состоит из измерительного транспортера, датчика измерения раз-

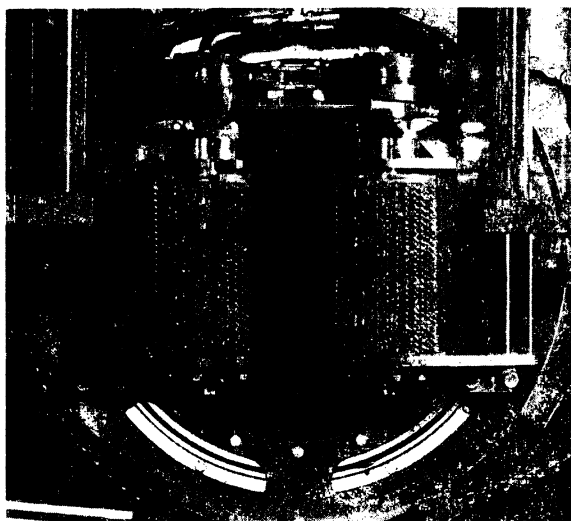


Рис. 4.4. Кантователь бревен.

меров и формы бревен, кантователя бревен роторного типа и автоматической системы измерения и вращения бревна.

Дочерним предприятием фирмы «Viesto Group» в Канаде разработан двойной роторный кантователь. К корпусу принятого уже раньше кантователя бревен добавлен второй вращательный ротор и проведено усовершенствование кантователя для его использования при высоких скоростях переработки тонкомерных бревен. В Северной Америке пилят даже со скоростью 170 м/мин.

Вращение ротора обеспечивается преобразователем частоты и мотор-редуктором. Управление позиционированием осуществляется с помощью импульсных датчиков и концевых выключателей.

4.2.3. Фрезерно-брусующие станки

Фрезерно-брусующие станки предназначены для получения двух- или четырехкантных брусьев и технологической щепы из горбыльной части бревен. В зависимости от назначения щепы — для производства целлюлозы или древесно-стружечных плит разрабатываются вид, геометрия инструмента и скорость подачи. Качество поверхности брусьев может быть улучшено с помощью подрезных или зачистных пил.

Первые фрезерно-брусующие станки были созданы шведской фирмой «Содерхамнс» на базе целлюлозных рубительных машин, позволяющих производить двух- и четырехкантные брусья без использования пил — путем окантовки бревен методом фрезерования.

Этой же фирмой была предложена схема лесопильного потока на базе двухэтажных лесопильных рам с установкой перед рамами первого и второго ряда фрезерно-брусующих станков ([4], с. 18...20). Это обеспечивало повышение производительности лесопильных рам, экономию четырех пропиллов с образованием вместо опилок технологической щепы для целлюлозно-бумажного производства, что устраняло необходимость транспортировки и рубки горбылей в рубительной машине.

Станки этого типа получили название «Золотая курица».

В отечественной лесопильной промышленности фрезерно-брусующие станки стали устанавливаться в составе крупных лесопильных заводов с двухэтажными лесопильными рамами, на которые поступало большое количество тонкомерных бревен на первом проходе для переработки бревен диаметром до 18 см на двухкантные брусья и технологическую щепу. Распиловка двухкантных брусьев на втором проходе осуществлялась на многопильных круглопильных станках типа СБ-8М. Установка фрезерно-брусующих

станков перед бревнопильным оборудованием была осуществлена при создании фрезерно-лентовочно-пильной линии ЛФП-1, а также фрезерно-круглопильных линий ЛФП-2 и ЛФП-3.

К основным данным фрезерно-брусующих станков (рис. 4.5) относятся: высота обработки или толщина вырабатываемого бруса, скорость подачи, мощность электродвигателя каждого фрезерного диска или установленная мощность.

У отечественных фрезерно-брусующих станков ФБС-750М толщина вырабатываемого бруса 50...150 мм (диаметр вырабатываемых бревен в вершине 10...18 см, в комле до 26 см), скорость подачи 50 м/мин, установленная мощность 120 кВт, длина бревен 3...6,5 м, кривизна бревна до 2 %.

Для переработки тонкомерных бревен диаметром в вершине 8...16 см используется минифрезерно-брусующая линия ФБЛ-16М. Она состоит из подающего устройства, фрезерно-брусующего станка и позадистаночного рольганга. Подающее устройство устанавливает бревно кривизной вниз. Два суппорта, перемещающихся в горизонтальной плоскости, снабжены торцово-коническими двухрезцовыми фрезами и зачистными пилами, приводимыми во вращение двигателями мощностью 30 кВт. Настройка фрез на размер вырабатываемого бруса толщиной 75...125 мм происходит мерным упором. Для того чтобы вырабатываемый брус не мог повернуться относительно своей оси, в зоне фрезерования бревно опирается на балку с закрепленными ножами. Непосредственно за фрезами расположены направляющие стенки, в которых установлены вытяжные вальцы.

Скорость подачи станка 36 м/мин, длина бревна 2...6 м, общая установленная мощность 69,1 кВт. Ввиду того что настройка фрез на размер вырабатываемого бруса происходит мерным упором, требуется сортировка бревен перед их обработкой на линии.

У фрезерно-брусующего станка шведской фирмы «API ВКР-600В» максимальная высота пропила (обработки) 325 мм, максимальный диаметр бревна 65 см, скорость подачи 60 м/мин при

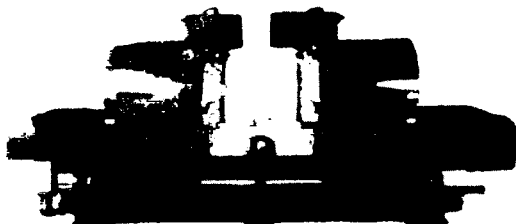


Рис. 4.5. Фрезерно-брусующий станок.

длине щепы 21 мм, мощность электродвигателя каждого фрезерного диска 75 кВт.

У фрезерно-брусующих станков немецкой фирмы «Эстерер ВД» максимальная высота обработки до 515..670 мм, максимальная скорость подачи 100...200 м/мин, мощность электродвигателя каждого фрезерного диска 132 кВт при скорости подачи 120 м/мин и 250 кВт при скорости подачи 200 м/мин.

Фрезерно-брусующие станки устанавливаются также в составе высокопроизводительных круглопильных линий с двухвальтовой технологией. Минимальное время позиционирования обоих фрезерных суппортов составляет менее 0,5 с при обработке сортированной древесины.

Обработка тонкомерной древесины диаметром 7...16 см в вершине потребовала новых подходов к подаче, базированию и обработке бревен, так как бревна данных диаметров имеют пониженную жесткость и традиционные способы обработки, подачи и базирования не обеспечивают качество получаемых пиломатериалов. Специалистам ООО «Экодрев» (г. Вологда) удалось (в результате проведенных исследований на опытных образцах фрезерных линий) уменьшить влияние сил фрезерования на жесткость обрабатываемого тонкого бревна и исключить деформирование и вибрацию бруса в процессе фрезерования.

Новая фрезерно-пильная линия модели ЛФ ПТ-180 состоит из четырех основных узлов:

- конвейер подающий;
- фрезерный агрегат;
- пильный узел;
- позадистаночный рольганг.

Линия имеет следующие технические характеристики:

Характеристики распиливаемого сырья:

диаметр бревен наименьший (в вершине), мм... ..	70
диаметр бревен наибольший (в комле), мм... ..	180
длина наибольшая (рекомендуемая), мм	4000
длина наименьшая, мм	1500
Толщина выпиленных досок наименьшая, мм..	10
Высота пропила, мм	125
Скорость подачи, м/мин	10...20
Габаритные размеры, мм:	
длина	11290
ширина.....	2026
высота	1664
Масса, кг	4500
Диаметр пил наибольший, мм	450

Число пил наибольшее, шт.....	5
Суммарная мощность всех электродвигателей, кВт ..	70

Подающий конвейер обеспечивает надежный захват, подачу и ориентацию бревна точно по центру относительно фрез, независимо от изменения расстояния между фрезами, что позволяет всегда получать сердцевой равнопрочный по сечению брус.

Фрезерный агрегат принимает ориентированное бревно с подающего конвейера и двумя фрезерными валами со специальными фрезами формирует брус квадратного сечения. Продвижение бруса на ребре и направление усилий фрезерования по касательной к оси бревна уменьшают усилия, влияющие на снижение жесткости бруса. Вытяжные вальцы надежно удерживают брус и исключают его перебазирование в вертикальной и горизонтальной (перпендикулярной оси движения бревна) плоскостях. Вытяжные вальцы являются подающими вальцами в пильный узел.

Пильный узел полностью автономен. Линия может поставаться с ним или без него.

Двухопорный пильный вал расположен под углом 45° . На нем жестко крепятся до пяти пил. Он распиливает брусья на обрешечные доски.

Позадистаночный рольганг на повышенной скорости отводит брусья или доски и автоматически сбрасывает их на левый или правый поперечные транспортеры.

Линия ЛФПТ-180 может работать без подсортировки тонкомерного сырья, так как перестройка всей линии с одного диаметра обрабатываемых бревен на другой осуществляется в течение нескольких секунд после нажатия одной кнопки управления. Подсортированные по диаметру бревна обрабатываются без межторцовых разрывов, что значительно увеличивает производительность линии.

Производительность линии по готовой продукции составляет:

— по брускам — от 40 до 70 м³ в смену в зависимости от сечения бруса;

— по пиломатериалам — от 35 до 50 м³ в смену.

4.2.4. Многопильное круглопильное оборудование первого ряда

Первым отечественным круглопильным оборудованием проходного типа принято считать круглопильные станки Т-92 и Т-94 для распиловки тонкомерных бревен. Однако создание фре-

зерно-профилирующего оборудования (линий ЛАПБ) и фрезерно-брусующих станков быстро вытеснило их производство.

В 1970-х годах была создана фрезерно-круглопильная линия, состоящая из двух участков: линии ЛФП-2 для переработки бревен с вершинным диаметром до 24 см и линии ЛФП-3 для переработки брусьев с максимальной высотой пропила 180 мм на пиломатериалы и технологическую щепу. Линия ЛФП-2 предназначалась для получения двухкантного бруса на фрезерно-брусующем станке и четырех необрезанных досок на круглопильном станке первого ряда. Скорость подачи линии 39,6 и 60 м/мин; установленная мощность линии 475 кВт; масса линии с фрезерно-брусующим и круглопильным станками и околостаночным оборудованием 40,3 т.

Опытно-промышленный образец линии был установлен на лесопильном заводе в г. Архангельске, но ее серийный выпуск не состоялся из-за значительных недоделок.

Практически линии типа ЛФП-2 являются комплексными линиями, так как komponуются из станков двух типов: фрезерно-брусующего и круглопильного.

Первые круглопильные станки для распиловки древесины появились в Западной Европе в начале XIX в. Распиловка круглой пилой была запатентована во Франции Л. Альбертом в 1799 г. Уже в 1920-х годах в Европе работали круглопильные станки с цепной подачей для распиловки бревен с диаметром пил 800 мм и толщиной 3,4 мм немецкой фирмы «Вурстер и Дитц».

Мировая практика и проведенные исследования показывают, что ширина пропила в случае использования ленточных, рамных и круглых пил составляет около 3 (2,75); 4 (3,9) и 5 (4,9) мм соответственно.

При этом уширение зубьев круглых пил на сторону (при плющении или разводе), по данным ЦНИИМОДа, равно 0,85 мм, что практически соответствует уширению зубьев ленточных пил на сторону. Проблема тонкого пропила довольно успешно решается в США, где изготавливаются круглые пилы диаметром 400...500 мм толщиной до 1...1,2 мм по специальной технологии. При этом требуется повышенная точность подшипников шпиндельных узлов, четкое базирование материала и другие условия, обеспечивающие эффективность тонкого пропила.

Другим направлением уменьшения ширины пропила является так называемая двухвальная технология.

В круглопильных станках для распиловки бревен на первом проходе применяются пилы толщиной 3,2 мм. Это позволяет

распиливать бревна с вершинным диаметром примерно до 24 см. Естественно, при распиловке бревен больших диаметров увеличивается диаметр, а следовательно, и толщина круглых пил. При этом ширина пропила достигает 6...7 мм и более. Для ее уменьшения применяют двухвальную технологию, при которой пильный механизм состоит из двух валов: нижнего и верхнего с расположенными на них в одной вертикальной плоскости нижних и верхних пил.

Таким образом, каждый рез производится двумя круглыми пилами меньших диаметров по сравнению с диаметром одной пилы, необходимой для обеспечения определенной высоты пропила (рис. 4.6).

На рис. 4.6 представлен круглопильный станок проходного типа с двухвальным механизмом DWK немецкой фирмы «Эстерер ВД».

Бревнопильные круглопильные станки этого типа имеют верхний и нижний телескопические валы. На каждом из двух суппортов быстро и бесступенчато производится позиционирование постова. При этом используются горизонтальное перемеще-

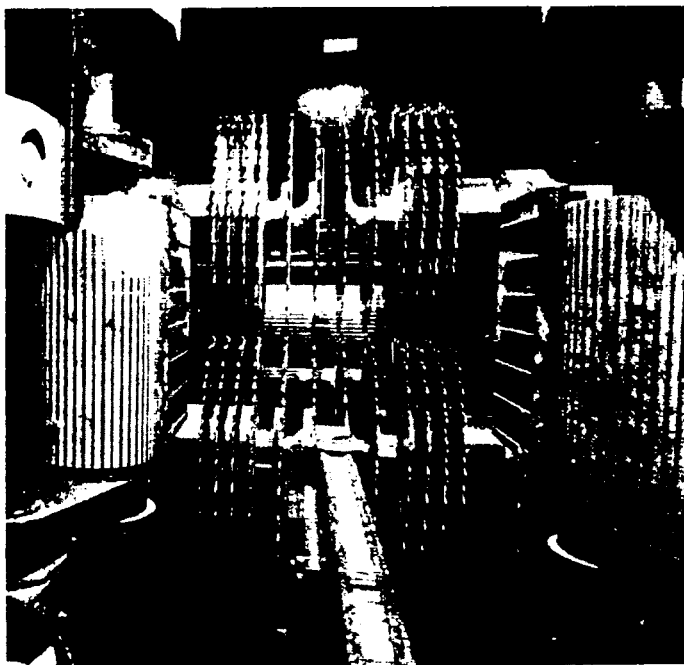


Рис. 4.6. Круглопильный станок проходного типа с двухвальным пильным механизмом.

ние суппортов и вертикальное перемещение всех четырех пильных валов.

Процесс распиловки бревен возможен как в двухвальном исполнении, так и с применением только верхних или только нижних пильных валов. С использованием этих конструктивных принципов может производиться распиловка и двухкантных брусьев.

Это позволяет применять круглопильные станки подобного типа в процессе с рециркуляцией брусьев и гибкими поставами.

Максимальная высота прохода станка DWK 700 мм; ширина прохода 70...660 мм; диаметр круглых пил 520/640 мм; высота пропила 48...250/370 мм; скорость подачи до 200 м/мин; перемещение инструмента сервогидроприводом; масса около 24 т.

Для защиты пильных валов и улучшения качества пропила перед круглопильным станком устанавливается фрезерный агрегат (рис. 4.7).

На рис. 4.7 представлен общий вид компоновки круглопильного станка с механизмом подачи лесоматериала.

Немецкая фирма «Линк» предлагает универсальный дисковый пильный агрегат КЦСУ, обеспечивающий высокую производительность, точность размеров и хорошее качество поверхности (почти как после строгания). На нем возможен раскрой как бревен, так и брусьев.

Часть пильных дисков переставляется автоматически. Максимальный диаметр бревен 70 см, скорость подачи до 40 м/мин. Имеется специальная видеотехника наблюдения. Обеспечивается оптимальное выравнивание и направление бревна в обработку.

Управление агрегатом, позиционирование пильных дисков и правильность их установки осуществляются через компьютер. Обеспечивается переработка нерассортированных бревен. В компоновке с агрегатом устанавливается фрезерно-брусующий станок, на котором вырабатывается не просто щепы, а так называемые древесные чипы определенного размера, необходимые для производства бумаги того или иного качества.

Первые фрезерно-брусующие станки (измельчители фирмы «Линк») устанавливались в сочетании с пильными дисками уже в 1950-е годы.

4.2.5. Многопильное круглопильное оборудование второго ряда

Многопильные круглопильные станки проходного типа второго ряда предназначены для распиливания двух- и четырех-



Рис. 4.7. Общий вид компоновки круглопильного станка проходного типа с двухвальным пильным механизмом и механизмом подачи лесоматериала.

1 — пульт управления; 2 — тележка для подачи лесоматериалов с сепаратным позиционированием зажимной и поддерживающих тележек; 3 — направляющие вальцы; 4 — фрезерный агрегат для защиты телескопических пильных валов; 5 — двухвальный круглопильный агрегат; 6 — направляющие вальцы; 7 — расклинивающий нож с сервогидравлическим позиционированием; 8 — торцовочный агрегат для боковых досок; 9 — электроприводные вальцы с гидравликой для позиционирования пиломатериала.

кантных брусьев на доски. Они устанавливаются за фрезерно-брусующими, круглопильными и ленточнопильными станками, а также за лесопильными рамами первого ряда.

Применяются многопильные круглопильные станки с одновальным или двухвальным пильным механизмом. Последнее позволяет использовать пилы меньшего диаметра, что уменьшает ширину пропила при распиловке толстых брусьев, требующих большой высоты пропила.

Одним из первых отечественных станков (ВНПО «Научдревпром») для распиловки двухкантного бруса стал многопильный круглопильный станок СБ-8М с «плавающими пилами».

Станок предназначен для установки за лесопильной рамой или за фрезерно-брусующим станком в лесопильных потоках (линиях) для переработки бревен диаметром до 20 см в вершине. Высота пропила (толщина распиливаемого бруса) 75...135 мм; толщина выпиливаемых пиломатериалов 19; 22; 25; 32 и 50 мм; скорость подачи 30; 42 и 50 м/мин; количество устанавливаемых пил до 7 шт.; наибольший диаметр пил 500 мм, наименьший — 450 мм; толщина пил 2,2 (1,8) мм. Пилы устанавливаются во фланцах специальной конструкции и имеют возможность перемещаться («плавать») вдоль пильного вала с самоустановкой в зазоре между направляющими. Направляющие представляют собой цельнометаллический корпус со сменным вкладышем, состоящим из стального цилиндра и двух текстолитовых накладок. Для уменьшения трения и нагрева при контакте «плавающих» пил и направляющих в зону контакта через систему охлаждения подается водовоздушная смесь. В этом случае ширина пропила составляет $3,5...3,9$ мм ($0,85 \times 2 + 1,8 = 3,5$ мм или $0,85 \times 2 + 2,2 = 3,9$ мм).

Расход воды при давлении 0,3 МПа — 0,4...0,8 л/мин на одну пилу. Установленная мощность пильного вала 110 кВт, мощность подачи 5,5 кВт.

При жестком креплении пил на пильном валу без применения системы охлаждения необходимо использовать более толстые пилы. При плохой подготовке круглых пил ширина пропила иногда увеличивается почти в 2 раза, что делает применение станка практически неэффективным.

Подача бруса осуществляется приводными вальцами подачи. За пилами доски разделяются направляющими ножами.

Вологодским станкостроительным заводом выпускается многопильный круглопильный станок Ц8Д-8М, предназначенный для продольной распиловки брусьев на доски и бруски и уста-

навливаемый, например, вместо лесопильной рамы второго ряда. Станок изготавливается с «плавающими» пилами или жестким креплением пил на валу; с бесступенчатым или ступенчатым регулированием скорости подачи, левого или правого исполнения.

Просвет станка 630 мм; толщина распиливаемого бруса 60...180 мм; длина распиливаемого бруса 2,7...7,5 м; допустимая односторонняя кривизна бруса не более 2 %; толщина выпиленных досок 16...50 мм; толщина пил 2,2...2,8 мм; наибольшее количество пил 8 шт.; скорость подачи при бесступенчатом регулировании 10...80 м/мин, при ступенчатом регулировании 16/24 и 36/54 м/мин; общая установленная мощность 81; 96 и 116 кВт.

Группой компаний «Экодрев» спроектирован круглопильный станок Ц8-180-1. Ядром группы является общество с ограниченной ответственностью (ООО), расположенное в г. Вологде. По документам этой компании оборудование производят ОАО «Северный Коммунар», ОАО «Вологодский станкозавод», ОАО «Даниловский завод деревообрабатывающих станков» и другие.

Круглопильный многопильный станок тяжелого класса попутного пиления с вальцово-гусеничной подачей Ц8-180-1 предназначен для продольной распиловки двухкантных брусков на доски и бруски в лесопильных потоках. Распиловка производится пильным механизмом с «плавающими» пилами, охлаждаемым и водовоздушной смесью.

Прижим верхних подающих вальцов осуществляется гидравлическим способом, управляет прижимом электронная система. Привод подачи от гидромотора с бесступенчатым регулированием скорости от 0 до 36 м/мин; высота пропила 75...190 мм; наибольший диаметр пил 560 мм; толщина 2,8 мм; количество пил 8 шт.; наибольшая ширина бруса 550 мм; наибольшая длина бруса 6,5 м, наименьшая — 3 м; суммарная мощность всех электродвигателей 114 кВт.

В случае необходимости пильный вал может быть использован для «жесткого» закрепления пил.

Если многопильный круглопильный станок второго ряда СБ-8М имеет наибольшую высоту пропила (толщину бруса) 130 мм, то станок Ц8Д-8М—180 мм, станок Ц8-180-1—190 мм.

Многопильный круглопильный станок Вологодского станкостроительного завода Ц8Д10 предназначен в основном для лесопильных предприятий малой мощности. На нем имеется два пильных вала, т. е. применена двухвальная технология. Наибольшая высота пропила одним валом 150 мм, двумя валами 200 мм; наи-

больший диаметр пил 450 мм, наименьший — 355 мм; наибольшее количество пил на валу 8 шт. Считается, что использование пил малого диаметра позволяет производить распиловку двухкантных брусев в большом диапазоне высот пропила без воздушного охлаждения.

Двухвальный пильный механизм используется в станке DWK-G фирмы «Эстерер ВД» для распиловки двухкантного бруса. Он является модификацией круглопильного многопильного станка первого ряда DWK T6 с бесступенчатым позиционированием (гибкого) постава с высотой пропила 48...250/370 мм.

Круглопильные станки фирмы «Эстерер ВД» изготавливаются в различных вариантах: с жестким позиционированием пил или с подвижными гидравлически позиционируемыми фланцами.

Фирмой «Эстерер ВД» для раскроя бруса спроектирован также круглопильный станок FR22 с двойными валами в тяжелом исполнении.

Поперечное перемещение четырех индивидуально позиционируемых групп пильных дисков осуществляется с помощью подвижных суппортов и отдельно регулируемых телескопических валов.

Пильные валы индивидуально регулируются в вертикальном направлении. Это допускает использование меньших пильных дисков с более узким пропилом при обработке лесоматериалов с более низкой высотой пропила. Кроме того, обеспечиваются равномерное распределение нагрузки на пильные диски верхнего и нижнего валов и точный раскрой.

Станок может быть использован также для распиловки бревен. В нем применены конструктивные элементы редуционного агрегата FR14 (в котором при распиловке бревна или бруса можно получать до трех пар боковых необрезных досок). Путем монтажа стружечных инструментов редуционный агрегат FR14 можно превратить в профилирующий агрегат FR16 (см. п. 4.2.6). У станка FR22 высота пропила 50...415 мм, максимальная скорость подачи 80 м/мин.

4.2.6. Фрезерно-профилирующее оборудование

Требование увеличения комплексного использования древесины вследствие развития целлюлозно-бумажных производств (ЦБП) привело к созданию новых типов бревнопильного оборудования с одновременным получением не только пиломатериалов, но и технологической щепы (рис. 4.8). Это оборудование более правильно называть бревноперерабатывающим. Как прави-

ло, оно имеет в несколько раз большую производительность, чем двухэтажные лесопильные рамы, лучшее использование энергии, увеличенные на несколько процентов объемы технологической щепы по сравнению с использованием для ее получения рубительных машин в рамных потоках.

Под профилированием понимается чистовая обработка боковых поверхностей двух- или четырехкантных брусков до их распиловки круглыми пилами.

Для обеспечения высокого качества всех четырех поверхностей боковых пиломатериалов их обработка осуществляется не только фрезами, но и подрезными круглыми пилами. В результате получается такое же качество пропила, как после распиловки круглыми пилами, исключается вырывание сучков при фрезеровании. Фрезерное профилирование позволяет не использовать в производственном процессе обрезающие станки (см. рис. 4.8 и 4.9).

В мировой практике оборудование для одновременного получения пиломатериалов и технологической щепы называется фрезерно-профилирующим.

Оно может перерабатывать бревна по развальному способу (рис. 4.10 а) или с брусковкой (рис. 4.10 б).

В первом случае применительно к потоку с двухэтажными лесопильными рамами не требуются лесопильная рама первого ряда, обрезающий станок и рубительная машина. Во втором случае не требуются рамы первого и второго ряда, обрезающие станки и рубительные машины.

Фрезерно-профилирующие станки имеют как одновальную, так и двухвальную технологию распиловки круглыми пилами, с вертикально и горизонтально бесступенчато перемещающимися суппортами.

Сначала это оборудование применялось в основном для переработки по развальному способу тонкомерных бревен с диамет-

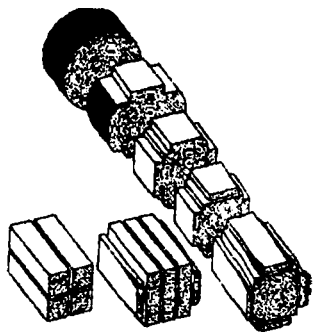


Рис. 4.8. Схема переработки бревен на пиломатериалы и технологическую щепу.

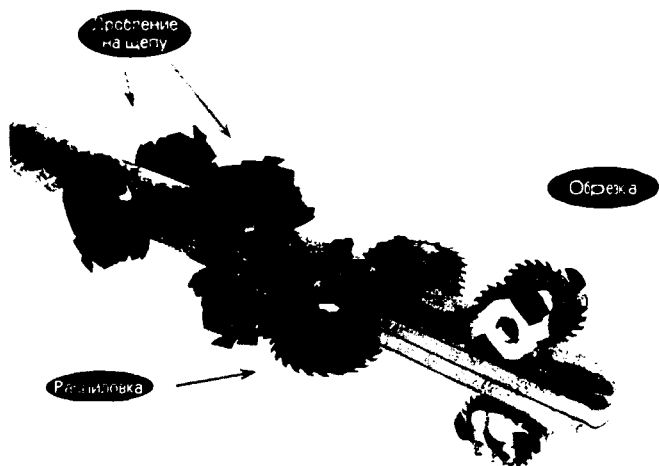


Рис. 4.9. Распиловка профилированных брусев (горизонтальными круглыми пилами вразвал), дробление древесины на технологическую щепу и обрезка.

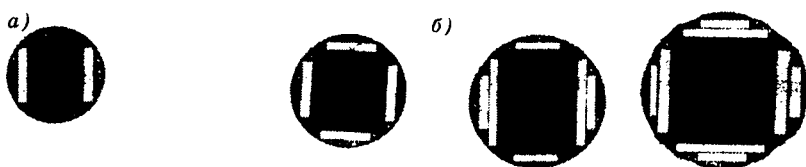


Рис. 4.10. Схемы переработки бревен.

а — по развальному способу; б — по брусовому способу.

ром в вершине до 14...18 см и практически с жесткими поставами. С развитием объемов выработки технологической щепы, совершенствованием оборудования этого вида и применением электроники началась переработка бревен на пиломатериалы и технологическую щепу на фрезерно-профилирующих станках бревен с вершинным диаметром до 40 см и более с гибкими поставами.

Первое отечественное оборудование для переработки бревен на пиломатериалы и технологическую щепу было выпущено Вологодским станкостроительным заводом под названием «Линии агрегатной переработки бревен» (ЛАПБ). По материалам исследований, проведенных в ЦНИИМОде в 1970-х годах под руководством профессора Л. З. Лурье, ЛАПБ-1 предназначались для переработки окоренных пиловочных бревен диаметром в верши-

не 14...18 см и в комле до 28 см. Длина бревен 3,9...7,5 см; наибольшая высота пропила 135 см; скорость подачи 24; 30; 36 м/мин; масса 35 т.

Обработка бревна до формы ступенчатого бруса с последующим распиливанием его на доски происходит автоматически на заданной оператором скорости подачи.

Фрезерно-пильный агрегат состоит из узлов первичного и вторичного фрезерования и круглопильного распиловочного узла, а также механизмов подачи и управления.

Механизм первичного фрезерования предназначен для предварительного формирования сечения бруса путем фрезерования верхней и нижней поверхностей бревна.

Рабочие органы — фрезерные головки — образуют с начала процесса обработанные направляющие поверхности, которые обеспечивают надежное базирование бревна при прохождении через всю линию.

Механизм вторичного фрезерования предназначен для фрезерования на технологическую щепу боковых поверхностей бревна и зачистки горизонтальных поверхностей, сформированных фрезами механизма первичного фрезерования. Затем ступенчатый брус распиливается на доски круглыми пилами, находящимися на валу с нижним расположением. Пилы одновременно зачищают наружные пласти досок.

Механизм подачи относится к вальцовому типу и состоит из пяти пар подающих горизонтальных и двух вертикальных вытяжных вальцов. В стандартной конструкции линии предусмотрены три скорости подачи. Регулировка постава происходит путем изменения набора фрезерных головок, а также с помощью промежуточных втулок круглых пил. На линии осуществляется также скоростная поднастройка верхних фрезерных головок и подающих вальцов на три различные высоты.

Линию обслуживает один оператор. Он оценивает каждое бревно с точки зрения технологичности распиловки, поворачивает его вдоль продольной оси и направляет в агрегат.

Устройство регулировки высоты бревна действует автоматически. Оно устанавливает бревно так, чтобы его ось совпала с осью постава агрегата. Таким образом, бревно распиливается симметрично.

Устройство для транспортировки пиломатериала от линии представляет собой специальный транспортер, на котором центральные доски отделяются от боковых для последующей сортировки по размерам.

Щепа и опилки выводятся из машины с помощью ленточных и пневматических транспортеров.

Агрегатные линии являются однопроходными, работают по развальной схеме и позволяют значительно сократить длину технологического потока в лесопильном цехе. Последнее практически использовалось при установке ЛАПБ не в отдельных зданиях или пристройках, а вместо рамного потока при реконструкции лесопильных цехов.

На ЛАПБ поперечное сечение пиломатериалов — не только толщина, но и ширина — формируется фрезами. Возможность поднастройки фрезерных головок на три различные высоты позволяет расширить диапазон границ сортiroвочных групп бревен, обрабатываемых на линии, без значительных потерь объемного выхода пиломатериалов. Однако наибольший уровень последнего достигим только при весьма дробной сортировке бревен по диаметрам.

Для переработки бревен со скоростью подачи до 60 м/мин изготавливается ЛАПБ-2. Диаметр бревен в вершине 10...18 см, в комле до 28 см; наибольшая простая кривизна 1 %; скорость подачи 40; 50; 60 м/мин; наибольшее количество пил 5 шт.; толщина пил 3 мм; наибольшая высота пропила 155 мм; мощность 462 кВт; масса 44,5 т.

Была попытка проектирования ЛАПБ-3 со сложной ориентацией бревен и гибкими поставками, но она не была доведена до выпуска таких линий.

Линия агрегатной переработки бревен ЛАПБ-4 предназначена для переработки окоренного пиловочника вершинным диаметром от 10 до 34 см и наибольшим диаметром в комле 40 см, т. е. бревен тонких и средних размеров. Она перерабатывает бревна на пиломатериалы, фигурные строительные брусья для домостроения и технологическую щепу: тонкие бревна по развальной схеме раскря, бревна средних диаметров по брусовой схеме раскря с использованием в комплекте многопильного круглопильного станка типа Ц8Д-8М.

Наибольший диаметр условного цилиндра, внутри которого может пройти бревно, 42 см; толщина боковых досок 16 и 19 мм; ширина боковых досок 75; 100 и 150 мм; толщина центральных досок 32; 40; 44; 50; 60; 100; 125 и 150 мм, т. е. требуется специализация линий под заданные поперечные размеры пиломатериалов.

Наибольшая высота пропила при работе верхнего пильного вала 155 мм и при работе верхнего и нижнего пильных валов

200 мм (т. е. применена двухвальная технология); скорость подачи ~ 50 м/мин; установленная мощность 525 кВт.

В последнее время фирма «Экодрев» спроектировала высокопроизводительный фрезерно-пильный станок для переработки тонкомера с непрерывной подачей сырья модели ФПТ-1. Станки этого типа иногда в отечественной практике называют фрезерно-брусующими многопильными станками, но почти никогда фрезерно-пильными. Под фрезернопильным оборудованием обычно понимают линии, состоящие из автономных фрезерно-брусующих и сдвоенных или счетверенных вертикальных ленточнопильных или многопильных круглопильных станков.

Станок ФПТ-1 предназначен для переработки тонкомерных бревен за две операции в одном агрегате: торцово-коническими фрезами и круглыми пилами. Он состоит из подающего конвейера, фрезерного и круглопильного механизмов и приемного рольганга. Конструкция подающего конвейера обеспечивает ориентацию в станке пиловочника кривизной до 1 %. Вальцовый механизм подачи имеет пружинное устройство прижима верхних вальцов. Наименьший диаметр бревен в вершине 7,5 см, наибольший в комле — 18 см; наибольшая длина бревен 5 м, наименьшая — 1,75 м; высота пропила 125 мм; скорость подачи 20 м/мин. Поскольку разница в диаметрах обрабатываемых бревен сравнительно невелика, скорость подачи неизменная. Наибольший диаметр пил 450 мм; толщина пил 2,8 мм; количество пил 5 шт.; суммарная мощность 70 кВт; масса 4,5 т.

По желанию потребителя станок может быть поставлен без пильного узла.

К рассматриваемому типу оборудования относятся, например, фрезерно-профилирующие станки R200 и R250, устанавливаемые в линиях «HewSaw SL200» для тонкомера и «HewSaw SL250» для крупных бревен (см. п. 6.1) концерна «Viesto Group», а также фрезерно-профилирующие станки FR15 и FR16 фирмы «Эстерер ВД».

Механическое устройство подачи «HewSaw R200» оснащено системой самоцентровки бревна.

Четыре ножевые головки дробят на щепу боковые поверхности бревна. Блоки циркульных пил, установленные на вертикальном валу, распиливают брус максимум на шесть досок. Боковые доски обрезаются обрезными фрезами, находящимися на валах циркульных пил, или фрезерным блоком после распиловки бруса вразвал. При выполнении обрезки обоими способами получаются две пары боковых досок разной ширины.

Благодаря близкому расположению различных операций обработки возможно криволинейное пиление по центральной линии бревна, что позволяет увеличить объемный выход пиломатериалов.

Кроме стандартной, имеются также версии, предназначенные для нерассортированных и коротких бревен.

Вершинный диаметр бревен 10...23/25 см, максимальный в комле 35 см; ширина обработки фрезерно-брусующего агрегата 60...225 мм; ширина обработки для распиловки вразвал 60...200 мм; высота обработки 75...225 мм; пропил 3,6 мм; диаметр циркульных пил 400/350 мм (двухвальная технология); стандартная скорость подачи 75 м/мин, при регулировке с помощью преобразователя частоты — 60...100 м/мин; потребляемая мощность примерно 600 кВт.

Станок «HewSaw R250» перерабатывает бревна с минимальным и максимальным диаметром в вершине 10...35/40 см (см. переработку бревен с брусковой на рис. 2.5); максимальный диаметр комля 50 см; ширина обработки 75...250 мм; высота обработки 75...320 мм; пропил 4,2 мм; стандартная скорость подачи 50 м/мин, при регулировке с помощью преобразователя частоты — 30...90 м/мин; потребляемая мощность примерно 900 кВт.

Фрезерно-профилирующий станок FR15 фирмы «Эстерер ВД» имеет вертикально и горизонтально бесступенчато перемещающиеся суппорты с мощностью каждой фрезерной головки до 132 кВт для получения одной боковой доски.

В зависимости от скорости подачи применяются двухножевые (до скорости 100 м/мин) или четырехножевые фрезерные головки.

Фрезерно-профилирующий станок с круглопильным агрегатом FR16 имеет дополнительно (по отношению к FR15) двухвальный круглопильный агрегат на каждом суппорте для выпилки до четырех боковых досок за один проход с мощностью 4 × 80 кВт.

Основные технические данные FR15/FR16: ширина прохода минимальная 70 мм; максимальная толщина боковых досок 50 мм; высота пропила 48...370 мм; скорость подачи до 200 м/мин; масса FR15 около 21 т, FR16 около 26 т. Это оборудование может осуществлять переработку бревен вершинным диаметром до 50 см по развальной и брусовой схемам раскря.

4.2.7. Сдвоенные и счетверенные вертикальные ленточнопильные станки

Ленточные пилы для древесины появились в начале XIX в. в Англии — в Ньюберри в 1807 г. (Foldhaus P.M. Die Sage einrueckblick auf vier jahrtausend. Berlin, 1921. S. 72).

Наиболее широкое распространение ленточнопильные станки получили в Америке, где до начала XX в. бревна диаметром до 50 см считались тонкомерными и их практически оставляли в лесу.

Однако это были вертикальные ленточнопильные станки позиционно-проходного типа с диаметрами шкивов до 2,5...3 м, так как толщина пилы составляла, да и сейчас на станках промышленного типа составляет, около 1/1000...1250 диаметра шкивов. Сдвоенные и счетверенные вертикальные ленточнопильные станки (агрегаты) проходного типа появились в 1970-х годах для распиловки в основном бревен со средними и большими диаметрами на крупных лесопильных предприятиях. Они располагаются симметрично относительно оси пиления бревен (рис. 4.11) и, как правило, устанавливаются в комплексных линиях за автономно расположенными фрезерно-брусующими станками. Оба типа оборудования оснащаются специальными механизмами для быстрого перемещения и установки фрез и пильных блоков на заданные размеры.

Основными преимуществами симметрично расположенных вертикальных ленточнопильных станков являются тонкий пропил и возможность производить раскрой пиловочника без его предварительной сортировки по диаметрам и другим признакам. Последнее достигается возможностью распиловки каждого из

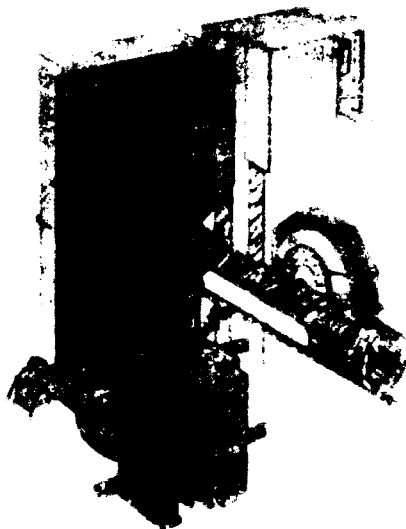


Рис. 4.11. Вертикальные ленточнопильные станки, расположенные симметрично относительно оси пиления.

бревен индивидуальными (оптимальными) поставками, обеспечивающими высокий выход пиломатериалов.

Современные ленточнопильные станки имеют автоматическую регулировку скорости подачи и скорости резания.

Точность распиловки на ленточнопильных станках зависит в основном от натяжения ленточного полотна. Для сохранения натяжения неизменным применяются бесступенчатые системы (от 0 до 200 Н/мм²) в зависимости от плотности древесины и условий окружающей среды.

Первые процессы на базе спаренных вертикальных ленточнопильных станков, позволяющих использовать преимущества ленточнопильной распиловки на сквозной проход и активно воздействовать на технологический процесс, были выполнены шведской фирмой «Чер» ([4], с. 23).

Этой фирмой также впервые были применены рентгеновская и телевизионная установки, позволяющие оператору визуально оценивать качественные особенности древесины поступающих для распиловки бревен.

Первые отечественные вертикальные ленточные станки с симметричным расположением относительно оси пиления были изготовлены в составе опытно-промышленного образца линии ЛФП-1 (рис. 4.12), установленной в лесопильном цехе Усть-Илимского ЛПК.

Линия предназначена для обработки окоренных бревен диаметром в вершине до 30 см. Скорость подачи линии до 72 м/мин. Окоренные бревна подаются к линии двумя продольными транспортерами 1. Затем они накапливаются на двух питателях 2, расположенных симметрично относительно загрузочного транспортера 3. Бревна с того или иного питателя поштучно выдаются на загрузочный транспортер, выполняющий функции не только подачи, но и догона предыдущего бревна. Бревно разворачивается механизмом 4 во время подачи к конвейеру 5, который осуществляет подачу и базирование бревна в процессе его обработки на фрезерно-брусующих станках 6 и 11 и четырех ленточнопильных станках 7 типа ЛБ150, установленных последовательно (попарно) и симметрично продольной оси обрабатываемого пиловочника. Полученная технологическая щепка удаляется эксгаустерными устройствами. Выпиленные из бревна необрезные доски доходят до упоров разделительных шин роликового конвейера 8, свинчиваются на поперечные транспортеры, и каждая из пар необрезных досок подается к своему фрезерно-обрезному станку. Двухкантный брус по роликовому конвейеру 8 (между разделительными шинами) поступает на позицию 9, где и переворачивается на одну из пластей. Ввиду того что скорость подачи

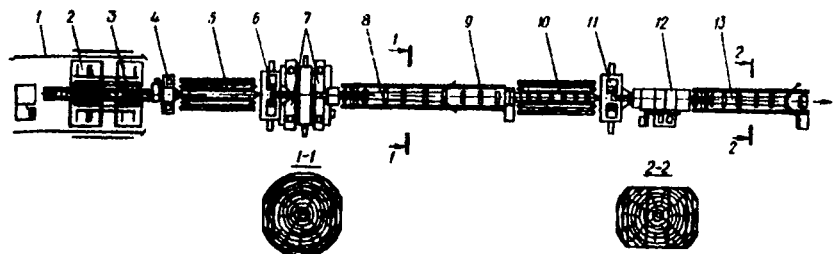


Рис. 4.12. Линия ЛФП-1.

на втором проходе фрезерно-брусующего станка 6 многопильного круглопильного станка 11 больше, чем на первом, агрегаты установлены по системе тандем, т. е. со смещением их продольных осей только на наибольший диаметр бревна. Роликовый конвейер 9 подает двухкантный брус к конвейеру 10 для переработки его горбыльной части на фрезерно-брусующем станке 11 и развала на обрезные и необрезные доски на многопильном круглопильном станке 12. Щепа удаляется также эксгаустерными устройствами. Необрезные доски, как и на первом проходе, доходят до упоров разделительных шин рольганга 13 и поступают к своим фрезерно-обрезным станкам, а обрезные (между разделительными шинами) передаются на линию их выборочной торцовки и сортировки по сечениям. Для уменьшения ширины пропила многопильный круглопильный станок выполнен двухвальным, что позволяет устанавливать здесь пилы сравнительно небольшого диаметра. Опытно-промышленный образец линии ЛФП-1 не прошел производственных испытаний, и линия была заменена на подобную линию фирмы «Альстром».

В линии ЛФП-1 заложены прогрессивные конструктивные решения. Она состоит фактически из агрегатированных механизмов: фрезерных (одинаковых как на первом, так и на втором проходе), ленточнопильных (с возможностью изменения числа вдвоенных ленточнопильных агрегатов на первом и втором проходах) и других. Это позволяет практически одновременно провести испытания нескольких модификаций линии с различными производственной мощностью и степенью концентрации технологических операций по специальной программе и сократить срок серийного выпуска в несколько раз.

Агрегатным является оборудование с высокой степенью концентрации технологических операций (например, получение на одном агрегате пиломатериалов и технологической щепы).

Агрегатированным называют оборудование, скомпонованное из нормализованных агрегатных узлов и механизмов (модулей). Использование продуманных компоновок из таких модулей-механизмов позволяет создавать высокопроизводительные машины и линии в короткие сроки, при этом цикл оснащения производства может сократиться до 8...10 раз. Однако опыт показывает, что в создании агрегатированного оборудования заинтересованы в основном его потребители (см. гл. 13).

Подобная линия ЛФП-4 (ЛФП-150) для распиловки бревен диаметром до 42 см (скорость подачи до 72 м/мин; установленная мощность электродвигателей 1500 кВт; масса 186 т со всеми околостаночными механизмами) была спроектирована, но не изготовлялась. На втором проходе у этой линии для распиловки двухкантных брусьев предусматривались четыре пары симметрично расположенных вертикальных ленточнопильных станков.

На рис. 4.13 представлена схема комплекта ЛЛК-5 тяжелого класса фирмы «Экодрев» повышенной производительности с фрезерно-брусующим и сдвоенным ленточнопильным механизмами. Комплект состоит из сдвоенного ленточнопильного станка 5, фрезерно-брусующего станка 4, загрузочного устройства 1, ленточного конвейера 2, подающего механизма 3, позадистаночного выводного конвейера 6, кантователя бруса 7, роликового конвейера 12, поперечного конвейера 8, возвратного транспортера со сбрасывателем 9 и поперечных транспортеров 10 и 11.

Управление установкой суппортов фрезерно-брусующего и ленточнопильного станков на размер вырабатываемых пиломатериалов производится с помощью электронной программируемой системы, позволяющей вводить в память до 99 программ (схем раскроя бревен) в зависимости от их диаметра. Каждая программа может содержать до 40 шагов. В программе задаются толщина отпиливаемой доски или остатка, ширина пропила и указание о кантовке бревна. Программы могут вводиться вручную или с помощью компьютера.

Фрезерно-брусующий станок оснащен фрезами со стандартными дугообразными резцами, чистота обработки обеспечивается зачисткой поверхности, входящей в комплект фрезы дисковой пилой.

Наибольший диаметр распиливаемых бревен в вершине 45 см; длина бревен 3...6,5 м; диаметр пильных шкивов 1300 мм; толщина пилы 1...1,2 мм, ширина — 125...175 мм; наибольшая высота пропила 600 мм; диаметр фрез 800 мм; скорость резания ленточных пил 40 м/с; максимальная скорость подачи при пи-

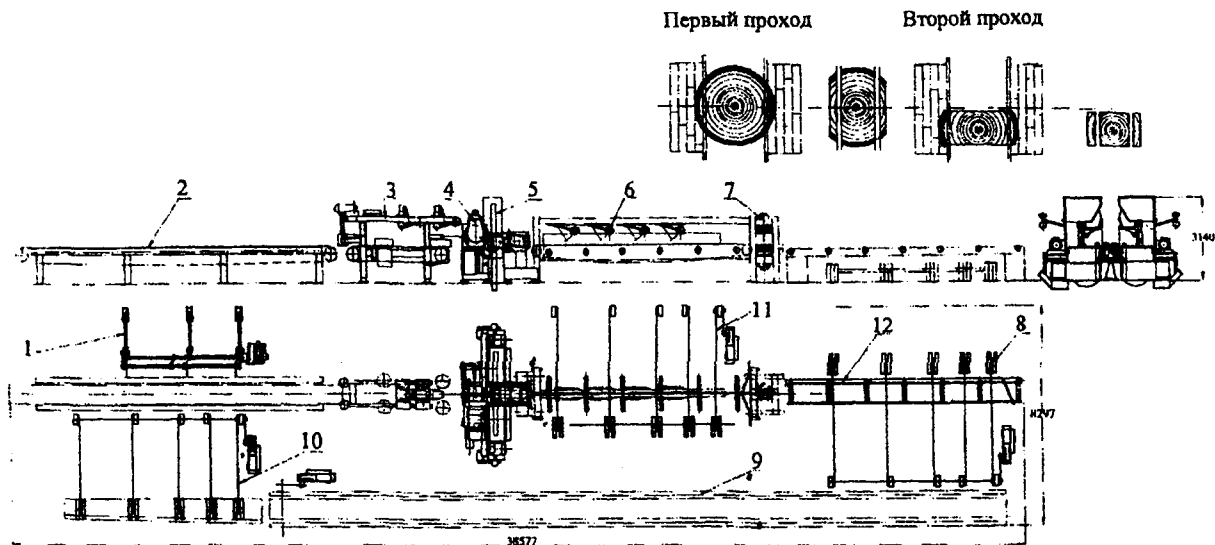


Рис. 4.13. Комплекс с фрезерно-брусующим и двойным ленточнопильным механизмами ЛЛК-5.
Пояснения даны в тексте.

лении 48 м/мин. Пиломатериалы, мм: длина 6500; ширина 100...275; толщина 19; 22; 38; 44; 50; 63; 75. Технологическая щепка по ГОСТ 15815; масса 25 т; установленная мощность фрезерно-пильных механизмов 270 кВт.

Комплект предназначен для переработки круглых лесоматериалов хвойных пород на пиломатериалы и технологическую щепу. Распиловка производится за два прохода. На первом проходе от бревна фрезеруется горбыльная часть и выпиливаются две доски и центральный двухкантный брус, доски отделяются и при необходимости направляются на обрезной станок, двухкантный брус кантуется на пласть и по петле возврата возвращается в исходную позицию и вновь подается на обработку. При втором проходе от бруса также фрезеруется горбыльная часть и отпиливаются две доски. Оставшийся четырехкантный брус выдается на дальнейшую распиловку, например, на многопильный круглопильный станок.

Для повышения производительности могут использоваться два последовательно расположенных комплекта без использования петли возврата. В этом случае на первом комплекте производится распиловка бревна, а на втором — распиловка двухкантного бруса.

«Экодрев» также спроектировал механизированный ленточнопильный поток ЛЛК-3 с двумя сдвоенными пильными механизмами для распиловки четырехкантных брусьев (рис. 4.14). Четырехкантный брус толщиной и высотой 100...150 мм и длиной 3000...4000 мм распиливается на пиломатериалы толщиной 24 и 38 мм, шириной 100...150 мм и длиной 3000...4000 мм.

Брусья поступают в транспортных пакетах шириной 1350 мм, высотой 1300 мм и длиной 4000 мм, массой 4,5 т. Пакеты поперечным транспортером 1 подаются к лифту разборщика 2, разделяющего их на слои. Из слоев брусья поштучно поступают на распиловочный участок, состоящий из двух (пар) последовательно расположенных сдвоенных делительных ленточнопильных станков 3, 4. Диаметр пильных шкивов 1000 мм, толщина пильной ленты 1,0 мм; мощность привода одной пилы 30 кВт; скорость резания 37 м/с; наибольшая скорость подачи 52 м/мин; установленная мощность 164,6 кВт.

Полученные пиломатериалы роликовым конвейером 5 подаются на два поперечных транспортера 6, 7 сортировочного участка, которыми доставляются на четыре укладочных поста 8, 9, 10, 11, где формируются транспортные пакеты. Сформированные пакеты продольным напольным рольгангом выводятся на участок отгрузки.

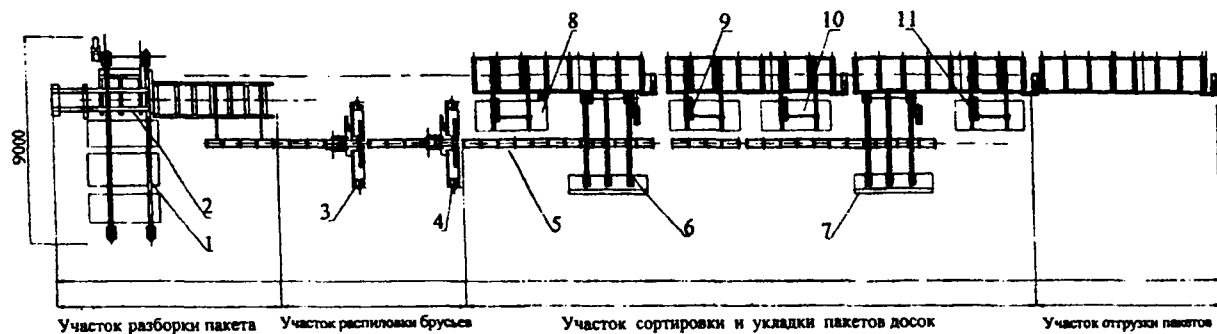


Рис. 4.14. Механизированный ленточнопильный поток ЛЛК-3 с двумя сдвоенными пильными механизмами.
Пояснения даны в тексте.

4.2.8. Горизонтальные ленточные конвейеры

Многоленточный конвейер «Гравитон МЛК» калининградской фирмы «Гравитон» предназначен для распиловки бруса (в основном трехкантного) на доски. Он представляет собой станину с транспортером для перемещения распиливаемого бруса с пильными агрегатами, количество которых доходит в основном до шести и определяется объемами распиловки (рис. 4.15).

Распиловка пиловочника на трехкантный брус производится на конвейерной линии «Гравитон-КЛБ», представляющей собой транспортер со специальными игольчатыми креплениями для равномерного перемещения бревен в зону пиления. Пильный модуль (рис. 4.15 а) состоит из двух вертикальных и одного горизонтального ленточнопильных агрегатов. Скорость подачи конвейера составляет 0...25 м/мин и регулируется с помощью преобразователя частоты фирмы «Хитачи». Диаметр шкивов ленточных агрегатов 516 мм; максимальный диаметр бревна (ширина бруса) 30 см (однако конвейерная линия КЛГ-04 позволяет распиливать бревна диаметром до 1,2 м); длина бревна (бруса) до 6 м; мощность электродвигателя привода ленточной пилы 7,5 кВт и транспортера 1,1 кВт; толщина и ширина ленточной пилы соответственно 0,8...1,1 и 32...35 мм.

Для фирмы «Гравитон» новым этапом в развитии стало совместное производство с мировым лидером — немецкой фирмой «Serra» — станка «Гравитон-Serra» с широкой пилой.

Фирма перешла от выпуска отдельных единиц техники к лесоперерабатывающим заводам.

Технологическая цепочка оборудования представлена на рис. 4.16. Отсортированные по толщине бревна из накопителя поступают на устройство поштучной выдачи бревен, а затем на

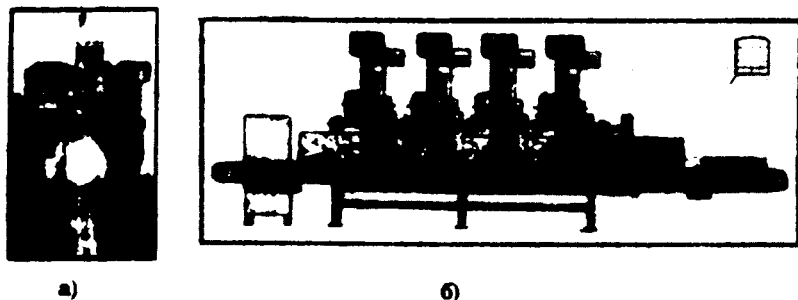


Рис. 4.15. Ленточные конвейеры.
а — «Гравитон-КЛБ»; б — «Гравитон-МЛК».

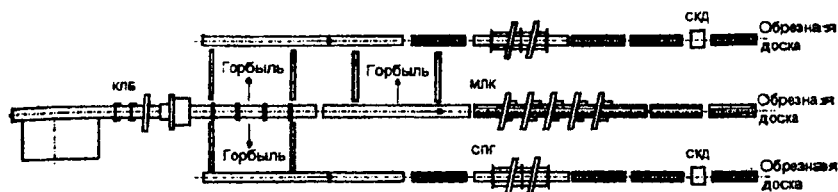


Рис. 4.16. Технологическая цепочка оборудования фирмы «Гравитон».

брусуемый станок «Гравитон-КЛБ», который за один проход позволяет изготовить трехкантный брус. Отсюда брус автоматически подается на многоленточный конвейер «Гравитон-МЛК», на котором производится его распиловка на обрезные доски. Горбыль отводится на поперечные роликовые транспортеры, а с них — на горбыльный станок «Гравитон-СПГ» для дальнейшей переработки. Этот агрегат выпускает необрезные доски, а кромкообрезные станки «Гравитон-СКД» обрезают их.

Фирма «Гравитон» перешла от применения первых конвейерных линий с шириной ленточных пил 35 мм к использованию ленточных пил шириной 80 мм и комплектующим немецкой фирмы «Serra» — мирового лидера в производстве ленточно-опильных комплексов с широкими ленточными пилами.

Для переработки бревен диаметром до 30 см фирма «Rez-zolato» выпускает линию, состоящую из двухпильного вертикального станка «Twin Bandsaw», делительного горизонтального станка и многоголовного горизонтального ленточно-опильного модуля с произвольным количеством пильных блоков.

Диаметр шкивов 700—800 мм; максимальная ширина пилы двухпильного вертикального и горизонтального станков 54 мм, ленточно-опильных модулей 38 мм.

Линии с горизонтальными ленточными конвейерами выпускает также фирма «Baker» и другие.

Качество получаемого на оборудовании пиломатериала во многом зависит от того, насколько надежно он фиксируется во время обработки.

На станках фирмы «Baker» перед первой режущей головкой установлено два механизма прижима. Непосредственно за режущей головкой располагается еще один. Каждая последующая режущая головка снабжается одним передним механизмом прижима и одним задним.

В состав механизма прижима входят вертикальный силовой ролик и вертикальный регулируемый ролик для обеспечения устойчивости и сохранения направления движения. Ролики

обеспечивают требуемое давление прижима, продольную стабильность и плавную подачу материала.

Количество рабочих головок определяется заказчиком. Толщина и ширина ленты соответственно 0,9 и 25,5 мм; пропи́л не более 1,5 мм; скорость подачи 6...60 м/мин. Механизм подачи: гофрированный сверху ременной конвейер и прижимной ролик. Двигатель привода подачи: гидравлический, от двигателя головки. Ширина конвейера 150/300 мм; мощность двигателя головки 15 или 30 л. с. в зависимости от вида модели.

К горизонтальным ленточнопильным конвейерам проходного типа можно условно отнести ленточно-круглопильный станок «Малыш». За один проход пильной каретки, на которой размещены ленточнопильное устройство и два независимых круглопильных агрегата, ленточнопильная пила производит развал бревна в горизонтальной плоскости, определяя толщину получаемой доски, а пильные диски делят получаемую необрезную доску на обрезные доски заданной ширины.

Диаметр пильных шкивов 600 мм; ширина ленточной пилы 40/50 мм; ширина пропила пильными дисками 3,5...4 мм.

4.3. Бревнопильное оборудование позиционно-проходного типа индивидуальной распиловки

К этому виду относится следующее оборудование:

- круглопильные станки;
- вертикальные ленточнопильные станки.

4.3.1. Круглопильные станки

Распиловка пиловочника на круглопильных станках позиционно-проходного типа получила наибольшее распространение в скандинавских странах. Различаются станки с одной круглой пилой и с дополнительной верхней пилой для распиловки крупномерных бревен.

Круглопильные станки позиционно-проходного типа с подающими столами, на которых закрепляются бревна (рис. 4.17), позволяют осуществлять их индивидуальный раскрой и исключить предварительную сортировку пиловочника по диаметрам и другим признакам. Как правило, станки этого типа применяются на малых лесопильных предприятиях.

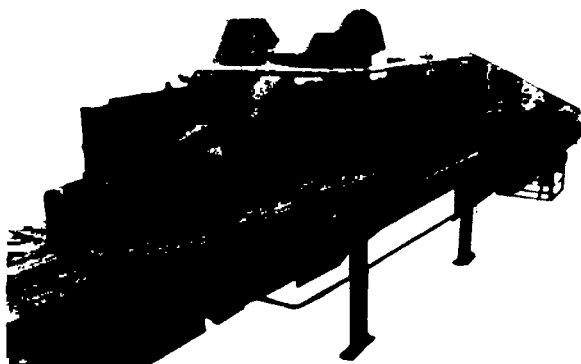


Рис. 4.17. Круглопильный станок позиционно-проходного типа модели УСК-1.

До 1980—90-х годов в отечественной практике применялись круглопильные станки позиционно-проходного типа моделей ЦДТ6-2, ЦДТ6-3 и ЦДТ7 (с дополнительной верхней пилой) для выпиловки шпал, из-за чего их называли шпалорезными. Станки вместо подающих столов имели подающие тележки со стойками с зажимами для бревен и механизмами измерения поперечного перемещения бревен на тележке. Ввиду того что шпалы выпиливались из средних и крупных бревен, диаметр распиливаемых бревен в комле составлял до 70 см, а на станках с дополнительной верхней пилой — до 110 см. Скорость рабочего хода тележки до 80...90 м/мин и холостого хода до 120 м/мин; общая установленная мощность электродвигателя около 80...120 кВт.

В России круглопильные станки позиционно-проходного типа получили большое развитие начиная с 1990-х годов в связи с переходом от плановой к рыночной экономике. Основной причиной этого явилась необходимость выпуска на лесопильных установках, в цехах и на предприятиях малой производственной мощности обрезных пиломатериалов высокого качества, предназначенных на экспорт.

Выпуск экспортных пиломатериалов на одноэтажных лесопильных рамах был весьма затруднителен, не говоря уже о необходимости сортировки бревен по диаметрам перед их распиловкой.

В начальный период наибольшее распространение получили импортные круглопильные позиционно-проходные станки финских фирм «Лаймет» и «Кага».

В настоящее время круглопильные станки индивидуального раскроя выпускают многие отечественные предприятия. Если вначале фирмы поставляли одиночные станки, то уже в конце XX в. наблюдалась ориентация на поставку комплексных линий для малых предприятий на базе этого оборудования.

Основной областью применения круглопильных станков индивидуального раскроя является выпуск пиломатериалов общего (товарного) назначения из пиловочника диаметром до 40 см.

Технические характеристики круглопильных станков «Лаймет 120», «Kara», УСК-1-1 Вологодского станкостроительного завода и СК-1200 Котельничского ремонтного завода приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Технические характеристики круглопильных станков

Параметр	«Лаймет 120»	«Kara»	УСК-1-1	СК-1200
Максимальный диаметр бревна, см	70	65	40	70
Максимальная высота пропила, мм	495	435	—	480
Максимальный диаметр круглой пилы, мм	1200	1100	1000	1200
Максимальная длина бревна, м	8	9	6	6,5
Скорость подачи, м/мин	100	100	—	96
Мощность электродвигателя, кВт	37	37	38,62	45

Модель УСК-1 отличается от УСК-1-1 наличием двух пил: нижней диаметром 630/500 мм и верхней диаметром 500 мм.

Модели «Лаймет 100» и «Лаймет 130» имеют максимальный диаметр пильного диска 1100 и 1300 мм соответственно.

К вспомогательному (дополнительному) оборудованию круглопильных станков индивидуального раскроя относятся: подъемники бревен, механизм для перемещения и поворота бревна и бруса (в иностранных моделях — гидравлический штурман), сбрасыватель пиломатериала, механизм для снятия коры (в иностранных моделях — гидравлический фрезерный нож), гидравлический отделитель бревна, электроподогреватель маслобака и дополнительная верхняя электропила.

Кроме того, для выброса опилок имеется эксгаустер с электродвигателем мощностью порядка 3 кВт. Для ориентировки бревна, оптимизации раскроя бруса и облегчения обрезки досок применяются лазерные устройства. Для быстрой установки раз-

меров выпиливаемых пиломатериалов применяется электронный блок установки размеров и двухлучевой лазерный визир. Естественно, что все эти устройства облегчают работу оператора, а также положительно влияют на качество и объемы производства пиломатериалов. Однако комплектация станка многими из них определяется условиями его работы.

На базе станка «Лаймет» в Финляндии создан круглопильный станок «Слайдтек». Отличия от традиционных финских моделей заключаются в новой конструкции подающего стола из профильной нержавеющей стали и использовании специальных пластиковых салазок вместо роликов, что позволяет столу двигаться плавно, бесшумно и с большей безопасностью для оператора. Считается, что это улучшает процесс распиловки, увеличивает ресурс пилы до заточки и не допускает прогибания стола.

Распиловку мерзлых бревен на круглопильных станках рекомендуется проводить хорошо подготовленной и обкатанной в течение нескольких месяцев пилой толщиной несколько больше обычной.

Для надежной фиксации крупных и мерзлых бревен на подающем столе применяется торцовый фиксатор их положения.

Толщина диска пил со стеллитными или твердосплавными напайками должна быть немного больше. Рекомендуемая скорость резания около 50 м/с. При скорости резания, например, 70 м/с получают пылеобразные опилки, которые заклиниваются в пропиле, между пилой и пильной поверхностью.

4.3.2. Вертикальные ленточнопильные станки

Вертикальные ленточнопильные станки позиционно-проходного типа наиболее рационально использовать при обработке толстомерной древесины, имеющей значительное количество бревен со сконцентрированными пороками, и пиловочника средних диаметров.

Основными преимуществами этих станков являются возможность осуществлять индивидуальный раскрой пиловочных бревен, тонкий пропил и сравнительно большая производительность комплексно-механизированного и автоматизированного оборудования. Осуществление индивидуального раскроя позволяет на 5...8 % увеличить не только объемный, но и качественный выход пиломатериалов и проводить раскрой без сортировки бревен по диаметрам и другим признакам (сбегу, кривизне и другим особенностям формы).

Современные вертикальные ленточнопильные станки имеют автоматическую регулировку скорости подачи и скорости реза-

ния, а также системы натяжения полотна ленточной пилы, реагирующие в короткое время на изменения плотности древесины и условия окружающей среды, сохраняя натяжение неизменным.

Вертикальные ленточнопильные станки (агрегаты) позиционно-проходного типа могут быть классифицированы следующим образом:

1. Однопильные станки с базированием материала на тележке-манипуляторе (рис. 4.18 а).

2. Однопильные станки с базированием материала на каретке (рис. 4.18 а).

3. Двухпильные станки с tandemным расположением пильных механизмов (рис. 4.18 б).

4. Двухпильные станки с симметричным расположением пильных механизмов с одновременной распиловкой двумя пилами и холостым обратным ходом (рис. 4.18 в).

5. Двухпильные станки с последовательной распиловкой сначала одной пилой при перемещении бревна влево от пильного узла и другой — при обратном ходе бревна вправо (рис. 4.18 г).

В последнем случае отсутствует холостой ход бревна, бруса при их распиловке. Однако коэффициент использования машинного времени этих станков значительно меньше, чем у станков проходного типа, так как не перекрыто с машинным временем время на перемещение распиливаемого материала на толщину отпиливаемой части перед каждым рабочим ходом, поворот бревна, бруса при их раскросе и другие вспомогательные операции.

6. Четырехпильные станки с симметричным расположением пильных механизмов с одновременной распиловкой сначала двумя пилами и при обратном ходе двумя другими пилами (рис. 4.18 д).

Вертикальные ленточнопильные станки позиционно-проходного типа могут быть также подразделены по принципу предварительного фрезерования места пропила на однопильном станке с одной режущей кромкой, с двумя режущими кромками и при установке станков tandem при пилах с одной и двумя режущими кромками.

Разница в уровне производительности при этих компоновках станков ЕВВ при распиловке бревен диаметром 40; 50 и 60 см по сравнению с производительностью однопильного станка с одной режущей кромкой без предварительного фрезерования места пропила, по данным фирмы «Эстерер ВД», представлена на рис. 4.19.

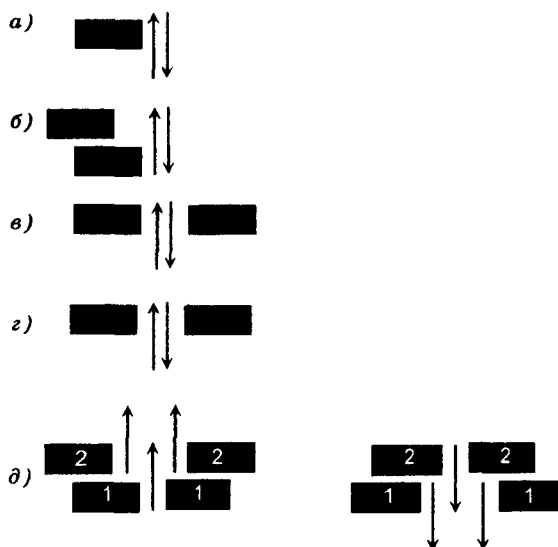


Рис. 4.18. Основные типы вертикальных ленточно-пильных станков.

а — однопильные; *б* — тандем; *в* — вдвоенные; *г* — вдвоенные с последовательной распиловкой; *д* — счетверенные с последовательной распиловкой.

Из рисунка видно, что для однопильных станков предварительное фрезерование места пропила увеличивает их производительность примерно на 20 %, а при двух режущих кромках пилы и предварительном фрезеровании места пропила — примерно в 1,5 раза. Однако использование ленточных пил при двух режущих кромках требует весьма сложной подготовки и определенных конструктивных особенностей шкивов.

Имеется также предложение увеличить производительность вертикальных ленточнопильных станков позиционно-проходного типа установкой перед ними круглопильных блоков, например, с двухвальной технологией (рис. 4.20).

В данном случае вместо одного реза ленточной пилой одновременно производится еще несколько резов круглыми пилами, однако это практически исключает преимущества индивидуального раскроя, позволяющего выполнять каждый очередной рез с учетом качества и размеров выпиливаемого пиломатериала.

Первые отечественные вертикальные ленточнопильные станки были разработаны во ВНИИДМАШе в самом начале 1960-х годов под руководством автора. При этом было признано целесо-

образным ограничиться двумя моделями — станком тяжелого типа модели ЛБ240 для оснащения высокопроизводительных предприятий в восточных районах, где основными сортаобразующими пороками крупномерных бревен являются гнили (стволовая, ситовая и др.) и метиковые трещины, и станком облегченного типа модели ЛБ150 для оснащения предприятий, распиливающих в основном ценные породы древесины. Основные данные этих станков приведены в табл. 4.4.

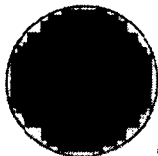
	$D = 40 \text{ cm}$	$D = 50 \text{ cm}$	$D = 60 \text{ cm}$
	 1)	 2)	 3)
 EBB V	100 ⁴⁾	100	100
 EBB V+S	123	117	119
 EBB V/R+S	154	142	148
 Tandem EBB V+S	177	184	214
 Tandem EBB V/R+S	192	207	269

Рис. 419. Сравнительный уровень производительности (%) вертикальных ленточнопильных станков с одной и двумя режущими кромками ленточной пилы и предварительным фрезерованием места пропила.

D — диаметр бревна.

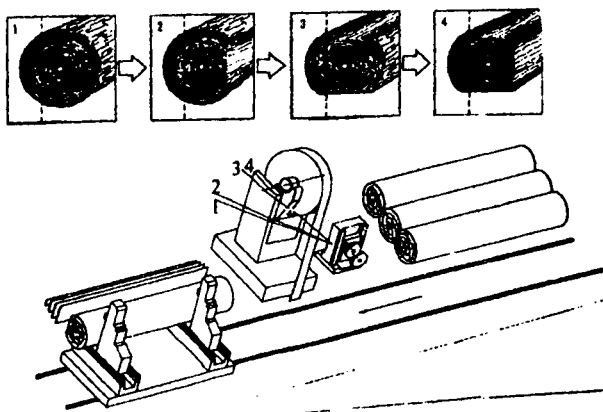


Рис. 4.20. Вертикальный ленточнопильный станок с блоком круглых пил.

Распиловка: 1 — круглого бревна; 2 — однокантного бруса; 3 — двухкантного бруса; 4 — трехкантного бруса.

Таблица 4.4

Технические характеристики отечественных вертикальных ленточнопильных станков

Параметр	ЛБ150	ЛБ240
Диаметр шкива, мм	1525	2400
Ширина шкива, мм	210	350
Ширина ленты, мм	225	300...350
Толщина ленты, мм	1,47	2,2
Скорость ленты, м/с	50	50
Скорость тележки, м/мин:		
при рабочем ходе	До 80	До 120
при холостом ходе	140	180
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	75	160
Наибольший диаметр распиливаемых бревен (в комле), см	130	150

Учитывалось, что применение толстых и широких лент позволяет увеличить скорость подачи и сохранить при этом устойчивое положение пилы во время пиления. Таким образом, выполняется важнейшее условие качественной распиловки.

Ленточные пилы, используемые в США, имели ширину 350 мм для станков с диаметром шкивов 2100...2700 мм, так как применение широких пил является одним из условий достижения высоких скоростей подачи. Несмотря на малый удельный вес машинного времени в цикле работы ленточнопильных станков позиционно-проходного типа скорость распиловки (подачи)

бревен может увеличить или уменьшить производительность станков на десятки процентов ([3], с. 182). Что касается толщины пилы, то для увеличения долговечности пилы необходимо уменьшить напряжение от изгиба путем увеличения диаметра шкивов. Установка на станке пил толщиной, превышающей 1/1000 диаметра (Д) шкивов, а для больших диаметров — 1/1250 Д, приводит к быстрому появлению трещин в лентах. Толщина пил в США изменялась в пределах от 1,8 до 2,4 мм для станков с диаметрами шкивов 2100...2700 мм и от 2,4 до 3 мм для станков с диаметрами шкивов 2710...3335 мм. Увеличение толщины ленты на несколько десятых миллиметра (примерно на 0,3 мм) позволяет повысить скорость подачи примерно в 2 раза ([9], с. 22).

Что касается толщины и ширины ленточных пил и диаметров шкивов у станков, выпускаемых в настоящее время, то приведенные выше соотношения между ними практически сохранились и сегодня.

Это можно видеть из основных данных вертикальных ленточнопильных станков моделей ЕВВ фирмы «Эстерер ВД», приведенных в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Технические характеристики вертикальных ленточных станков фирмы «Эстерер ВД»

Параметр	ЕВВ 1400	ЕВВ 1600	ЕВВ 1800
Диаметр пильных шкивов, мм	1400	1600	1800
Ширина, мм			
пильных шкивов	160/200	190/230	190/230
пильной ленты	180/206	206/250	206/250
Толщина пильной ленты, мм	1,47	1,65	1,83
Натяжение пильной ленты, Н/мм ²	200	200	200
Скорость пильной ленты, м/с	55	55	55
Мощность, кВт	55...75	75...90	90/110

Ниже приведены характеристики и основные данные вертикальных ленточнопильных станков позиционно-проходного типа, выпускаемых отечественными станкостроительными предприятиями в порядке приведенной выше классификации.

4.3.3. Однопильные ленточнопильные станки с базированием материала на тележке-манипуляторе

Станки ЛБЛ-100 и ЛБЛ-130-2 под маркой модели ЛБЛ, как правило, выпускаются Вологодским заводом «Северный Коммунар». Их основные данные приведены в табл. 4.6.

Технические характеристики однопильных ленточных станков с базированием материала на тележке-манипуляторе

Параметр	ЛБЛ-100	ЛБЛ-130-2
Диаметр распиливаемых бревен, см:		
наибольший	70	70
наименьший	16	—
Длина распиливаемых бревен, м:		
наименьшая	1,2	1,2
наибольшая	6	6
Диаметр пильного шкива, мм	1000	1300
Толщина пилы, мм	1,0	1,0...1,2
Ширина пилы, мм	85; 100; 125	125...175
Скорость подачи, м/мин:		
рабочего хода	5...75	65
холостого хода	75	80
Общая установленная мощность, кВт	60,1	70
Масса, т	6,5	12,5

Толщина выпиливаемых досок практически традиционна, а если зависит от конструкции станка, то определяется при заказе станков. Качество пиломатериалов, как правило, дается общее: шероховатость до 700 мкм; разнотолщинность $\pm 1,0$ мм.

Расчетную производительность отдельных станков не приводим, так как она практически не достоверна при расчете производственной мощности лесопильных цехов и предприятий, на которых устанавливаются станки при определенных условиях.

Линия ЛБЛ-130-2 состоит из пильного механизма, тележки-манипулятора, оснащенной четырьмя стойками для закрепления распиливаемого материала, цепного кантователя и навалочных рычагов. Перемещение манипулятора и зажим бревна осуществляются гидроприводом, кантование бревна и установка стоек на размер выпиливаемой доски — электроприводом. Управление установкой бревна на размер производится с помощью электронной программируемой системы. Для подачи бревна на манипулятор линии рекомендуется применять механизм поштучной выдачи модели ПВБ-1 и загрузочный конвейер КЦЗ-1.

Пильный механизм оснащен грузовым механизмом натяжения пильного полотна. Пильные шкивы имеют профилированную по сфере поверхность.

Тележка-манипулятор (рис. 4.21) предназначена для загрузки, базирования и подачи распиливаемого бревна на пилу, возврата распиливаемого материала в исходное положение, а также для поперечных перемещений распиливаемого материала на толщину отпиливаемой части перед каждым рабочим ходом.



Рис. 4.21. Тележка—манипулятор вертикального ленточнопильного станка позиционно-проходного типа.

4.3.4. Однопильные ленточнопильные станки с базированием материала на каретке

Основные данные станков моделей ЛБ-100-3 ОАО «Даниловский завод деревообрабатывающих станков», ЛКК-1Ф Вологодского экспериментального завода деревообрабатывающих станков и УЛП-1 Вологодского станкостроительного завода приведены в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Технические характеристики однопильнопильных ленточных станков с базированием материала на каретке

Параметр	ЛБ-100-3	ЛКК-1Ф	УЛП-1
Диаметр распиливаемых бревен, см:			
наибольший	70	60	50
наименьший	10	—	8
Длина обрабатываемых бревен, м:			
наименьшая	1,0	3,0	1,0
наибольшая	6,5	6,5	6
Диаметр пильного шкива, мм	1000	1000	950
Толщина пилы, мм	1,0... 1,2	1,0...1,2	1,0
Ширина пилы, мм	100...135	100...130	85...125
Скорость подачи, м/мин:			
рабочего хода	5...80	0...45	8; 13; 17; 26; 35; 52
холостого хода	5...80	0...80	35; 52
Общая установленная мощность, кВт	ок.40	ок. 40	ок. 25
Масса, т	4,1	4,1	3,75

Комплект ЛЛК-1Ф состоит из пильного механизма, каретки, предназначенной для закрепления и подачи распиливаемого материала, базовой стенки, рычажно-вальцевого кантователя и приемного ленточного транспортера. Перемещение каретки, установка базовой стенки и кантование бревна осуществляются с помощью гидропривода, первоначальное закрепление бревна — вручную. После образования первой пласти бревно прижимается ею с помощью прижимного ролика к базовой стенке. Установка базовой стенки относительно пильной ленты на размер выпиливаемой доски производится электронной позиционирующей системой.

Пильный механизм оснащен грузовым механизмом натяжения пильного полотна. Пильные шкивы имеют профилированную по сфере поверхность.

Ленточнопильный лесопильный комплект среднего класса с базированием материала по базовой стенке с программируемым заданием толщины отпиливаемой доски (бруса) ЛЛК-1Ф отличается от ленточнопильного лесопильного комплекта ЛЛК-1 только отсутствием электронной позиционирующей системы установки базовой стенки относительно пильной ленты на размер выпиливаемой доски.

4.3.5. Двухпильные вертикальные ленточнопильные станки

Эти станки имеют следующие разновидности:

- с tandemным расположением пильных механизмов;
- с симметричным расположением пильных механизмов с одновременной распиловкой двумя пилами и холостым обратным ходом;
- с последовательной распиловкой сначала одной пилой при перемещении бревна влево от пильного узла и другой при обратном ходе бревна вправо.

Двухпильные вертикальные ленточнопильные станки с tandemным расположением пильных механизмов. Ленточнопильный лесопильный комплект ЛЛК-2 среднего класса с двумя пильными механизмами tandemного расположения Вологодского экспериментального завода деревообрабатывающих станков имеет следующие технические характеристики:

Наибольший диаметр распиливаемых бревен, см ...	60
Длина бревен, м:	
наибольшая	6
наименьшая	1,5
Наибольшая масса распиливаемого сырья, т.....	1,2
Диаметр пильного шкива, мм	1000
Толщина пилы, мм	1,0...1,2

Ширина пилы, мм	100 и 130
Скорость подачи, м/ мин:	
максимальная при пилении	45
бесступенчатая	0...80
Общая установленная мощность, кВт	83,1
Масса, т.....	9

Комплект состоит из пильных механизмов, тележки-манипулятора, оснащенной четырьмя стойками для закрепления распиливаемого материала, станины с рельсовым путем, цепного кантователя и приемного рольганга. Перемещение тележки-манипулятора, центрование и кантование бревна осуществляются с помощью гидропривода, закрепление и установка на размер выпиливаемой доски — с помощью электропривода. Управление установкой бревна на размер производится электронной программируемой системой. Пильный механизм оснащен грузовым механизмом натяжения пильного полотна. Пильные шкивы имеют профилированную по сфере поверхность.

Комплект может выпускаться в двух модификациях с одним и двумя последовательно установленными пильными механизмами.

Двухпильные ленточнопильные комплекты с симметричным расположением пильных механизмов с одновременной распиловкой двумя пилами и холостым обратным ходом. Основные данные ленточнопильных лесопильных комплектов ЛЛК-2 среднего класса и 2ЛЛК-130-1 тяжелого класса с программным управлением Вологодского экспериментального завода деревообрабатывающих станков приведены в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Технические характеристики двухпильных ленточнопильных комплектов

Параметр	ЛЛК-2	2ЛЛК-130-1
Диаметр распиливаемых бревен, см:		
наибольший	60	50
наименьший	10	
Наибольшая масса распиливаемого сырья, т	1,5	1,2
Длина обрабатываемых бревен, м:		
наименьшая	1,5	1,0
наибольшая	6,5	6,5
Диаметр пильного шкива, мм	1000	1300
Толщина пилы, мм	1,0	1,0...1,2
Ширина пилы, мм	100...130	125; 150; 175

Параметр	ЛЛК-2	2ЛЛК-130-1
Скорость подачи, м/мин:		
рабочего хода	0...60	0...80
холостого хода	0...80	0...100
Общая установленная мощность, кВт	83,1	108
Масса, т	9,9	16,5

Комплект 2ЛЛК-130-1 состоит из двух пильных механизмов, кантователя, центрователей, манипулятора, состоящего из двух зажимных тележек и выводного ленточного конвейера. Перемещение манипулятора, кантование бревна и центрование бруса осуществляются с помощью гидропривода, установка пильных механизмов на размер выпиливаемой доски — с помощью электропривода. Управление установкой бревна на размер производится электронной программируемой системой.

Двухпильные ленточнопильные станки с последовательной распиловкой сначала одной пилой при перемещении бревна влево от пильного узла и другой при обратном ходе бревна вправо. Распиловка зафиксированного на тележке бревна происходит без холостых перемещений. На станке LYK-50 распиловка производится с предварительным фрезерованием места пропила. Скорость перемещения тележки с бревном зависит от усилия резания и контролируется датчиком.

При применении ленточной пилы шириной 50 мм диаметр шкива предназначен для ширины пилы 100 мм. В зону резания подается охлаждающая жидкость под давлением. В станке используется multifunctionальная гидросистема с механизацией работ от загрузки бревна до подачи пиломатериала на накопитель.

Основные технические характеристики:

Максимальный диаметр бревна, см	70
Длина распиливаемых бревен, м	2,7...3,25
Ширина пильной ленты, мм	48...50
Общая установленная мощность, кВт	40
Масса, т	10

4.4. Бревнопильное оборудование позиционного типа индивидуальной распиловки

К этому виду относится следующее оборудование:
— круглопильные станки;

- горизонтальные ленточнопильные станки;
- лазерные установки с фотон-томографией.

4.4.1. Круглопильные станки

К круглопильным станкам позиционного типа относятся станок «Гризли» — продукция американской фирмы «Lumber Machinery Company of America, Ltd», которая изготавливается по лицензии в России ЗАО «Агропромсервис», и станок «Барс-1 А» производства Челябинского НПО «Барс».

Основные данные станков этого типа приведены в табл. 4.9.

На станке «Гризли» распил ведется с помощью подвижной каретки вдоль неподвижно закрепленного бревна тремя дисками (вертикальный — главный диск и два горизонтальных). За один проход каретки вырезается одна или две доски (рис. 4.22).

Для отрезания элементов толщиной до 170 мм на станке «Гризли» устанавливаются отрезные диски диаметром 442 или 492 мм. Ширина пропила в зависимости от конструкции зуба 6...6,5 мм. Станки поставляются с дисками двух вариантов: со съёмными зубьями — в районы, где проходили бои во время Великой Отечественной войны (в случае попадания осколка или твердого включения в дерево выходит из строя только один или несколько зубьев), и с твердосплавными напайками.

На станке «Барс-1А» распиловка ведется двумя дисками, расположенными во взаимно перпендикулярных плоскостях. Диски могут перемещаться одновременно в вертикальной плоскости и независимо в горизонтальной плоскости.

Таблица 4.9

Технические характеристики круглопильных станков

Параметр	«Гризли»	«Барс-1а»	US600
Диаметр распиливаемых бревен, см:			
наибольший	100	100	60
наименьший	—	10	10
Длина обрабатываемых бревен, м:			
наименьшая	—	0,7	1,0
наибольшая	6,3	7,0	6,5
Диаметр пил, мм:			
вертикального диска	765	450—600	—
горизонтального диска	292	450—600	—
Скорость подачи, м/мин	—	0...60	3,5...90
Общая установленная мощность, кВт	30	36	38
Масса, т	2,7	—	—

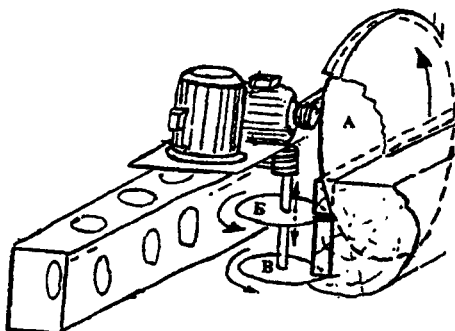


Рис. 4.22. Расположение круглопильных дисков на станке модели «Гризли».

А — главный вертикальный диск; Б и В — горизонтальные отрезные диски: Б — подвижный, В — неподвижный.

В результате за один проход выпиливается одна доска. Использование на станке «Барс-1А» микропроцессорной системы управления позволяет осуществлять позиционирование дисков и оптимизацию распиловки. Ширина пропила станком «Барс-1А» на стандартных пилах, по данным Приморского ЛДК Архангельской области, составляет 6 мм.

На рис. 4.23 приведены схемы распиловки бревен на бревно-пильном центре US600 (StroiCAD).



При распиловке бревен диаметром до 240 мм во время движения вперед выполняется рез по правой стороне бревна с получением необрезной доски. На конце бревна пильный блок перемещается и происходит рез по левой стороне бревна с получением второй необрезной доски. Далее следует перемещение пильного блока в первоначальное положение и повторение цикла резания.



Две необрезные доски
за каждый цикл



Угол
наклона
пилы

Раскрой бревен на обрезной радиальный пилматериал производится угловым способом с использованием механизма автоматического поворота пильного блока. Во время движения вперед выполняется рез по длине бревна. На конце бревна пильный блок переворачивается и происходит рез в обратную сторону с отделением надрезанной части. Далее следует поворот пильного диска и повторение цикла резания.



Одна широкая доска
за цикл

При распиловке бревен диаметром 240...480 мм во время движения вперед выполняется надрез по правой стороне бревна до его центра. На конце бревна пильный блок перемещается и происходит рез по левой стороне бревна с отделением полученной необрезной доски. Далее следует перемещение пильного блока в первоначальное положение и повторение цикла резания.

Рис. 4.23. Схемы распиловки бревен.

4.4.2. Горизонтальные ленточнопильные станки

К горизонтальным ленточнопильным станкам относятся, например, станки «LT40HD Super» (американская фирма «Wood-Mizer»), «Timber Harvester» (фирма «Global Edge» — модель 36HT25), ЛГУ-1000 (фирма «Экодревпром»), ЛГС-100 (завод «Северный Коммунар»), ЛПГ-100 (Вологодский экспериментальный завод деревообрабатывающих станков), «Авангард ЛП-100» (станкостроительное предприятие «Авангард» (г. Воронеж)), ПЛР-1Г/1200 (ЗАО «Можайское экспериментально-механическое предприятие»), «Мастер 2000-05» (ООО «Нева Плюс» (г. Санкт-Петербург)) и многие другие (табл. 4.10).

За годы перехода России к рыночной экономике произошло уменьшение производства пиломатериалов в 4 раза на крупных, средних и малых предприятиях. Последних было в СССР несколько десятков тысяч, но практически все они работали на базе одноэтажных лесопильных рам и выпускали в основном необрезные сырые пиломатериалы весьма невысокого качества. При переходе малых лесопильных предприятий на экспортное лесопиление потребовалось обеспечить высокое качество пиломатериалов, надежность и сервис оборудования при сравнительно невысоких начальных капитальных вложениях.

Горизонтальные ленточнопильные станки фирмы «Wood-Mizer», особенно упрощенных моделей типа LT25 и LT30, предназначенные в основном для фермерского лесопиления, нашли в России довольно широкое применение с начала 1990-х годов (рис. 4.24). Этот тип станков в настоящее время выпускают десятки отечественных станкостроительных и других предприятий.

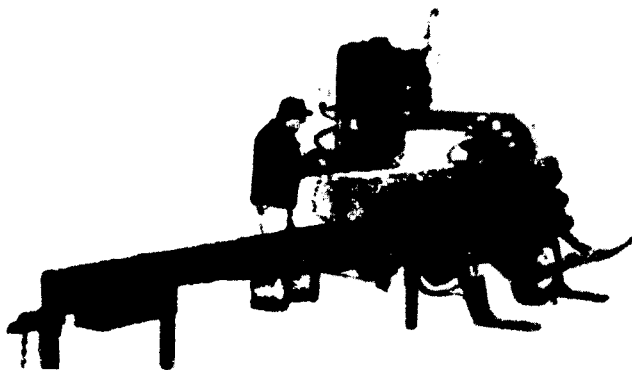


Рис. 4.24. Горизонтальный ленточнопильный станок типа LT30 фирмы «Wood-Mizer».

Технические характеристики горизонтальных ленточнопильных станков

Параметр	«LT40HD Super»	ЛГУ-1000	36НТ25	ЛГС-100	ЛПГ-100	«Авангард- ЛП-100»	ПЛР- 1 Г/1200	«Мастер 2000-05»
Диаметр распиливаемых бревен, см	91	100	91,5	10...80	14...90	105	10...90	90
Длина распиливаемых бревен, м	8...13*	6,5	6,1	3,5...6,5	3...6,5	1,5...7	2...6,5 9,5***	7,5 (+3,0...)
Диаметр пильных шкивов, мм	—	1000	635	1000	1000	645	1200	850
Толщина пилы, мм	1,14	0,9...1,1	0,9...1,1	0,9...1,1	—	0,9... 1,1	—	1,1
Ширина пилы, мм	32; 38	80...125	32	125	—	51	110...130	51
Скорость подачи, м/мин:	0...18,3	2...40	0...45	2...40	0...60	0,5...20	0...45	0...35
рабочего хода								
холостого хода	0...18,3	40	45	40	0...60	0,5...20	0...45	35
Общая установленная мощность, кВт	18,6	30	17,6	29,5	42	11**	45	11**
Масса, т	1,8****	4,2	—	4,2	6,3	—	4,58	3,6

* С удлинителями станины.

** Мощность основного электродвигателя.

*** При добавлении трехметровой секции.

**** Без шасси.

Представительство фирмы «Wood-Mizer» было основано в России в 1994 г. Девиз компании — «Из леса с готовой продукцией». Однако в России подавляющее количество станков работают в стационарных условиях.

В настоящее время фирма «Wood-Mizer» начала выпускать также более производительные станки моделей LT70 и LT80 с увеличенным диаметром пильных шкивов, толщиной пилы до 1,4 мм, а также с измененной системой гидравлики и станины, возможностью применения нового компьютера для автоматической установки толщины доски, системы дистанционного управления, двухстороннего обмыва пилы и автоматической компенсации силы ее натяжения.

Горизонтальные ленточнопильные станки в широкой практике предлагаются разными фирмами различного технического уровня. Так, итальянская фирма «Pezzolato» предлагает станки от «Mini Profi 800—1000» с диаметрами шкивов 780...1000 мм и максимальной шириной пилы 90...100 мм до «Super Profi 1200—1500» с диаметрами шкивов 1200...1500 мм и максимальной шириной пилы 170...206 мм.

Станки оснащаются гидравлическим управлением, механизмами подачи, загрузки, зажима и кантования бревна, установкой высоты реза, натяжения пилы, торможения шкивов, защиты пилы, программами по определению оптимальных поставок, расчету максимального выхода пиломатериалов и механизацией и оптимизацией других операций.

Наиболее простые, а следовательно, и более дешевые станки могут иметь минимум механизации вспомогательных операций и ручную подачу пильной каретки за рабочий и холостой ход. К ним относятся, например, станки моделей LT25 (фирма «Wood-Mizer»), НВ-2000, «Авангард ЛП-60», МТ-6200 и др.

При использовании широких ленточных пил ширина пильных шкивов равна примерно 1/10 их диаметра: у станка ЛГУ-1000 ширина шкивов 100 мм; ЛГС-100 — 100 мм и ПЛР-1 Г/1200 — 110 мм.

В некоторых моделях станков пильная каретка развернута по отношению к оси бревна, что позволяет увеличить скорость пиления (модель «Мастер 2000-04» и др.). На более производительных станках выше скорость резания (ПЛР-1 — 30,8 м/с; ПЛР-1 Г/1200 — 49 м/с).

Ряд отечественных фирм начинает использовать импортные комплектующие, не говоря уже о том, что практически все ленточнопильные станки оснащаются американскими, немецкими, шведскими и других стран ленточными пилами.

Так, в станках модели «Авангард ЛП-100» используется итальянский мотор-редуктор для точной установки электронной системы отсчета толщины доски (в электронной линейке).

Для увеличения срока службы ленточных пил используются окорочные фрезы.

На рис. 4.25 приведены схемы поворота бревна при распиловке на горизонтальных ленточнопильных станках.

Кора, грязь и камни являются главными врагами пилы. Станок, оснащенный устройством поворота и зажимами, позиционирует бревно таким образом, что пила врежется в чистую свежую с трех сторон бревна древесину.



Рис. 4.25. Схемы поворота бревна при распиловке на горизонтальных ленточнопильных станках.

4.4.3. Лазерные установки с фотон-томографией

В начале 1980-х годов в США начаты работы по созданию лазерной автоматизированной технологии раскроя древесины на пилопродукцию (система AP). Применение ЭВМ позволяет полностью контролировать процесс резания в соответствии с выбранной программой. Каждое бревно осматривают с помощью фотон-томографии. Это позволяет установить внутреннее строение бревна (скрытые дефекты, состояние сердцевины, размеры и расположение сучков, наклон волокон и т.д.). Серия томограмм дает полное трехмерное изображение бревна и позволяет установить качество древесины. Полученная информация поступает в ЭВМ, которая по специальной программе определяет оптимальное положение бревна при его раскрое на лазерной установке и выбирает оптимальную схему раскроя. Считается, что только это увеличивает выход пиломатериалов примерно на 15 %. Ширина реза при лазерной технологии значительно меньше, чем при механической. Производительность лазерной системы при встречном режиме резания, обеспечиваемом двумя лазерными устройствами мощностью по 5...8 кВт, составляет 75 м³ в смену (общая скорость подачи 24 м/мин). Считается, что лазерная система ре-

зания древесины достаточно экономична, несмотря на ее довольно высокую стоимость: 400...800 тыс. дол. США. Так, при раскрое бревен красного дуба на мебельные заготовки увеличение выхода только на 5 % дает ежедневную экономию в 1200 дол., что окупает установку за 1,5...3 года.

5. ПУТИ ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ЛЕСОПИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

В начале XXI в. так же, как в 1970-х годах, Россия имеет десятки тысяч лесопильных предприятий и установок. Большое количество предприятий оснащено лесопильными рамами. Лесопиление имеет те же «болезни», что и большинство отраслей отечественной промышленности: низкий технический уровень производства и высокий процент износа оборудования. Решить эти проблемы необходимо в кратчайшие сроки, так как через 3...5 лет для этого потребуется уже в несколько раз больше средств и времени.

Низкая конкурентоспособность отечественных пиломатериалов приводит к ежегодной потере около 1 млрд. дол. США из-за разницы цен (цена 1 м³ пиломатериалов, производимых в мире, в среднем составляет 170 дол. США, а материалов, производимых в России, — 100 дол. США).

Уменьшение запасов леса и высокий уровень заработной платы в ряде стран привели к строительству в России крупных совместных лесопильных предприятий производственной мощностью от нескольких сотен тысяч до миллиона м³ бревен в год и даже больше. Создано и создается значительное количество совместных лесопильно-мебельных предприятий средней производственной мощностью от 100...150 до 250 тыс. кубометров бревен в год.

Инвесторами в создании этих предприятий являются фирмы Швеции, Германии, Финляндии и ряда других стран. Вложение в строительство нового целлюлозно-бумажного комбината составляет около 300...500 млн. дол. США, а в строительство лесопильного предприятия — около 3...5 млн. дол. США, т. е. в 100 раз (на два порядка) меньше.

При оснащении новых лесопильных предприятий, создаваемых за счет заграничных инвесторов, естественно, используется их техника, зачастую уже отработавшая в этих странах в течение 15...20 лет.

Увеличение выпуска пиломатериалов в 3...4 раза с обеспечением конкурентоспособности требует комплексного перевооружения существующих и создания новых крупных и средних лесопильных предприятий на базе фрезерно-профилирующего и круглопильного и ленточнопильного оборудования проходного типа, оснащенного расчетными, имитационными и оптимизационными системами.

Отечественные станкостроительные фирмы в основном выпускают бревнопильное оборудование фермерского типа: позиционные горизонтальные ленточнопильные станки типа «Wood-Mizer» и круглопильные позиционно-проходные станки типа «Лаймет» производительностью до 5...10 тыс. м³ бревен в год.

Поэтому перед нами стоят три возможных направления — пути решения перевооружения лесопильной промышленности:

1. Закупать импортное лесопильное оборудование и технологии для лесопильных предприятий большой и средней производственной мощности, отложив создание отечественной станкостроительной промышленности на неопределенное время (как иногда говорят японцы — в никуда или никогда).

2. Разработать и освоить отечественные конкурентоспособные технологии (информационные технологии процессов и производств) на базе современного оборудования для производства пиломатериалов, т. е. перейти к инновационной модели развития.

3. Перейти к организации не только совместных лесопильных предприятий большой и средней производственной мощности, но и совместных предприятий по производству лесопильного оборудования и систем оптимизации и управления.

Эффективно развивать производство конкурентоспособных пиломатериалов невозможно путем 100 %-й закупки импортного оборудования. К чему это приводит показывает, например, опыт закупки в Финляндии несколько десятков лет назад оборудования «Sateko», линий «Plan-Sell» и др. В целом неплохое оборудование было спроектировано из таких комплектующих, начиная с простейших элементов (конструкций цепей и др.), которые в нашей стране не производились. В результате за запасные части были заплачены огромные суммы денег в валюте, не говоря уже о том, что это практически до начала перестройки задержало освоение подобного оборудования отечественного производства.

Общая сумма, необходимая на закупку импортного оборудования, составит до 3 млрд. дол. США (600 заводов стоимостью около 5 млн. дол. США производственной мощностью в среднем 250 тыс. м³ бревен в год).

Практически это почти годовое валютное поступление от всего лесопромышленного комплекса России. При этом, если считать стоимость запасных частей в размере 10 % стоимости оборудования, ежегодно будет необходимо приобретать у инофирм, поставивших оборудование, запасные части на сумму 300 млн. дол. США в год, т. е. стоимостью, эквивалентной стоимости 7,5 млн. м³ леса.

Наиболее рациональной была бы инновационная модель развития технологии и оборудования для конкурентоспособного производства пиломатериалов в Российской Федерации.

Ввиду того что в советский период в России не было такого понятия, как инновация, остановимся кратко на его смысле. Английское слово «инновация» не имеет русского аналога.

Инновация — это внедрение, использование новых научных и инженерных технологий в экономике, начиная с их разработки. В данном случае это разработка технологий, оборудования и систем управления производства пиломатериалов, их экспериментальная отработка, поиск и привлечение средств для опытного производства, продажа готовой технологии, оборудования и систем управления или привлечение инвестиций для создания собственного производства. Практически инновация подразумевает под собой весь цикл от разработки до внедрения и использования.

Экономия материала, труда и энергии, являющаяся коренной проблемой развития любого производства, уже сегодня обеспечивает до 60 % прироста валового внутреннего продукта в промышленно развитых странах за счет технологических инноваций.

Нормирование и реализация федеральных целевых программ производятся на основе обеспечения непрерывности цикла «поисковые НИР, прикладные НИОКР — технологии — производство — рыночная реализация». Включаемые в программы инновационные проекты обеспечивают серийное производство конкурентоспособной продукции. Программы технологического развития позволяют вписать ее в рыночную экономическую систему. По аналогии с разрабатываемыми «пионерскими» программами «Фанера» и «Плиты» целесообразна разработка программы «Пиломатериалы» (развитие конкурентоспособного производства пиломатериалов на базе перспективных разработок отечественного машиностроения). Головным исполнителем может стать группа или один из вологодских заводов, имеющих определенный опыт в производстве лесопильного оборудования.

Программа «Пиломатериалы» должна предусматривать создание в первую очередь оборудования проходного типа для позиционирования и создания базы, фрезерно-брусующих станков, многопильных круглопильных станков первого и второго ряда, фрезерно-профилирующего оборудования, сдвоенных и счетверенных вертикальных ленточнопильных станков для крупных и средних лесопильных предприятий. Эта программа должна пре-

дусматривать взаимную связь прикладных НИОКР и инновационных проектов, т. е. от разработки и создания до промышленного освоения конкурентоспособного производства пиломатериалов на базе перспективного отечественного машиностроения.

Необходимо развивать производство отечественного модульного оборудования не только для переработки бревен, но и для сортировки пиловочных бревен и окончательной обработки пиломатериалов после сушки. Производство модульного оборудования позволяет резко сократить сроки его внедрения и снизить себестоимость изготовления. Создание оборудования из функциональных механизмов (агрегатов) с присоединительными и габаритными размерами осуществляется всеми передовыми фирмами мира. Естественно, разработка и освоение конкурентоспособных отечественных технологий и оборудования для нас более перспективны. Однако многолетний спад производства пиломатериалов, характерный не только для перестроечного периода, но и отмечавшийся до него, привел к отсутствию средств у промышленных предприятий и организаций, связанных с производством пиломатериалов. Наши предпринимательские структуры придут к устойчивой мотивации освоения новых технологий производства конкурентоспособных пиломатериалов на базе современного оборудования. Создание нового оборудования и систем управления, обучение кадров — специалистов высокого уровня, и, что особенно важно, отработка наиболее сложных конструкций и комплектующих, на что у специализированных фирм в мировой практике уходят годы, требует больших капитальных вложений и времени.

Опыт показывает, что в советское время Министерство станкостроительной и инструментальной промышленности практически и обеспечивало выпуск только половины необходимого лесопильно-деревообрабатывающего оборудования. При этом, например, из десяти принимаемых к разработке станков до серийного производства доходило не более одного-двух. В значительной степени на это влияло отсутствие комплектующих, конструктивных, программных и других элементов, которые узко специализированные фирмы мира отрабатывают и совершенствуют не годы, а иногда десятки лет. Уровень конструирования и надежности выпускаемого в настоящее время отечественными станкостроительными предприятиями оборудования изменился весьма незначительно. Зачастую полгода уходит на доводку купленных станков и линий.

Для инновации нужны не только настойчивость разработчиков, но и интерес со стороны промышленности и бизнес-

структур. В период накопления первоначального капитала это далеко не простой вопрос. Куда проще (хотя, в конечном итоге, иногда на несколько порядков дороже) купить за рубежом отработанные устаревшие технологии, оборудование и системы управления, чем вкладывать деньги в создание своих.

К заимствованию передовых технологий и оборудования за рубежом прибегают во всех странах мира. Для России, имеющей около 1/4 части лесов мира, наиболее целесообразно одновременно с организацией совместных предприятий по производству лесопильного оборудования, проводить государственную промышленную инновационную политику по созданию конкурентоспособных технологий на базе современного лесопильного оборудования.

Совместные станкостроительные предприятия в начальный период могут носить характер сборочных с производством на отечественных станкостроительных заводах только части комплектующих. Затем процент этих комплектующих может и должен увеличиваться. Для заинтересованности иностранных станкостроительных фирм должны быть предусмотрены уменьшенные налоговые сборы и пошлина. Примером иностранного производителя машинно-технической продукции, имеющего собственное производство в России, является американская фирма «Катерпиллар» (производство комплектующих для строительной и лесозаготовительной техники). Отработанные и надежные комплектующие иностранных фирм использует ряд отечественных фирм по изготовлению оборудования индивидуального раскроя бревен для малых лесопильных предприятий и установок.

Низкая конкурентоспособность пиломатериалов в значительной степени является следствием резкого сокращения потенциала отраслевой науки. Так, не ведутся необходимые разработки в области технологического обоснования основных параметров модульного оборудования лесопиления, программного обеспечения АРМов технологов лесопильных предприятий и САПР технологии лесопильных предприятий, несмотря на то, что для этого не требуется огромных средств. Эти работы надо осуществлять уже сейчас, так как без них практически невозможно создавать конкурентоспособные отечественные технологии и оборудование.

6. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

6.1. Крупные лесопильные предприятия

К крупным относятся предприятия производственной мощностью более 250...300 тыс. м³ перерабатываемых бревен в год.

На рис. 6.1 представлена структурно-технологическая схема лесопильного завода Усть-Илимского ЛПК, выполненная в блочном исполнении. Показана первая очередь завода производственной мощностью 300 тыс. м³ пиломатериалов в год — половина цеха № 1. Вторая половина этого цеха, как и цех № 2, идентична по своей структуре первой очереди завода. Производственная мощность всего завода составляет 1,2 млн. м³ пиломатериалов в год. На склад сырья (на рисунке не показан) поступают бревна нескольких пород, которые распиливают поочередно

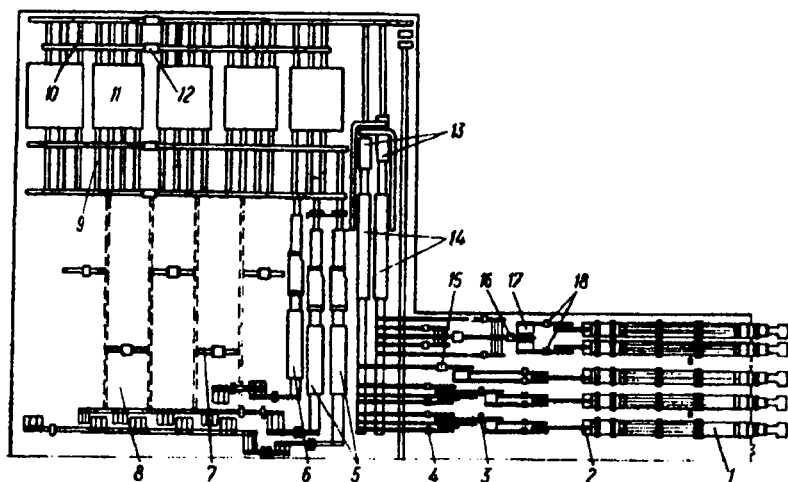


Рис. 6.1. Схема лесопильного завода Усть-Илимского ЛПК.

1 — проходные бассейны для нагрева бревен; 2 — разворотчики бревен; 3 — лесопильные рамы; 4 — обрезные станки; 5 — линии окончательной обработки и пакетирования сухих пиломатериалов; 6 — линия для сортировки пиломатериалов по длинам; 7 — порталные краны; 8 — склад комплектования, хранения и отгрузки пиломатериалов в транспортных пакетах; 9 — рельсовые пути на участке формирования партий запуска сухих пиломатериалов на линии 5; 10 — рельсовые пути перед сушильными камерами; 11, 12 — траверсные тележки; 13 — штабелеформирующие линии; 14 — линии автоматической сортировки сырых досок по сечениям; 15 — ЛАПБ; 16 — линия ЛФП; 17 — накопители бревен перед бревнопильным оборудованием; 18 — окорочные станки.

но в течение оперативного периода времени, равного примерно 20 сут. Необходимость четкого планирования производства пиломатериалов разных пород во времени при больших объемах перерабатываемого сырья, ограниченность объемов межлинейных запасов пиломатериалов, расположенных в одном здании с бревнопильными линиями, линиями сортировки сырых досок, сушильными камерами и другим оборудованием, привели к необходимости создания автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ), которая координирует работу отдельных линий и участков в масштабе всего завода.

Эксплуатация первой очереди (цеха № 1) показала, что наиболее сложными вопросами здесь явились: точность выпилки боковых тонких досок на четырехпильных ленточнопильных станках (фрезерно-пильная линия 16 на рис. 6.1), синхронность работы лесопильных потоков при ограниченных запасах между технологическим оборудованием и пониженное качество сырья по сравнению с исходными данными. Основными типами технологического оборудования любых типов лесопильных цехов являются головное бревнопильное оборудование, обрезные станки и линии для сортировки сырых пиломатериалов, в состав которых входит также оборудование для торцовки досок и формирования транспортных и сушильных пакетов или штабелей внутризаводского обращения.

Процессы обрезки необрезных досок могут быть подразделены на два основных типа: с децентрализованной (см. рис. 6.1) и централизованной (рис. 6.2) обрезкой.

На рис. 6.2 представлена схема лесопильного завода в Финляндии (Вилппула) с централизованной обрезкой необрезных досок. Производительность завода составляет более 500 тыс. м³ бревен в год при трехсменной работе, что уменьшает срок его окупаемости до 3...4 лет.

Здание завода выполнено блочным. Его объем 220 тыс. м³; площадь 23 тыс. м². Распиливаются бревна сосновой и еловой пород примерно в равных соотношениях. Перед распиловкой бревна сортируют на линии 1, имеющей 60 карманов. Измерение диаметров бревна производит устройство «Оптилог» в трех направлениях через каждые 5 мм. Кроме этого, измеряется длина бревна, его сбег и кривизна. На основании этой информации ЭВМ выбирает оптимальные размеры бруса, так как они в значительной степени определяют диапазон границ сортировочных групп бревен. Всего на заводе 10 ЭВМ различного назначения. После сортировки на линии 1 бревна при помощи автопогрузчи-

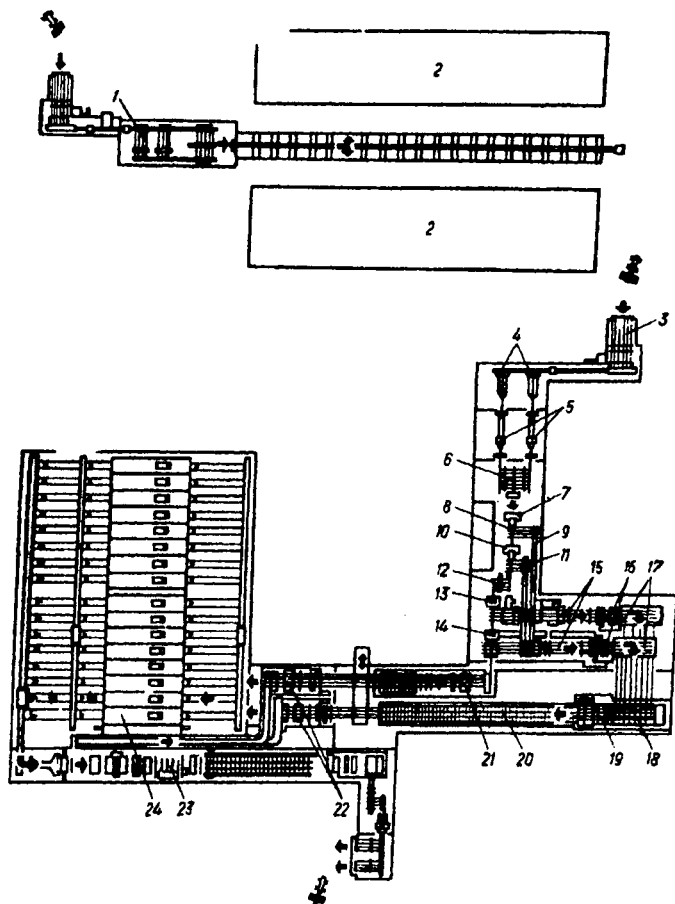


Рис. 6.2. Схема лесопильного завода в Вилппуле, Финляндия.

Пояснения даны в тексте.

ков поступают на склад рассортированного сырья 2 или подаются прямо к питателю 3. Питатель 3 разбирает поступившие пачки бревен и подает их поштучно к двум поворотным устройствам 4, ориентирующим бревна для их последующей окорки на двух окорочных станках «Сambio 75» 5. Затем бревна подаются к питателям 6 перед фрезерно-ленточнопильной линией, спроектированной и изготовленной фирмой «Коскимс». Одна эта линия обеспечивает всю годовую программу завода. В функции оператора входят наблюдение за дозированием бревен на линию и выбор правильной их ориентации перед распиловкой. В начале линии установлены фрезерно-брусующий и спаренные ленточно-

пильные станки 7. За ними установлен еще один комплект спаренных ленточнопильных станков 10. Полученный брус после них перемещается в поперечном направлении к устройству оптимизации дальнейшего раскроя 12 и обрабатывается на фрезерно-брусующем и счетверенных ленточнопильных станках 13. За ними установлен еще один комплект счетверенных ленточнопильных станков 14. Выпиленные из бруса обрезные доски поступают на линию 21 их сортировки по размерам поперечных сечений, имеющей 10 карманов. Необрезные доски, выпиленные попарно из боковых зон бревна на спаренных ленточнопильных станках 7, при помощи устройства 8 и транспортеров 9 подаются поштучно на поперечные транспортеры 15 и проходят через устройство оптимизации их обрезки. Это устройство на основании информации от датчиков качества и размеров досок управляет триммером 16 предварительной торцовки необрезных досок, распределяет доски по обрезным станкам, выдает команду для оптимальной ориентации необрезной доски и определяет ширину обрезки.

На заводе имеются два участка (цеха) централизованной обрезки необрезных досок, на которые поступают также необрезные доски от второго спаренного ленточнопильного станка 10 по транспортерам 11, а также от счетверенных ленточнопильных станков 13 и 14. Обрезанные на участках (в цехах) 17 доски поштучно подаются на загрузочный транспортер 18 автоматической сортировочной линии 19, где они распределяются по карманам 20 не только по сечениям, но и с учетом предварительно определенного их качества. На этой линии расположены 70 карманов.

Линия формирования поперечных сечений пиломатериалов при выпилке из бревна и бруса состоит из двух фрезерных и 12 ленточнопильных станков. Таким образом, из бревна большого диаметра может быть получено до 13 досок. На заводе выпиливается до 25 сечений пиломатериалов. Скорость распиловки бревен на линии регулируется бесступенчато. Максимальная скорость распиловки 90 м/мин. На линии обрабатывается 8... 10 бревен в минуту. Бревна поступают в распиловку без тепловой обработки. При температуре до -20°C она не оказывает большого влияния на режим окорки и распиловки сырья. При более низкой температуре (до -35°C) усложняется обслуживание станков, изменяются режимы обработки и т.п.

Ширина пропила на ленточнопильных станках приблизительно 2,7 мм (толщина ленточной пилы 1,3 мм и развод—

плющение на сторону 0,5...0,7 мм). Ленточные пилы подлежат замене через 4 ч. Число вспомогательных рабочих в каждой смене 6...8 чел. Всего на заводе работают 50 рабочих в смене.

Сушка пиломатериалов осуществляется в 16 камерах 24, куда поступают сушильные штабели размером 2,0 × 6,16 × 5 м от штабелеформирующих линий 22 фирмы «Sateco».

Всю необходимую тепловую энергию для камерной сушки пиломатериалов завод получает в результате утилизации коры.

После сушки производится окончательная торцовка пиломатериалов и сортировка досок по качеству и длине на одной линии 23. Определение сорта досок и назначение места торцовки на этой линии осуществляют четыре оператора—контролера качества. Участок формирования транспортных пакетов пиломатериалов, их маркировки и обертывания в защитную бумагу входит в состав этой линии. Готовые транспортные пакеты отвозят автопогрузчиком на склад их хранения и формирования отгрузочных партий.

На рис. 6.3 представлена лесопильная линия «HewSaw SL250», предназначенная для переработки бревен с вершинным диаметром от 10 до 40 см. Годовая производительность линии при работе в две смены свыше 300 тыс. м³ бревен. Бревна на транспортере 1 поступают к измерителю бревен 2. Кантователь бревен 3 определяет форму бревна при помощи трехмерного лазерного измерения, поворачивает его с учетом кривизны в оптимальное положение, центрует и подает в фрезерно-брусующий станок 4. Далее брус измерительным транспортером 5 подается к брусующему станку 6, на котором (по данным измерения и оптимизации) обрезается (фрезами) и отпиливается одна пара боковых досок. Здесь и далее применена двухвальная система распиловки круглыми пилами. Разделяющий транспортер 7 отделяет боковые доски и подает их наружной стороной вверх на поперечный транспортер. Кантователем 8 брус кантуется и транспортером 9 подается в станок 10 для его распиловки. Здесь брус распиливается, и фрезы обрезают боковые доски с оптимальной регулировкой по ширине. Оптимизация раскроя бревна и бруса и обрезки боковых досок осуществляется в результате лазерных измерений и матричных съемок бревна и бруса. Центрирование бруса при подаче в блок циркульных пил станка 10 проводится со стороны его боковых поверхностей, обработанных на фрезерно-брусующем станке 4.

Двигатели линии оснащены преобразователями частоты, благодаря чему скорость ее подачи и длину щепы можно регули-

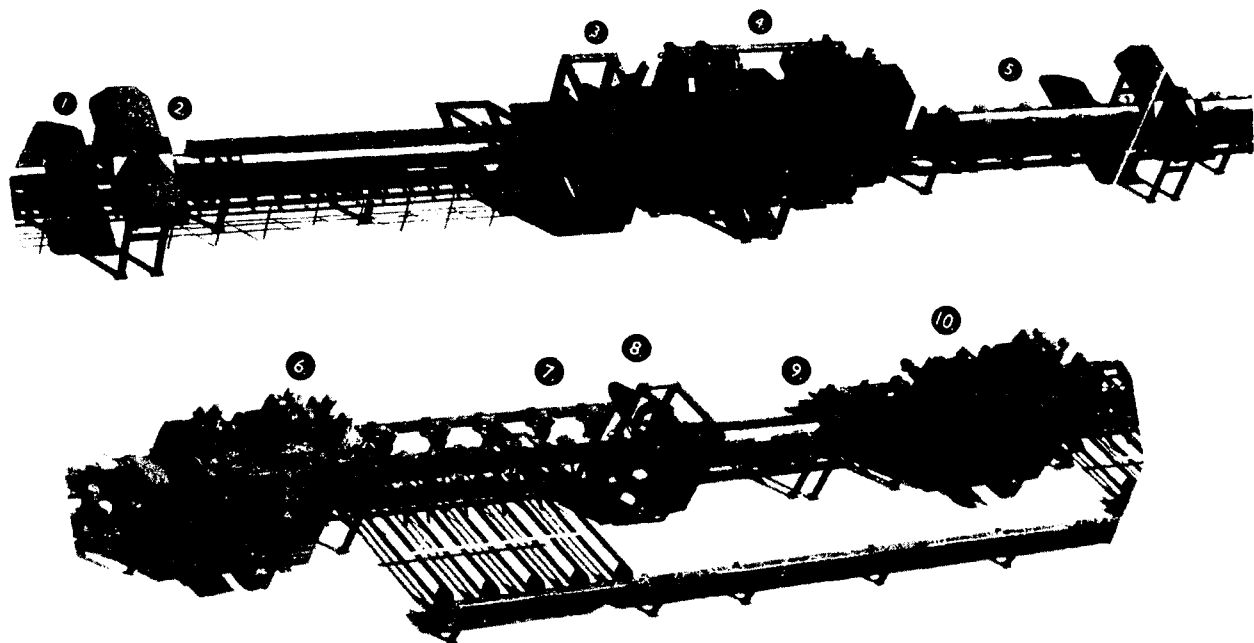


Рис. 6.3. Лесопильная линия «HewSaw SL250».

Пояснения даны в тексте.

ровать. Стандартная скорость подачи 50 м/мин, дополнительная — 30...90 м/мин; диаметр циркульных пил 550/450 мм. Линию производит концерн «Veisto Group».

К крупным относятся также лесопильные предприятия, имеющие три-четыре, а иногда и больше двухрамных лесопильных потоков. Переработка тонкомерных бревен вершинным диаметром до 18 см, а иногда и до 20 см осуществляется на них фрезерно-профилирующим оборудованием (линии агрегатной обработки бревен типа ЛАПБ-2) или фрезерно-брусующими станками типа ФСБ-750М и многопильными круглопильными станками СБ-8М. Кусковые отходы от рамных потоков перерабатываются в технологическую щепу на рубительных машинах.

Крупные предприятия имеют целый ряд преимуществ: низкая себестоимость обработки, высокий уровень производительности труда и автоматизации и др. Однако в экономике есть закон эффекта масштаба — «по мере увеличения размеров предприятия в какой-то момент рост прибыли практически останавливается».

6.2. Средние лесопильные предприятия

К средним относятся предприятия производственной мощностью от 80...100 до 200...250 тыс. м³ перерабатываемых бревен в год.

На рис. 6.4 представлен план второго этажа четырехрамного лесопильного цеха (проект Гипродрева). В цехе производится выборочная торцовка сырых досок. Окончательная торцовка досок осуществляется после сушки при определении их сорта. Производительность цеха от 160...180 до 200...240 тыс. м³ бревен в год при работе в две смены в зависимости от среднего диаметра бревен.

Производственно-технологический процесс протекает в следующем порядке. Для подачи бревен в цех на второй этаж применяются продольные цепные транспортеры — бревнотаски 1, передающие бревна на рольганги 2, где они обмеряются и сбрасываются на поперечные цепные транспортеры-накопители 3.

Исследования показывают, что кратковременные простои рам до 3...4 мин из-за асинхронной подачи бревен составляют до 50...60 % всех простоев. Установка накопителя между механизмами подачи бревен и впередирамными тележками или конвейерами перед бревнопильным оборудованием позволяет увеличить производительность линий на 5...8 %, а иногда и более.

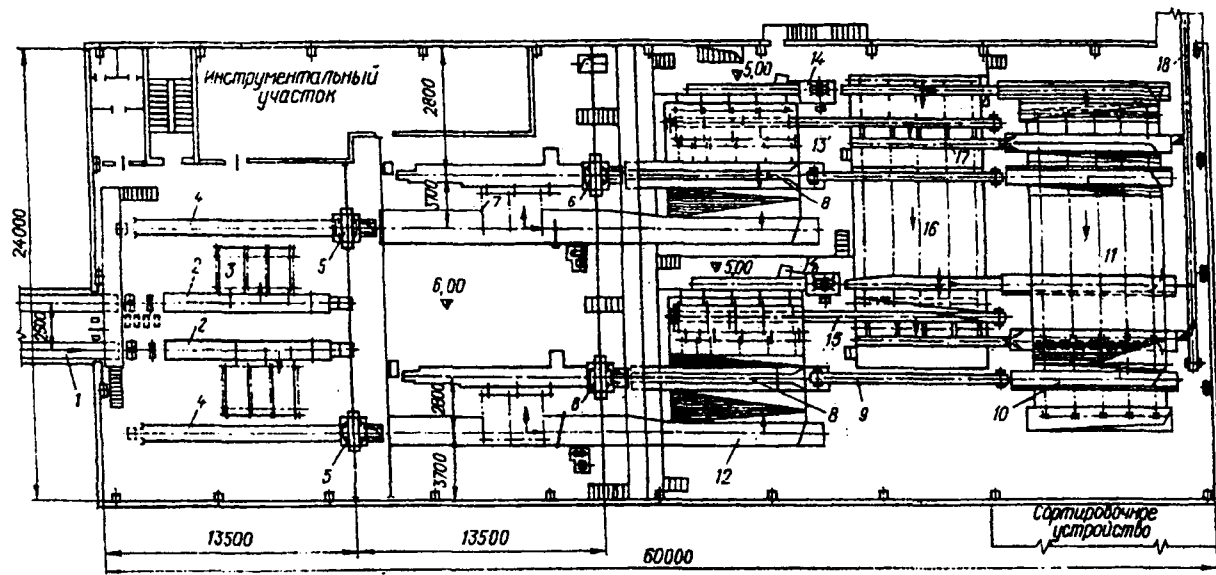


Рис. 6.4. План второго этажа четырехрамного цеха (проект Гипродрева).

Пояснения даны в тексте.

С накопителя 3 бревна поступают на впередирамные тележки 4 и идут в распиловку сначала на рамах 5 первого ряда (2Р75-1А) и затем второго ряда (2Р75-2А). Между рамами находится механический переключатель бруса 7. После распиловки на раме второго ряда 6 чистообрезные доски по рольгангу за рамами второго ряда и транспортерам 9 и 10 поступают на поперечный транспортер 11 и далее на сортировочную площадку или линию.

Доски из крайних зон бревна, получаемые после распиловки на рамах первого и второго ряда, поступают по рольгангу 12 за рамами первого ряда, рольгангу 8 за рамами второго ряда и поперечному транспортеру 13 к обрезному станку 14. Предполагалось, что перед обрезным станком 14 эти доски будут разбирать поштучно на специальном разборочном устройстве, а затем крайние доски и горбыли будут поступать на продольный транспортер 15, затем на поперечный транспортер 16 и далее на торцовочный станок 17. Обапол транспортером 18 будет выноситься за пределы лесопильного цеха.

При конструктивном решении специальных разборочных устройств перед обрезными станками были установлены распределительные столы, что потребовало увеличить длину лесопильных цехов и иметь расстояние между поперечными осями лесопильных рам второго ряда и обрезными станками уже не 12,5...13 м, а 21...22,5 м. Планировалось, что один-два рабочих смогут разбирать пачки досок и горбылей, удалять последние из потока и поштучно подавать необрезные доски к обрезному станку. Кроме того, на распределительных столах предполагалось осуществлять поперечный раскрой сильностежистых и кривых досок, а также отторцовывать у досок узкие и длинные концы. Довольно значительное число лесопильных цехов было построено именно с такой планировкой оборудования. Практика показала, что при использовании распределительных столов «узкое место», имевшееся перед обрезными станками, практически переместилось от обрезных станков к этим столам. Количество рабочих увеличилось при этом в 2 раза, так как на каждом таком участке, кроме двух обрезчиков, потребовалось два рабочих-разборщика у распределительного стола. Производительность участка обрезки необрезных досок практически осталась на старом уровне.

Внедрение разборщиков необрезных досок и длинных горбылей позволило более рационально решить эти вопросы ([5], с. 227...233), а также осуществить автоматическое центрирование брусьев перед рамами второго ряда и необрезных досок перед обрезными станками.

Сброс досок и горбылей на поперечные транспортеры производится или сбросными полками или навесными рольгангами. Винтовая навивка на роликах последних позволяет автоматически сбрасывать пиломатериалы по достижении ими упора на проходящий под рольгангом поперечный транспортер.

На рис. 6.5 представлен типовой состав околостаночного оборудования в потоках с двухэтажными лесопильными рамами.

Первые производственные процессы лесопильных цехов небольшой и средней производственной мощности с гибкими поставками и рециркуляцией (петлей возврата) брусьев были разработаны Гипродревом и представлены в [7] (с. 130...135, рис. 3.2 и 3.3).

На рис. 6.6 и 6.7 показаны схемы линий, характерные для средних лесопильных предприятий с гибкими поставками и 100 % -й и частичной рециркуляцией брусьев.

Процессы производства пиломатериалов с рециркуляцией брусьев осуществляются измерительными системами, обеспечивающими получение достаточно полной информации о размерах и форме перерабатываемых бревен и брусьев, а также средствами для обработки этой информации и выдачи оптимальных решений по раскрою.

В процессах с рециркуляцией брусьев устанавливаются, например, спаренные вертикальные ленточнопильные станки (одна (2ЛБ) или две пары (4ЛБ) станков) с возможностью перемещения пил перед каждым бревном и брусом. Они относятся к многопильному оборудованию проходного типа групповой распиловки с гибкими поставками. Устанавливаемые перед ними фрезерно-брусующие агрегаты (модули) также имеют возможность регулировки фрез перед каждым бревном и брусом. Коэффициент использования машинного времени оборудования этого типа составляет $K_m = 0,8...0,9$ и более.

На рис. 6.6 представлена схема линии с гибкими поставками и 100 % -й рециркуляцией брусьев на базе круглопильного оборудования проходного типа фирмы «Эстерер ВД» с двухвальной технологией. На линии двухсуппортная конструкция станка 3 с верхним и нижним телескопическими валами на каждом суппорте позволяет быстро и бесступенчато позиционировать поставы, используя горизонтальное перемещение суппортов и вертикальное всех четырех пильных валов. Для защиты пильных валов и улучшения качества пропила применяется фрезерный агрегат 2.

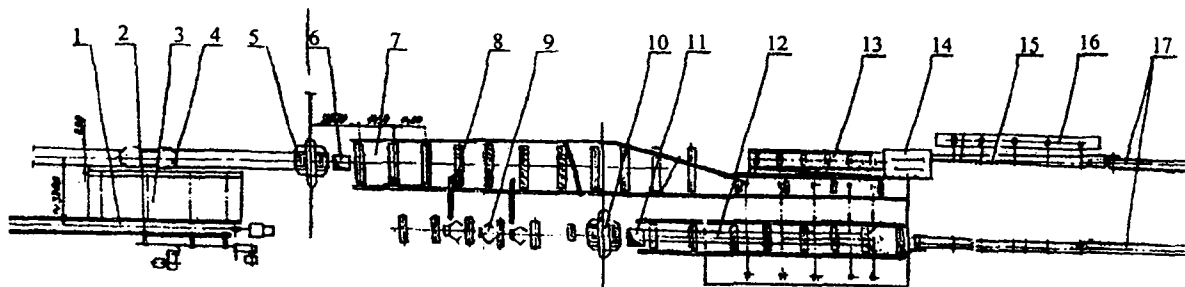


Рис. 6.5. Типовой состав околостаночного оборудования в потоках с двухэтажными лесопильными рамами.

1 — бревнотаска; 2 — сбрасыватель бревен; 3 — накопитель бревен; 4 — впередирамная тележка; 5 — лесопильная рама первого ряда; 6 и 11 — люки для коротких горбылей за лесопильной рамой; 7 — рольганг за лесопильной рамой первого ряда; 8 — брусо-перекладчик; 9 — рольганг перед лесопильной рамой второго ряда; 10 — лесопильная рама второго ряда; 12 — рольганг за лесопильной рамой второго ряда; 13 — стол обрезного станка; 14 — обрезной станок; 15 — реечно-отделительное устройство; 16 — люк для удаления реек; 17 — продольные транспортеры для обрезных досок.

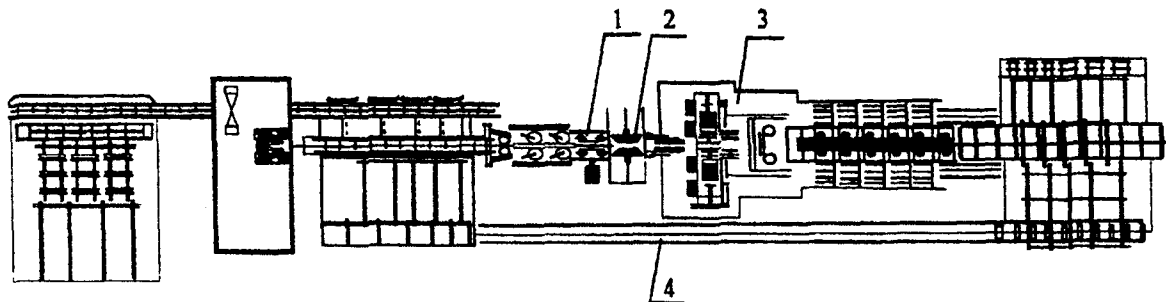


Рис. 6.6. Линия с гибкими поставами и рециркуляцией брусьев на базе круглопильного станка с двухвальным пильным механизмом.

Пояснения даны в тексте.

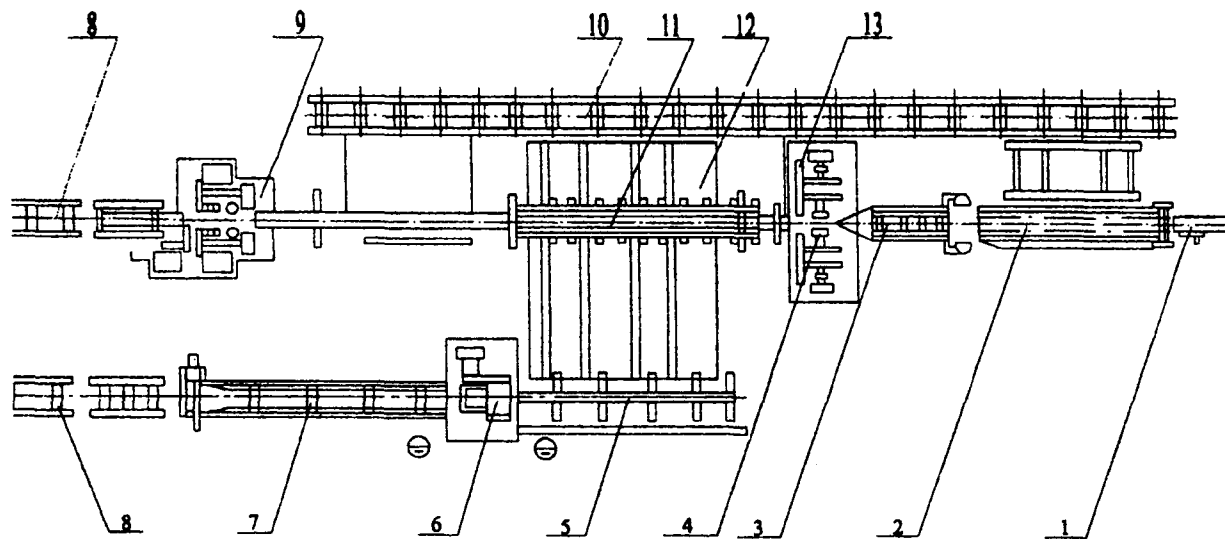


Рис. 6.7. Линия с гибкими поставами и частичной рециркуляцией брусев на базе двойных вертикальных ленточнопильных станков.

Пояснения даны в тексте.

Особенностью этой схемы является применение фуговального станка 1 с целью формирования базовой поверхности для дальнейшей переработки бревен, обеспечивающего высокую точность и объемный выход выпиливаемых пиломатериалов.

Бревна перерабатываются на фрезерно-брусующем и круглопильном станках. Для уменьшения толщины пропила и возможности распиловки бревен до 50 см на круглопильном станке применяется двухвальная технология. После переработки бревен брусья при необходимости посредством механизма возврата 4 возвращаются к началу процесса. Доски при помощи вальцов для позиционирования пиломатериалов поступают на дальнейшую переработку. Исследования показывают, что процессы с подобной структурой характерны для лесопильных заводов средней производственной мощности с переработкой 200... 250 тыс. м³ бревен в год.

Особенностью данных процессов является распиловка (переработка) каждого из последовательно поступающих бревен различных диаметров индивидуальными (оптимальными) поставками, обеспечивающими высокий выход пиломатериалов. Как для фрезерно-брусующего, так и для круглопильного станка перенастройка поставов перед каждым бревном занимает около 1 с. Круглопильный станок при этом имеет бесступенчатое регулирование поставов на обоих валах.

Основные технические характеристики линии DWK:

Максимальная высота прохода, мм	700
Ширина прохода, мм	70...660
Диаметр круглых пил, мм	520/640
Высота пропила, мм.....	48...250/370
Скорость подачи, м/мин.....	до 200
Перемещение инструмента	сервогидропривод
Масса, т	около 24

При необходимости обеспечить в основном распиловку бревен средних и крупных диаметров могут применяться процессы со структурой, представленной на рис. 6.7.

В данном случае на линии с гибкими поставками осуществляется не 100 %-я, а частичная рециркуляция брусьев.

Бревна по транспортеру 1 поступают на впередистаночные механизмы (подающий транспортер 2 и центрователь 3) и обрабатываются сначала на фрезерно-брусующем станке 4, а затем на

двух симметрично расположенных вертикальных ленточно-пильных станках 13. При необходимости двухкантные брусья по поперечному 12 и продольному 11 транспортерам возвращаются к началу процесса и проходят повторную обработку.

Процессы со спаренными ленточными пилами, как правило, рационально использовать при переработке бревен средних и крупных диаметров.

Для распиловки четырехкантных брусьев используется группа строенных вертикальных ленточнопильных станков 9. Обрезка необрезных досок и при необходимости распиловка широких досок осуществляются на многопильном круглопильном (обрезном) станке 6.

В состав линии также входит рольганг для подачи необрезных досок в многопильный (обрезной) станок 5, рейкоотделитель 7, роликовый конвейер 8, рольганг для возврата брусьев 10.

Уровень производственной мощности (около 150...200 тыс. м³ бревен в год) позволяет использовать на таких предприятиях линии для окончательной торцовки и сортировки сухих пиломатериалов по сортам и длинам (ЛООП), а также для выборочной торцовки и сортировки сырых пиломатериалов по сечениям.

Такие технологии уже применяются на ряде лесозаводов при работе лесопильного цеха и линии сортировки пиломатериалов по скользящему графику.

В этом случае последняя устанавливается непосредственно за лесопильным цехом.

К заводам средней производственной мощности относятся также лесопильно-мебельные предприятия с выпилкой как досок для выработки мебельных заготовок, так и товарных пиломатериалов.

Здесь может быть осуществлена значительная экономия древесины за счет оптимизации раскроя пиловочника с критерием получения из отрезков досок, при выработке товарных пиломатериалов, заготовок для производства мебели.

На рис. 6.8 представлена схема линии на базе круглопильных станков. На линии перед двухпильными круглопильными станками на первом и втором проходах установлены фрезерно-брусующие станки, и обработка необрезных досок осуществляется на фрезерно-обрезном станке. В этом случае транспортировка от станков технологической щепы (и, естественно, запыленного воздуха) происходит при помощи пневмотранспорта.

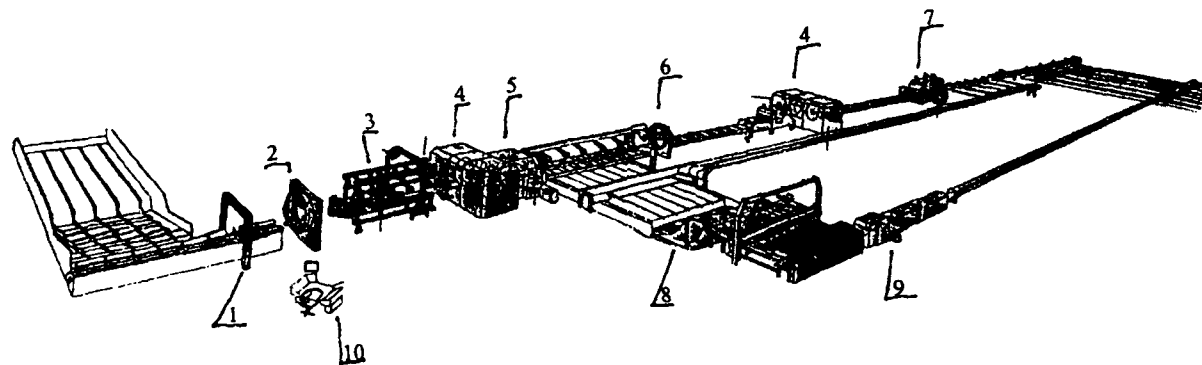


Рис. 6.8. Линия на базе фрезерно-брусующих и круглопильных станков для распиловки бревен и брусьев.

1 — металлоискатель; 2 — окорочный станок; 3 — оптимизация настройки бревна; 4 — фрезерно-брусующий станок; 5 — двухпильный станок; 6 — кантователь; 7 — многопильный станок; 8 — триммер; 9 — фрезерно-обрезной станок; 10 — место оператора.

Линия, представленная на рис. 6.8, сконструирована в основном на базе оборудования шведской фирмы «Агг». Структура и последовательность переработки бревен и брусьев, а также обрезки необрезных досок видны на рисунке.

Двухпильный круглопильный станок показан на рис. 6.9.

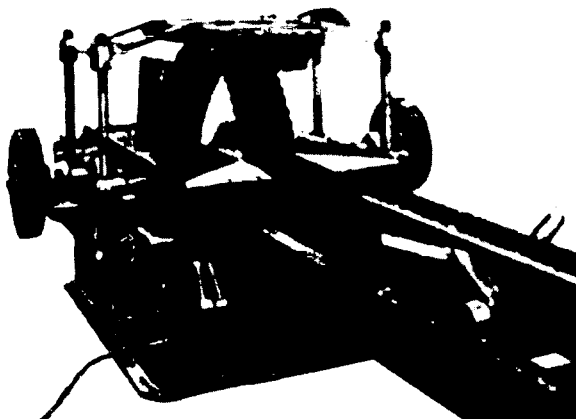


Рис. 6.9. Двухпильный круглопильный станок.

6.3. Малые лесопильные предприятия

К малым относятся предприятия производственной мощностью от 5...10 до 60...80 тыс. м³ бревен в год при работе в две смены. Нижняя граница принята исходя из средней производительности станков индивидуального раскроя: горизонтального ленточнопильного типа «Wood-Mizer» (≈5 тыс. м³ бревен в год) и круглопильного типа «Кага» (≈10 тыс. м³ бревен в год). Бревнопильное оборудование с меньшей производительностью относится к лесопильным установкам фермерского типа.

На рис. 6.10 представлена схема лесопильного цеха с двумя круглопильными станками типа «Кага-F2000» и обрезным станком.

Бревна подаются в цех на поперечном цепном транспортере 1а. Поштучную подачу бревен на продольный транспортер 1с обеспечивает устройство 1в. Бревна накапливаются на поперечных транспортерах, откуда при помощи устройств 2 поштучно подаются к круглопильным станкам 3 индивидуального рас-

Пояснения даны в тексте.

кроя. Между станками находится поперечный транспортер 4, при помощи которого необрезные доски от станков 3 поступают на передистаночный стол 6 перед обрезным станком 7. Отходы от раскроя выносятся из цеха на продольном транспортере 11. Толстые обрезные доски от станков 3 поступают по транспортерам 5 на поперечный транспортер 10. Тонкие доски от станка 7 также поступают на поперечный транспортер 10. За обрезным станком 7 установлено реечноотделительное устройство 8. Сброс досок на поперечный транспортер 10 осуществляется при помощи винтовых рольгангов 9. Поперечный транспортер практически является полумеханизированной «спортплощадкой» с ручным съемом досок с цепей транспортера.

На рис. 6.11 представлена схема лесопильного цеха с однопильным круглопильным станком типа «Kara Master» и двухпильным круглопильным станком типа «Kara Twin Master» со стационарными и подвижными пильными дисками. Подвижной диск имеет электронное программируемое управление.

На первом станке бревна раскраиваются на трехкантный брус и необрезные доски. На двухпильном станке 3 производится распиловка трехкантного (и при подаче к нему и четырехкантного

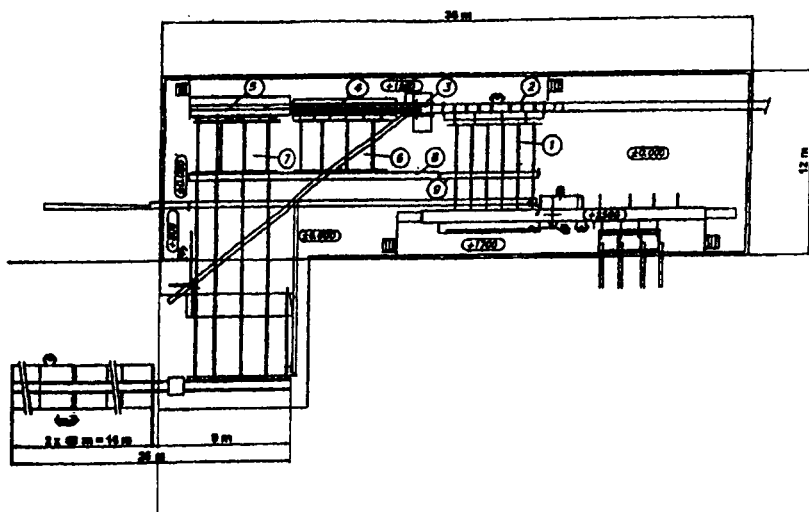


Рис. 6.11. Схема лесопильного цеха с однопильным и двухпильным круглопильными станками.

1 — поперечный транспортер; 2 — подающий рольганг; 3 — двухпильный круглопильный станок; 4 и 5 — приемные транспортеры; 6 и 7 — поперечные транспортеры; 8 — ленточный транспортер; 9 — двойной винтовой рольганг.

ного) бруса с его рециркуляцией по петле возврата, а также обреза необрезных досок.

Механизм подачи станка оснащен поперечными подающими цепями, сбрасывающей заслонкой и кулачками для разворота бруса, а также гидравлическим ориентирующим упором, следящим за измерительным устройством. Для обеспечения рациональной ориентации материала при распиловке имеется лазер с двумя лучами. Линия оборудована системой логического управления, обеспечивающей маршрут бруса и досок, задаваемый оператором. Благодаря этому в цехе на каждом из станков занято только по одному оператору. Двое дополнительных рабочих на втором станке не требуются. На торцовке обычно занят один человек и три-четыре на сортировке досок.

На рис. 6.12 представлена схема лесопильного цеха с четырьмя круглопильными станками индивидуального раскря при автономном режиме их работы. Необрезные доски от всех бревнопильных станков обрезаются на одном обрезном станке, что повышает их производительность на 30...40 %. В среднем круглопильные станки индивидуального раскря осуществляют примерно 1 рез в минуту. Поэтому от четырех бревнопильных станков индивидуального раскря может поступить не более четырех, максимум 6...8 необрезных досок в минуту, что практически составляет менее половины возможной производительности обрезного станка при скорости его подачи 120...150 м/мин.

Установка в лесопильном цехе более четырех круглопильных станков индивидуального раскря не желательна, так как это усложняет межстаночные связи.

На рис. 6.13 представлена схема лесопильного цеха с двумя круглопильными станками 3 индивидуального раскря и многопильным круглопильным станком 14 проходного типа. На круглопильных станках индивидуального раскря производится раскрой бревен на четырехкантные брусья шириной, кратной толщине толстых брусковых досок. Эти брусья раскраиваются на многопильном круглопильном станке проходного типа. Процесс специализирован на выпуск пиломатериалов общего назначения.

На рис. 6.14 представлена схема лесопильного цеха на базе горизонтальных ленточнопильных станков индивидуального раскря. Эффективное использование этих станков осуществляется при автономном режиме их работы. При полном цикле обработки бревна на станке, без использования обрезного станка, производственная мощность цеха составляет около 20 тыс. м³ бревен в год. Применение обрезного станка для обрезки необрезных досок позволяет увеличить производительность станков индивидуального раскря на 30...40 %.

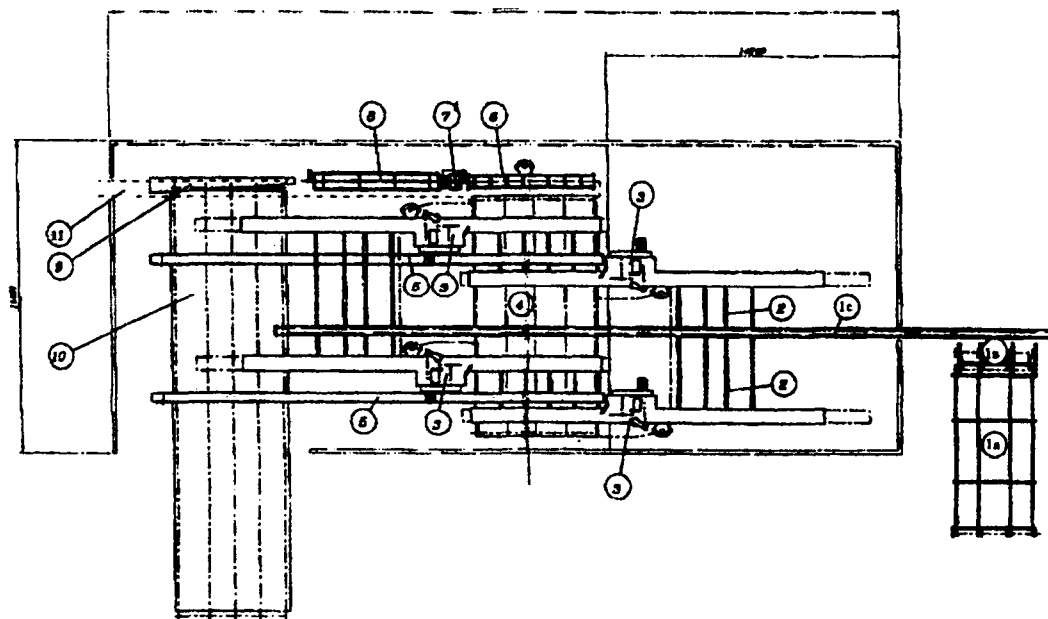


Рис. 6.12. Схема лесопильного цеха с четырьмя круглопильными станками индивидуального раскря. 1а — поперечный транспортер для подачи бревен; 1б — устройство поштучной подачи бревен; 1с — продольный транспортер для подачи бревен; 2 — поперечные транспортеры с устройствами для поштучной подачи бревен; 3 — круглопильные станки индивидуального раскря; 4 — поперечный транспортер для подачи необрезных досок к обрезному станку; 5 — ролик; 6 — подающий стол перед обрезным станком; 7 и 8 — реечноотделительные устройства; 9 — сбросная полка; 10 — поперечный транспортер для обрезных досок; 11 — транспортер для отходов.

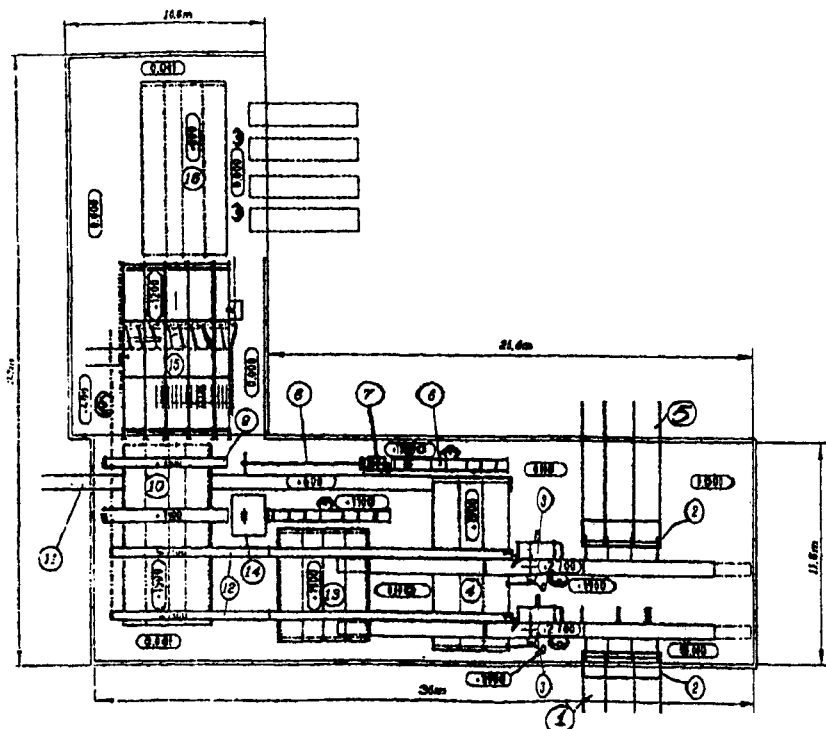


Рис. 6.13. Схема лесопильного цеха с двумя круглопильными станками индивидуального раскроя и многопильным круглопильным станком проходного типа. 1 и 5 — поперечные транспортеры подачи бревен; 2 — устройства поштучной подачи бревен; 3 — круглопильные станки индивидуального раскроя; 4, 10, 13 и 16 — поперечные транспортеры; 6 — впередистаночное устройство; 9 — винтовой рольганг; 11 — транспортер для отходов; 12 — рольганг; 14 — многопильный круглопильный станок; 15 — торцовочное устройство.

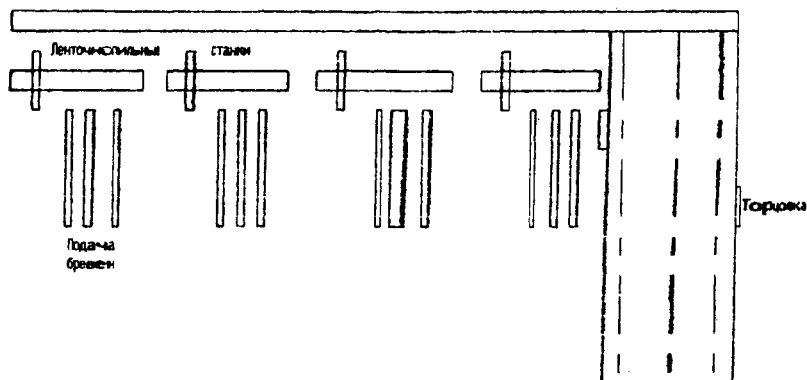


Рис. 6.14. Схема лесопильного цеха на базе горизонтальных ленточнопильных станков индивидуального раскроя.

7. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ПОТОКОВ, ЦЕХОВ И ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ИНСТРУКЦИЯМ 1963, 1977 И 1986 гг. И ИХ НЕДОСТАТКИ

Одним из важнейших технико-экономических вопросов лесопильных предприятий является методически правильный расчет их производственно-технологических процессов. В конечном итоге именно это определяет рациональный уровень производственной мощности лесопильных потоков, цехов и предприятий, а следовательно, и их основные экономические показатели.

Инструкции 1963, 1977 и 1986 гг. по расчету производственной мощности лесопильных потоков, цехов и предприятий не основывались на глубоких методических разработках, а отражали в основном только общие нормативные требования в период плановой экономики. В результате планирование работы действующих лесопильных предприятий фактически осуществлялось от достигнутого уровня их производственной мощности. Уровень нормативной производственной мощности, например, предприятия с двухэтажными лесопильными рамами неуклонно снижался и, по инструкции 1986 г., упал более чем на 20 % по сравнению с нормативами 1963 г.

Ускорение НТП потребовало перехода от среднестатистического к системному проектированию, что наблюдается во всех промышленных производствах. Между тем в инструкциях 1977 и 1986 гг. расчета производственной мощности лесопильных потоков, цехов и предприятий заложены среднестатистические нормативы потерь, при учете которых самое высокопроизводительное современное бревноперерабатывающее оборудование проходного типа оказывается, согласно расчету, неэффективным. Поэтому пользоваться инструкциями 1977 и 1986 гг. нельзя.

В современных условиях рыночной экономики необходимы не инструкции, а методики расчета производственных процессов лесопиления для конкретных предприятий в соответствии с их условиями и спецификой технологии. Среднестатистические нормативы, как показывает опыт, настолько усреднены, что не способствуют росту экономической эффективности лесопильных предприятий.

В 1950-е и даже 1960-е годы лесопильные рамы были практически единственным видом головного бревнопильного оборудования лесопильных потоков. Лесопильный цех был важнейшим участком производства пиломатериалов, где сосредоточивалось до 60 % и более капитальных вложений и трудовых затрат.

Согласно инструкции по расчету производственной мощности лесопильных заводов бывшего Гослескомитета при Госплане СССР, утвержденной 30 сентября 1963 г., коэффициент использования K двухэтажной лесопильной рамы (рам) для механизированных цехов рассчитывался так:

$$K = K_p K_m = 0,93 \cdot 0,93 = 0,864.$$

K механизированным относились цеха, имеющие полный комплект околорамных механизмов, а также механизированное транспортирование горбылей, брусьев, досок, реек и отходов. Для полумеханизированных цехов коэффициент использования рамы принимался равным 0,765. Коэффициент K_p назывался коэффициентом использования рабочего времени рамы. Он учитывал так называемые явные простои рамы в течение смены по различным причинам, т. е. такие простои, при которых раму приходилось останавливать. К ним относились: правка постава (подтягивание пил, подточка зубьев), ликвидация засоров (удаление коротких горбылей из боковых пил постанова), обрыв ремней, пил и карабинов, различные мелкие неисправности. Коэффициент использования рабочего времени рамы определялся как отношение времени работы рамы в течение смены t_1 (независимо от того, распиливала она бревна или работала вхолостую) к полному времени смены $T = t_1 + t_2$:

$$K_p = t_1/T = t_1/(t_1 + t_2),$$

где t_2 — время, затраченное на явные простои в течение смены, при которых раму приходилось останавливать.

Коэффициент использования машинного времени рамы K_m определялся отношением времени t_3 полезной работы рамы (времени распиловки бревна) в течение смены, т. е. t_m — машинного времени, не ко времени рабочего цикла, а ко времени работы рамы в течение смены $t_1 = t_3 + t_4$:

$$K_m = t_3/t_1 = t_3/(t_3 + t_4),$$

где t_4 — время скрытых простоев рамы в течение смены. Таким образом, коэффициент использования машинного времени рамы

K_m учитывал не только время вспомогательных операций t_v , не совпадающих с машинным временем t_m , но и время, затраченное по организационным причинам (задержки с подачей бревен, распиловку припусков по длине бревна), уменьшение величины подачи за счет снижения частоты вращения коленчатого вала рамы вследствие падения напряжения на зажимах нагрузки и другие скрытые потери времени по различным причинам. Четкого разделения потерь на цикловые и внецикловые не было.

К числу среднегодовых простоев относились остановка рам на длительный ремонт и некоторые простои по организационным причинам (отсутствие сырья, завалы в цехе из-за возможных остановок или недостаточно четкой работы всех цеховых механизмов и т. д.). На указанные простои сбрасывалось 10 % производительности рамы, и среднегодовой коэффициент принимался равным $K_r = 0,9$. Естественно, что при этих условиях общий коэффициент использования лесопильной рамы в механизированных цехах определялся следующим образом:

$$K_o = K_p K_m K_r = K K_r = 0,864 \cdot 0,9 \cong 0,78. \quad (7.1)$$

В 1970-е годы в отечественное лесопиление начали довольно широко внедрять фрезерно-пильное оборудование для переработки тонкомерных бревен на пиломатериалы и технологическую щепу. К ним относятся ЛАПБ, фрезерно-брусующие станки (ФБС). Для переработки бревен не только тонкомерных, но и средних диаметров начали проектировать фрезерно-пильные линии (ЛФП-1, ЛФП-2 и ЛФП-3). Для индивидуального раскря крупномерного и низкокачественного хвойного сырья, а также бревен твердолиственных пород отечественной промышленностью были выпущены однопильные ленточные станки модели ЛБ150 и др. [9].

В соответствии с ГОСТом на двухэтажные лесопильные рамы, разработанным автором, ход их пильных рамок не должен быть менее 700 мм, тогда как все таблицы посылок разработаны для лесопильных рам с ходом пильных рамок, равным 600 мм. Поэтому в инструкции 1977 г. был предусмотрен коэффициент хода пильной рамки лесопильных рам, равный $H/600$, где H — ход пильной рамки, мм.

На базе новых типов бревнопильного оборудования началась специализация лесопильных потоков по размерным и качественным параметрам пиловочного сырья. В условиях плановой экономики потребовалась новая инструкция по расчету производственной мощности лесопильных потоков, цехов и предпри-

ятий, которая была разработана ЦНИИМОДом и утверждена Минлесдревпромом СССР в 1977 г.

Коэффициент использования лесопильного потока был принят не постоянным, а изменяющим свое значение в зависимости от цикловых и внецикловых потерь рабочего времени бревнопильного оборудования и рассчитывался по формуле

$$K_i = \frac{1}{1 + \frac{t_b + \Sigma t_{n1} + \Delta_{2.1} \Sigma t_{n2}}{t_p}}, \quad (7.2)$$

где t_p — время распиловки (обработки) бревна на головных станках потока, с; t_b — время на вспомогательные операции на головных станках потоков, не совпадающее с временем распиловки бревна (цикловые потери времени), с; Σt_{n1} — суммарные внецикловые потери времени головного станка потока, с; $\Delta_{2.1}$ — коэффициент наложения потерь времени, учитывающий взаимовлияние внецикловых потерь времени головного и брусоразвального станков; Σt_{n2} — суммарные внецикловые потери брусоразвального станка (если таковой имеется, так как при распиловке бревен на лесопильной раме вразвал или переработке бревен на ЛАПБ, где обработка бревен производится также по развальному способу, брусоразвальный станок отсутствует), с.

Коэффициент использования лесопильного потока для двухэтажных лесопильных рам по инструкции 1977 г. примерно равен постоянному коэффициенту их использования по инструкции 1963 г. ($K = 0,864$).

Однако в инструкции 1977 г. был введен коэффициент использования смены, которого не было в инструкции 1963 г. Поэтому производственная мощность рамных потоков была уменьшена на 10 %.

Поправочный коэффициент на среднегодовые условия K_r стал применяться не постоянным и равным 0,9, как в инструкции 1963 г., а изменяемым в зависимости от температурной зоны расположения предприятия:

Температурная зона	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я
Поправочный коэффициент K_r	0,98	0,96	0,93	0,9	0,96	0,8

Примечание. 1-я зона — Калининградская область, Краснодарский и Ставропольский края; 2-я зона — Астраханская, Ростовская и Ленинградская области и г. Санкт-Петербург; 3-я зона — Брянская, Владимирская, Воронежская, Московская, Новгородская, Ярославская области, а также Карелия;

4-я зона — Архангельская, Костромская, Вятская, Вологодская, Мурманская области, а также республики Коми, Марий Эл, Мордовия, Удмуртия, Чувашия, Татарстан; 5-я зона — Алтайский край, Амурская, Новосибирская, Омская, Пермская, Свердловская, Томская области; 6-я зона — Тюменская, Читинская, Иркутская области, республики Бурятия, Саха (Якутия), Красноярский и Хабаровский края.

При наиболее суровых климатических условиях $K_r = 0,8$ (6-я температурная зона), а наибольшее значение $K_r = 0,98$ соответствует 1-й температурной зоне. Принимаемое по предыдущим инструкциям независимо от температурных зон $K_r = 0,9$ соответствует 4-й температурной зоне, в которую входят, например, Архангельская область, республики Коми и Татарстан.

Инструкция по расчету производственной мощности лесопильного предприятия, независимо от его ведомственной подчиненности, утвержденная Минлесбумпромом СССР и согласованная с Госпланом СССР в январе 1986 г., незначительно отличается от инструкции 1977 г. При определении коэффициента использования рабочего времени смены вместо коэффициента, учитывающего влияние на производительность лесопильного цеха межцеховых связей, введен коэффициент K_c , учитывающий влияние участка подготовки запаса круглых лесоматериалов $K_c = 0,94$, при отсутствии этих запасов $K_c = 0,83$.

Производственная мощность лесопильного предприятия по распилу сырья рассчитывалась на условный объем не 1000 м³ бревен, как это традиционно принято в лесопилении, а на 100 тыс. м³ бревен с помощью расчетного времени работы лесопильного цеха. Вычисление этого времени и являлось основной задачей определения годовой производственной мощности лесопильных предприятий.

Изложенные в инструкции 1986 г. материалы по расчету производительности новых типов бревнопильного оборудования, выделение самого понятия таких потерь, как внецикловые (отход от инструкции 1963 г.), определение условия равномерной загрузки лесопильных потоков разных типов и ряд других вопросов дополнили имевшиеся ранее материалы и инструкции (1963 г. и др.).

Полученные нормативные данные использовались для расчета и планирования производственных мощностей лесопильной промышленности в общей системе планового хозяйства СССР. Введение в нормативы перспективных уровней производственной мощности новых типов бревнопильного и другого оборудования лесопиления административными и плановыми органами

не приветствовалось ввиду неизбежного отчета по их выполнению в системе плановой экономики. Инструкция 1986 г. была «приземлена» к сложившемуся в лесопильной промышленности СССР к концу 1980-х годов положению со всеми особенностями затратного механизма хозяйствования. Это в очередной раз подтверждает, что при необходимости интенсификации лесопиления в условиях рыночной экономики необходим переход от среднестатистических нормативов к системным расчетам при совершенствовании процессов лесопиления на существующих и проектируемых новых предприятиях.

По инструкции 1977 г. коэффициент использования двухэтажных лесопильных рам стал равен 0,63 вместо 0,78 (инструкция 1963 г.), т.е. нормативная производительность была снижена на 15 %. Дополнение к инструкции в 1986 г. снизило этот коэффициент до 0,56, и таким образом общее снижение нормативной производственной мощности лесопильных цехов на базе двухэтажных лесопильных рам составило с 1963 по 1986 г. более 20 %.

Одним из главных недостатков инструкции 1986 г. явилось то, что в формуле (7.2) коэффициента использования лесопильных потоков, особенно на базе фрезерно-круглопильного и фрезерно-ленточнопильного оборудования, «скрыты» завышенные потери времени по надежности (вернее, ненадежности) головных станков лесопильных потоков. Суммарные внецикловые потери Σt_n бревнопильных станков (см. формулу (7.2)) рекомендуется принимать по среднестатистическим данным.

Инструкции ЦНИИМОДа 1977 и 1986 гг. так же, как инструкция 1963 г., определяли производственную мощность предприятий в основном по производительности головного оборудования, но только с учетом суммарных внецикловых потерь станков первого и второго ряда Σt_n ([2], с. 35, формула п. 4.11):

$$\Sigma t_n = \Sigma t_{n_1} + K_p \Sigma t_{n_2}, \quad (7.3)$$

где Σt_{n_1} — суммарные внецикловые потери при распиловке бревна (станок первого ряда), с; Σt_{n_2} — суммарные внецикловые потери при распиловке бревна (станок второго ряда), с; K_p — коэффициент наложенных потерь.

При распиловке бревен на двух последовательно расположенных станках ([2], с. 36, формула п. 4.12)

$$K_p = \frac{1}{1 + \frac{T_{\text{ц}} E}{2\theta_{\text{ср}}}}, \quad (7.4)$$

где E — количество бревен на накопителе (брусоперекладчике), шт.; $T_{\text{ц}}$ — рабочий цикл, с; $\theta_{\text{ср}}$ — среднее время простоя для устранения неполадок, с. Для фрезерно-пильных станков $\theta_{\text{ср}} = 240$ с.

По инструкции ЦНИИМОДа 1986 г. ([2], с. 36) внецикловые потери линии фрезерно-пильной с круглыми пилами (скорость подачи 30...36 м/мин) $\Sigma t_{\text{п}_1} = 2,89$ с и $\Sigma t_{\text{п}_2} = 3,63$ с, линии с фрезерно-брусующими и многопильными станками соответственно $\Sigma t_{\text{п}_1} = 1,05$ с и $\Sigma t_{\text{п}_2} = 2,05$ с и ЛАПБ (скорость подачи 30...36 м/мин) $\Sigma t_{\text{п}_1} = 5,1$ с.

Современное бревнопильное оборудование проходного типа имеет среднюю скорость подачи порядка 60 м/мин при максимальной скорости подачи до 200 м/мин.

При длине бревен $L = 6$ м время распиловки (обработки) бревна на головном станке побока (линии) $t_p = 60/(U/L) = 60/(60/6) = 6$ с, где 60 — число секунд в минуте. Время рабочего цикла $T_{\text{ц}} = t_p + t_b = 6 + 1,9 = 7,9$ с. Здесь t_b — время на вспомогательные операции на головных станках, которое по инструкции ЦНИИМОДа составляет 1,9 с в каждом рабочем цикле. При $T_{\text{ц}} = 7,9$ с, $E = 4$ шт. и $\theta_{\text{ср}} = 240$ с рассчитываем коэффициент наложенных потерь:

$$K_p = 1/(1 + 7,9 \cdot 2/2 \cdot 240) = 0,968$$

и суммарные внецикловые потери (с) станков первого и второго ряда:

$$\Sigma t_{\text{п}} = 2,89 + 0,968 \cdot 3,63 = 6,4.$$

Теоретически с увеличением скорости подачи среднестатистические внецикловые потери могут только увеличиваться. Поэтому они в данном случае приняты как и для линии со скоростью подачи 30...36 м/мин, как в инструкции ЦНИИМОДа 1986 г.

Таким образом, на каждое бревно, которое распиливается за 6 с, приходится внецикловых потерь более 6 с.

Уже при этих данных, не учитывая других потерь рабочего времени по ненадежности другого оборудования и организационным причинам, рассчитываем коэффициенты использования и готовности головных станков лесопильных потоков (линий):

$$K_n = \frac{t_p}{t_p + t_n + \Sigma t_n} = \frac{6}{6 + 1,9 + 6,4} = 0,42;$$

$$K_r = \frac{t_p + t_n}{t_p + t_n + \Sigma t_n} = \frac{6 + 1,9}{6 + 1,9 + 6,4} = 0,55,$$

где t_p — время распиловки бревна, с; t_n — время (среднестатистического) межторцового разрыва по инструкции ЦНИИМОДа ([2], с. 34), равное 1,9 с.

Для ЛАПБ эти коэффициенты будут примерно такими же, а для линий с фрезерно-брусующими и многопильными круглопильными станками несколько больше ($K_n = 0,55$), также без учета потерь рабочего времени из-за ненадежности другого оборудования и других причин.

Естественно, что при скорости подачи $U = 10$ м/мин время распиловки бревна длиной $l = 5$ м равно

$$t_p = 60l / U = 60 \cdot 5 / 10 = 30 \text{ с.}$$

При этом коэффициент использования лесопильных потоков

$$K_l = 30 / (30 + 1,9 + 5) = 0,813.$$

Однако в этом случае может быть максимально распилено только два бревна в минуту. Уже при скорости подачи 60 м/мин может быть распилено, например, 10 шести метровых бревен в минуту. На рис. 7.1 представлен график, характеризующий зависимость производительности бревнопильных линий от скорости распиловки бревен при постоянном значении суммарных внецикловых потерь бревнопильных станков.

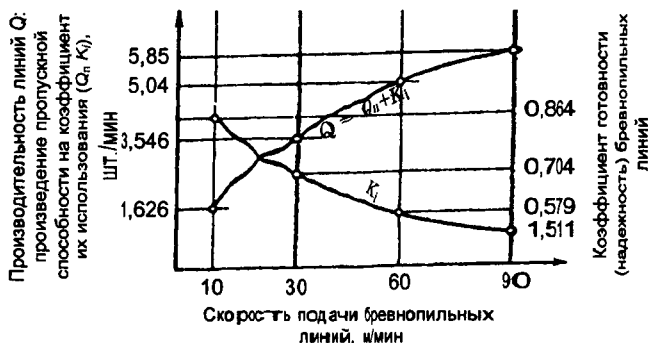


Рис. 7.1. Зависимость производительности бревнопильных линий от скорости распиловки бревен при постоянном значении суммарных внецикловых потерь бревнопильных станков.

На графике по оси абсцисс отложены значения скорости подачи—распиловки бревен. На оси ординат представлены значения пропускной способности Q_n бревнопильных линий, умноженной на K_i — коэффициент использования лесопильных потоков. Значение суммарных внецикловых потерь бревнопильных станков принято постоянным независимо от скорости распиловки бревен и равным $\Sigma t_n = 5$ с, что практически и соответствует инструкции.

При этих условиях на бревнопильной линии (без учета других видов потерь рабочего времени) при скорости подачи $U = 10$ м/мин и длине бревен $l = 5$ м может быть распилено $Q_n K_i = (U/l) K_i = (10/5) \cdot 0,813 = 1,625$ бревна в минуту. При большей скорости подачи бревнопильной линии, например $U = 30$ м/мин, $K_i = 0,591$ и $Q_n K_i = 3,546$ бревен в минуту; при $U = 60$ м/мин $K_i = 0,42$ и $Q_n K_i = 5,04$ бревен в минуту; при $U = 90$ м/мин $K_i = 0,325$ и $Q_n K_i = 5,85$ бревен в минуту.

Обратим внимание, что коэффициент использования лесопильного потока при увеличении скорости распиловки, например, с 10 до 60 м/мин уменьшается с 0,813 до 0,42, т. е. почти в 2 раза.

Очевидно, что скорость распиловки бревен на уровне 10 м/мин соответствует возможностям двухэтажных лесопильных рам, а на уровне 60 м/мин — фрезерно-пильных линий. При этом установленная мощность фрезерно-пильного оборудования лесопильных потоков исчисляется несколькими сотнями киловатт при его гораздо большей стоимости по сравнению с лесопильными рамами. Низкое значение коэффициента полезного использования рабочего времени из-за ненадежности оборудования практически может свести на нет преимущества фрезерно-пильных линий большой потенциальной производственной мощности и вызвать большие нерациональные затраты (потери) электроэнергии.

Ввиду чрезвычайной важности этого вопроса рассмотрим только уровень надежности оборудования при принятых условиях. Известно, что коэффициент готовности, характеризующий этот уровень, может быть выражен следующей формулой

$$K_r = \frac{t_p + t_b}{t_p + t_b + \Sigma t_n}$$

и $K_r = 0,864$ при скорости распиловки $U = 10$ м/мин.

При скорости подачи бревнопильной линии, например, $U = 30$ м/мин $K_r = 0,704$, при $U = 60$ м/мин $K_r = 0,579$ и при $U = 90$ м/мин $K_r = 0,511$. Таким образом, уже при скорости распиловки $U = 30$ м/мин имеет место пониженный уровень надежности оборудования, при $U = 60$ м/мин — низкий уровень надежности и при $U = 90$ м/мин — очень низкий уровень надежности оборудования. Именно поэтому главным резервом производительности линий большой единичной мощности, имеющих скорость распиловки 60 м/мин и более, является высокий уровень их надежности. К современному оборудованию предъявляются требования повышенного (0,9) уровня надежности, а в комплексных линиях степень надежности должна приближаться к высокому уровню (0,95 и выше). Без повышения надежности оборудования практически неэффективно ни создание, ни использование в промышленности линий большой единичной мощности.

Пример. Допустим, что создана и эксплуатируется бревнопильная линия со скоростью обработки (распиловки) бревен и брусьев 60 м/мин (максимальная скорость подачи бревнопильных линий в мировой практике лесопиления доходит до 200 м/мин).

Производительность этой линии при вышепринятых условиях $K_i = t_p / (t_p + t_n + \Sigma t_n) = 5 / (5 + 1,9 + 5) = 0,42$; $Q = Q_n K_i = (U/l) K_i = (60/5) \times 0,42 = 5,04$ бревен в минуту (см. также рис. 7.1).

Как уже отмечалось, такая линия будет иметь низкий уровень надежности, так как ее коэффициент готовности $K_r = 0,579$. Очевидно, что мы можем иметь почти такую же производительность на линии при скорости распиловки не 60, а 30 м/мин, увеличив ее надежность до повышенного уровня, которому соответствует $K_r = 0,9$ (см. рис. 7.1).

Преобразовав формулу (7.2), найдем в этом случае значение суммарных внецикловых потерь (c), приходящихся на каждое распиленное бревно:

$$\Sigma t_n = \frac{(1 - K_r)(t_p + t_n)}{K_r} = \frac{(1 - 0,9)(10 - 1,9)}{0,9} = 1,32.$$

Сделав проверку, убеждаемся, что при повышенном уровне надежности производительность линии при в 2 раза меньшей скорости распиловки на ней бревен будет почти такой же, как в случае низкого уровня надежности и скорости распиловки в 2 раза большей:

$Q = Q_n K_i = (U/l) K_i = (30/5) \cdot 0,7564 = 4,538$ бревен в минуту, где

$$K_i = \frac{t_p}{t_p + t_n + \Sigma t_n} = \frac{10}{10 + 1,9 + 1,32} = 0,7564.$$

Обратим внимание, что непрерывное вспомогательное время t_v в рабочем цикле обработки в обоих случаях равно 1,9 с. Современные впередистаночные устройства и организация бесперебойной подачи бревен к бревнопильным линиям позволяют свести непрерывное вспомогательное время в их рабочем цикле к минимуму. Допустим, что мы имеем основания принять при определении перспективной (расчетной) производительности бревнопильной линии при скорости ее распиловки $U = 60$ м/мин непрерывное вспомогательное время в ее рабочем цикле $t_v = 0,5$ с при значении суммарных внецикловых потерь (приходящихся на каждое распиленное бревно) $\Sigma t_n = 1,32$ с. В этом случае коэффициент использования ее машинного времени

$$K_m = t_p / (t_p + t_v) = 5 / (5 + 0,5) = 0,909,$$

а не

$$K_m = 5 / (5 + 1,9) = 0,724,$$

как это рекомендуется инструкцией. При этом коэффициент ее использования

$$K_i = 5 / (5 + 0,5 + 1,32) = 0,733,$$

а производительность $Q = (60/5) \cdot 0,733 = 8,7972$ бревен в минуту, т. е. увеличивается на 20,5 %, так как при $t_n = 1,9$ с

$$K_i = 5 / (5 + 1,9 + 1,32) = 0,6082$$

и $Q = (60/5) \cdot 0,6082 = 7,2984$ бревен в минуту.

Практически все прогрессивные производства уже перешли от среднестатистического к системному уровню проектирования. Проектирование и расчеты на базе устаревших типовых решений и инструкций не обеспечивают достаточной достоверности принимаемых решений, и цена ошибки достигает миллионов рублей, а иногда и долларов США. Практически не используются модели, позволяющие проверить рациональность выбранного варианта производственного процесса лесопиления в динамике с учетом случайных факторов. Это касается проектирования как новых, так и реконструируемых лесопильных предприятий.

Таким образом расчеты производственной мощности лесопильных предприятий на базе современного бревноперерабатывающего оборудования со скоростью подачи (распиловки) до 60...90 м/мин и более не могут быть произведены ни по инструкциям 1963 г., ни по инструкциям ЦНИИМОДа 1977 и 1986 гг.

Инструкция 1963 г. использовалась как нормативный документ при расчете производительности лесопильных рам.

Инструкции ЦНИИМОДа 1977 и 1986 гг., базирующиеся на среднестатистических данных работы бревнопильного оборудования со скоростью подачи (распиловки) бревен 30...36 м/мин, приводят при увеличении скорости подачи до 60 м/мин и более к значениям коэффициента использования лесопильных линий, характеризующим очень низкий уровень надежности бревноперерабатывающего оборудования. Так, указанные в инструкции ЦНИИМОДа 1986 г. типы линий имеют их следующие значения.

Линии фрезерно-пильные с круглыми пилами: при $U = 60$ м/мин

$$K_i = 6/(6 + 1,9 + 6,4) = 0,419.$$

Здесь и ниже длина бревна 6 м, $t_s = 1,9$ с, $K_p = 0,968$.

При $U = 90$ м/мин

$$K_i = 4/(4 + 1,9 + 6,4) = 0,325.$$

Линии с фрезерно-брусующими и многопильными круглопильными станками: при $U = 60$ м/мин

$$K_i = 6/(6 + 1,9 + 3,03) = 0,548$$

и при $U = 90$ м/мин

$$K_i = 4/(4 + 1,9 + 3,03) = 0,447.$$

Здесь $\Sigma t_n = 1,05 + 0,968 \cdot 2,05 = 3,03$ с.

Линии агрегатной переработки бревен — ЛАПБ: при $U = 60$ м/мин

$$K_i = 6/(6 + 1,9 + 5,1) = 0,461$$

и при $U = 90$ м/мин

$$K_i = 4/(4 + 1,9 + 5,1) = 0,363.$$

Это касается бревноперерабатывающего оборудования проходного типа. В отношении оборудования индивидуального раскроя — позиционно-проходного и позиционного типов — можно сказать, что инструкция по расчету производственной мощности лесопильных предприятий на их базе практически отсутствовала.

Инструкции и методики расчета производительности лесопильных линий и производственной мощности предприятий на базе со-

временного бревноперерабатывающего оборудования типа R200 и R250 в линиях «HewSaw SL200» и «HewSaw SL250» с максимальной скоростью подачи $U = 200$ м/мин и других отсутствовали.

Анализ показывает, что коэффициент использования современного бревноперерабатывающего оборудования проходного типа должен быть равен порядка $K_i = 0,8$, а их коэффициент использования машинного времени $K_m = 0,9$ и более. При более низких значениях коэффициента использования машинного времени бревноперерабатывающего оборудования проходного типа высокие скорости подачи становятся неэффективными.

8. МЕТОДИКА И ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ПОТОКОВ, ЦЕХОВ И ПРЕДПРИЯТИЙ

8.1. Основы теории производительности рабочих машин и поточных линий

Различают три вида производительности рабочих машин: технологическую, цикловую и фактическую.

Технологическая (идеальная) производительность Q_t представляет собой потенциал производительности машины, определяемый в идеальных условиях — при отсутствии холостых ходов, не совмещенных со временем машинной обработки хлыстов, бревен, брусьев или досок, и любых затрат времени по техническим, технологическим и организационным причинам. Иными словами, это штучная производительность машины при условии отсутствия как цикловых, так и внецикловых потерь времени. В этом случае рабочий цикл машины $T_{\text{ц}}$ равен времени непосредственной машинной обработки $t_{\text{м}}$ на ней предмета труда: $T_{\text{ц}} = t_{\text{м}}$. Тогда Q_t (шт./мин) определяется по формуле

$$Q_t = 1/t_{\text{м}}$$

В лесопилении имеется также такое понятие, как пропускная способность $Q_{\text{п}}$ машины, линии. Это объясняется тем, что, например, лесопильные рамы, имеющие кривошипно-шатунный механизм главного движения, осуществляют распиловку бревен и брусьев только за рабочий ход их пильных рамок. Поэтому их технологическая (идеальная) производительность равна удвоенной скорости подачи U . Если на лесопильных рамах попытки использования для пиления жолостого хода пильных рамок не дали результата, то, например, на однопильных станках позиционного типа для индивидуального раскроя бревен получило некоторое распространение нарезание зубьев не только на передней, но и на задней кромке ленточных пил, что позволило в 2 раза увеличить их технологическую производительность.

Значительного увеличения технологической производительности добились в Германии предприятия, осуществляющие контроль качества при сортировке обрешных досок, уложенных в

сплошной «ковер» на поперечном цепном транспортере без упоров. Однако, как правило, конструктивные особенности рабочих машин для поперечного раскрытия хлыстов и досок, сортировки последних и в целом ряде других случаев предусматривают наличие упоров (или крюков) на рабочих органах, перемещающих материал в поперечном направлении. Поэтому пропускная способность машин, линий (шт./мин) рассчитывается по формулам:

— при продольном движении $Q_n = U/l$;

— при поперечном движении $Q_n = U/h$,

где U — скорость подачи рабочих машин, м/мин; l — длина обрабатываемых бревен, брусьев или досок, м; h — расстояние между упорами (крюками), м.

Шаг упоров (крюков) определяется конструктивными соображениями. Однако понятие технологической производительности машин позволяет более правильно определить технологические и конструктивные параметры оборудования. Так, расположение обрезающих досок на крюках сортировочных устройств не на пласти, а на кромке позволило значительно увеличить пропускную способность автоматизированных сортировочных линий, доведя ее до 90 шт./мин и более, оставив динамические нагрузки почти на том же уровне за счет уменьшения шага крюков, а следовательно, и скорости распределительных транспортеров.

Цикловая производительность (иногда ее называют конструктивной) рассчитывается с учетом всех цикловых потерь времени, которые, как правило, закладываются уже при проектировании станков, линий определенного назначения. К цикловым относятся потери времени на холостые ходы в рабочих циклах машин. Рабочий цикл станка $T_{\text{ц}}$ — это время, за которое он выдает один или партию предметов труда, одновременно на нем обрабатываемых. Рабочий цикл зависит от времени машинной обработки, его совмещения со вспомогательными операциями и совмещения вспомогательных операций между собой.

Цикловая производительность (шт./мин) обычно рассчитывается по формуле

$$Q_n = 60/(t_{\text{м}} + t_{\text{в}}) = 60/T_{\text{ц}} = Q_n K_{\text{м}},$$

где $t_{\text{м}}$ — время непосредственной машинной обработки хлыста, бревна, бруса, доски, с; $t_{\text{в}}$ — время вспомогательных операций, не совпадающих со временем машинной обработки, с; $T_{\text{ц}}$ — рабочий цикл, с; Q_n — пропускная способность, шт./мин; $K_{\text{м}}$ — коэффициент использования машинного времени.

Обратим внимание, что коэффициент использования машинного времени в инструкциях 1950-х и 1960-х годов по расчету производственной мощности лесопильных потоков, цехов и предприятий учитывал не только цикловые, но и внецикловые простои лесопильных рам, что приводило к отсутствию четкого определения (разделения) цикловых и внецикловых потерь рабочего времени. В настоящее время коэффициент использования машинного времени, который в отечественном станкостроении иногда называют коэффициентом производительности оборудования, определяется как отношение времени непосредственной машинной обработки в рабочем цикле машины к ее рабочему циклу:

$$K_m = t_m / (t_m + t_z) = t_m / T_{\text{ц.}}$$

Естественно, при $K_m = 1$ получаем $T_{\text{ц.}} = t_m$.

В линиях с поперечной подачей материала для раскря хлыстов и торцовки и сортировки досок цикловая производительность (шт./мин) приравнивается к их пропускной способности, так как время их рабочего цикла четко определяется числом проходящих упоров (крюков) в единицу времени:

$$Q_{\text{ц.}} = Q_{\text{г.}} = U/h = 60/T_{\text{ц.}}$$

Все внецикловые простои машины могут быть в основном охарактеризованы коэффициентом ее технического использования $K_{\text{тн}}$ и коэффициентом загрузки машины K_z . В некоторых видах машин (линий) может быть выделен еще коэффициент их технологического использования (см. п.12.3).

Коэффициент технического использования машин (линий) учитывает планируемые простои на их техническое обслуживание и уровень надежности (безотказной работы) оборудования.

Планируемые простои включают в себя время на профилактический осмотр механизмов и приборов, подналадку устройств, очистку машин и т. д. Если на оборудовании планируется время на отдых и личные надобности рабочих (операторов), то оно, как правило, совмещается с техническим обслуживанием оборудования и входит во время его планируемых простоев ($\Sigma t_{\text{пл.пр.}}$).

Под уровнем надежности оборудования подразумевается время, необходимое на обнаружение и устранение отказов машин (линий), т. е. так называемые случайные простои ($\Sigma t_{\text{сл.пр.}}$) механизмов и элементов систем управления и измерения.

Коэффициент загрузки машины характеризует потери времени (Σt_z) из-за отсутствия предметов труда (хлыстов, бревен,

брусев или досок, подаваемых к оборудованию), вызванные неритмичностью производственного процесса, в котором установлены и функционируют машина, линия, участок или цех. Это может быть следствием плохой технологической подготовки того или иного процесса или производства пиломатериалов в целом и низкого уровня технологической дисциплины на предприятии. К потерям времени, характеризуемым коэффициентом загрузки, относятся также неподача сырья на предприятие в плановые периоды времени, кратковременное отключение электроэнергии и целый ряд других причин.

Фактическая производительность машин и поточных линий рассчитывается с учетом цикловых, внецикловых потерь времени и потерь времени, характеризуемых коэффициентом их загрузки.

Следует иметь в виду, что границы между многопозиционными машинами и поточными линиями не существует.

Фактическая производительность машин и поточных линий (шт./мин) рассчитывается по формуле

$$Q_{\phi} = Q_{ц} K_{ис},$$

где $K_{ис}$ — коэффициент использования машин и поточных линий, учитывающий внеплановые потери времени и потери времени по их загрузке.

Одним из важнейших вопросов является четкое соблюдение баланса рабочего времени. Отклонение, кроме методических неточностей, приводит и к снижению достоверности расчетов [6].

Коэффициент использования машин и линий может быть представлен в следующем виде:

$$K_{ис} = \frac{T - (\sum t_{пл.пр} + \sum t_{сл.пр}^I + \Delta H_1 \sum t_{сл.пр}^{II} + \Delta H_2 \sum t_{сл.пр}^{III} + \sum t_3)}{T},$$

где T — продолжительность смены или расчетный период времени, в течение которого имеют место все виды внецикловых потерь, мин (или другие единицы времени); $\sum t_{пл.пр}$ — планируемые простои; $\sum t_{сл.пр}^I$, $\sum t_{сл.пр}^{II}$ и $\sum t_{сл.пр}^{III}$ — случайные простои соответственно первой, второй и третьей машины, участка, а иногда и линии; ΔH_1 и ΔH_2 — коэффициенты наложенных потерь времени, которые характеризуют, какая часть потерь времени из-за случайных простоев оборудования данного участка переходит на другой участок (или другие участки) при гибкой связи между обо-

дованием участков; Σt_3 — простой по загрузке оборудования. При жесткой связи (т. е. без страховых заделов) между машинами, участками поточных линий коэффициенты наложенных потерь из-за отказов оборудования участков, естественно, отсутствуют.

Расчеты по вышеприведенной формуле исключают возможность учета одновременно возникающих случайных простоев (отказов) на участках комплексных линий (например, бревнопильного оборудования и линий сортировки сырых пиломатериалов) и могут применяться только при укрупненных расчетах и в случае высокого уровня безотказной работы оборудования. Кроме этого, при расчете и анализе производительности машин удобнее пользоваться отдельными коэффициентами, характеризующими технические и организационные потери времени [6]. Поэтому, например, коэффициент использования лесопильного потока (комплексной линии в лесопильном цехе, состоящей из бревнопильной линии и линии сортировки сырых пиломатериалов) может быть представлен в следующем виде:

$$K_{ис} = K_{ти}^{бл} K_n^{сл} K_3 \quad (8.1)$$

и

$$K_{ти}^{бл} = 1 - \frac{\sum t_{пл.пр}^{пл} + \sum t_{сл.пр}^{бл}}{T - (\Delta_n \sum t_{сл.пр}^{сл} + \sum t_3)}; \quad (8.2)$$

$$K_n^{сл} = 1 - \frac{\Delta_n \sum t_{сл.пр}^{сл}}{T - \sum t_3}; \quad (8.3)$$

$$K_3 = 1 - \frac{\sum t_3}{T}. \quad (8.4)$$

Здесь $K_{ти}^{бл}$ — коэффициент технического использования бревнопильных линий; $\sum t_{пл.пр}^{пл}$ — планируемые простои, как правило, лесопильного цеха, так как современная автоматизированная линия для сортировки сырых досок устанавливается одна за несколькими (практическими всеми бревнопильными линиями лесопильного цеха). Естественно, что если останавливается одна из вышеуказанных линий, то останавливается и другая, т. е. весь лесопильный цех; $\sum t_{сл.пр}^{бл}$ — случайные простои бревнопильных линий; T — период работы лесопильного цеха, как правило, равный продолжительности смены; $\sum t_{сл.пр}^{сл}$ — слу-

чайные простои линий сортировки сырых досок; Δ_n — коэффициент наложенных потерь, характеризующий уменьшение времени случайных простоев из-за отказов оборудования линий сортировки сырых досок вследствие наличия между ней и бревнопильными линиями страхового задела; $\sum t_3$ — простои по загрузке оборудования лесопильного цеха; K_3 — коэффициент загрузки лесопильного цеха.

В системе формул (8.1)—(8.4) полностью сохраняется баланс расчетного времени работы лесопильного цеха. Так, коэффициент технического использования бревнопильной линии (формула (8.2)) может быть представлен в следующем виде:

$$K_{\text{ти}}^{\text{бл}} = \frac{T - (\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бл}} + \Delta_n \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} + \sum t_3)}{T},$$

и

$$K_{\text{ти}}^{\text{бл}} = 1 - \frac{\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бл}} + \Delta_n \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} + \sum t_3}{T}.$$

Отнимем от числителя и знаменателя правой части последней формулы $\Delta_n \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}}$ и $\sum t_3$ и получим формулу (8.2):

$$K_{\text{ти}}^{\text{бл}} = 1 - \frac{\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бл}}}{T - (\Delta_n \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} + \sum t_3)}.$$

Формула (8.3) отражает влияние надежности линии сортировки сырых пиломатериалов на производительность цеха. Заметим, что в формуле (8.3) не учитываются планируемые простои лесопильного цеха $\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}}$, так как коэффициент использования сортировочной линии $K_{\text{ти}}^{\text{сл}}$ отражает ее влияние на фактическую производительность лесопильного цеха во время работы бревнопильных линий, но не во время их планируемого простоя $\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}}$.

Формула (8.4) отражает влияние организационных потерь времени на производительность лесопильного цеха.

Обычно в лесопильном цехе располагается три вида основного технологического оборудования: бревнопильное оборудование, обрезные станки и линия сортировки сырых досок.

Как правило, в бревнопильные линии (и в сумму их случайных простоев $\sum t_{сл.пр}^{сл}$) входят обрезающие станки (и их случайные простои).

При необходимости коэффициент использования оборудования лесопильного цеха может быть определен с учетом случайных простоев (надежности) всех трех видов основного технологического оборудования:

$$K_{ис}^{лп} = K_{ти}^{бо} K_{и}^{обр} K_{л}^{сл} K_{з}, \quad (8.5)$$

где $K_{ти}^{бо}$ — коэффициент технического использования бревнопильного оборудования; $K_{и}^{обр}$ — коэффициент использования обрезающего станка; $K_{л}^{сл}$ — коэффициент использования линий сортировки сырых пиломатериалов и $K_{з}$ — коэффициент загрузки.

Примем продолжительность случайных простоев $t_{сл.пр}$ каждого из этих видов оборудования равной 24 мин в течение 8-часовой смены, что соответствует уровню их безотказной работы $У_{бр} = 0,95$; планируемые простои всего оборудования лесопильного цеха $\sum t_{пл.пр}^{лп} = 20$ мин; коэффициент загрузки оборудования лесопильного цеха $K_{з} = 0,95$ (т. е. $\sum t_i = 24$ мин) и коэффициент наложенных потерь времени из-за отказов всех указанных выше видов оборудования $\Delta_{л} = 0,5$.

При этих условиях

$$K_{ти}^{бо} = 1 - \frac{\sum t_{пл.пр}^{лп} + \sum t_{сл.пр}^{бо}}{T - (\Delta_{л} \sum t_{сл.пр}^{обр} + \Delta_{з} \sum t_{сл.пр}^{сл} + \sum t_i)} =$$

$$= 1 - \frac{20 + 24}{480 - (0,5 \cdot 24 + 0,5 \cdot 24 + 24)} = 0,9;$$

$$K_{и}^{обр} = 1 - \frac{\Delta_{л} \sum t_{сл.пр}^{обр}}{T - (\Delta_{л} \sum t_{сл.пр}^{сл} + \sum t_i)} = 1 - \frac{0,5 \cdot 24}{480 - (0,5 \cdot 24 + 24)} = 0,94;$$

$$K_{л}^{сл} = 1 - \frac{\Delta_{з} \sum t_{сл.пр}^{сл}}{T - \sum t_i} = 1 - \frac{0,5 \cdot 24}{480 - 24} = 0,973;$$

$$K_{з} = 1 - \frac{\sum t_i}{T} = 1 - \frac{24}{480} = 0,95.$$

Находим коэффициент использования оборудования лесопильного цеха (см. формулу (8.5)):

$$K_{ис}^{ли} = 0,9 \cdot 0,94 \cdot 0,973 \cdot 0,95 = 0,78.$$

В расчетах $\sum t_{сл.пр}^{60}$, $\sum t_{сл.пр}^{обр}$ и $\sum t_{сл.пр}^{сл}$ — случайные простои бревнопильного оборудования, обрезного станка и линий сортировки сырых досок соответственно.

Когда частота возникновения неполадок и среднее время простоя для их устранения одинаковы и одинаков также рабочий цикл смежных участков, коэффициент наложения потерь времени без учета возможного одновременного возникновения простоев оборудования на смежных участках комплексной линии может быть определен по формуле

$$\Delta_n = \frac{\theta_{ср}}{\theta_{ср} + \frac{T_{ц} E_{max}}{2}}, \quad (8.6)$$

где $\theta_{ср}$ — среднее время простоя для устранения неполадок, с; $T_{ц}$ — рабочий цикл, с; E_{max} — максимальное количество предметов труда, вмещаемых накопителем, шт.

Среднее время простоя (с) для устранения неполадок зависит от уровня безотказной работы оборудования участков комплексной линии $У_{бр}$ и при укрупненных расчетах может быть определено по формуле

$$\theta_{ср} \approx 3600(1 - У_{бр}). \quad (8.7)$$

Лесопильные рамы выпиливают из одного бревна несколько необрезных досок, которые потом поштучно обрезаются на обрезных станках, расположенных за ними. Естественно в этих условиях рабочий цикл обрезных станков должен быть меньше рабочего цикла лесопильных рам на число выпиливаемых из бревна необрезных досок. Для локализации влияния на производительность линий различных рабочих циклов машин и механизмов и служат так называемые пульсирующие заделы (запасы) материала.

Страховые запасы служат для частичной локализации потерь производительности линий вследствие отказов впереди располагаемого оборудования.

При этом как пульсирующие, так и страховые запасы располагаются и внутри линий (внутрилинейные заделы), и между

линиями (межлинейные заделы). Их функции часто смешивают, хотя они не имеют между собой ничего общего. Поэтому расчеты этих запасов следует выполнять отдельно и числа полученных штук материала или величины емкости, необходимой для их размещения, складывать. Это объясняется тем, что, например, к моменту начала простоя какой-либо машины вся емкость расположенного между ними пульсирующего задела заполнена материалом (хлыстами, бревнами или досками). Естественно, что если останавливается обработка на первой машине, то пропорционально этому простоя уменьшается производительность линии. Если же останавливается вторая машина из-за заполнения емкости пульсирующего задела, то приходится останавливать и первую машину.

Если пульсирующие запасы локализуют возможные цикловые потери вследствие переменного цикла обработки материала на основных технологических операциях, то страховые запасы частично локализуют внецикловые потери времени из-за простоев оборудования вследствие потери его работоспособности.

Следует иметь в виду, что в лесопильном производстве потери работоспособности головных станков линий полностью локализовать располагаемыми за ними страховыми заделами практически невозможно. Это можно было бы сделать за счет увеличения производительности головных станков в течение определенного времени только для создания и восстановления страховых запасов. На некоторых линиях металлообрабатывающих производств такое кратковременное увеличение производительности предыдущих станков для восстановления страховых заделов возможно и специально планируется. С этой же целью иногда располагают станки на линиях по мере увеличения возрастающей вероятности потерь их работоспособности, что также решает вопрос восстановления страховых заделов.

Однако в лесопилении это практически невозможно, так как, например, число отказов механизмов и узлов головных станков — лесопильных рам — примерно на порядок больше, чем у других станков бревнопильной линии. Поэтому основным методом регулирования страховых запасов материала в лесопилении является установление большей цикловой производительности последующего оборудования. При этом происходит освобождение места в заделе — рассасывание страхового запаса после очередной остановки расположенного за ним оборудования.

Исследования и практика показывают, что ввиду специфики лесопиления (больших скоростей обработки и массы предметов

труда — хлыстов, бревен и досок) экономически эффективное время локализации единичного простоя из-за потерь работоспособности оборудования линий в основном составляет несколько минут и с ростом его надежности имеет тенденцию к уменьшению.

Уровень безотказной работы оборудования лесопильного производства оказывает влияние на всю структуру производственных процессов лесопильного предприятия. Так, наиболее перспективны комплексные линии для окорки и сортировки бревен. Однако при уровне безотказной работы окорочного и сортировочного оборудования, равном 70 % времени его работы, они становятся экономически неэффективными.

Еще более драматическое положение складывается при низком уровне надежности оборудования для сортировки, формирования сушильных штабелей и окончательной обработки пиломатериалов после сушки. Если это оборудование устанавливается автономно, то резко уменьшается непрерывность производственного потока. Если оно komponуется в комплексные линии с низким уровнем надежности, то на десятки процентов уменьшается его потенциальная (планируемая) производительность.

В условиях недостаточной надежности оборудования практически становится малоэффективным, а иногда и просто неэффективным увеличение его цикловой производительности $Q_{\text{ц}}$ и пропускной способности. Иными словами, увеличение скорости обработки (подачи U) без решения вопросов надежности оборудования, так же как и без уменьшения цикловых потерь, практически нерационально. Поэтому к современному оборудованию предъявляются требования высокой безотказности его работы $P(t) > 0,9$. Вероятность безотказной работы определяется по формуле

$$P(t) = e^{-\lambda t}.$$

Здесь $e = 2,718228$ — основание натурального логарифма; λ — интенсивность отказов; t — время работы, для которого определяется надежность.

Среднее время безотказной работы (средний срок службы, или наработка на отказ) $T_{\text{ср}} = 1/\lambda$, откуда

$$P(t) = e^{-t/T_{\text{ср}}}.$$

Для значения $P(t) > 0,9$ вероятность безотказной работы с достаточной для практики точностью

$$P(t) = 1 - \lambda t = 1 - t/T_{\text{ср}}. \quad (8.8)$$

Различают следующие диапазоны $P(t)$, позволяющие оценивать степень надежности оборудования при создании и эксплуатации: 0,99 — высокий уровень; 0,9 — повышенный; 0,8 — средний; 0,7 — пониженный; 0,6 — низкий; 0,5 — очень низкий.

Например, при годовом фонде времени $t = 4000$ ч, в течение которого требуется, чтобы оборудование работало с вероятностью безотказной работы $P(t) = 0,9$ (повышенный уровень), наработка на отказ (ч) должна быть равна (см. формулу (8.8))

$$T_{\text{ср}} \cong \frac{t}{1 - P(t)} = \frac{4000}{1 - 0,9} = 40\,000.$$

Таким образом, средний срок службы (наработка на отказ) должен быть на порядок больше, чем годовой фонд времени.

Достижение уровня безотказной работы определенного станка, линии с $P(t) > 0,9$ представляет собой сложную задачу. При этом следует иметь в виду, что в комплексных линиях уровень безотказной работы отдельных станков и линий желательно иметь еще выше $P(t) = 0,95$.

Как показывает опыт мирового машиностроения и организации процессов производства пиломатериалов, создание оборудования с вероятностью безотказной работы $P(t) = 0,9 \dots 0,95$ не только возможно, но и наиболее экономически эффективно. Заметим, что наработка на отказ, например, современных элементов систем управления (интегральные схемы и др.) составляет многие сотни тысяч часов.

Показатели случайных простоев — потеря рабочего времени из-за ненадежности бревнопильного оборудования $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бп}}$, обрезных станков $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{обр}}$, делительного оборудования $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{дл}}$ и линий сортировки сырых пиломатериалов $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}}$, а также характеризующих загрузку станков и линий $\sum t_z$, могут учитываться при их работе в течение распиловки бревен каждой из определенных размерных сортировочных групп (разные диаметры бревен, различные процентные соотношения их объемов и др.) или комплексно при работе оборудования в течение, например, года.

От числа учитываемых станков и линий и принятых значений их случайных простоев зависит степень (уровень) точности расчета производственной мощности предприятия.

Жесткие требования рыночной экономики к конкурентной способности пилопродукции предопределяют необходимость проведения технологических расчетов с учетом состава оборудования, связей между ним и системы управления производством. Это необходимо при выборе оборудования, проектировании и функционировании предприятия или осуществлении его реконструкции.

При выборе оборудования необходим достоверный расчет его производительности при определении производственной мощности предприятия.

В паспортных данных, проспектах и рекламных материалах, как правило, дается только один пример расчета производительности оборудования на одном диаметре бревна, одной скорости подачи, одной длине бревна и для станков позиционно-проходного и позиционного типа — одном числе резов в бревне. Однако на каждом предприятии различны размеры и проценты объемов диаметров бревен, поступающих в распиловку. Распиловка бревен разных диаметров производится на разных скоростях подачи и с разным числом резов. Различны уровни надежности оборудования, устанавливаемого индивидуального или в составе комплексных линий, а также факторы, определяющие уровень загрузки лесопильных цехов и другие.

Данные о процентном соотношении диаметров поступающих бревен как в течение года, так и за оперативный период времени (кривая сырья) необходимы для достоверного расчета производственной мощности потока, цеха и предприятия, а также для планирования раскроя бревен. Без этого практически невозможно увеличить объемный выход пиломатериалов и свести к минимуму их перепилы и недопилы.

Возможная производительность круглопильных и ленточно-пильных станков индивидуального раскроя позиционно-проходного и позиционного типов может быть выражена количеством резов на них в минуту:

$$n_{\text{м}} = 60n_{\text{бр}}/T_{\text{ц}} = Q_{\text{ц}}n_{\text{бр}},$$

где $n_{\text{бр}}$ — число резов в бревне; $T_{\text{ц}}$ — рабочий цикл станка, с; $Q_{\text{ц}}$ — цикловая производительность станка, бревен в минуту.

Иными словами, если станок может осуществлять 1 рез в минуту, то бревно с $n_{\text{бр}} = 10$ резов может быть на нем распилено за 10 мин.

Количество резов в минуту зависит от числа резов в бревне. Так, $T_{\text{ц}} = 600$ с; $n_{\text{бр}} = 10$ резов; $n_{\text{м}} = 60 \cdot 10 / 600 = 1$ рез в минуту. $Q_{\text{ц}} = 60/T_{\text{ц}} = 60/600 = 0,1$ бревна в минуту и $n_{\text{м}} = 0,1 \cdot 10 = 1$ рез в минуту.

Производительность станка $Q_i = Q_n K_m$. Пропускная способность станка $Q_n = U/l \cdot n_{бр}$, где U — скорость подачи, м/мин; l — длина бревна, м. Коэффициент использования машинного времени станка $K_m = t_m n_{бр} / T_{ц}$, где t_m — машинное время одного реза, с. $Q_i = (60/6 \cdot 10)(6 \cdot 10/600) = 0,1$ бревна в минуту. Здесь $l = 6$ м; $U = 60$ м/мин.

На круглопильных станках индивидуального раскроя позиционно-проходного типа («Кага»; «Лаймет») производится порядка 1 реза в минуту.

Количество резов в минуту зависит от уровня механизации и автоматизации вспомогательных операций, места установки станка автономно или в составе линии, числа резов в бревне, квалификации оператора и других факторов. Так, если станок установлен автономно и на нем вместе с оператором работают двое помощников по раскладке выпиленных досок и выполнению других вспомогательных операций, то это повышает производительность станка на десятки процентов. С уменьшением числа резов в бревне количество резов в минуту уменьшается. Однако если на головном станке линии выпиливаются, например, трехкантные брусья и сегменты (крупные горбыли), распиливаемые на других станках, то производительность линии увеличивается, так как делительные станки берут на себя определенное число резов при их раскрое.

Горизонтальные ленточнопильные станки индивидуального раскроя позиционного типа («Wood-Mizer») имеют порядка 1 реза в 2 мин. Это зависит практически от тех же факторов, как и у круглопильных станков индивидуального раскроя.

Вертикальные ленточнопильные станки с диаметрами пильных шкивов порядка 1500 мм и больше и комплексной механизацией и автоматизацией вспомогательных операций могут иметь в минуту от 2—3 до 6 резов и более. Это было характерно для лесопиления в США, где в начале и середине XX в. преобладали комплексно-механизированные и автоматизированные вертикальные ленточнопильные станки индивидуального раскроя с диаметрами шкивов более 2 м и количеством резов в минуту от 6 до 10 для распиловки крупномерных бревен (при значительной стоимости рабочей силы).

В соответствии с типом распиловки расчет производственной мощности лесопильных предприятий подразделяется на расчет процессов с головным оборудованием проходного, позиционно-проходного и позиционного типов и проходного типа с гибкими поставами и рециркуляцией брусев.

Ниже приведены методики расчета производственной мощности однопоточных лесопильных цехов с однотипным головным оборудованием и многопоточных лесопильных цехов с разнотипным головным оборудованием. Эти методики различаются тем, что в однопоточных лесопильных цехах отсутствует необходимость расчетов при условии равномерной загрузки головного оборудования. В многопоточных лесопильных цехах выполнение этого условия, как правило, необходимо.

8.2. Методика и примеры расчета производственной мощности однопоточных лесопильных цехов и с однотипным головным оборудованием

Годовая фактическая производительность лесопильного цеха (м^3 бревен в год) рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{ф}}^{\text{лц}} = Q_{\text{ср}}^{\text{лц}} T_{\text{г}} K_{\text{и}}^{\text{сл}} K_{\text{з}} K_{\text{г}},$$

где $Q_{\text{ср}}^{\text{лц}}$ — среднесменная производительность однопоточного или многопоточного цеха с однотипными линиями, не специализированными на распиловку бревен i -х диаметров, м^3 в смену; $T_{\text{г}}$ — годовой фонд времени, смен; $K_{\text{и}}^{\text{сл}}$ — коэффициент использования автоматизированной (или механизированной) линии для сортировки сырых пиломатериалов; $K_{\text{з}}$ — коэффициент загрузки цеха; $K_{\text{г}}$ — поправочный коэффициент на среднегодовые условия работы цеха.

Логика расчета среднесменной производительности лесопильного цеха $Q_{\text{ср}}^{\text{лц}}$ заключается в том, чтобы все бревнопильные линии лесопильного цеха были загружены равномерно. В однопоточных лесопильных цехах этого вопроса практически не существует. Поэтому если в цехе установлена одна бревнопильная линия (однопоточный лесопильный цех), то сначала определяют ее фактическую производительность $Q_{\text{г}}$ при распиловке бревен каждого расчетного (четного) диаметра. Затем объем бревен этого i -го диаметра в $1000 \text{ м}^3 \Sigma V_{\text{бpi}}$ делят на $Q_{\text{г}}$ и таким образом находят время (число смен $n_{\text{см}}^{\text{бл}}$), которое необходимо затратить на распиловку $\Sigma V_{\text{бpi}}$ в соответствии с процентным содержанием (долей) бревен i -го диаметра в 1000 м^3 в общей совокупности всех

диаметров. Таким образом, число смен работы бревнопильной линии в однопоточном цехе, необходимое для распиловки бревен i -го диаметра, равно:

$$n_{см}^{бл} = \Sigma V_{бп} / Q_i$$

Время, которое необходимо затратить в однопоточном цехе на распиловку 1000 м³ бревен всех диаметров с учетом процентного соотношения их объемов (или долей), естественно, равно сумме $n_{см}^{бл}$, т. е. $\Sigma n_{см}^{бл} = \Sigma n_{см}^{лп}$.

Таким образом, в однопоточном цехе $\Sigma n_{см}^{бл} = \Sigma n_{см}^{лп}$ и

$$Q_{см}^{лп} = 1000 / \Sigma n_{см}^{бл},$$

где 1000 — условный объем, на который рассчитывается производительность цеха по распилу сырья, м³; $n_{см}^{бл}$ — число смен его работ, необходимое для распиловки 1000 м³ бревен всех заданных к распиловке диаметров с учетом процентного соотношения (или доли) их объемов (см. ниже табл. 8.4).

Обратим внимание, что в табл. 8.4, по данным ЦНИИМОДа, приведено процентное соотношение объемов бревен четных диаметров при определенных значениях средних диаметров пиловочника, поступающих на предприятия в основном с распиловкой сырья на лесопильных рамах. В большинстве случаев средний диаметр бревен зависит от географического положения предприятия или сырьевой базы, с которой поступает сырье. Принято считать, что средний диаметр бревен для Северо-Запада, Центра и Поволжья колеблется от 18 до 22 см; для Урала и Западной Сибири — от 22 до 26 см и для Восточной Сибири и Дальнего Востока — от 24 до 32 см. Однако при специализации лесопильных цехов и предприятий на переработку определенных размерных групп сырья, что и позволяет наиболее эффективно использовать бревнопильные линии большой единичной мощности, необходимо пользоваться специально собранными и обработанными материалами, характеризующими процентное соотношение (или доли) объемов размерных групп бревен в общей совокупности всех диаметров. Естественно, что наибольший эффект дает специализация лесопильных цехов и предприятий по размерно-качественным параметрам сырья, которая берет свое начало в местах заготовки с учетом рационального распределения древесины по соответствующим производствам для ее переработки.

Если в цехе (многопоточном) установлено несколько однотипных бревнопильных линий, не специализирующихся на распиловке бревен определенного диаметра, то

$$Q_{\text{ср}}^{\text{лц}} = n1000 / \Sigma n_{\text{см}}^{\text{бл}}$$

где n — число однотипных бревнопильных линий.

В этом случае рассчитывается сумма смен $\Sigma n_{\text{см}}^{\text{бл}}$ одной линии, необходимых для распиловки условного объема в соответствии с процентным содержанием (или долей) бревен i -х диаметров в 1000 м^3 , и частное от деления $1000 / \Sigma n_{\text{см}}^{\text{бл}}$ умножается на число однотипных бревнопильных линий.

Фактическая производительность (м^3 бревен в смену) практически всех типов бревнопильных линий при распиловке i -х диаметров рассчитывается по формуле

$$Q_i = Q_{\text{п}} K_{\text{м}} K_{\text{N}} K_{\text{тн}}^{\text{бл}} T_{\text{с}} q_i,$$

где $Q_{\text{п}}$ — пропускная способность линии, шт./мин; $K_{\text{м}}$ — коэффициент использования машинного времени; K_{N} — коэффициент, характеризующий так называемые скрытые потери производительности. К ним относятся: снижение расчетной скорости распиловки (обработки) бревен вследствие падения напряжения на зажимах нагрузки, распиловка припусков по длине бревна, минимальные межторцовые разрывы, возникающие в процессе эксплуатации (но не конструктивные потери, учитываемые $K_{\text{м}}$) и др.; $K_{\text{тн}}^{\text{бл}}$ — коэффициент технического использования оборудования бревнопильной линии; $T_{\text{с}}$ — продолжительность смены, мин; q_i — объем бревна i -го расчетного (четного) диаметра расчетной длины, м^3 .

Пропускная способность (шт./мин) для рамной линии определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = \Delta_{\text{р}} n / 1000 l_{\text{ср}},$$

где $\Delta_{\text{р}}$ — расчетная посылка при распиловке бревен i -го диаметра на рамной линии (перемещение распиливаемого материала в направлении скорости подачи за один оборот коленчатого вала), мм; n — частота вращения коленчатого вала рамы, мин^{-1} ; $l_{\text{ср}}$ — средняя (расчетная) длина бревен (без учета припуска по длине, который учитывается коэффициентом K_{N}), м.

Расчетная посылка выбирается наименьшей из посылок, которые могут иметь лесопильные рамы первого и второго ряда в соответствии, например, с табл. 8.1. Эта таблица содержит примерные посылки при распиловке бревен и брусьев хвойных пород на двухэтажных лесопильных рамах типа 2Р. Обратите внимание, что табл. 8.1, как и почти все ей подобные, составлена для лесопильных рам, имеющих ход пильных рамок 600 мм. Поэтому, например, при расчете производительности лесопильных рам типа 2Р75-3 и 2Р75-4, имеющих ход пильных рамок 700 мм, вводится коэффициент хода их пильных рамок K_x , равный в данном случае частному от деления хода $H = 700$ мм на 600 мм, т. е. $700/600 = 1,16$. Поэтому расчетная посылка, определяемая по табл. 8.1, для рам 2Р75-3 и 2Р75-4 должна быть увеличена примерно на 16 %. Однако расчеты показывают, что у среднепросветных и узкопросветных двухэтажных рам в случае равной работоспособности подшипника нижней головки шатуна (мотылевого) производительность лесопильных рам при увеличении хода пильных рамок с 600 до 700 мм может возрасти только на 4...5 % ([4], с. 78).

Таблица 8.1

Расчетные посылки (мм) при распиловке

Диаметр бревна (высота бруса), см	Число пил (пропилов)						
	До 6	7	8	9	10	11	12
Вразвал или с брусковой при выпилке двух брусьев							
14	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	40,0
16	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	38,0	35,0
18	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	32,0	29,0
20	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	30,0	27,0
22	31,0	31,0	31,0	31,0	29,0	26,0	24,0
24	29,0	29,0	29,0	28,0	26,0	22,0	20,0
26	27,0	27,0	27,0	27,0	23,0	21,0	19,0
28	25,0	25,0	25,0	23,0	21,0	19,0	17,0
30	23,0	23,0	23,0	21,0	18,5	16,5	14,5
32	21,5	21,5	21,5	19,5	16,5	14,5	13,0
34	20,5	20,5	20,5	19,5	16,0	14,0	12,5
36	19,5	19,5	19,5	16,5	15,2	13,5	12,2
38	18,5	18,5	18,5	16,0	14,0	12,5	11,0
40	17,5	17,5	17,0	15,0	13,0	11,5	10,3
42	16,5	16,5	15,7	13,7	12,0	10,5	9,5
44	15,5	16,5	14,6	12,8	11,2	10,2	8,8
46	15,0	15,0	13,6	12,0	10,5	9,2	8,2
48	14,0	14,0	13,0	11,2	9,8	8,6	7,6

Диаметр бревна (высота бруса), см	Число пил (пропилов)						
	до 6	7	8	9	10	11	12
5 0	12,2	12,2	10,5	10,5	9,2	8,2	7,4
5 2	11,6	11,6	11,6	10,0	8,8	7,6	6,7

Бревен с брусом при выпилке 1 бруса (высота бруса 0,7 вершинного диаметра бревен) на лесопильной раме РД75-6

1 4	45,0	—	45,0	—	—	—	—
1 6	45,0	—	45,0	—	—	—	—
1 8	43,0	—	43,0	—	43,0	—	—
2 0	42,0	—	42,0	—	42,0	—	—
2 2	39,0	—	39,0	—	39,0	—	—
2 4	36,0	—	36,0	—	35,0	—	—
2 6	34,0	—	34,0	—	32,0	—	—
2 8	32,0	—	32,0	—	29,0	—	—
3 0	30,0	—	30,0	—	27,0	—	—
3 2	27,5	—	27,5	—	24,5	—	19,5
3 4	26,5	—	26,5	—	22,0	—	17,0
3 6	26,0	—	25,0	—	19,5	—	15,0
3 8	25,0	—	24,0	—	18,5	—	14,5
4 0	23,0	—	22,5	—	17,0	—	13,2
4 2	21,5	—	20,5	—	15,0	—	11,5
4 4	20,0	—	19,0	—	14,0	—	10,8
4 6	19,0	—	17,5	—	13,0	—	10,0
4 8	18,5	—	16,5	—	12,0	—	9,0
5 0	17,5	—	15,5	—	11,0	—	8,6
5 2	17,0	—	10,5	—	10,5	—	8,0

Брусев на лесопильной раме РД75-7

1 0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	—	—
1 2	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	—	—
1 4	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	—	—
1 6	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	—
1 8	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0
2 0	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0
2 2	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0
2 4	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	30,0
2 6	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	28,0	26,0
2 8	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	26,0	22,0
3 0	26,0	26,0	26,0	26,0	25,0	22,4	20,0
3 2	24,0	24,0	24,0	24,0	23,0	21,0	19,0
3 4	23,0	23,0	23,0	23,0	21,0	19,2	17,3
3 6	21,5	21,5	21,5	21,5	20,0	17,0	16,0
3 8	20,5	20,5	20,5	19,5	16,8	15,0	13,8
4 0	19,5	19,5	19,5	18,5	16,5	14,5	13,0

При более точных расчетах рекомендуемая расчетная посылка выбирается как наименьшая из посылок, ограниченных качеством обработки поверхности, точностью размеров сечения пиломатериалов, степенью заполнения впадин зубьев, устойчивостью полотен и надежностью работы рамных пил, мощностью электродвигателя механизма пиления в соответствии с руководящими техническими материалами по определению нормативных посылок при пилении бревен и брусьев хвойных и лиственных пород на одно- и двухэтажных лесопильных рамах.

Пропускная способность (шт./мин) линии для оборудования проходного типа определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = U/L,$$

где U — скорость подачи, м/мин; L — расчетная длина бревен, м.

Пропускная способность (шт./мин) линии для оборудования позиционно-проходного и позиционного типов определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = \frac{U_{\text{ср}}}{LZ_{\text{рез}}},$$

где $Z_{\text{рез}}$ — число резов в бревне при его индивидуальном раскрое на однопильном станке. Если производится распиловка бревен на станках индивидуального раскроя, осуществляющих 2 и даже 3 реза одновременно (например, на круглопильных станках типа «Гризли» позиционного типа), то под $Z_{\text{рез}}$ подразумевается число циклов групповых резов.

Пропускная способность (шт./мин) линии с рециркуляцией брусьев и гибкими поставами рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{п}} = \frac{U_{\text{ср}}}{L\Pi_{\text{прох}}},$$

где $\Pi_{\text{прох}}$ — число проходов при раскрое бревна i -го диаметра, т. е. возвратов бруса к началу линии; $U_{\text{ср}}$ — средняя расчетная скорость подачи, определяемая как частное от деления суммы расчетных скоростей распиловки бревна i -го диаметра за определенное число резов или проходов, м/мин.

На бревнопильном оборудовании проходного типа скорость подачи определяется, например, на фрезерно-брусующих и фрезерно-профилирующих станках размерами (длиной) технологической щели, на лесопильных рамах посылкой при распиловке

бревен определенных диаметров и рядом других факторов. На бревнопильном оборудовании индивидуального раскроя скорость подачи зависит не только от высоты реза и необходимой точности распиловки тонких и толстых досок (табл. 8.2). На скорость подачи действует еще целый ряд других факторов (разные высоты пропила при раскрое определенного бревна, его качество, физико-химические свойства и другие особенности). Все это учитывает оператор бревнопильного станка, который и определяет скорость подачи при осуществлении каждого индивидуального реза.

Таблица 8.2

Средняя скорость подачи бревен (м/мин) на станке ЛБ150

Точность распи- ловки, мм	Высота реза, мм								
	100	150	200	250	300	350	400	450	
1	43	37	32	27	24	21	18	15	
2	90	80	70	60	52	44	38	32	
Точность распи- ловки, мм	Высота реза, мм								
	500	550	600	650	700	750	800	850	900
1	13	11	10	9	8	7	6	6	5
2	27	23	20	17	15	13	11	11	10

Средняя скорость подачи бревен на ленточнопильных станках зависит от толщины пильной ленты, обычно predetermined размерами шкивов ленточнопильных станков, а также от толщины выпиливаемых элементов. Так, например, по ГОСТ 8486—88, допускаемые отклонения от номинальных размеров по толщине пиломатериалов при их размерах до 32 мм составляют ± 1 мм, а от 40 до 100 мм составляют ± 2 мм. В табл. 8.2 приведена средняя скорость подачи бревен на станке ЛБ150 (ленточнопильной линии ЛБЛ) за период работы пил в течение 2...3 ч и скорости резания 45 м/с.

В настоящее время значительное распространение приобретают линии с так называемой рециркуляцией брусев. В начале линии могут быть установлены два фрезерных модуля и сдвоенные ленточнопильные станки (одна или две пары в зависимости от уровня производительности).

Выпиленные на них брусья возвращаются системой транспортеров к началу линии и накапливаются с противоположной стороны от поступающих к линии бревен.

Скорость подачи на линиях с рециркуляцией брусев может составлять до 100 м/мин и более.

Обратим внимание, что коэффициент использования машинного времени K_m линий с рециркуляцией брусьев может составлять порядка 0,9.

Коэффициент использования машинного времени K_m лесопильных рам и агрегатного головного бревнопильного оборудования зависит от совершенства конструкций впередистаночных устройств и конвейеров. В идеале он может быть равным единице, учитывая, что кратковременные межторцовые разрывы и другие скрытые простои учитываются коэффициентом K_N . Коэффициент $K_N = 0,96$ характеризует снижение расчетной скорости распиловки (переработки) бревен вследствие падения напряжения на зажимах нагрузки, так как по этой причине производительность головного оборудования может быть снижена в отдельные периоды времени на несколько десятков процентов. Для локализации этих потерь применяют системы (установки) компенсации реактивной мощности. Этим же коэффициентом учитывают так называемые скрытые потери производительности: из-за распиловки припусков по длине бревна (около 1,5 %); минимальные межторцовые разрывы (около 1 %), возникающие в процессе эксплуатации (но не цикловые конструктивные потери, учитывающиеся коэффициентом использования машинного времени K_m) и др.

При усредненных расчетах среднестатистическое время вспомогательных операций t_v , не перекрытое машинным временем t_p , по данным ЦНИИМОДа [2], при распиловке бревен всех i -х диаметров принимается постоянным и равным $t_v = 1,9$ с для всех типов головного оборудования, кроме однопильных ленточнопильных станков для индивидуального раскроя бревен. Естественно, в этом случае коэффициент использования их машинного времени при распиловке бревен i -х диаметров с расчетной скоростью подачи U_{pi} рассчитывается по формуле

$$K_m = t_p / T_{\text{ц}} = t_p / (t_p + t_v),$$

где $T_{\text{ц}}$ — рабочий цикл, с.

Цикловая производительность (шт./мин) оборудования проходного типа определяется по формуле

$$Q_{\text{ц}} = Q_n K_m.$$

Цикловая производительность (шт./мин) оборудования позиционно-проходного и позиционного типов рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{ц}} = Q_{\text{п}} K_{\text{м}} = \frac{U}{L Z_{\text{рез}}} \frac{Z_{\text{рез}} t_{\text{р}}}{60 T_{\text{ц}}},$$

где $T_{\text{ц}}$ — рабочий цикл станка, мин; $t_{\text{р}}$ — время одного реза в бревне, с.

Коэффициент использования машинного времени оборудования позиционно-проходного и позиционного типов определяется по формуле

$$K_{\text{м}} = \frac{t_{\text{р}} Z_{\text{рез}}}{t_{\text{р}} Z_{\text{рез}} + t_{\text{в}}} = \frac{t_{\text{р}} Z_{\text{рез}}}{t_{\text{р}} + [t_1 + \Pi t_2 + Z_{\text{рез}}(t_3 + t_4) + t_5] K_{\text{в}}}.$$

Здесь $t_{\text{р}} Z_{\text{рез}} + t_{\text{в}} = T_{\text{ц}}$ — рабочий цикл, с; $t_{\text{в}}$ — время вспомогательных операций, с; t_1 — время на навалку, установление и закрепление бревна, с; Π — число поворотов при распиловке бревна, с; t_2 — время на поворот бревна (бруса), с; t_3 — время на установку размера и подачу бревна (бруса) к пиле или пильной головки к бревну (брусу) (на станках позиционного типа), с; t_4 — время на откатку тележки или пильной головки, с; t_5 — время на сброс оставшейся части бревна, бруса в конце цикла их обработки или на снятие отпиливаемого сегмента со станины станка (на станках позиционного типа), с; $K_{\text{в}}$ — коэффициент, учитывающий инерционность механизмов.

Фактическая производительность (м^3 бревен i -го диаметра в смену) бревнопильной линии на базе позиционно-проходного и позиционного оборудования определяется по формуле

$$Q_j = \frac{U}{L Z_{\text{рез}}} \frac{t_{\text{р}} Z_{\text{рез}}}{60 T_{\text{ц}}} K_{\text{н}} T_{\text{с}} q_i.$$

При постоянном или среднем времени реза ($t_{\text{р}} = \text{const}$)

$$Q_j = \frac{1}{T_{\text{ц}}} K_{\text{н}} T_{\text{с}} q_i,$$

так как

$$\frac{U}{L Z_{\text{рез}}} \frac{t_{\text{р}} Z_{\text{рез}}}{60 T_{\text{ц}}} = \frac{U}{L} \frac{t_{\text{р}}}{60 T_{\text{ц}}} = \frac{U}{U t_{\text{р}}} \frac{t_{\text{р}}}{60 T_{\text{ц}}} = \frac{1}{60 T_{\text{ц}}}.$$

Здесь учтено, что $L = U t_{\text{р}}$; 60 — коэффициент перевода секунд в минуты.

В этом случае рабочий цикл станка (мин) вычисляется по формуле

$$T_{\text{ц}} = \frac{t_1 + \Pi t_2 + (t_3 + t_p + t_4 + t_5) Z_{\text{рез}}}{60}$$

без учета $K_{\text{в}}$.

Структура вышеприведенной формулы расчета Q_i также исходит из того, что $(U/LZ_{\text{рез}}) (t_{\text{рез}} L/60T_{\text{ц}}) = Q_{\text{п}} K_{\text{м}} = Q_{\text{ц}} = 1/T_{\text{ц}}$, так как $Q_{\text{ц}} = T_{\text{ц}}/T_{\text{ц}}$.

Сумма числа смен работы лесопильного цеха $\Sigma n_{\text{см}}^{\text{бл}}$, необходимых для распиловки 1000 м³ бревен всех заданных к распиловке (обработке) диаметров, с учетом процентного соотношения (доли) их объемов рассчитывается с применением таблиц (см. ниже табл. 8.5—8.9).

Если в цехе (многопоточном) установлено несколько бревнопильных линий, не специализирующихся на распиловке бревен определенного диаметра, то

$$Q_{\text{ср}}^{\text{лн}} = n 1000 / \Sigma n_{\text{см}}^{\text{бл}},$$

где n — число однотипных бревнопильных линий.

В этом случае рассчитывается сумма смен $\Sigma n_{\text{см}}^{\text{бл}}$ одной линии, необходимых для распиловки условного объема в соответствии с процентным содержанием (или долей) бревен i -х диаметров в 1000 м³, и частное от деления $1000 / \Sigma n_{\text{см}}^{\text{бл}}$ умножается на число однотипных бревнопильных линий.

На рамных предприятиях это могут быть двухрамные лесопильные потоки (линии), например, только с двухэтажными лесопильными рамами 2Р75-1А и 2Р75-2А, работающие со 100 %-й брусковкой. При этом они, как правило, замыкаются на одну линию сортировки сырых пиломатериалов. На малых предприятиях это могут быть, например, четыре однотипных однопильных круглопильных станка индивидуального раскроя, необрезные доски от которых поступают к одному обрезающему станку.

Изложенным методом может быть определена также фактическая годовая производительность, например, двухрамного лесопильного цеха при смешанной распиловке, когда часть бревен определенных диаметров распиливается вразвал, а другая их часть с брусковкой. В этом случае при распиловке i -х диаметров бревен вразвал в таблицу заносят удвоенную производительность

лесопильной рамы (производительность двухрамного потока). При распиловке же i -х диаметров бревен с брусом этого делать не нужно. В остальном методика расчета ничем не отличается.

Значения коэффициента K_p , учитывающего среднегодовые условия работы лесопильного цеха, представлены в гл. 7.

Объем бревен и распределение объемов определенных диаметров в процентах (кривая сырья) в зависимости от среднего диаметра представлены в табл. 8.3 и 8.4.

Таблица 8.3

Объем бревен, м³

Диаметр бревен, см	Длина бревен, м							
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
14	0,073	0,084	0,097	0,110	0,123	0,135	0,150	0,164
16	0,095	0,110	0,124	0,140	0,155	0,172	0,189	0,20
18	0,120	0,138	0,156	0,175	0,194	0,210	0,23	0,25
20	0,147	0,170	0,190	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30
22	0,178	0,20	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37
24	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,40	0,43
26	0,25	0,28	0,32	0,35	0,39	0,43	0,46	0,50
28	0,29	0,33	0,37	0,41	0,45	0,49	0,53	0,58
30	0,33	0,38	0,42	0,47	0,52	0,56	0,61	0,66
32	0,38	0,43	0,48	0,53	0,59	0,64	0,70	0,76
34	0,43	0,49	0,54	0,60	0,66	0,72	0,78	0,85
36	0,48	0,54	0,60	0,67	0,74	0,80	0,88	0,95
38	0,53	0,60	0,67	0,74	0,82	0,90	0,97	1,05
40	0,58	0,66	0,74	0,82	0,90	0,99	1,07	1,16
42	0,64	0,73	0,81	0,90	1,00	1,08	1,18	1,28
44	0,70	0,80	0,89	0,99	1,09	1,20	1,30	1,40
46	0,77	0,87	0,98	1,08	1,19	1,30	1,41	1,53
48	0,84	0,95	1,06	1,18	1,30	1,41	1,54	1,67
50	0,91	1,03	1,15	1,28	1,41	1,54	1,67	1,81
52	0,99	1,12	1,25	1,39	1,53	1,67	1,81	1,97
54	1,07	1,21	1,35	1,50	1,65	1,80	1,96	2,12
56	1,16	1,31	1,46	1,62	1,78	1,95	2,11	2,28
58	1,25	1,41	1,57	1,74	1,91	2,08	2,27	2,45
60	1,33	1,51	1,68	1,86	2,05	2,23	2,42	2,62
62	1,43	1,62	1,80	1,99	2,18	2,37	2,57	2,78
64	1,52	1,72	1,91	2,11	2,32	2,52	2,73	2,95
66	1,61	1,82	2,02	2,23	2,44	2,66	2,88	3,11
68	1,70	1,92	2,13	2,35	2,57	—	—	—
70	1,80	2,02	2,25	2,48	—	—	—	—

Распределение объемов бревен (%) по диаметрам

Диаметр бревен, см	Средний диаметр, см							
	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5
12	1,9246	1,476	1,1562	0,8899	0,7048	0,548	0,4373	0,3418
14	13,45	11,36	9,7048	8,0900	6,7799	5,696	4,8545	4,0118
16	16,822	15,09	13,595	11,891	10,505	9,188	8,1747	7,0248
18	17,1618	16,19	15,369	14,119	13,005	11,90	10,974	9,7989
20	14,9598	14,880	14,817	14,267	13,695	13,03	12,446	11,506
22	11,7658	12,32	12,831	12,841	12,894	12,685	12,580	11,996
24	8,5477	9,33	10,174	10,660	11,046	11,252	11,562	11,400
26	5,8643	6,695	7,5987	8,2379	8,8693	9,4130	11,562	10,047
28	3,3286	4,576	4,3921	6,0550	6,7699	7,3820	8,0276	8,3444
30	2,3095	3,017	3,6882	4,3100	4,9507	5,5880	6,2802	6,7069
32	1,6422	1,940	2,4580	2,9700	3,5471	4,0780	4,7073	5,1804
34	0,9085	1,218	1,6053	2,0000	2,4558	2,9220	3,4562	3,8967
36	0,5477	0,755	1,0267	1,3230	1,6649	2,9460	2,4698	2,8481
38	0,3125	0,470	0,6554	0,8599	1,1193	1,4100	1,2958	2,0693
40	0,1859	0,272	0,3975	0,5500	0,7428	0,9560	0,2059	1,4695
42	0,1145	0,171	0,3599	0,3100	0,4825	0,6460	0,8402	1,0326
44	0,0603	0,098	0,0159	0,2590	0,3133	0,4310	0,5723	0,7257
46	0,0317	0,062	0,0981	0,0919	0,0130	0,2940	0,3805	0,5018
48	0,0241	0,037	0,0647	0,153	0,2022	0,186	0,2658	0,3518
50	0,0904	0,020	0,0384	0,051	0,0921	0,12	0,1836	0,2249
52 и выше	0,0060	0,021	0,0414	0,71	0,1461	0,226	0,3429	0,5188

Диаметр бревен, см	Средний диаметр, см								
	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0
12	0,2762	0,2219	0,1789	0,1464	0,124	0,0900	0,0620	0,0410	0,0289
14	3,4071	2,8648	2,4319	2,0731	1,774	1,3240	1,0190	0,7165	0,5459
16	6,1934	5,3567	4,6829	4,1122	3,614	2,8350	2,2691	1,6783	1,3238
18	7,9998	7,9356	7,1539	6,1723	5,817	4,7750	3,9622	3,0785	2,5087
20	10,806	9,6365	9,2349	8,5413	7,8881	6,7200	5,7933	4,6848	3,9526
22	11,748	11,496	10,627	10,014	9,4271	8,4370	7,4934	6,3612	5,5114
24	11,312	10,938	10,625	10,388	10,025	9,2440	8,5075	7,4842	6,7223
26	10,285	10,272	10,272	10,165	10,006	9,56308	9,0645	8,3149	7,6462
28	8,8304	8,9645	9,0909	9,2584	9,2871	9,2580	9,0335	8,5551	8,1091
30	7,2367	7,5876	7,9639	8,1973	8,3751	8,5881	8,6165	8,5420	8,2491
32	5,7277	6,0846	6,4809	6,8342	7,1111	7,5150	7,7874	7,7894	7,8922
34	4,4071	4,8327	5,2539	5,6277	5,9731	6,4760	6,9164	7,2660	7,3782
36	3,2922	3,7198	4,1109	4,5124	4,8530	5,4720	5,9253	6,4243	6,7033
38	2,4424	2,4848	3,1509	3,5054	3,8260	4,4240	4,9322	5,5405	5,8754
40	1,7539	2,0498	2,3589	2,6669	2,9570	3,5310	4,0282	4,6288	5,0464
42	1,2761	1,4889	1,7339	1,9919	2,2450	2,7500	3,1891	3,7901	4,2115
44	0,9011	1,0949	1,3119	1,5345	1,7550	2,1990	2,6261	3,1896	3,6176
46	0,6401	0,7709	0,9339	1,0430	1,2940	1,6560	2,0151	2,5321	2,9257
48	0,4505	0,5689	0,6929	0,9026	0,9710	1,2910	1,6100	2,0537	2,4227
50	0,3205	0,3949	0,4919	0,6007	0,7250	0,9690	1,2270	1,8115	1,9488
52 и выше	0,6915	0,9449	1,2179	1,7110	1,9610	2,8830	3,9212	5,5345	7,3792

Объем бревна (m^3) может быть также определен по формуле

$$q = (0,87L + 0,01L^2)(d + 0,0001L^2)^2 + 0,00002L^3,$$

где d — вершинный диаметр бревна, м; L — длина бревна, м. Эта формула интерпретирует табл. 8.3 (ГОСТ 2708—75).

В однопоточных лесопильных цехах количество станков (линий) различного вида с гибкой и жесткой связью между оборудованием составляет от 1 до 5-6 и более. Уровень их надежности может быть выражен коэффициентом использования оборудования лесопильного цеха. Ниже представлены системы А, Б, В и Г, характеризующие структуру и взаимозависимость процессов в лесопильном цехе.

Учитывая логику последовательности изложения, системы уравнений представлены начиная с одиночного бревнопильного станка до комплексных линий с несколькими станками и их группами.

А. Бревнопильный станок:

$$K_{и}^{лц} = K_{ти}^{бо} K_{з};$$

$$K_{ти}^{бо} = 1 - \frac{\Sigma t_{пл.пр}^{лц} + \Sigma t_{сл.пр}^{бо}}{T_c};$$

$$K_{з} = 1 - \frac{\Sigma t_3}{T_c}.$$

Для лесопильных цехов (участков), где установлен один бревнопильный станок индивидуального раскроя, например, типа «Кага» или УСК-1, на котором производится не только раскрой бревен, но и обрезка необрезных досок,

$$K_{и}^{лц} = K_{ти}^{бо} K_{обр} K_{з}$$

($K_{обр}$ — коэффициент, учитывающий снижение производительности бревнопильного станка при выполнении операций обрезки необрезных досок, $K_{обр} \approx 0,65$).

Здесь и далее $K_{ти}^{бо}$ — коэффициент технического использования бревнопильного оборудования; $\Sigma t_{пл.пр}^{лц}$ — сумма плановых простоев лесопильного цеха, мин; $\Sigma t_{сл.пр}^{бо}$ — сумма случайных простоев бревнопильного оборудования, мин; T_c — время смены,

мин; K_3 — коэффициент загрузки лесопильного цеха; Σt_3 — сумма простоев по организационным причинам (загрузка лесопильного цеха), мин.

Б. Система бревнопильное оборудование—обрезной станок:

$$K_{\text{и}}^{\text{лц}} = K_{\text{ти}}^{\text{бо}} K_{\text{и}}^{\text{ос}} K_3;$$

$$K_{\text{ти}}^{\text{бо}} = 1 - \frac{\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо}}}{T_{\text{с}}};$$

$$K_{\text{и}}^{\text{ос}} = 1 - \frac{\Delta_{\text{н}} \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ос}}}{T_{\text{с}}};$$

$$K_3 = 1 - \frac{\Sigma t_3}{T_{\text{с}}}.$$

Здесь $\Delta_{\text{н}}$ — коэффициент наложенных потерь времени, вычисляемый по формуле

$$\Delta_{\text{н}} = \frac{\theta_{\text{ср}}}{\theta_{\text{ср}} + \frac{T_{\text{ц}} E_{\text{max}}}{2}}, \quad (8.9)$$

где $\theta_{\text{ср}}$ — среднее время простоя для устранения неполадок, с; $T_{\text{ц}}$ — рабочий цикл, с; E_{max} — максимальное количество предметов труда (в данном случае — необрезных досок), вмещаемых накопителем, шт.

$$\theta_{\text{ср}} \approx 3600(1 - Y_{\text{бр}}).$$

Здесь $Y_{\text{бр}}$ — уровень безотказной работы, например 0,9 и 0,95.

В. Система бревнопильное оборудование первого ряда—оборудование второго ряда для распиловки бруса—обрезной станок—линия сортировки сырых пиломатериалов:

$$K_{\text{ис}}^{\text{лц}} = K_{\text{ти}}^{\text{бо}} K_{\text{и}}^{\text{рб}} K_{\text{и}}^{\text{ос}} K_{\text{и}}^{\text{сл}} K_3;$$

$$K_{\text{ти}}^{\text{бо}} = 1 - \frac{\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо}}}{T_{\text{с}}};$$

$$K_{\text{и}}^{\text{рб}} = 1 - \frac{\Delta_{\text{н1}} \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{рб}}}{T_{\text{с}}};$$

$$K_{и}^{oc} = 1 - \frac{\Delta_{и2} \Sigma t_{сл.пр}^{oc}}{T_c};$$

$$K_{и}^{сл} = 1 - \frac{\Delta_{и3} \Sigma t_{сл.пр}^{сл}}{T_c};$$

$$K_з = 1 - \frac{\Sigma t_з}{T_c}.$$

Здесь $\Delta_{и1}$, $\Delta_{и2}$ и $\Delta_{и3}$ — коэффициенты наложенных потерь времени оборудования второго ряда для распиловки бруса, обрезного станка и линии сортировки сырых пиломатериалов соответственно. В формулу

$$\Delta_{и} = \frac{1}{1 + \frac{T_{ц} E}{2\theta_{ср}}},$$

идентичную формуле (8.9), при расчете $\Delta_{и1}$ подставляют $T_{ц}$ — рабочий цикл оборудования для распиловки бруса (с) и E — число брусев в накопителе; при расчете $\Delta_{и2}$ подставляют $T_{ц}$ — рабочий цикл обрезного станка (с) и E — число необрезных досок в накопителе; при расчете $\Delta_{и3}$ подставляют $T_{ц}$ — рабочий цикл линии сортировки сырых досок (с) и E — число обрезных досок в накопителе (на поперечном транспорте между бревнопильной или бревнопильными линиями и линией сортировки сырых досок).

Г. Бревнопильное оборудование—делительное оборудование—обрезной станок—линия сортировки сырых пиломатериалов:

$$K_{и}^{лц} = K_{ти}^{бо} K_{и}^{до1} K_{и}^{до2} K_{и}^{oc} K_{и}^{сл} K_з;$$

$$K_{ти}^{бо} = 1 - \frac{\Sigma t_{пл.пр}^{лц} + \Sigma t_{сл.пр}^{бо}}{T_c};$$

$$K_{и}^{до1} = 1 - \frac{\Delta_{и1} \Sigma t_{сл.пр}^{до1}}{T_c};$$

$$K_{и}^{до2} = 1 - \frac{\Delta_{и2} \Sigma t_{сл.пр}^{до2}}{T_c};$$

$$K_{\text{и}}^{\text{ос}} = 1 - \frac{\Delta_{\text{нз}} \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ос}}}{T_{\text{с}}};$$

$$K_{\text{и}}^{\text{сл}} = 1 - \frac{\Delta_{\text{нз}} \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}}}{T_{\text{с}}};$$

$$K_{\text{з}} = 1 - \frac{\Sigma t_{\text{з}}}{T_{\text{с}}}.$$

Структура лесопильной линии, соответствующая этой системе уравнений, определяющих коэффициент использования лесопильного цеха, выполнена на базе круглопильного оборудования шведской фирмы «Агi». В начале линии установлен двухпильный станок, на котором от бревна отпиливаются два сегмента (крупные горбыли). Полученный двухкантный брус поступает на группу делительного оборудования, где распиливается также на двухпильном станке на два сегмента, а четырехкантный брус на обрезные доски на многопильном станке. Все сегменты поступают на однопильный делительный станок, перерабатывающий их на обрезные доски. В данном случае второй двухпильный и многопильный станки соединены между собой жесткой связью и представляют единую (индекс «до₁») группу делительного оборудования.

Ниже приведен расчет $K_{\text{и}}^{\text{ли}}$ этой линии при следующих исходных данных: $\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{ли}} = 30$ мин; $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{до}} = 24$ мин; $T_{\text{с}} = 480$ мин; рабочий цикл головного двухпильного и группы круглопильных станков $T_{\text{ц}} = 12$ с (скорость подачи станков 30 м/мин при длине бревен 6 м). Количество брусьев в накопителе между головным и делительными станками $E = 3$ шт. — при расчете $\Delta_{\text{нз}}$. Сумма случайных простоев на первой группе делительного оборудования $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{до1}} = 36$ мин ($P(t) = 0,925$). Рабочий цикл однопильного делительного станка $T_{\text{ц}} = 3$ с и число сегментов в накопителе перед ним $E = 12$ шт., $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{до2}} = 24$ мин. Рабочий цикл обрезного станка $T_{\text{ц}} = 2$ с и число необрезных досок в накопителе перед ним $E = 6$ шт., $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ос}} = 24$ мин. Рабочий цикл линии сортировки сырых пиломатериалов $T_{\text{ц}} = 1$ с и число обрезных досок в накопителе, находящемся между ней и другим оборудованием лесопильного цеха, $E = 30$ шт., $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} = 24$ мин, $\Sigma t_{\text{з}} = 24$ мин.

Подставив все данные в формулы для вычисления коэффициентов, получим:

$$K_{\text{ти}}^{60} = 1 - \frac{30 + 24}{480} = 0,888;$$

$$K_{\text{и}}^{\text{до1}} = 1 - \frac{0,938 \cdot 36}{480} = 0,93;$$

$$K_{\text{и}}^{\text{до2}} = 1 - \frac{0,909 \cdot 24}{480} = 0,955;$$

$$K_{\text{и}}^{\text{ос}} = 1 - \frac{0,968 \cdot 24}{480} = 0,951;$$

$$K_{\text{и}}^{\text{сл}} = 1 - \frac{0,923 \cdot 24}{480} = 0,954;$$

$$K_3 = 1 - \frac{24}{480} = 0,95;$$

$$K_{\text{и}}^{\text{лц}} = 0,888 \cdot 0,93 \cdot 0,955 \cdot 0,951 \cdot 0,954 \cdot 0,95 = 0,679.$$

Из приведенных выше расчетов видно, что осуществление в современных бревнопильных линиях жесткой связи между основными станками оправдывается тем, что при гибкой связи между ними коэффициенты их использования увеличиваются незначительно и практически не влияют на общий коэффициент использования оборудования лесопильного цеха.

В значительной степени это объясняется тем, что при высоких скоростях обработки бревен и брусьев (до 90 м/мин и больше) и большом количестве основного оборудования в лесопильных линиях к нему предъявляются очень высокие требования по уровню надежности.

Передовые станкостроительные фирмы мира считают, что производимое ими лесопильное оборудование линий имеет комплексный уровень безотказной работы более 0,8...0,85.

К линиям с жесткой связью между группой или группами бревноперерабатывающего оборудования относится линия представленная на рис. 6.8. В ней последовательно установлены: фрезерно-брусующий и многопильный станки первого ряда и фрезерно-брусующий и многопильный станки второго ряда. В этом случае

$$K_{\text{и}}^{\text{лц}} = K_{\text{ти}}^{\text{бл}} K_{\text{и}}^{\text{ос}} K_{\text{и}}^{\text{сл}} K_{\text{з}},$$

где $K_{\text{ти}}^{\text{бл}}$ — коэффициент технического использования бревноперерабатывающей линии, состоящей из перечисленных выше станков, равный

$$K_{\text{ти}}^{\text{бл}} = 1 - \frac{\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бл}}}{T_{\text{с}}},$$

($\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бл}}$ — сумма случайных простоев из-за отказов бревноперерабатывающего оборудования, равная, например, $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бл}} = 48$ мин ($P(t) = 0,9$) — примерно по 12 мин на каждый из четырех станков; $\Sigma t_{\text{пл.гпр}}^{\text{лц}} = 30$ мин);

$$K_{\text{и}}^{\text{ос}} = 1 - \frac{\Delta_{\text{н1}} \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ос}}}{T_{\text{с}}};$$

$$K_{\text{и}}^{\text{сл}} = 1 - \frac{\Delta_{\text{н2}} \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}}}{T_{\text{с}}};$$

$$K_{\text{з}} = 1 - \frac{\Sigma t_{\text{з}}}{T_{\text{с}}}.$$

При $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ос}} = 24$ мин, рабочем цикле обрезающего станка $T_{\text{ц}} = 2$ с и числе необрезных досок в накопителе $E = 10$ шт.; $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} = 24$ мин, рабочем цикле линии сортировки $T_{\text{ц}} = 0,66$ с (90 досок в минуту) и числе обрезных досок в накопителе $E = 40$ шт.; $\Sigma t_{\text{з}} = 24$ мин и $T_{\text{с}} = 480$ мин вычисляемый коэффициент использования оборудования лесопильного цеха составит:

$$K_{\text{и}}^{\text{лц}} = 0,838 \cdot 0,952 \cdot 0,953 \cdot 0,95 = 0,722.$$

Несколько больший коэффициент использования оборудования лесопильного цеха будет при тех же исходных данных, но без коэффициента использования обрезающего станка, при установке в цехе лесопильной линии «HewSaw SL250», представленной на рис. 6.3. На этой линии обрезка необрезных досок на первом и втором проходах производится фрезами непосредственно при профилировании бревна и бруса. В данном случае получаем:

$$K_{\text{и}}^{\text{лц}} = 0,838 \cdot 0,933 \cdot 0,95 = 0,758.$$

Приведенные выше компоновки лесопильных линий не исчерпывают всех возможных вариантов. В отличающихся вариантах компоновок линий коэффициент использования лесопильного цеха может быть сформулирован и определен по изложенным методическим положениям.

Коэффициент использования лесопильного цеха может определяться как с учетом всех основных постоянных показателей ($K_{\text{ти}}^{\text{бо}}$; $K_{\text{и}}^{\text{ос}}$; $K_{\text{и}}^{\text{сл}}$; $K_{\text{и}}^{\text{до}}$; K_z и др.), так и их вхождением в систему расчетов фактической производительности бревнопильной линии при распиловке бревен i -х диаметров Q_i . В последнем случае коэффициенты наложенных потерь могут быть рассчитаны с большей точностью, так как длительность рабочего цикла при их определении может несколько изменяться.

Коэффициенты использования оборудования лесопильного цеха и поправочный коэффициент на среднегодовые условия предопределяют коэффициент полезного действия производства пиломатериалов.

В целом коэффициент полезного действия производства пиломатериалов должен быть порядка 0,7...0,75 и выше. Современное лесопиление все в большей степени использует высокопроизводительные линии для выработки пиломатериалов и технологической щепы. При этом наличие тесной кооперации лесопиления с целлюлозно-бумажным производством (ЦБП) (строительство лесопильных предприятий начинается на территории ЦБП) позволяет с экономической точки зрения применять высокопроизводительное лесопильное оборудование даже с пониженным коэффициентом объемного выхода пиломатериалов. Это компенсируется тем, что производится переработка повышенных объемов сырья при цене пиломатериалов в несколько раз дороже технологической щепы.

Такая организация производства пиломатериалов и технологической щепы была применена при проектировании Усть-Илимского ЛПК. Планируемый уровень объемного выхода пиломатериалов составлял 43 %.

Наиболее точные расчеты производственной мощности лесопильных цехов, предприятий и производительности бревнопильного оборудования и параметров производственных процессов осуществляются по формулам, у которых в знаменателе от времени смены T_c отнимается сумма случайных простоев, например, обрезных станков (скорректированная коэффициентом

наложенных простоев) $\Delta_n \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ок}}$ и Σt_a — потерь времени из-за неподачи сырья в лесопильный цех и других причин, связанных с организационными потерями производительности оборудования лесопильного цеха. В этом случае, например, коэффициент технического использования бревнопильного оборудования будет рассчитываться по формуле

$$K_{\text{ти}}^{\text{бо}} = 1 - \frac{\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо}}}{T_c - (\Delta_n \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ок}} + \Sigma t_a)},$$

а не

$$K_{\text{ти}}^{\text{бо}} = 1 - \frac{\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо}}}{T_c}.$$

При укрупненных расчетах $K_{\text{и}}^{\text{лц}}$ может рассчитываться по формулам, в знаменателе которых учитывается только время смены T_c . В этом случае расчеты проще и их результаты могут находиться в пределах допустимой погрешности.

Однако в каждом конкретном случае необходима проверка точности расчетов. Так, при расчете коэффициента технического использования оборудования комплексной линии для окорки и сортировки бревен, когда в знаменателе формулы учитывается только время смены T_c , используется формула

$$K_{\text{ти}}^{\text{ок-бс}} = 1 - \frac{\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{ок-бс}} + \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ок-бс}}}{T_c}.$$

Коэффициент технического использования оборудования линии $K_{\text{ти}}^{\text{ок-бс}} = 0,887$, а не 0,868 и коэффициент использования оборудования этой линии $K_{\text{и}}^{\text{ок-бс}} = 0,8047$, а не 0,748, т. е. неточность расчета составляет 6...8 % (см. гл. 11).

При расчете коэффициента кондиционности транспортных пакетов пиломатериалов (см. гл. 12) неучет разницы между объемом партии запуска пиломатериалов на линию их окончательной обработки и объемом пиломатериалов V сорта, внутреннего рынка, дилан, обрезков и остатков

$$V_{\text{н}} - (V^{\text{в}} + V^{\text{вр}} + V^{\text{дил}} + V^{\text{обр}} + V^{\text{ост}})$$

приводит к расхождению точности расчетов коэффициента кондиционности транспортных пакетов пиломатериалов на 20 % и более ($0,9 - 0,976 = 0,224$).

Пример. Рассчитаем производительность круглопильного станка позиционно-проходного типа («Кага» и «Лаймет»).

Средний диаметр бревен 20 см и их средняя длина 6 м. На станке распиливаются бревна диаметром от 14 до 40 см и выше. Наименование операций и время, отводимое на них, приведены ниже:

Время на навалку, установку и закрепление бревна T_1 , с.....	20
Время на поворот бревна, бруса T_2 , с.....	8
Время на установку размера и подачу бревна, бруса к пиле T_3 , с.....	5
Время на откатку T_4 , с.....	4,5
Время на сброс оставшейся части бревна, бруса в конце цикла их обработки T_5 , с.....	5
Время реза T_p , с.....	7

Вычисляем цикл распиловки (мин) бревна диаметром 14 см, в котором производится пять резов:

$$T_{ц14} = \frac{T_p Z + [T_1 + N T_2 + Z(T_3 + T_4) + T_5] K_b}{60} =$$

$$= \frac{7 \cdot 5 + [20 + 3 \cdot 8 + 5 \cdot (5 + 4,5) + 5] \cdot 1,1}{60} = 2,3,$$

где N — число поворотов; Z — число резов; K_b — коэффициент, учитывающий инерционность механизмов, равный 1,1.

Определяем коэффициент использования машинного времени для данных условий:

$$K_m = \frac{Z T_p}{60 T_{ц}} = \frac{5 \cdot 7}{60 \cdot 2,3} = 0,25.$$

Рассчитываем фактическую производительность станка (m^3 в смену) при распиловке бревен диаметром 14 см:

$$Q_{14} = \frac{U}{l_{cp} Z} K_m K_N K_{ти}^{60} T_{с} q_l = \frac{47,01}{6 \cdot 5} \cdot 0,25 \cdot 0,96 \cdot 0,84 \cdot 480 \cdot 0,123 = 18,65,$$

где U — средняя скорость распиловки, м/мин; K_N — коэффициент скрытых простоев; $K_{ти}^{60}$ — коэффициент технического использования бревнопильного оборудования (станка), определяемый по формуле

$$K_{ти}^{60} = 1 - \frac{\Sigma t_{пл.пр} + \Sigma t_{сл.пр}}{T_c - \Sigma t_3} = 1 - \frac{25 + 48}{480 - 24} = 0,84$$

($\Sigma t_{пл.пр}$ — планируемые простои лесопильного цеха, равные 25 мин (участка), $\Sigma t_{сл.пр}$ — случайные простои станка, равные 48 мин (при уровне

безотказной работы $U_{бр} = 0,9$), T_c — время смены, мин, Σt_a — организационные простои, равные 24 мин (при коэффициенте загрузки цеха, участка $K_a = 0,95$); q_i — объем бревна диаметром 14 см и длиной 6 м.

Вычисляем число смен $n_{см}$, необходимых для распиловки бревен диаметром 14 см, объем которых в 1000 м³ сырья составляет $\Sigma V_{бр14} = 74,847$ м³:

$$n_{см} = \frac{\Sigma V_{бр}}{Q_j} = \frac{74,847}{18,65} = 4,01.$$

Обратим внимание, что в данном случае в расчетах принято среднее время реза $t_p = 7$ с, а также то, что в цехе (и в расчете) отсутствует обрезной станок.

По аналогии проводим расчеты по всем остальным четным диаметрам бревен, результаты которых сведены в табл. 8.5.

Среднесменная производительность цеха (участка) (м³ в смену) составляет:

$$Q_{ср.см} = \frac{1000}{\Sigma n_{см}} = \frac{1000}{35,46} = 28.$$

Рассчитываем годовую фактическую производительность цеха (участка) (м³ в год) при его работе в две смены $T_r = 500$ смен:

$$Q_{ф} = Q_{ср.см} T_r K_a K_r = 28 \cdot 500 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 13705.$$

В данном случае не учтен коэффициент использования линии сортировки сырых пиломатериалов, так как ее может не быть (в случае ручной раскладки досок специальным рабочим или рабочими).

Анализ производительности круглопильных позиционно-проходных станков типа «Лаймет» показывает, что она составляет порядка 10 тыс. м³ в год и в основном находится в пределах 8...14 тыс. м³ бревен в год в зависимости от типа станка, уровня механизации вспомогательных операций, схемы раскроя бревен определенных диаметров и других факторов.

Сумма затрат времени на вспомогательные цикловые операции (навалка, установка и закрепление бревна; поворот бревна, бруса; установка размера и подача бревна, бруса к пиле; откатка; сброс оставшейся части бревна, бруса в конце цикла их обработки) зависит от уровня механизации оборудования, ряда других факторов и колеблется как у круглопильных, так и у горизонтальных ленточнопильных станков типов «Лаймет» и «Wood-Mizer» примерно от 40 до 60 с на одно бревно. Коэффициент использования машинного времени в основном в 2 раза больше у горизонтальных ленточнопильных (однопильных) станков по

**Данные и результаты расчета производительности станка
индивидуального раскря типа «Лаймет»**

d см	q м ³	$\Sigma V_{бpi}$ м ³	Q_i м ³ в смену	z	N	$T_{ц}$ мин	K_m	U м/мин	$n_{см}$
14	0,123	74,847	18,65	5	3	2,30	0,25	47,01	4,01
16	0,155	105,05	21,15	6	3	2,64	0,27	47,01	4,97
18	0,194	130,05	26,48	6	3	2,64	0,27	47,01	4,91
20	0,230	136,95	25,29	8	3	3,23	0,29	47,01	5,42
22	0,280	128,94	28,31	9	3	3,52	0,30	47,01	4,55
24	0,330	110,46	31,02	10	3	3,81	0,31	47,01	3,56
26	0,390	88,693	36,67	10	3	3,81	0,31	47,01	2,42
28	0,450	67,699	36,39	12	3	4,39	0,32	47,01	1,86
30	0,520	49,507	37,17	14	3	4,97	0,33	47,01	1,33
32	0,590	35,471	38,02	16	3	5,55	0,34	47,01	0,93
34	0,660	24,558	42,53	16	3	5,55	0,34	47,01	0,58
36	0,740	19,649	47,69	16	3	5,55	0,34	47,01	0,41
38	0,820	14,193	52,84	16	3	5,55	0,34	47,01	0,27
40	0,900	13,92	58,00	16	3	5,55	0,34	47,01	0,24
и выше									$\Sigma 35,46$

сравнению с однопильными круглопильными станками. Это объясняется тем, что время реза у станков типа «Wood-Mizer» в 4 раза больше, чем у станков типа «Лаймет».

Пример. Рассчитаем производительность простейшей лесопильной линии малого предприятия с обрезным станком. В лесопильном цехе установлен один однопильный круглопильный станок позиционно-проходного типа УСК-1-1 или «Кага» и обрезной станок. Распиливаются бревна диаметром от 16 до 32 см.

В табл. 8.6 q_i — объем бревна i -го диаметра; $\Sigma V_{бpi}$ — объем бревен i -го диаметра в 1000 м³; Π — число поворотов бревна; $Z_{рез}$ — число резов в бревне i -го диаметра; $T_{ц}$ — рабочий цикл станка, который принят характерным для малых лесопильных предприятий Северо-Запада России при среднем времени реза $t_p = 7,2$ с, трех поворотах и пяти резах при распиловке бревен диаметром 16 см, мин:

$$T_{ц16} = \frac{20,6 + 3 \cdot 13,9 + (7,2 + 7,2 + 2,5 + 5,4) \cdot 5}{60} = 2,89.$$

Рассчитываем фактическую производительность бревнопильной линии (м³ в смену) при распиловке бревен диаметром 16 см:

$$Q_i = \frac{1}{T_{ц}} K_N T_{ц} q_i = \frac{1}{2,89} 0,96 \cdot 480 \cdot 0,155 = 24,71.$$

Количество смен, необходимых для распиловки бревен диаметром 16 см, объем которых в 1000 м³ составляет $\Sigma V_{\text{бр}_i} = 100 \text{ м}^3$ (10 %), равно $n_{\text{см}_{16}} = 100/24,71 = 4,04$.

Остальные расчеты сводим в табл. 8.6.

Таблица 8.6

Данные и результаты расчета производительности лесопильной линии малого предприятия с обрезным станком

d см	q_i м ³	$\Sigma V_{\text{бpi}}$ м ³	П	$Z_{\text{рез}}$	$T_{\text{ц}}$ мин	Q_i м ³ в смену	$n_{\text{см}}$	
16	0,155	100	3	5	2,89	24,71	4,04	
18	0,194	120	3	5	2,89	30,93	3,87	
20	0,23	160	3	6	3,26	32,51	4,92	
22	0,28	140	3	6	3,26	39,57	3,53	
24	0,33	120	3	6	3,26	46,64	2,57	
26	0,39	110	3	6	3,26	55,12	1,99	
28	0,45	100	3	8	4,01	51,71	1,93	
30	0,52	80	3	8	4,01	59,75	1,33	
32	0,59	70	3	8	4,01	67,79	1,03	
		$\Sigma = 1000 \text{ м}^3$						$\Sigma n_{\text{см}} = 25,18$

Рассчитываем среднесменную производительность (м³ в смену) при сумме числа смен $\Sigma n_{\text{см}} = 25,18$:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{лц}} = 1000/\Sigma n_{\text{см}} = 1000/25,18 = 39,71.$$

Планируемые простои лесопильного цеха $\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} = 30$ мин и случайные простои бревнопильного оборудования $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо}} = 48$ мин. При этих условиях и времени смены $T_{\text{с}} = 480$ мин вычисляем коэффициент технического использования бревнопильного оборудования:

$$K_{\text{ти}}^{\text{бо}} = 1 - \frac{\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо}}}{T_{\text{с}}} = 1 - \frac{30 + 48}{480} = 0,88.$$

Рассчитываем коэффициент использования обрезного станка при $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ос}} = 24$ мин:

$$K_{\text{н}}^{\text{ос}} = 1 - \Delta_{\text{н}} \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ос}} / T_{\text{с}} = 1 - 0,54 \cdot 24/480 = 0,97.$$

Здесь $\Delta_{\text{н}}$ — коэффициент наложенных потерь: $\Delta_{\text{н}} = 1/(1 + T_{\text{ц}}^{\text{ос}} E/2\theta) = 1/(1 + 30 \cdot 10/2 \cdot 180) = 0,54$. В этом случае рабочий цикл обрезного

станка $T_{\text{ц}}^{\text{oc}} = 30$ с (цикловая производительность примерно две необрезные доски в минуту при скорости подачи 30 м/мин), число необрезных досок в накопителе перед ним $E = 10$ шт. и среднее время простоя для устранения неполадок $\theta = 180$ с.

Определяем коэффициент использования оборудования лесопильного цеха:

$$K_{\text{и}}^{\text{лп}} = K_{\text{тн}}^{\text{бo}} K_{\text{и}}^{\text{oc}} K_{\text{з}} = 0,88 \cdot 0,97 \cdot 0,95 = 0,82,$$

где коэффициент загрузки лесопильного цеха, учитывающий потери рабочего времени из-за неподачи сырья в цех и по организационным причинам, при $\Sigma t_{\text{з}} = 24$ мин был вычислен по формуле

$$K_{\text{з}} = 1 - \Sigma t_{\text{з}} / T_{\text{с}} = 1 - 24 / 480 = 0,95.$$

Вычисляем годовую фактическую производительность лесопильного предприятия (м^3 бревен в год):

$$Q_{\text{ф}}^{\text{лп}} = Q_{\text{ср}}^{\text{лп}} K_{\text{и}}^{\text{лп}} T_{\text{г}} K_{\text{г}} = 39,71 \cdot 0,81 \cdot 500 \cdot 0,93 = 14\,956.$$

Здесь $T_{\text{г}}$ — годовой фонд времени, равный при двухсменной работе 500 сменам. Коэффициент, учитывающий среднегодовые условия работы лесопильного цеха, $K_{\text{г}} = 0,93$.

Если в цехе отсутствует обрезной станок и обрезка необрезных досок выполняется на бревнопильном станке, то годовая производительность лесопильного цеха (м^3 бревен в год) при полном раскрое бревен на обрезные доски будет равна:

$$Q_{\text{ф}}^{\text{лп}} = Q_{\text{ср}}^{\text{лп}} K_{\text{и}}^{\text{лп}} T_{\text{г}} K_{\text{г}} K_{\text{од}} = 39,71 \cdot 0,83 \cdot 500 \cdot 0,93 \cdot 0,65 = 9961,$$

где $K_{\text{од}}$ — коэффициент обрезки досок на бревнопильном станке. При обрезке необрезной доски каждой ширины индивидуально производительность бревнопильного станка снижается на 30...35 %.

Сортировка досок в данном случае, как правило, производится вручную. При установке в цехе нескольких бревнопильных станков индивидуального раскроя сортировка досок может производиться с использованием поперечного цепного транспортера, т. е. на полумеханизированной сортировочной площадке с ручным съемом досок на подступные места.

Коэффициент использования полумеханизированных сортплощадок обычно можно принимать равным единице ввиду простоты и высокой надежности их конструкции.

В настоящее время довольно большое распространение получили процессы с рециркуляцией брусьев.

Пример. В лесопильном цехе с рециркуляцией брусьев и гибкими поставами (см. рис. 6.6) перерабатываются бревна диаметром от 14 до 52 см

(табл. 8.7). Рассчитываем фактическую производительность линии (м^3 в смену) при распиловке бревен диаметром 14 см:

$$Q_j = \frac{U}{Ln_{\text{прох}}} K_m K_N T_c q_l = \frac{30}{6 \cdot 2} \cdot 0,9 \cdot 0,96 \cdot 480 \cdot 0,1193 = 123,69.$$

Здесь число проходов бревна и бруса $n_{\text{прох}} = 2$. При обработке бревен больших диаметров оно увеличивается и при бревнах диаметром 36 см и более $n_{\text{прох}} = 5$ (рис. 8.1). Средняя скорость подачи на линии

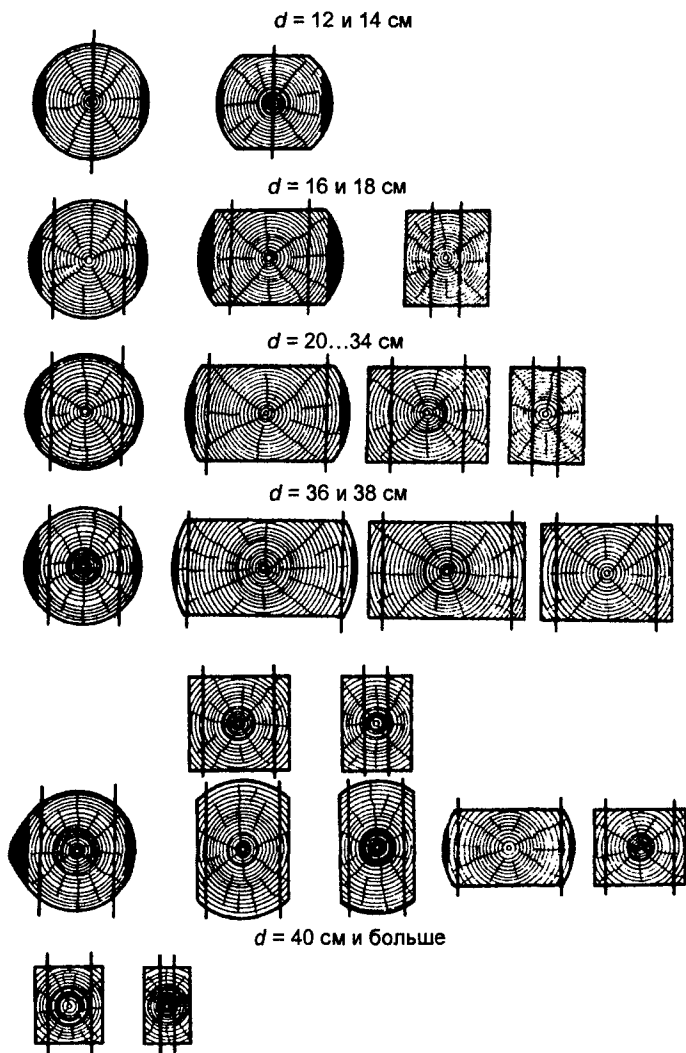


Рис. 8.1. Схемы раскря бревен различных диаметров d .

Таблица 8.7

**Данные и результаты расчета производительности линии
распиловки бревен**

d см	g м ³	$\Sigma V_{\text{пл}} \text{ м}^3$	$n_{\text{пр}}$	$Q, \text{ м}^3 \text{ в смену}$	$n_{\text{см}}$
14	0,1193	18,980	2	123,69	0,153
16	0,1536	36,140	2	159,25	0,226
18	0,1924	58,170	23	199,46	0,291
20	0,2356	78,881	3	162,84	0,484
22	0,2833	94,271	3	195,81	0,481
24	0,3354	100,250	3	231,82	0,432
26	0,3920	100,050	3	270,95	0,369
28	0,4531	92,871	4	313,18	0,296
30	0,5186	83,751	4	268,84	0,311
32	0,5886	71,111	4	305,13	0,233
34	0,6631	59,731	5	343,75	0,173
36	0,7420	48,530	5	307,72	0,157
38	0,8254	38,260	5	342,30	0,111
40	0,9132	29,570	5	378,72	0,078
42	1,0055	22,450	5	417,00	0,057
44	1,1023	17,550	5	457,14	0,038
46	1,2036	12,290	5	499,15	0,024
48	1,3093	9,710	5	542,99	0,017
50	1,4194	7,250	5	588,57	0,012
52	1,5341	19,610	5	636,22	0,030
					$\Sigma n_{\text{см}} = 3,973$

$U = 30$ м/мин; $K_M = 0,9$; $K_N = 0,96$; $T_c = 480$ мин. Объемы бревен четных диаметров длиной $L = 6$ м приведены в табл. 8.7. Средний диаметр бревен $d_{\text{ср}} = 24$ см.

Планируемые простои лесопильного цеха $\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{пл}} = 30$ мин и случайные простои бревнопильного оборудования $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо}} = 48$ мин. При этих условиях коэффициент технического использования бревнопильного оборудования составляет:

$$K_{\text{ти}}^{\text{бо}} = 1 - (30 + 48)/480 = 0,83.$$

Вычисляем коэффициент использования обрезающего станка при $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ос}} = 24$ мин:

$$K_{\text{и}}^{\text{ос}} = 1 - \Delta_{\text{и}} \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ос}} / T_c = 1 - 0,9 \cdot 24/480 = 0,955.$$

Здесь

$$\Delta_{n_1} = 1/(1 + T_{ц}^{\infty} \cdot E/(2\theta)) = 1/(1 + 4 \cdot 10/(2 \cdot 180)) = 0,9,$$

где рабочий цикл обрезаемого станка $T_{ц}^{\infty} = 4$ с (цикловая производительность 15 необрезных досок в минуту при скорости 180 м/мин), число необрезных досок в накопителе $E = 10$ шт. и среднее время простоя для устранения неполадок $\theta = 180$ с.

Определяем коэффициент использования оборудования лесопильного цеха:

$$K_{и}^{лп} = K_{ти}^{60} K_{и}^{\infty} K_{и}^{сл} K_3 = 0,83 \cdot 0,955 \cdot 0,954 \cdot 0,95 = 0,718,$$

где коэффициент использования линии для сортировки досок при $\Sigma t_{сл.пр}^{сл} = 24$ мин был вычислен по формуле

$$K_{и}^{сл} = 1 - \Delta_{n_2} \Sigma t_{сл.пр}^{сл} / T_c = 0,923 \cdot 24/480 = 1 - 0,954$$

($T_{ц} = 1$ с и $E = 30$ шт.), а коэффициент загрузки лесопильного цеха при $\Sigma t_a = 24$ мин — по формуле

$$K_3 = 1 - 24/480 = 0,95.$$

Рассчитываем годовую фактическую производительность предприятия (m^3 бревен в год):

$$Q_{ф}^{лп} = Q_{ср}^{лп} K_{и}^{лп} T_r K_r = 251,69 \cdot 0,718 \cdot 500 \cdot 0,93 = 84031,$$

где годовой фонд времени $T_r = 500$ смен и коэффициент, учитывающий среднегодовые условия работы $K_r = 0,93$.

Результаты расчетов фактической производительности линии при распиловке бревен диаметром с 14 до 52 см и сумма числа смен, необходимых для распиловки 1000 m^3 бревен с учетом процентного содержания их объемов (кривой сырья), приведены в табл. 8.7.

Расчетная среднесменная производительность (m^3 бревен в смену) при сумме числа смен $\Sigma n_{см} = 3,973$ (см. табл. 8.7) составляет:

$$Q_{ср}^{лп} = 1000/\Sigma n_{см} = 1000/3,973 = 251,69.$$

На рис. 8.1 представлены схемы раскроя бревен в лесопильном цехе с рециркуляцией брусьев и гибкими поставками. При переработке тонкомерных бревен, например диаметром 12...14 см (см. рис. 8.1), в бревне может производиться только один рез. Участок возврата к бревноперерабатывающему оборудованию двукантных и четырехкантных брусьев позволяет осуществлять на линии последовательно до 14 (а при необходимости и более) резов на бревне. В зависимости от этого и определяется число проходов.

Годовая фактическая производительность подобной линии при значениях средней скорости подачи, равных 60 и 90 м/мин, на которых работает современное оборудование, может достигать 180 и 240 тыс. м³ бревен в год соответственно.

При частичной рециркуляции брусьев (см. рис. 6.7) необходимо учитывать схемы распиловки бревен различных диаметров, предопределяющих число проходов брусьев $n_{\text{прох}}$ через головное и делительное оборудование при распиловке бревен каждой группы диаметров.

8.3. Методика и примеры расчета производственной мощности многопоточных лесопильных цехов с разнотипным головным оборудованием

В многопоточных цехах со специализированными бревнопильными линиями, как правило, возникает потребность определения граничного диаметра бревен. При этом распиловку бревен, имеющих этот диаметр, необходимо производить частично на одной и частично на другой бревнопильных линиях различных типов. Определение граничного диаметра бревен и числа смен, требующихся для распиловки бревен i -х диаметров до граничного на первой и второй специализированных линиях (например, с 12 до 16 см на линии типа ЛАПБ-2 и с 16 до 42 см и выше на рамной линии), а также числа смен (или их доль) для распиловки бревен диаметром 16 см (здесь — это граничный диаметр) как частично на первой, так и частично на второй линиях, является одной из важных задач расчета производительности лесопильного цеха.

Отсутствие таких расчетов неминуемо приводит к низкой достоверности результатов расчетов производительности, так как например, линия агрегатной переработки бревен типа ЛАПБ-1 или ЛАПБ-2 или фрезернопильная линия типа ЛФП-1 может иметь в 2...4 раза большую производительность, чем рамный поток на базе двухэтажных рам при переработке бревен одного и того же i -го диаметра.

Среднесменная производительность многопоточного цеха (м³ бревен в смену) со специализированными бревнопильными линиями определяется по формуле

$$Q_{\text{ср}}^{\text{лп}} = 1000 / \sum n_{\text{см}}^{\text{лп}},$$

где $\Sigma n_{\text{см}}^{\text{лп}}$ — число смен работы многопоточного цеха со специализированными бревнопильными линиями, необходимых для распиловки 1000 м^3 бревен всех заданных к распиловке диаметров с учетом процентного соотношения (или доль) их объемов, при условии, что число смен работы каждой линии равно между собой:

$$\Sigma n_{\text{см}1}^{\text{бл}1} = \Sigma n_{\text{см}2}^{\text{бл}2} = \Sigma n_{\text{см}3}^{\text{бл}3} = \Sigma n_{\text{см}}^{\text{лп}}.$$

Выполнение этого условия на практике представляет довольно сложную задачу, так как требует внедрения оперативного планирования и управления процессом производства пиломатериалов, начиная с цеха подготовки сырья к обработке и кончая отгрузкой партий пиломатериалов в транспортных пакетах. Средством для решения этих задач в динамике являются имитационные модели производственного процесса предприятия.

Логика определения равномерной загрузки специализированных бревнопильных линий и расчета $\Sigma n_{\text{см}}$ сводится к следующему. Для двухпоточных цехов со специализированными бревнопильными линиями составляют и решают систему уравнений:

$$\begin{cases} \Sigma n_{\text{см до гд}}^{\text{бл}1} + X = \Sigma n_{\text{см до гд}}^{\text{бл}2} + Y; \\ Q_{j_{\text{гд}}}^{\text{бл}1} X + Q_{j_{\text{гд}}}^{\text{бл}2} Y = \Sigma V_{\text{бр.гд}}, \end{cases} \quad (8.10)$$

где $\Sigma n_{\text{см до гд}}^{\text{бл}1}$ и $\Sigma n_{\text{см до гд}}^{\text{бл}2}$ — число смен работы соответственно первой и второй специализированных линий при распиловке закрепленных за ними бревен заданных диаметров до граничного диаметра; X и Y — число смен, необходимых для распиловки части бревен x граничного диаметра на первой линии и оставшейся части бревен Y на второй линии; $Q_{j_{\text{гд}}}^{\text{бл}1}$ и $Q_{j_{\text{гд}}}^{\text{бл}2}$ — производительность соответственно первой и второй линии при распиловке (переработке) бревен граничного диаметра; $\Sigma V_{\text{бр.гд}}$ — объем бревен граничного диаметра в соответствии с его процентным соотношением (или долей) объема в 1000 м^3 .

Очевидно, что

$$\Sigma n_{\text{см}}^{\text{лп}} = \Sigma n_{\text{см до гд}}^{\text{бл}1} + X = \Sigma n_{\text{см до гд}}^{\text{бл}2} + Y,$$

поэтому, решив эту систему и найдя значения X и Y , определяют $\Sigma n_{\text{см}}^{\text{лп}}$, т. е. число смен работы многопоточного цеха с двумя спе-

специализированными линиями при условии их равномерной загрузки во времени.

Для трехточечных цехов со специализированными бревнопильными линиями составляют и решают две системы уравнений:

$$\begin{cases} \Sigma n_{\text{см до гд}}^{\text{бл}_1} + X = \Sigma n_{\text{см между гд}}^{\text{бл}_2} + Y + \alpha; \\ Q_{\text{гд}_1}^{\text{бл}_1} X + Q_{\text{гд}_1}^{\text{бл}_2} Y = \Sigma V_{\text{бр.гд}_1}; \\ \Sigma n_{\text{см между гд}}^{\text{бл}_2} + Y + \alpha = \Sigma n_{\text{см до гд}_2}^{\text{бл}_3} + \beta; \\ Q_{\text{гд}_2}^{\text{бл}_2} \alpha + Q_{\text{гд}_2}^{\text{бл}_3} \beta = \Sigma V_{\text{бр.гд}_2}. \end{cases} \quad (8.11)$$

Здесь $\Sigma n_{\text{см до гд}_1}^{\text{бл}_1}$ — число смен (или их доля) работы первой специализированной линии при распиловке закрепленных за ними бревен заданных диаметров до первого граничного диаметра; $\Sigma n_{\text{см между гд}}^{\text{бл}_2}$ — число смен работы второй специализированной линии при распиловке закрепленных за ними бревен заданных диаметров между первым и вторым граничными диаметрами; $\Sigma n_{\text{см до гд}_2}^{\text{бл}_3}$ — число смен работы третьей специализированной линии при распиловке закрепленных за ними бревен заданных диаметров до второго граничного диаметра; X, Y, α, β — число смен, необходимых для распиловки части бревен X и Y первого граничного диаметра на первой X и второй Y линиях при их производительности $Q_{\text{гд}_1}^{\text{бл}_1}$ и $Q_{\text{гд}_1}^{\text{бл}_2}$ (м^3 бревен в смену) и части бревен α и β второго граничного диаметра на второй α и третьей β линиях при их производительности $Q_{\text{гд}_2}^{\text{бл}_2}$ и $Q_{\text{гд}_2}^{\text{бл}_3}$ (м^3 бревен в смену); $\Sigma V_{\text{бр.гд}_1}$ и $\Sigma V_{\text{бр.гд}_2}$ — объем бревен соответственно первого и второго граничных диаметров при заданном их процентном соотношении (или в долях) объема в 1000 м^3 .

При равномерной загрузке бревнопильных линий все искомые значения X, Y, α, β должны иметь положительные значения. В данном случае

$$\Sigma n_{\text{см}}^{\text{лп}} = \Sigma n_{\text{см до гд}}^{\text{бл}_1} + X = \Sigma n_{\text{см между гд}}^{\text{бл}_2} + Y + \alpha = \Sigma n_{\text{см до гд}}^{\text{бл}_3} + \beta.$$

Решение этих систем линейных уравнений может быть осуществлено совместно по формулам (8.11) или, например, методом вращения — разновидностью метода Гаусса. Если в цехе установлены, например, две однотипные рамные линии одновре-

менно с линией или линиями другого типа, то расчеты производят при удвоенной фактической производительности одной из рамных линий. Иными словами, они работают как одна линия, имеющая двойную производительность.

Пример. Рассчитаем производственную мощность лесопильного предприятия типа ЛДК-3 г. Архангельска, в состав которого входят сухопутная сортировочная линия и лесопильный цех с тремя потоками на базе фрезернобрусующего станка ФСБ-750, спаренного с многопильным станком СБ-8М (линия ЛФП).

На линии агрегатной переработки сырья обрабатываются бревна диаметром до 16 см, в некоторых случаях до 20 см. Среднегодовая кривая распределения сырья по диаметрам (средний диаметр бревен) составляет 18 см (по данным ЛДК-3).

Согласно приведенной выше методике, выполняем аналитические расчеты на 1000 м³ сырья и определяем среднесменную производительность лесопильного цеха (м³ бревен в смену) и фактическую годовую производительность лесопильного предприятия (м³ бревен в год) (табл. 8.8).

В аналитических расчетах принимаем 20 сортировочных групп бревен, а так как в цехе установлено три однотипных потока на базе лесопильных рам, то расчеты производим при утроенной фактической производительности одной из линий. При таком расчете мы получаем только один граничный диаметр между линией ЛФП и тремя рамными потоками.

Таблица 8.8

Данные и результаты расчета производственной мощности
лесопильного предприятия

d см	q_i м ³	$\Sigma V_{\text{бп}} \text{ м}^3$	Q_i м ³ в смену		U_p м/мин	Δ_p мм	Число смен по потокам	
			ЛФП	3 Л/Р	ЛФП	Л/Р	$n_{\text{см}_1}$	$n_{\text{см}_2}$
12	0,0732	6,0	189,8		40	45	0,032	
14	0,0981	75,0	254,4	283,1	40	45	0,322	2,1000
16	0,1286	209,0	333,5	371,1	40	45	0,95	1,8380
18	0,1592	197,0	412,8	439,0	40	43	1,5	1,2800
20	0,1954	165,0	506,7	526,3	40	42	1,78	0,8275
22	0,2354	132,0	534,1	588,7	35	39	2,03	0,5175
24	0,2791	74,0	633,2	644,3	35	36		0,2975
26	0,3265	64,0	740,8	711,9	35	34		0,1875
28	0,3777	28,0		775,0	35	32		0,0975
30	0,4327	22,0		832,4	35	30		0,0615
32	0,4914	19,0		850,8	30	27		0,0355
34	0,5539	8,0		923,5	30	26		0,0135
36	0,6202	3,0		994,3	30	25		0,0105
38	0,6902	3,0		1062,2	30	24		0,0075

d см	q_i м ³	ΣV_{br_i} м ³	Q_i м ³ в смену		U , м/мин	Δ_r мм	Число смен по потокам	
			ЛФП	3 Л/Р	ЛФП		$n_{см1}$	$n_{см2}$
40	0,7639	1,0		1077,9		22		0,0047
42	0,8415	1,0		1079,2		20		0,0038
44	0,9227	1,0		1124,2		19		0,0029
46	1,0078	0,5		1098,6		17		0,0020
48	1,0966	0,5		1125,1		16		0,0015
50	1,1891	0,5		1143,8		15		0,0010
52	1,253	0,5		1042,2		10		0,0005

Для расчета производительности лесопильного цеха составляем таблицу, где сначала фиксируем: i -й диаметр бревен, см; q_i — объем бревна i -го диаметра заданной длины, м³; ΣV_{br_i} — объем бревен i -го диаметра в 1000 м³ сырья при заданном среднем диаметре, м³.

Сменную производительность (м³ в смену) линии по раскрою тонкомерных бревен рассчитываем по формуле

$$Q_j = \frac{U}{l_{cp}} K_M K_N K_{ти}^{60} T_c q_i = \frac{U}{5,1} \cdot 0,875 \cdot 0,96 \cdot 0,82 \cdot 480 q_i.$$

Сменную производительность (м³ в смену) трех рамных линий рассчитываем по формуле

$$Q_j = \frac{\Delta n}{1000 l_{cp}} K_M K_N K_{ти}^{60} T_c q_i n = \frac{\Delta \cdot 325}{5100} \cdot 0,875 \cdot 0,96 \cdot 0,845 \cdot 480 q_i \cdot 3,$$

где K_M — коэффициент использования машинного времени (принят по данным ЛДК-3); K_N — коэффициент скрытых потерь; $K_{ти}^{60}$ — коэффициент технического использования бревнопильного оборудования.

Затем определяем число смен ΣV_{br_i} , необходимых для распиловки бревен i -го диаметра, объем которых в 1000 м³ сырья.

Рассчитываем число смен по потокам, например, линии по раскрою тонкомерных бревен (ЛФП) при переработке бревен диаметром 12 см:

$$n_{см1} = \frac{\Sigma V_{br_{12}}}{Q_{j12}} = \frac{6,0}{189,8} = 0,032.$$

Естественно, что расчет числа смен по потокам для тонких бревен при их переработке на фрезерно-брусующем станке начинаем с бревен диаметром 12 см, а для крупномерных бревен при их переработке на лесопильных рамах — с бревен диаметром 50 см.

Все полученные результаты сводим в табл. 8.9 и определяем граничный диаметр бревен, равный 18 см. Затем составляем систему линейных уравнений:

$$\begin{cases} 0,95 + X = 0,8275 + Y, \\ 412,8X + 439Y = 197. \end{cases}$$

Решив ее, получаем $X = 0,168$ и $Y = 0,29$.

Проверку осуществляем по следующему равенству:

$$n_{\text{см}} = 0,95 + 0,168 = 0,8275 + 0,29 = 1,118.$$

Рассчитываем среднесменную производительность цеха (м^3 бревен в смену):

$$Q_{\text{ср.см}} = \frac{1000}{1,118} = 894,45.$$

Определяем годовую фактическую производительность (м^3 в год) лесопильного предприятия при его работе в две смены и 250 рабочих днях в году:

$$Q_{\phi} = Q_{\text{ср.см}} T_{\text{г}} K_{\text{и}}^{\text{сл}} K_{\text{з}} K_{\text{г}} = 894,46 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 375371,$$

где $T_{\text{г}}$ — годовой фонд времени, смен; $K_{\text{и}}^{\text{сл}}$ — коэффициент использования линий для сортировки сырых пиломатериалов; $K_{\text{з}}$ — коэффициент загрузки лесопильного цеха; $K_{\text{г}}$ — коэффициент, учитывающий среднегодовые условия работы лесопильного цеха.

Следует иметь в виду, что коэффициент загрузки оборудования лесопильного цеха зависит от многих факторов: превышения производительности линии сортировки бревен над производительностью лесопильного цеха; среднего диаметра бревен; коэффициента превышения минимальных партий запуска рассортированных бревен, под которыми подразумеваются объемы каждой сортировочной группы бревен, необходимые для распиловки в течение принятого периода работы лесопильного потока (смены, половине смены), и других.

Проведенными исследованиями процессов сортировки, складирования и раскроя пиловочника на лесопильных предприятиях типа ЛДК-3 на имитационной модели установлено, что средний диаметр бревен и коэффициент превышения производительности сортировочной линии для бревен над производительностью лесопильного цеха незначительно влияют на коэффициент загрузки лесопильного цеха. Наибольшее влияние на него оказывает превышение минимальных партий запуска рассортиро-

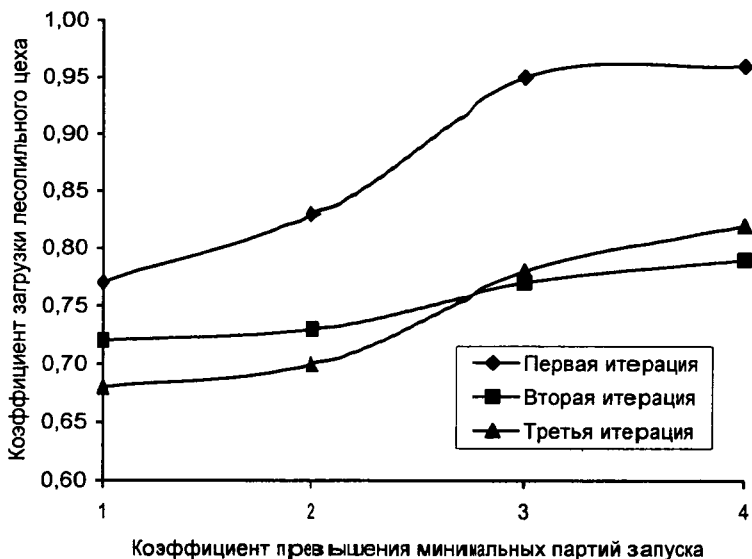


Рис. 8.2. График зависимости коэффициента загрузки лесопильного цеха от коэффициента превышения минимальных партий запуска бревен при различных итерациях

ванных бревен. На рис. 8.2 представлен график зависимости влияния коэффициента превышения минимальных партий запуска на коэффициент загрузки лесопильного цеха при различных итерациях. Различие итераций заключается в разнице накопления сырья во времени (итераций) различных сортировочных групп по принятой кривой распределения сырья. Как видно из рисунка, увеличение коэффициента превышения минимальных партий запуска более трех существенного влияния на коэффициент загрузки цеха не оказывает. Влияние количества сортировочных групп на коэффициент загрузки лесопильного цеха обуславливается распределением границ сортировочных групп и определением их по различным потокам.

Пример. Рассчитаем производственную мощность лесопильного цеха на базе современного оборудования для условий Сибири и Дальнего Востока при реально возможном объеме распиловки, исходя из экологических особенностей сырьевой базы порядка 400 тыс. м³ сырья в год. Средний диаметр бревен 26 см и их средняя длина 5,1 м. Проведен выбор и обоснование типа бревнопильных линий для этих условий: фрезернопильной линии с ленточнопильными станками и линии на базе однопильного ленточнопильного станка для индивидуального раскроя бревен.

В начале расчета производительности лесопильного цеха на основе выбранных типов бревнопильных линий составляем табл. 8.9. В ней фиксируем: d — i -й диаметр бревен; q_i — объем бревна i -го диаметра заданной длины; $\Sigma V_{\text{бpi}}$ — объем бревен i -го диаметра в 1000 м³ сырья при заданном среднем диаметре; $Q_j^{\text{лфп}}$ — сменная производительность первой бревнопильной линии, распиливающей тонкомерные бревна и бревна средних диаметров (здесь ЛФП); $Q_j^{\text{лбл}}$ — сменная производительность второй бревнопильной линии (здесь ЛБЛ); U_p — скорость подачи (распиловки бревен) на установленных линиях; $n_{\text{см}}^{\text{лфп}}$ и $n_{\text{см}}^{\text{лбл}}$ — число смен по потокам, показывающее, какое время необходимо затратить на распиловку $\Sigma V_{\text{бpi}}$ на определенных бревнопильных линиях. В случае применения бревнопильных линий с однопильными ленточнопильными станками фиксируем также z — число резов в бревне.

Оформляем расчет следующим образом. Рассчитываем фактическую производительность фрезернопильной линии (м³ в смену) при распиловке бревен диаметром 12 см:

$$Q_{12}^{\text{лфп}} = \frac{U}{l_{\text{ср}}} K_{\text{м}} K_N K_{\text{ти}}^{\text{бл}} T_{\text{с}} q_i = \frac{40}{5,1} \cdot 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,8762 \cdot 480 \cdot 0,0732 = 208,62.$$

В формуле U принята равной 40 м/мин; $K_{\text{м}} = 0,9$ и $K_N = 0,96$.

Определяем коэффициент технического использования ЛФП:

$$K_{\text{ти}}^{\text{лфп}} = 1 - \frac{\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{лп}} + \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{лфп}}}{T_{\text{с}} - (\Delta_{\text{н}} \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} + \Sigma t_{\text{з}})} = 1 - \frac{25 + 30}{480 - (0,5 \cdot 24 + 24)} = 0,8762,$$

где q_i — объем бревна диаметром 12 см и длиной 5,1 м равен 0,0732 м³ и определен по формуле, которая интерпретирует табл. 8.4 (ГОСТ 2708—75).

Вычисляем число смен, необходимых для распиловки бревен диаметром 12 см, объем которых в 1000 м³ сырья в данном случае равен 0,62 м³:

$$n_{\text{см}}^{\text{лфп}} = \frac{\Sigma V_{\text{бp12}}}{Q_{12}^{\text{лфп}}} = \frac{0,62}{208,62} = 0,0029.$$

Аналогично находим все прочие необходимые данные и заполняем строчки табл. 8.9.

Рассчитываем фактическую производительность (м³ в смену) бревнопильной линии ЛБЛ с головным ленточным станком при распиловке бревен диаметром 52 см:

$$Q_{52}^{\text{лбл}} = \frac{U}{l_{\text{ср}} z} K_{\text{м}} K_N K_{\text{ти}}^{\text{бл}} T_{\text{с}} q_{52} =$$

$$= \frac{30}{5,1 \cdot 6} \cdot 0,366 \cdot 0,96 \cdot 0,8762 \cdot 480 \cdot 1,6253 = 235,467.$$

Таблица 8.9

**Данные и результаты расчета производственной мощности
лесопильного цеха**

d см	q_i м ³	$\Sigma V_{бр}$ м ³	$Q_j^{лфп}$ м ³ в смену	$Q_j^{лбл}$ м ³ в смену	U_p м/мин		z	Число смен по потокам	
					ЛФП	ЛБЛ		$n_{см}^{лфп}$	$n_{см}^{лбл}$
12	0,0732	0,62	208,62		40			0,0029	
14	0,0981	10,19	279,585		40			0,0364	
16	0,1286	22,69	366,510		40			0,0627	
18	0,1592	39,62	453,721		40			0,0883	
20	0,1954	57,93	556,891		40			0,1040	
22	0,2354	74,93	587,029		35			0,1274	
24	0,2791	85,07	696,006		35			0,1222	
26	0,3265	90,64	814,209		35			0,1113	
28	0,3777	90,33	941,889		35			0,0959	
30	0,4327	86,16	1079,046		35			0,0798	
32	0,4914	77,87	1050,365		30			0,0741	
34	0,5539	69,16	1183,959		30			0,0584	
36	0,6202	59,25	1325,675		30			0,0446	
38	0,6902	49,32	1475,299		30			0,0334	
40	0,7639	40,28	1632,833	110,67	30	30	6	0,0246	
42	0,8415	31,89		121,912		30	6		0,2615
44	0,9227	26,26		133,676		30	6		0,1964
46	1,0078	20,15		146,000		30	6		0,138
48	1,0966	16,10		158,870		30	6		0,1013
50	1,1891	12,27		172,272		30	6		0,0712
52 и выше	1,6253	39,21		235,467		30	6		0,1665

Здесь U принято равным 30 м/мин, число резов в бревне $z = 6$. Определяем коэффициент использования машинного времени однопильного ленточнопильного станка:

$$K_{\text{м}} = \frac{t_p z}{t_p z + t_{\text{в}}} = \frac{t_p z}{t_p z + [t_1 + \Pi t_2 + z(t_3 + t_4) + t_5]} K_{\text{в}} =$$

$$= \frac{10,2 \cdot 6}{10,2 \cdot 6 + [11,2 + 3 \cdot 12,4 + 6 \cdot (2,5 + 5) + 2,7] \cdot 1,1} = 0,366.$$

Здесь t_p — время одного реза в бревне: $t_p = 60l_{\text{ср}}/U$, с; t_1 — время на навалку, установку и закрепление бревна на тележке, равное 11,2 с; Π — число поворотов при распиловке бревна, равное трем; t_2 — время на поворот бревна (бруса), равное 12,4 с; t_3 — время на установку размера и подачу бревна к пиле, равное 2,5 с; t_4 — время на откатку тележки, равное 5 с; t_5 — время на сброс оставшейся части бревна, бруса в конце

цикла их обработки, равное 2,7 с; K_g — коэффициент, учитывающий инерционность механизмов тележки, равный 1,1.

Коэффициенты K_N и $K_{ти}^{лбл}$, как видно из расчета $Q_{52}^{лбл}$, имеют те же числовые значения, что и в случае расчета $Q_{12}^{лфп}$. Это объясняется тем, что «скрытые» простои у линий различных типов отличаются незначительно, а $\Sigma t_{пл.пр}^{лп} = 25$ мин в смену, т. е. планируемые перерывы в работе всего цеха характерны и для всех бревнопильных линий. Уровень надежности оборудования различных типов бревнопильных линий $\Sigma t_{сл.пр}^{лфп}$ и $\Sigma t_{сл.пр}^{лбл}$, конечно, может быть различным. В данном случае просто приняты их одинаковые численные значения.

Объем q_i бревна диаметром 52 см и выше и длиной 5,1 м равен 1,6253 м³. В данном случае к бревнам диаметром 52 см как бы приравнены и бревна больших диаметров с учетом их доли в общей совокупности сырья. Это незначительно влияет на точность расчетов и сделано просто для их упрощения.

По формуле, интерпретирующей табл. 8.4, находим все объемы бревен i -х диаметров в этом примере.

Вычисляем число смен, необходимых для распиловки бревен диаметром 52 см и выше, объем которых в 1000 м³ сырья $\Sigma V_{бр52} = 39,21$ м³:

$$n_{см}^{лбл} = \frac{\Sigma V_{бр52}}{Q_{52}^{лбл}} = \frac{39,21}{235,467} = 0,1665.$$

Аналогично находим все прочие необходимые данные и заполняем все последующие строчки табл. 8.9.

Из таблицы видно, что сумма числа смен работы ЛФП ($\Sigma n_{см}^{лфп} = 1,0651$) примерно равна сумме числа смен работы ЛБЛ ($\Sigma n_{см}^{лбл} = 1$) при распиловке закрепленных за ними бревен заданных диаметров до диаметра 40 см. Очевидно, этот диаметр бревен и является граничным. Система из двух уравнений может быть представлена в виде

$$\begin{cases} 1,0651 + X = 1 + Y; \\ 1632,833X + 110,67Y = 40,28. \end{cases}$$

Решая эти уравнения, находим, что X — число смен, необходимых для распиловки части бревен диаметром 40 см на ЛФП, — равно 0,0228 смены, а Y — число смен, необходимых для распиловки другой части бревен диаметром 40 см на ЛБЛ, — равно 0,0723 смены.

Очевидно, что число смен двухпоточного цеха с принятыми типами бревнопильных линий при условии их равномерной загрузки во времени равно:

$$n_{см}^{лп} = 1,0651 + 0,01897 = 1 + 0,084 = 1,084.$$

Рассчитываем среднесменную производительность цеха (м^3 бревен в смену):

$$Q_{\text{ср.м}}^{\text{лц}} = 1000 / \Sigma n_{\text{см}}^{\text{лц}} = 1000 / 1,084 = 922,5.$$

Вычисляем годовую фактическую производительность лесопильного цеха (м^3 бревен в год) при его работе в две смены при 250 рабочих днях в году:

$$Q_{\text{ф}}^{\text{лц}} = Q_{\text{ср.м}}^{\text{лц}} \cdot T_r \cdot K_{\text{н}}^{\text{сл}} \cdot K_r \cdot K_{\text{г}} = 922,5 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 0,9737 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 396796.$$

При расчете и анализе возможного уровня производственной мощности лесопильного цеха следует иметь в виду, что равномерная загрузка нескольких специализированных бревнопильных линий, а следовательно, и равенство времени распиловки закрепленных за ними групп диаметров бревен само по себе не является панацеей от возможных ошибок технологического характера при подборе определенных типов бревнопильного оборудования. Необходимо учитывать, что предельные значения граничных диаметров могут определяться уровнем выхода пиломатериалов, например, на ЛАПБ, переработка бревен на которых во многих случаях рациональна в основном при диаметре до 16 см, или возможностью рационального раскроя (переработки) на ЛФП бревен диаметром до 26, 30 или 40 см в зависимости от вида применяемых пил (круглые, ленточные) и числа проходов (двух-, трех- или четырехпроходные линии). Нерационально выбранные сочетания типов и компоновки бревнопильных линий и их режимных параметров могут даже при равномерной загрузке бревнопильного оборудования привести к значительному занижению возможной производственной мощности лесопильного цеха.

При необходимости увеличения производительности лесопильных линий может быть применена неравномерная загрузка лесопильных потоков. Однако это возможно только в том случае, когда определенные группы диаметров бревен могут быть распилены на определенных линиях большей производительности, чем при равномерной загрузке оборудования. При этом потребуются специальные расчеты и условия (см. п. 14.2).

9. ВЫБОР ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Выбор оборудования определяется требуемым объемом распиловки, назначением, размерами и требуемым качеством пиломатериалов, особенностями выбранного метода раскроя бревен, качеством и размерами распиливаемого сырья и экономической выгодностью применения того или иного оборудования в различных условиях.

При рамном лесопилении, сортировке бревен в бассейнах, окончательной торцовке сырых досок и их сортировке по сечениям и сортам непосредственно за лесопильным цехом выбор основного оборудования сводился к расстановке за лесопильными рамами обрезных и торцовочных станков или установок. Сортировка пиломатериалов проводилась на поперечных цепных транспортерах с ручным съемом досок и укладкой их в пакеты для транспортирования заказчиком или для атмосферной или камерной сушки. После сушки доски подвергались ручной переборке и обрезке концевых трещин и других появившихся пороков. Переход во второй половине прошлого века на окончательную торцовку уже сухих досок, их сортировку по сортам и длинам и пакетную отгрузку привел к появлению оборудования сначала для трехстадийной, а затем двухстадийной сортировки и окончательной обработки пиломатериалов.

Уже в конце XX в. не только в мировой, но и в отечественной практике рамное лесопиление начало уступать фрезерному, круглопильному и ленточнопильному. Появились так называемые информационные технологии лесопиления.

Проектирование высокоэффективных лесопильных предприятий стало практически невозможным без создания и использования САПР технологий лесопиления.

К общим положениям выбора основного оборудования производства пиломатериалов на крупных, средних и малых лесопильных предприятиях относятся следующие.

1. На крупных лесопильных предприятиях рациональным является применение бревноперерабатывающего оборудования в основном проходного типа. Лесопильные рамы имеют низкое качество пиления в основном из-за шероховатости поверхности пиломатериалов, стоимость которых может быть снижена на несколько десятков процентов.

Линии большой единичной мощности на базе фрезерно-брусующих и круглопильных станков перерабатывают бревна с максимальным диаметром не более 40 см.

Это характерно и для фрезерно-профилирующего оборудования с двухвальной технологией.

Линии большой единичной мощности с фрезерно-брусующими и сдвоенными и счетверенными вертикальными ленточнопильными станками (агрегатами) позволяют перерабатывать бревна больших диаметров.

Однако не только это определяет выбор бревноперерабатывающего оборудования того или иного типа.

Ленточнопильные станки имеют ширину пропила почти в 2 раза меньше, чем круглопильные, что может значительно влиять на экономические показатели, а следовательно, и критерии выбора оборудования.

Как правило, современное фрезерное, круглопильное и ленточнопильное оборудование проходного типа имеет гибкие поставки, независимо от того, производится или не производится сортировка бревен по диаметрам и другим признакам. Так, исследования, проведенные шведскими учеными Х. Блюмером и И. Санквистом, показывали, что между полотном ленточной пилы и бревном, которое она распиливает, должна находиться смесь из 65...75 % опилок и 25...35 % воздуха. Поэтому ленточная пила, например, толщиной 1,07 мм должна иметь развод зубьев на сторону не менее 0,7 мм.

Однако практика эксплуатации ленточных пил показывает, что ленточной пилой с одним и тем же разводом нельзя пилить бревна диаметром, например, 20 и 40 см, так как во втором случае ей придется удалять из пропила вдвое больше опилок. Поэтому при распиловке бревен, не рассортированных по диаметрам, рекомендуется увеличить развод на 20 % ($0,7 \cdot 1,2 = 0,84$ мм). Исключить увеличение ширины пропила и опилок возможно проведением сортировки бревен по диаметрам, что также улучшает оперативное планирование раскроя пиломатериала.

Кроме этого, даже самая дробная сортировка бревен по диаметрам с учетом их сбега, кривизны и эллиптичности не обеспечивает учет всех признаков, влияющих на выход пиломатериалов при раскрое. Это возможно только при ее осуществлении и наличии гибких поставок на бревноперерабатывающем оборудовании.

Применение вертикальных ленточнопильных станков позиционно-проходного типа на крупных лесопильных предприятиях

ях целесообразно только в случае распиловки крупномерных фаутных бревен со сконцентрированными пороками. Для увеличения производительности сокращается число резов в бревне на первоначальной стадии раскроя, например, по круговому способу с дальнейшей переработкой полученных крупных элементов (брусьев, сегментов) на делительном оборудовании (рис. 9.1).

В зависимости от диаметров перерабатываемых бревен за бревноперерабатывающими станками устанавливаются двух-, трех- или четырехпильные обрезные станки. Естественно, что при использовании лесопильных линий типа «NewSaw SL250» они не нужны.

Ранее серийно выпускались двухпильные обрезные станки Ц2Д-8 с просветом по ширине 500 мм и Ц2Д-7 с просветом 800 мм. Последний являлся базовой моделью гаммы и предназначался для замены двухпильного обрезного станка Ц2Д-5А, имевшего просвет 710 мм. В состав гаммы входили также трехпильные обрезные станки Ц3Д-7 с просветом 800 мм и четырехпильные обрезные станки Ц4Д-4 с просветом 1250 мм. У всех станков независимо от количества пил одна пила была неподвижна, а все остальные подвижны. Это предопределялось необходимостью осуществлять не только обрезку, но и продольный раскрой широких необрезных досок.

Максимальная скорость подачи у двух- и трехпильных обрезных станков составляет 150 м/мин, а у четырехпильных — 130 м/мин.

Для лесопильных цехов с головными станками, перерабатывающих бревна на пиломатериалы и технологическую щепу, выпускались фрезерно-обрезные станки Ц2Д-1Ф с просветом 630 мм и скоростью подачи 150 м/мин. Для получения качественных кромок обрезанных досок имеются подрезные пилы. На станке одновременно с двухсторонней продольной обрезкой досок производится переработка сбеговой зоны на технологическую щепу. Базирование доски производится по оси просвета станка.

При модернизации обрезных станков ОАО «Вологодский станкозавод» стало выпускать обрезные станки модели Ц2Д-7А с двумя или тремя пилами с одной подвижной пилой и модели ЦСО4-1 с четырьмя пилами, которые расположены попарно на двух суппортах — подвижном и неподвижном. Расстояние между пилами, установленными на одном суппорте, регулируется проставочными кольцами.

Номер технологической схемы	Состав оборудования в потоке	Примерные технологические схемы раскроя бревен		Среднее число резов в бревне, производимых на головном ленточнопильном станке
		кондиционных	некондиционных	
1	Головной ленточнопильный станок			20...22
2	Головной ленточнопильный, вертикальный ленточнопильный делительный станки			12...14
3	Головной ленточнопильный станок и лесорама			10...12
4	Головной ленточнопильный, горизонтальный ленточнопильный, вертикальный делительный станки			6...8
5	Головной ленточнопильный, горизонтальный ленточнопильный делительный станки и лесорама			5...7

Рис. 9.1. Примерные схемы раскроя крупномерных бревен хвойных пород в ленточнопильных потоках.

I, II, III, IV — позиции бревен при распиловке; — — на головном ленточнопильном станке; — — — на вертикальном ленточнопильном делительном станке; • — на лесопильной раме; • • — на горизонтальном ленточнопильном станке.

Выборочная торцовка сырых досок производится по проходному методу на автоматизированных линиях типа ЛССА-18 или ЛССА-40. Линии типа ЛССА-18 имеют порядка 18 карманов и осуществляют выборочную торцовку и сортировку пиломатериалов по сечениям. На них же производится формирование транспортных пакетов для подачи в цеха камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов. При строительстве последних под одной крышей непосредственно за лесопильными цехами применяются линии типа ЛССА-40. В этом случае осуществляется штабельный метод обращения пиломатериалов внутри завода. Сырые доски подвергаются выборочной торцовке и сортируются по сечениям в сдублированные карманы, позволяющие сформировать на той же линии сушильные штабеля высотой 5 м и шириной 2 м. Линия типа ЛССА-40 может иметь до 40 карманов.

Разновидности линий выборочной торцовки и сортировки пиломатериалов по сечениям представлены в гл. 10.

Одновременно с сортировкой досок по сечениям может осуществляться их селекция по влажности, так как тонкие боковые доски выпиливаются из заболони и имеют, как правило, большую влажность, чем толстые доски, выпиливаемые в основном из ядра. Сортировка досок по влажности, применяемая на некоторых заводах в США, приводит к увеличению числа карманов на сортирующих линиях, но позволяет значительно увеличить производительность сушильных камер.

Скорость подачи досок в минуту на сортировочных линиях составляет до 90 и более.

Окончательная обработка пиломатериалов производится на ЛООП, осуществляющих окончательную торцовку, сортировку сухих досок по сортам и длинам и формирование транспортных пакетов пиломатериалов.

2. На средних лесопильных предприятиях в основном применяется то же оборудование, что и на крупных предприятиях, за исключением лесопильных линий большой единичной мощности производительностью более 250 тыс. м³ распиливаемых бревен в год. Исключением также является то, что ЛООП может устанавливаться непосредственно за лесопильным цехом и на ней по скользящему графику работы обрабатываются как сырые, так и сухие доски.

Если на крупных предприятиях окорочные станки, как правило, устанавливаются в составе комплексных линий для окорки и сортировки бревен, то на средних предприятиях они зачастую располагаются перед лесопильным цехом даже в случае сортировки бревен по диаметрам и гибких поставках при их раскросе.

3. На малых лесопильных предприятиях в основном применяется бревнопильное оборудование позиционно-проходного и позиционного типов. Однако при производственной мощности в основном более 50 тыс. м³ бревен в год используется также бревнопильное оборудование проходного типа.

Большое влияние на выбор бревнопильного оборудования, которое на малых предприятиях является не только основным, но зачастую и почти единственным, оказывает специализация выпиливаемой пилопродукции.

В табл. 9.1 приведены типы головного оборудования малых лесопильных предприятий в зависимости от уровня их производственной мощности и специализации.

Достоверный уровень производственной мощности предприятия можно определить только с учетом процентного соотношения диаметров бревен, поступающих на предприятие, по методике, приведенной в гл. 8. Без этого не может быть осуществлено также планирование раскроя пиловочных бревен на требуемые пиломатериалы определенных сечений и объемов.

В ряде моделей круглопильных станков позиционно-проходного типа предусматривается возможность установки дополнительной верхней пилы.

Это позволяет увеличить диаметр распиливаемых бревен. Однако подающие столы этих станков, как правило, не рассчитаны на нагрузки от массы крупномерных бревен.

При производственной мощности около 20 тыс. м³ бревен в год возможна установка двух круглопильных станков позиционно-проходного типа с круглопильным станком, а порядка 40 тыс. м³ бревен в год — четырех круглопильных станков с обрезным станком. Между этими уровнями производственной мощности могут быть использованы линии с двумя круглопильными станками позиционно-проходного типа с многопильным круглопильным станком проходного типа с гибкими поставками и рециркуляцией (петлей возврата) брусьев и обрезным станком. Как правило, в лесопильном цехе малого предприятия не устанавливают более четырех круглопильных станков позиционно-проходного типа, чтобы не усложнять межстаночные связи.

Установка в линию обрезного станка увеличивает ее производительность на несколько десятков процентов. Отсутствие обрезного станка даже за одним круглопильным станком позиционно-проходного типа может не только снизить производи-

ность цеха, но и уменьшить объемный выход пиломатериалов на 5 %, а иногда и более. Это происходит в том случае, когда обрезка необрезных досок производится на круглопильном станке позиционно-проходного типа пачкой из досок нескольких ширины.

Таблица 9.1

Типы головного оборудования малых лесопильных предприятий

Производственная мощность лесопильного предприятия, тыс. м ³ бревен в год при работе в две смены	Специализация предприятия	
	Пиломатериалы общего назначения из пиловочника диаметром до 40 см	Пиломатериалы специального и общего назначения из пиловочника диаметром до и свыше 40 см
5...10	Круглопильный станок позиционно-проходного типа; горизонтальный ленточнопильный станок позиционного типа с обрезным станком	Горизонтальный ленточнопильный станок позиционного типа с обрезным станком; круглопильный станок позиционного типа
10...20	Круглопильный станок позиционно-проходного типа с обрезным станком; горизонтальный ленточнопильный станок с делительным и обрезным станками	Вертикальный ленточнопильный станок позиционно-проходного типа или горизонтальный ленточнопильный станок позиционного типа с делительным и обрезным станками
20...40	Круглопильные станки позиционно-проходного типа с обрезным станком	Вертикальный ленточнопильный станок позиционно-проходного типа с делительным и обрезным станками
40...80	Круглопильные станки позиционно-проходного типа с делительным и обрезным станками	Фрезерно-брусующий и спаренные вертикальные ленточнопильные станки проходного типа с гибкими поставами, рециркуляцией брусьев и обрезным станком

В зависимости от необходимого уровня производственной мощности вертикальные ленточнопильные станки позиционно-проходного типа устанавливаются с разными диаметрами шкивов. При производственной мощности порядка 10...20 тыс. м³ бревен в год (в зависимости от среднего диаметра бревен, поступающих на предприятие) может быть установлен вертикальный ленточнопильный станок с диаметрами шкивов 1000 мм, а при производственной мощности 20...40 тыс. м³ бревен в год — 1500 мм.

В первом случае толщина пильной ленты равна 1 мм, а во втором — до 1,5 мм, что предопределяет значительное увеличение скорости распиловки, а следовательно, и производственной мощности.

При производственной мощности 40...80 тыс. м³ бревен в год может быть установлена линия со спаренными вертикальными ленточнопильными станками проходного типа с гибкими поставами и рециркуляцией брусьев (см. табл. 9.1). При выработке технологической щепы перед ней устанавливается фрезерно-брусующий станок.

Горизонтальные ленточнопильные станки позиционного типа подразделяются на два вида: с узкими и широкими ленточными пилами.

На Западе горизонтальные ленточнопильные станки позиционного типа с узкими ленточными пилами шириной 32...50 мм рассматриваются как фермерское оборудование. К станкам с широкими ленточными пилами относятся более дорогие станки с пилами шириной свыше 80 мм. К этим станкам дополнительно необходимо приобретать оборудование для вальцовки, плющения, формирования зубьев ленточных пил и иметь квалифицированных специалистов для их подготовки к работе. Станки с широкими ленточными пилами более производительны, чем с узкими. Поэтому иногда решается вопрос, что более эффективно — покупка, например, двух более дешевых станков с узкими ленточными пилами, на которых можно организовать более гибкое производство, или одного более производительного дорогого станка с широкими ленточными пилами. Одна узкая ленточная пила обеспечивает распиловку около 20 м³ бревен и более. Меньшие показатели характеризуют ее плохую заточку и неудовлетворительную работу станка. Считается, что для распиловки 1 м³ бревен необходимо затратить на покупку узких ленточных пил примерно 1 дол. США.

Вертикальные и горизонтальные ленточнопильные станки наиболее рационально использовать при раскрое дорогих и осо-

бенно ценных пород древесины, а также радиальных пиломатериалов из бревен как хвойных, так и лиственных пород.

Наиболее эффективны глубоко специализированные малые лесопильные и лесопильно-деревообрабатывающие предприятия. На последних вырабатывается погонаж: вагонка, плинтус, наличник, а также оконный и дверной брус, мебельный щит. Эффективны также лесопильные предприятия с выпуском, например, паркетных и мебельных заготовок или только пиломатериалов и технологической щепы из тонкомерных бревен.

Значительное количество малых лесопильных предприятий ориентировано на выпуск экспортных пиломатериалов с их пакетной отгрузкой. Окончательная обработка на малых лесопильных предприятиях значительно отличается от процессов окончательной обработки пиломатериалов на крупных и средних предприятиях. На предприятиях производственной мощностью порядка 10...20 тыс. м³ бревен в год преобладает ручная сортировка весьма ограниченного количества длин и сечений пиломатериалов в течение смены. Зачастую доски одной толщины и высокого качества (бессортные) отбираются сразу после бревнопильного оборудования. Эти доски предназначаются на экспорт. Поэтому они поступают в сушку и затем из них формируются пакеты пиломатериалов одного сорта и одной толщины, ширины и длины. Обвязка пакетов производится вручную при помощи специальных машинок.

Выборочная торцовка досок происходит при формировании сушильных пакетов. Окончательная торцовка этих досок (в основном на одну заданную длину) на торцовочном оборудовании позиционного типа и сортировка по ширинам происходит после сушки. Для выполнения этих операций достаточно 3 или 4 человек. Остальные доски после распиловки бревен автопогрузчиком вывозятся из цеха на площадку, где двое рабочих раскладывают их по сортам и сечениям и при необходимости производят торцовку. Далее доски автопогрузчиком развозятся на специально отведенные площадки для продажи на внутреннем рынке.

При отправке всех досок на экспорт они проходят выборочную торцовку после выпилки и раскладываются по сечениям вручную по специальным местам (запасам). Таким образом происходит сортировка досок по сечениям. Окончательная торцовка и сортировка досок по сортам и длинам с формированием и обвязкой транспортных пакетов может производиться на полумеханизированных установках или вручную.

При увеличении количества выпиливаемых сечений и длин пиломатериалов их торцовку и сортировку эффективнее произ-

водить на поперечных цепных транспортерах, т. е. на так называемых частично механизированных сортиплощадках типа ТСП-3 или ТСП-4. При сравнительно большой производственной мощности предприятий, порядка 40...80 тыс. м³ бревен в год, целесообразно применять браково-торцовочные линии. На этих линиях после сушки пиломатериалов может производиться не только окончательная торцовка пиломатериалов, но и на установленных за ними поперечных транспортерах (типа ТСП-3 или ТСП-4) сортировка досок по сортам и длинам. В идеальном варианте число сортов досок 3 (6/с; 4 и 5 сорт), а длин 12 (от 2,7 до 6,3) и подstopных мест $3 \cdot 12 = 36$. Практически число длин зачастую сокращают до 3, а число сортов до 2* и подstopных мест до $3 \cdot 2 = 6$. Выборочную торцовку и сортировку сырых досок по сечениям также можно осуществлять на поперечных транспортерах с торцовкой по проходному методу (установленной сбоку торцовочной пилой).

Бревнопильное оборудование индивидуального раскроя бревен на пиломатериалы позволяет исключить сортировку бревен по диаметрам и другим признакам. Однако при гибких поставках на головном оборудовании и жестком поставе на станках второго ряда желательно, а иногда и необходимо производить сортировку бревен по диаметрам.

При поставке технологической щепы на целлюлозно-бумажные предприятия окорка пиловочного сырья на малых лесопильных предприятиях обязательна.

* По требованию импортера выпускаются доски только одной сортировочной группы с оговоренными в заказе требованиями к их качеству.

10. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛЕСОПИЛЬНОМ ЦЕХЕ

Лесопильные цехи традиционно считались важнейшими цехами лесопильных и лесопильно-деревообрабатывающих предприятий. Основным оборудованием лесопильных цехов являются бревнопильные станки и бревноперерабатывающие агрегаты, обрезные станки, оборудование для торцовки пиломатериалов (в настоящее время, как правило, производится только выборочная торцовка сырых досок), линии для сортировки сырых пиломатериалов, в которых при выборочной торцовке досок входит и торцовочное оборудование.

К основным вопросам при расчете производственных процессов относятся следующие.

1. Обеспечение рационального уровня коэффициента использования машинного времени головного оборудования лесопильных цехов.

2. Оптимизация основных параметров питателей бревен и брусоперекладчиков.

3. Расчет максимального числа необрезных досок, поступающих в минуту от бревнопильных станков к обрезным станкам.

4. Определение структуры участков обрезки необрезных досок и рациональных типов и параметров обрезных станков во вновь проектируемых и реконструируемых лесопильных цехах.

5. Расчет максимального числа досок, поступающих в минуту к линиям для сортировки сырых пиломатериалов.

6. Расчет средней интенсивности поступления досок (шт./мин) из лесопильного цеха на участок окончательной обработки пиломатериалов.

Естественно, на основе результатов этих расчетов производится выбор околостаночного оборудования, типов и параметров обрезных станков, линий для сортировки сырых пиломатериалов, а также количества и режимов работы линий окончательной обработки пиломатериалов после сушки.

10.1. Производительность бревнопильных станков и околостаночное оборудование

Почти все имеющиеся в практике лесопиления впередирамные механизмы работают по принципу, сущность которого заключается в том, что бревна при распиловке первых двух третей

их длины зажаты в соответствующих рабочих органах вспомогательных механизмов, обеспечивающих прямолинейность выпиливаемых материалов. Распиловка же последней, третьей, части бревна производится без участия впередирамыных механизмов, которые за это время должны успеть подготовить к распиловке следующее бревно и подать его в торец предыдущему. Поэтому цикловая производительность лесопильной рамы (бревен в минуту) рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{ц}} = \frac{U}{L} K_{\text{м}} = \frac{\Delta n}{1000 L} \frac{t_{\text{р}}}{t_{\text{р}} + (t_{\text{в}} - t_{\text{р\кб}})},$$

где U — скорость подачи рамы, равная $\Delta n/1000$ (здесь Δ — посылка, мм; n — частота вращения коленчатого вала рамы, мин⁻¹), м/мин; L — длина бревна, м; $K_{\text{м}}$ — коэффициент использования машинного времени рамы; $t_{\text{р}} = 60000L/\Delta n$ — время распиловки данного бревна, с; $t_{\text{в}}$ — время оборота впередирамыных вспомогательных механизмов с учетом совмещения всех его составляющих во времени, с; $t_{\text{р\кб}} = 60000l_{\text{кб}}/\Delta n$ — время распиловки свободного конца бревна (здесь $l_{\text{кб}}$ — длина свободного конца бревна, м), с.

Величина $K_{\text{м}}$ зависит от минимально возможного времени оборота (цикла) впередирамыных механизмов и может быть равна единице (т. е. на раме обеспечивается распиловка бревен без межторцовых разрывов) только при условии

$$t_{\text{в}} \leq t_{\text{р\кб}} \leq 6000l_{\text{кб}}/\Delta n.$$

При $K_{\text{м}} = 1$ производительность рамы с увеличением скорости подачи растет по закону прямой линии. С момента, когда впередирамыные механизмы уже не могут обеспечить непрерывную распиловку, производительность рамы при дальнейшем увеличении ее скорости подачи повышается асимптотически, так как коэффициент использования машинного времени рамы будет все время снижаться.

Цикл впередирамыной зажимной тележки складывается из времени, затрачиваемого на выполнение следующих вспомогательных операций: разжим клещей или других захватных органов тележки перед началом ее откатки для подачи следующего бревна; откатка тележки; загрузка следующего бревна на тележку; зажим бревна и его разворот по метиковой трещине (с выносом на центр постава, если это требуется); подача бревна до торца предыдущего или до передних вальцов лесопильной рамы.

Операции по окончании откатки тележки и загрузки следующего бревна, а также зажима и разворота бревна и подаче его к раме, первые частично, а вторые полностью, могут быть совмещены во времени.

На рис. 10.1 а представлена циклограмма работы впередирамной тележки перед лесопильной рамой первого ряда при цикле оборота тележки 10 с.

На рис. 10.1 представлены циклограммы, характеризующие условия непрерывной распиловки бревен (рис. 10.1 б) и распиловку бревен с межторцовыми разрывами (рис. 10.1 в).

На рис. 10.1 г представлен график производительности лесопильных рам в зависимости от вида и параметров впередирамных вспомогательных механизмов при распиловке бревен различных длин l . По оси абсцисс отложены возможная скорость распиловки U и требуемые рабочие циклы впередирамных механизмов различных типов. По оси ординат отложены значения

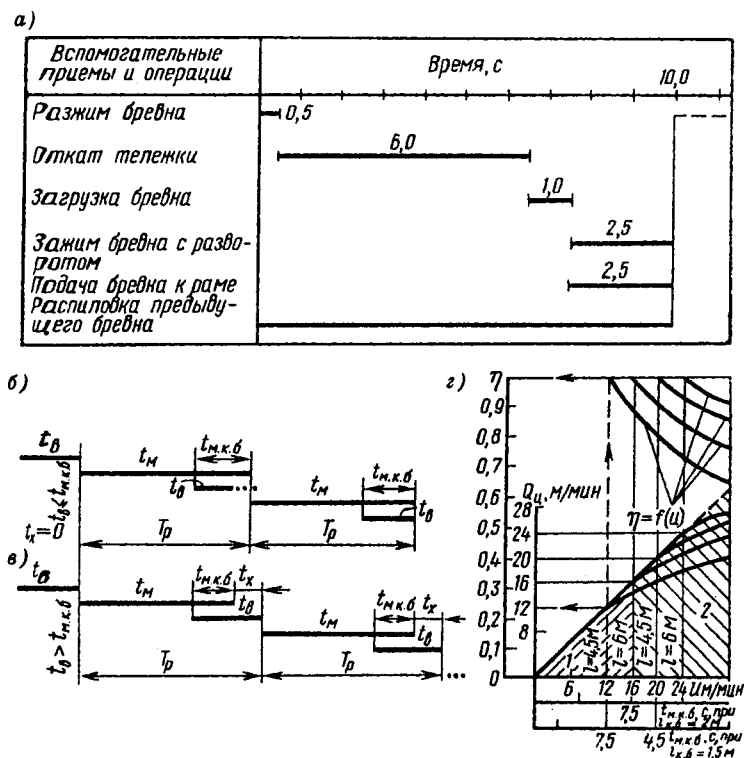


Рис. 10.1. Циклограммы работы (а—в) и график производительности (г) лесопильных рам первого ряда.

коэффициента производительности η и цикловая производительность рам Q_d . На графике выделены зоны 1 и 2 — применения соответственно впередирамных зажимных тележек и конвейеров.

Имеются случаи, когда длину свободного конца практически доводят до 40...50 % длины бревна в результате повышения его устойчивости и исключения разворота бревен посредством расположения расклинивающих ножей длиной до 1,5 м и толщиной 20 мм на расстоянии 700...800 мм от осей задних подающих валцов рам, при жестком креплении всей напольной конструкции и т. п. Однако все эти исключения вызваны в основном несовершенством определенных впередирамных механизмов.

Минимально возможный цикл впередирамных тележек при распиловке бревен различных длин составляет 7,5 с, что позволяет распиливать бревна длиной 6 м без межторцовых разрывов со скоростью до $U = 60l_{кб}/t_{в} = 60 \cdot 2/7,5 = 16$ м/мин.

При распиловке более коротких бревен, длиной, например, 4,5 м, непрерывность распиловки нарушается при меньшей скорости подачи, равной 12 м/мин (см. рис. 10,1 з).

Время на откатку и подкатку тележки может быть уменьшено также правильной установкой щитка лесотранспортера от подающих валцов рамы, что позволяет иногда сократить расстояние, на которое откатывается и подкатывается зажимная тележка. Расстояние $S_{кр}$ (м) от щитка лесотранспортера до подающих валцов рамы определяется по формуле

$$S_{кр} = l_{кб} - U_{max}(t_1 + t_2)/60,$$

где $l_{кб}$ — длина свободного конца бревна, м; t_1 — время разжима клещей на конце бревна, с; t_2 — время откатки тележки, с; U_{max} — скорость распиловки бревен на раме, м/мин.

Для предотвращения бокового удара загружаемым бревном по распиливаемому может быть применена блокировка механизма сбрасывателя. Получение только оптимального времени откатки и подкатки полностью не решает вопроса. Значительное время в цикле оборота тележек занимает также время сброса бревна на зажимную и поддерживающую тележки, поворота, зажима и разжима бревен и других операций.

Поэтому для обеспечения непрерывной подачи бревен на бревнопильных станках и бревноперерабатывающих агрегатах проходного типа при скорости распиловки до 100 м/мин, а иногда и более потребовалось создать специальные конвейеры, перехватные устройства и другие типы впередистаночного оборудования (см. рис. 4.7).

Коэффициент использования машинного времени бревно-пильного агрегатного оборудования может быть рассчитан по формуле

$$K_{\text{м}} = t_p / T_{\text{ц}} = t_p / (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5),$$

где t_p — время непосредственной распиловки бревен определенных длин и диаметров, с; $T_{\text{ц}}$ — рабочий цикл обработки бревен данных диаметра и длины, с; t_1 — время на подачу (сброс) на позицию загрузки очередного бревна, с; t_2 — время ухода бревна с позиции загрузки со скоростью транспортера догона (у линии ЛФП-1 она равна 90 м/мин), совмещаемое со временем его разворота, с; t_3 — время ухода оставшейся части бревна ($l_1 - S_1$) с позиции загрузки со скоростью подающего конвейера, т. е. со скоростью распиловки (l_1 — длина бревна и S_1 — расстояние, на которое бревно перемещается со скоростью транспортера догона, т. е. в течение времени t_2), с; t_4 — время, необходимое на переналадку поставы (перевод рабочих органов) перед очередным бревном (если это необходимо), с; t_5 — время межторцевого разрыва между распиливаемыми бревнами, обусловленное конструктивными особенностями (несовершенством) подающих механизмов, с.

Анализ показывает, что при совершенных конструкциях подающих конвейеров (при $t_5 = 0$) коэффициент использования машинного времени головных станков линий типа ЛФП-1 при распиловке бревен, рассортированных по диаметрам ($t_4 = 0$), может быть доведен до 0,8...0,9 и выше. В то же время из-за невозможности подачи очередного бревна, пока хотя бы половина длины подающего конвейера не освободится от предыдущего, цикловая производительность линий уменьшается на 20...30 %. Почти так же она уменьшается при работе линий с переналадкой поставы перед каждым обрабатываемым бревном.

Заметим, что при наличии в цикле работы линий потерь времени t_5 , обусловленных несовершенством подающих механизмов, эти потери могут быть частично или полностью совмещены со временем t_4 , необходимым на переналадку поставы.

10.2. Оптимизация основных параметров питателей бревен и брусоперекладчиков

Одним из узких мест в производственном процессе лесопильных цехов является обеспечение непрерывной подачи бревен к головному оборудованию.

На рис. 10.2 а представлена гистограмма, характеризующая распределение простоев лесопильных рам первого ряда, а следовательно, и всех потоков из-за асинхронной подачи бревен цеховыми лесотранспортерами и перерывов в их подаче к лесотранспортерам в бассейнах лесопильных цехов. Проведенные исследования показывают, что время таких простоев колеблется от нескольких секунд до нескольких минут. При этом на заводах, не имеющих накопителей между лесотранспортерами и рамами первого ряда, число простоев рам до 0,5 мин доходит до 120...180, а при наличии механизмов накопителей (питателей) уменьшается в 2...2,5 раза. Кроме того, в последнем случае несколько уменьшается число и трех-, четырехминутных простоев рам.

Исследования показали, что кратковременные простои рам до 3...4 мин составляют до 50...60 % всех простоев (рис. 10.2 б). Установка механизма накопителя (питателя) между лесотранспортерами и впередирамынными тележками или конвейерами перед бревнопильным оборудованием позволяет увеличить производительность линий на 5...8 %, а иногда и более (при обеспечении пропуска этого дополнительного количества материала на всем оборудовании линий). При этом имеется возможность значительно снизить скорости движения лесотранспортеров и т. д. Эти потери, несмотря на то, что они являются скрытыми (при

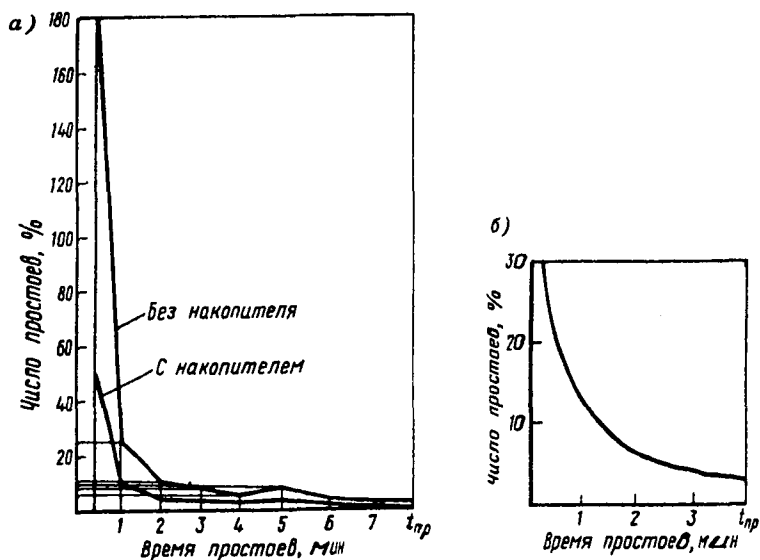


Рис. 10.2. Гистограмма (а) и характер (б) распределения простоев лесопильных рам первого ряда.

краткoвременных задержках в подаче бревен рамы, как правило, не выключаются и работают вхолостую), являются цикловыми и должны быть сведены до нуля. Таким образом, установка питателей обеспечивает организацию ритмичной подачи сырья из водного цеха (бассейна) в лесопильный цех. Они позволяют использовать такое традиционно транспортное оборудование, как лесотранспортер, не только в качестве транспортного, но и накопительного оборудования. Особое значение это имеет в высокопроизводительных автоматизированных процессах лесопиления.

Эксплуатация бревнопильных потоков с высокой пропускной способностью нерациональна без использования накопителей бревен не только вследствие снижения производительности потоков, но и из-за необходимости иметь в этом случае очень большие скорости подачи (от 1 м/с) и мощность цеховых лесотранспортеров, что уменьшает их надежность, увеличивает металлоемкость и т. д.

Перед лесопилением в настоящее время стоит также задача модернизации на действующих заводах узлов подачи пиловочных бревен к бревнопильным станкам. На рис. 10.3 приведены схемы участков питания перед бревнопильными станками 4.

В первой, традиционной схеме (рис. 10.3 а) бревна подаются лесотранспортером 1, доходят до упора в его конце и после освобождения впередистаночного устройства 3 сбрасываются на него сбрасывателями 2. Естественно, что в этом случае большую часть времени привод лесотранспортера выключен и он работает в прерывистом режиме.

Вторая схема отличается от первой тем, что здесь имеется питатель 5 (рис. 10.3 б). В этом случае режим работы лесотранспортера непрерывный. Он останавливается только тогда, когда питатель (накопитель) полностью заполнен бревнами. До этого момента поступающие по лесотранспортеру 1 бревна сразу же после их дохода до упора в его конце сбрасываются сбрасывателями 2 на питатель 5, откуда они по мере необходимости поступают на впередистаночные устройства 3.

В третьей схеме (рис. 10.3 в) подача бревен к двум участкам осуществляется одним лесотранспортером 1, с которого бревна сбрасываются при помощи двустороннего сбрасывателя 6. Схемы такого типа применяются зачастую для подсортировки поступающих по лесотранспортеру бревен на две группы диаметров перед, например, ленточнопильными станками 4.

Схемы участков питания четвертого типа (рис. 10.3 г) были применены в некоторых проектах Гипродрева для осуществления работы лесопильных рам 4 как с брусковкой (в этом случае

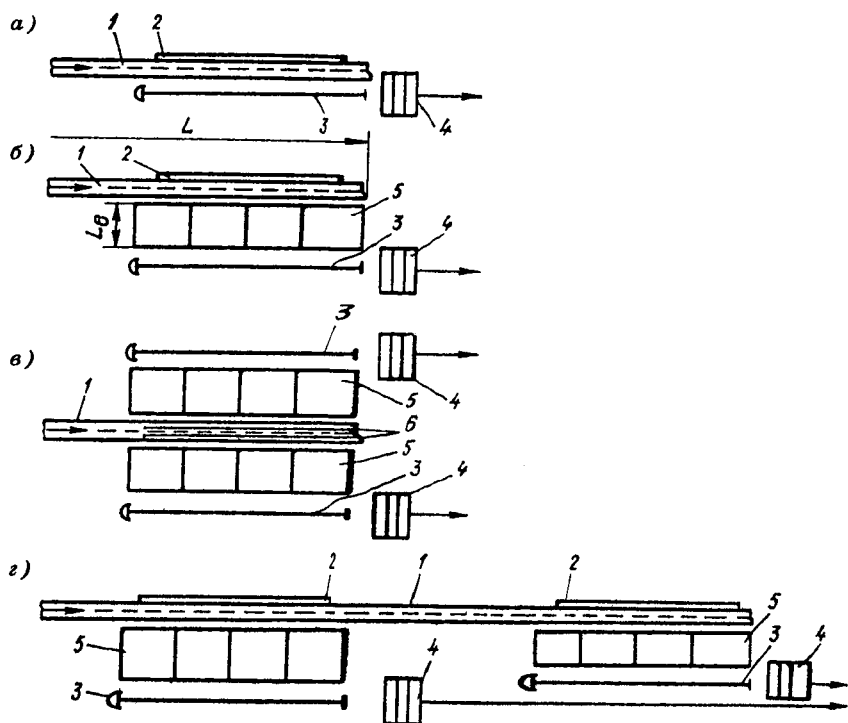


Рис. 10.3. Схема участков питания перед бревнопильными или окорочными станками.

Пояснения даны в тексте.

второй питатель не работает), так и вразвал. По такой же схеме происходит, например, питание нескольких ленточнопильных станков небольшой производительности в цехах раскроя кряжей на лыжные заготовки.

На рис. 10.4 приведен общий вид гравитационного накопительного устройства (питателя) 2 для бревен. Питатель установлен между лесотранспортером, с которого бревна сбрасываются при помощи сбрасывателя 1, и тележкой 5 перед рамой первого ряда. В состав питателя входит ритмопитатель 4 с индивидуальным приводом 3. Длина полезной емкости питателя L_e — величина расчетная. Угол α наклона гравитационного питателя назначается в зависимости от размеров подаваемых бревен и других факторов.

На рис. 10.5 показан питатель, выполненный в виде поперечного цепного транспортера 1, имеющего индивидуальный привод 2. В его состав входит ритмопитатель 3, работающий

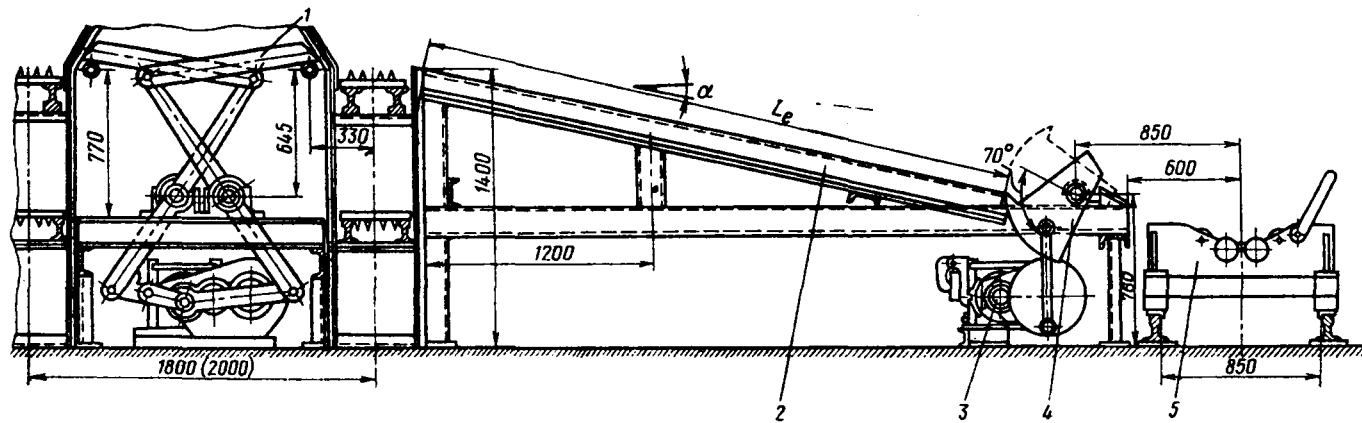


Рис. 10.4. Накопительное устройство гравитационного типа.

Пояснения даны в тексте.

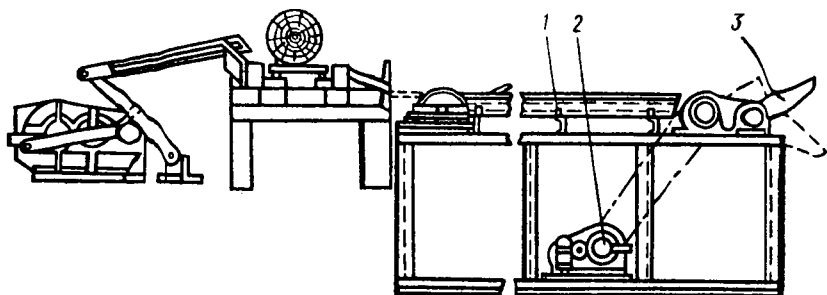


Рис. 10.5. Накопительное устройство в виде поперечного цепного транспортера. Пояснения даны в тексте.

также от индивидуального привода. Такие питатели используются на круглопильных, ленточнопильных и фрезерно-пильных линиях. Выше отмечалось, что установка питателей позволяет локализовать асинхронность в подаче бревен в системе водный цех (бассейн)—лесопильный цех и увеличить за счет этого производительность рамных линий на 5...8 % и более при снижении примерно в 1,5 раза скоростей лесотранспортеров. Что же касается фрезерно-пильных и круглопильных линий, на которых в минуту обрабатывается до 3...4 бревен и более, то их работа без питателей практически исключается.

При выводе расчетной формулы, учитывающей число бревен, расположенных в продольном (на лесотранспортере) длиной L (см. рис. 10.3 б) и поперечном (в питателе длиной L_e) направлениях, и необходимые скорости прохождения бревен в емкостях (лесотранспортера и питателя) в зависимости от заданных параметров бревен и их обработки, воспользуемся следующими положениями. Обозначим $t = nR$ — время обработки n бревен с ритмом R работы станков, за которое первое бревно очередной партии должно пройти от начала до конца емкостей, расположенных в продольном и поперечном направлениях. Это время t , естественно, также определяется по формуле

$$t = \frac{L}{u_{бр}} + t_c + (V + n - E_{бр})d_{\max}/u_e = nR,$$

где L — длина полезной емкости лесотранспортера в продольном направлении; $u_{бр}$ — скорость лесотранспортера; t_c — время сброса бревна с лесотранспортера на питатель; V — число бревен, эквивалентное времени перерыва в их подаче $t_{пер}$ и равное отноше-

нию этого времени к ритму R работы станков; n — число бревен, которые должны быть в емкости (они располагаются, как правило, в поперечном направлении) для компенсации времени прохода материала очередной партии от начала продольной до конца поперечной емкости; $E_{бр}$ — число бревен, располагающихся на лесотранспортере; $d_{\max}$ — максимальный расчетный диаметр бревен; u_e — скорость перемещения бревен на питателе.

Решая это уравнение относительно n и подставив полученное его значение в формулу определения длины L_e емкости питателя, получим

$$L_e = (Y + n - E_{бр})d_{\max} =$$

$$= \left[Y - E_{бр} + \frac{\frac{L}{u_{пр}} + t_c + \frac{d_{\max}(Y - E_{бр})}{u_e}}{R - \frac{d_{\max}}{u_e}} \right] d_{\max}.$$

Сделав ряд преобразований в правой части уравнения и учтя при этом, что $Y = t_{пер}/R$ и $E_{об} = L/l_{\max}$ (где $l_{\max}$ — максимальная расчетная длина материала l в продольном направлении с учетом межторцовых разрывов Δl ($l_{\max} = l + \Delta l$)), получим искомую расчетную формулу, связывающую все основные параметры транспортно-накопительных механизмов при размещении бревен в продольном и поперечном направлениях на лесотранспортере и питателе (м):

$$L_e = \frac{1}{\frac{R}{d_{\max}} - \frac{1}{u_e}} \left[t_{пер} - L \left(\frac{R}{l_{\max}} - \frac{1}{u_{бр}} \right) + t_c \right]. \quad (10.1)$$

Ритм работы бревнопильных станков $R = \sum_{i=1}^n T_i P(T_i)$, где T_i — рабочие циклы (или их группы) распиловки бревен определенных размеров (диаметра и длины) и качества, что имеет большое значение, например, при раскросе фаутовых бревен на ленточно-пильных станках; $P(T_i)$ — вероятность этих рабочих циклов во времени.

При распиловке на лесопильных рамах бревна, как правило, сортируются по диаметрам. При обработке партии подсортированных бревен цикл меняется в основном за счет разницы в их длине.

Для определения оптимальных параметров питателей необходимо найти наибольшие получаемые значения длины их полезной емкости L_e и скорости прохождения в них бревен u_e , для чего проводится расчет нескольких критических с этой точки зрения групп отсортированных по диаметрам бревен с соответствующими им значениями $d_{\max}$ и R . Максимальное время перерыва в подаче бревен складывается из времени, затрачиваемого на подготовку к подаче бревен, и кратковременных задержек в подаче материала к участкам питания из-за предыдущих операций (обслуживания, например, одним рабочим двух лесотранспортеров). В целом, как показывают исследования, $t_{\text{пер}}$ может достигать до 3...4 мин. Скорость прохождения бревен в емкости на механизмах гравитационного типа составляет 1,5...2 м/с.

Длина лесотранспортеров на современных бревнопильных линиях для подачи к ним бревен достигает 40...50 м. В то же время питатели большой емкости, располагаемые по ширине цеха, требуют значительных, зачастую не имеющих на существующих предприятиях, площадей. Поэтому, если не учитывать того запаса бревен, который располагается в продольном направлении на лесотранспортерах, устанавливаемых совместно с питателями, то это в целом ряде случаев может привести к ощутимым экономическим просчетам.

Пример. Рассчитаем необходимую полезную емкость накопителя, приняв следующие значения величин, входящих в формулу (10.1): $t_{\text{пер}} = 4$ мин, $R = 30,3$ с, $l = 5,5$ м и $\Delta l = 1,5$ м (т. е. $l_{\max} = 5,5 + 1,5 = 7$ м), $d_{\max} = 0,33$ м, $u_{\text{бр}} = 0,5$ м/с, $L = 50$ м, $t_c = 1$ с и $u_e = 0,25$ м/с.

Вычисляем длину (м) полезной емкости накопителя бревен:

$$L_e = \frac{1}{\frac{30,3}{0,33} - \frac{1}{0,25}} \left[2 \cdot 40 - 50 \left(\frac{30,3}{7} - \frac{1}{0,5} \right) + 1 \right] = 1,4.$$

Расчетная длина L_p (м) питателя находится из условия размещения в нем целого числа бревен с учетом конструктивных особенностей механизмов:

$$L_p = L_1 + L_2,$$

где $L_1 = d_{\max} n'$ (здесь $n' = L_e / d_{\max}$ определяется округлением до целого числа бревен в большую сторону); L_2 — увеличение длины питателя, диктуемое конструктивными соображениями.

Вычисляем $n' = 1,4 / 0,33 = 4,2$ бревна. Принимаем пять бревен и $L_1 = 0,33 \cdot 5 = 1,65$ м. При необходимости учитывается также кривизна бревен и т. п.

Таким образом, установка накопителя с длиной полезной емкости 1,65 м позволяет при принятых условиях обеспечить бесперебойную работу лесопильных рам при перерывах между партиями подаваемых бревен $t_{\text{пер}} = 4$ мин. При соответствующей организации подачи бревен в бассейнах это может уже позволить одному рабочему обслуживать два лесотранспортера с питателями.

Формула (10.1) позволяет рассчитать любые из входящих в нее параметров механизмов и выбрать оптимальные их значения при проектировании. При необходимости строятся графики зависимости L_e от $u_{\text{бр}}$, R , соотношения R/d_{max} и т. д.

При расчетах должны соблюдаться следующие соотношения:

$$u_{\text{бр}} > l_{\text{max}}/R \text{ и } u_e > d_{\text{max}}/R.$$

Параметры питателей и лесотранспортеров выбираются по критическим соотношениям R/d_{max} , которые определяют расчетным путем. Иными словами, здесь, как и во всех случаях, связанных с лесопильными потоками, расчет проводят исходя из необходимости обеспечить их непрерывную работу при критических условиях. В примере ритм R был принят равным среднему циклу распиловки бревен тех или иных диаметров при их средней длине $l_{\text{ср}} = 5,5$ м.

На рис. 10.6 а представлена зависимость отношения цикла распиловки бревен к их диаметру $d_{\text{max}} = d + \Delta d$ (Δd — сбеги бревен, принятый равным 7 см) и отношения цикла к средней длине бревен $l_{\text{ср}} = 5,5$ м с учетом межторцовых разрывов $\Delta l = 1,5$ м при их движении на лесотранспортере.

Представленные зависимости наблюдаются при распиловке указанных бревен на двухэтажных лесопильных рамах. Анализ показывает, что наибольшее влияние на необходимость применения накопителей бревен при постоянной длине лесотранспортера и равенстве прочих условий оказывает отношение R/l_{max} и при $l_{\text{max}} = \text{const}$ — ритм бревнопильного оборудования. Так, при распиловке бревен диаметром 52 см на рамах $R/l_{\text{max}} \approx 9,2$. В этом случае составляющая формулы (10.1) $L(R/l_{\text{max}} - 1/u_{\text{бр}}) = 50 \cdot (9,2 - 2) = 360$ с.

Это показывает, что запас бревен, располагаемых на лесотранспортере, может обеспечить работу рам первого ряда в течение 6-минутного перерыва в подаче бревен на лесотранспортер без установки специального питателя. Наибольшая необходимость в установке специальных питателей возникает при небольших рабочих циклах бревнопильного оборудования. При

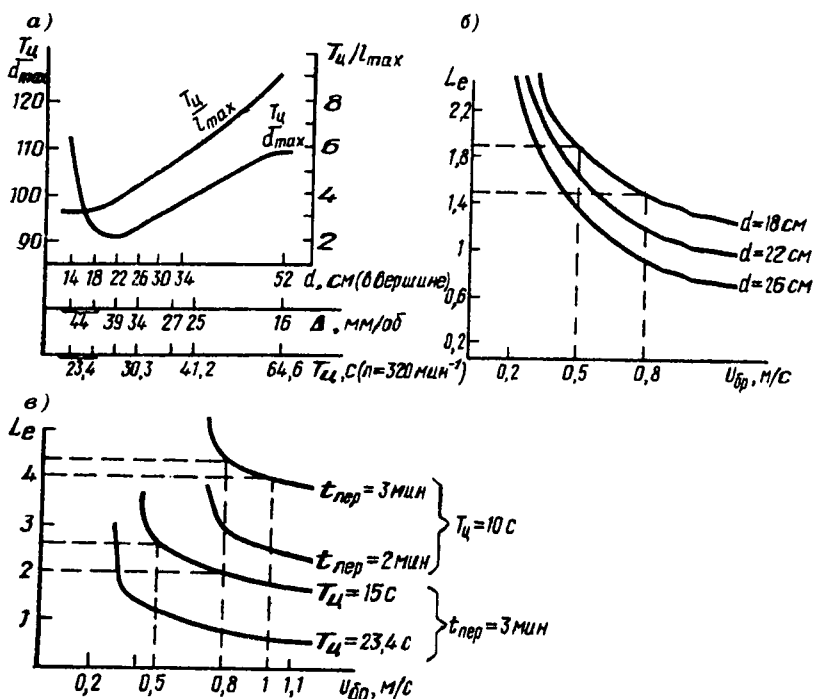


Рис. 10.6. Зависимости отношения цикла распиловки к диаметру и длине бревен (а), оптимальной длины полезной емкости питателей от скорости лесотранспортеров при распиловке бревен различных диаметров (б) и при различных циклах распиловки (в).

этом расчет длины полезной емкости питателей следует проводить по максимальному диаметру бревен (с учетом сбег^а), распиливаемых с наибольшей скоростью подачи. Так, бревна диаметром 14, 16 и 18 см (см. рис. 10.6 а) распиливаются на рамах с максимальной посылкой $\Delta = 44$ мм. Значение R определяется по данной посылке, и в расчет берется диаметр бревен $d_{max} = d + \Delta d = 18 + 7 = 25$ см.

На рис. 10.6 б представлена зависимость оптимальной длины полезной емкости питателей от скорости лесотранспортеров при распиловке на лесопильных рамах бревен, имеющих диаметры в вершине 18, 22 и 26 см. Расчетные и конструктивные посылки приняты по наиболее часто встречающимся случаям распиловки бревен с брусковкой на современных двухэтажных лесопильных рамах. Время перерыва в подаче очередных партий бревен принято равным 4 мин, длина лесотранспортера 50 м, скорость пе-

ремещения бревен на питателях гравитационного типа до 1,5... 2 м/с и цепного типа 0,5 м/с (оптимальные значения u_e для цепных питателей лесотранспортеров в конкретных случаях могут быть найдены также по формуле (10.1)).

Из рис. 10.6 б видно, что наибольшая длина питателей требуется при распиловке бревен диаметром 18 см, т. е. при наименьшем значении рабочего цикла бревнопильных станков. Увеличение скорости движения лесотранспортера позволяет несколько уменьшить длину питателей. Однако увеличение этой скорости, например, свыше 0,8 м/с практически не приводит к ощутимому уменьшению длины питателей и поэтому экономически неэффективно. В рассматриваемом случае, который характерен для большинства отечественных потоков со среднепросветными лесопильными рамами, длина полезной емкости питателей составляет 1,5...2 м при скорости лесотранспортеров 0,5...0,8 м/с.

На рис. 10.6 в представлена зависимость оптимальной длины полезной емкости питателей от скорости лесотранспортеров при распиловке бревен диаметром в вершине 18 см на среднепросветных лесопильных рамах ($T_{\text{ц}} = 23,4$ с), узкопросветных рамах и круглопильных станках, распиливающих до 4 бревен в минуту ($T_{\text{ц}} = 15$ с) и фрезерно-пильных агрегатах (или других типах бревнопильных станков), распиливающих до 6 бревен в минуту ($T_{\text{ц}} = 10$ с).

Во всех случаях (кроме последнего) время перерыва в подаче очередных партий бревен принято равным 3 мин. В случае $T_{\text{ц}} = 10$ с оптимальные длины питателей и скорости лесотранспортеров рассчитаны при $t_{\text{пер}} = 3$ и 2 мин. Из графика видно, что основное влияние на длину питателей оказывает не только наименьшее значение рабочего цикла бревнопильных станков, но и принимаемое в расчетах время перерыва в подаче очередных партий бревен. Так, при $T_{\text{ц}} = 23,4$ с, $t_{\text{пер}} = 4$ мин и $u_{\text{бр}} = 0,5$ м/с длина полезной емкости питателей, устанавливаемых между лесотранспортерами и среднепросветными рамами первого ряда, должна быть 1,9 м (см. рис. 10,6 б), а при $t_{\text{пер}} = 3$ мин $L_e = 1,25$ м (см. рис. 10.6 в). При $T_{\text{ц}} = 10$ с снижение $t_{\text{пер}}$ с 3 до 2 мин уменьшает длину питателя примерно на 1,5 м (так, при $u_{\text{бр}} = 0,8$ м/с — с 4,4 до 2,6 м). Однако чем большую пропускную способность имеет бревнопильное оборудование, тем более экономически ощутимо для предприятия уменьшение его производительности. Поэтому использование в расчетах значения $t_{\text{пер}}$ менее 3 мин может быть оправдано только в случае четкой организации подачи бревен в производство.

Отметим в связи с этим, что иногда для увеличения работоспособности механизмов на участках питания перед высокопроизводительным бревнопильным оборудованием участки питания дублируют. Однако это всегда требует конкретного технико-экономического обоснования.

В практике лесопиления довольно часто наиболее рациональной является подача бревен к двум бревнопильным станкам при помощи одного лесотранспортера, с расположением перед каждым из станков индивидуальных питателей. При этом питатели могут быть установлены как параллельно-симметрично относительно продольной оси лесотранспортера (см. рис. 10.3 в), так и последовательно на одной из его сторон (см. рис. 10.3 з).

Последнее, как указывалось выше, имеет, например, место в типовых проектах Гипродрева для потоков лесопильных цехов, где распиловка бревен производится как вразвал, так и с брусовой. В рассматриваемом случае может осуществляться дополнительная подсортировка бревен по диаметрам на две группы.

Вывод формулы, позволяющей найти оптимальные параметры рассматриваемых механизмов при подаче бревен к двум бревнопильным станкам при помощи одного лесотранспортера, производится при следующих условиях (см. вывод формулы (10.1)):

$$t = 2n_1R;$$

$$t = \frac{L}{u_{6p}} + t_c + \frac{(Y + n_1 - E_{6p} - E_{eII})d_{\max}}{u_{e1}} +$$

$$+ \frac{(Y + n_1 - E_{6p} - E_{eI})d_{\max}}{u_{e2}};$$

$$L_{e1} = (Y + n_1 - E_{6p} - E_{eII})d_{\max};$$

$$R_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n T_{ij} P(T_{ij})}{m},$$

где n_1 — число бревен в емкости питателя, имеющего полезную длину L_{e1} , шт.; E_{eII} — число бревен, располагаемых на втором питателе, шт.; u_{e1} и u_{e2} — скорости прохождения материала в питателях; R_{cp} — средний ритм работы последующего оборудования; m — число питаемых участков, в данном случае $m = 2$.

Учтя, что $Y = t_{\text{пер}}/R_{\text{ср}}$; $E_{e1} = L_{e1}/d_{\text{max}}$; $E_{6p} = L/l_{\text{max}}$ и $E_{eII} = L_{eII}/d_{\text{max}}$, и произведя ряд преобразований, получим расчетную формулу необходимой полезной длины (м) емкости одного из питателей:

$$L_{e1} = \frac{1}{\frac{2R_{\text{ср}}}{d_{\text{max}}} - \frac{1}{u_{e1}}} \left[2t_{\text{пер}} - L \left(\frac{2R_{\text{ср}}}{l_{\text{max}}} - \frac{1}{u_{6p}} \right) - \right. \\ \left. - L_{eII} \left(\frac{2R_{\text{ср}}}{d_{\text{max}}} - \frac{1}{u_{e2}} \right) + t_c \right], \quad (10.2)$$

где L_{eII} — длина емкости второго питателя.

На графике (рис. 10.7) показан пример оптимизации параметров механизмов участка с двумя питателями. Здесь целевой функцией является полезная длина емкости L_{e1} одного из питателей при полезной длине емкости второго питателя $L_{eII} = \text{const}$. Естественно, что использование предложенных формул возможно не только при расчете параметров лесотранспортеров и питателей, но и в целом ряде случаев на лесопильных и деревообрабатывающих линиях, где мы встречаемся с размещением материала в продольном и поперечном направлениях (и наоборот) на транспортно-накопительных механизмах.

Один из наиболее ответственных участков на бревнопильных линиях — участок приема брусьев от станков первого ряда, накопления и поштучной выдачи их к станкам второго ряда, на которых производится развал брусьев.

На современных линиях на этих участках устанавливаются брусоперекладчики, позволяющие осуществлять все указанные выше операции в автоматическом режиме работы. В этом случае (рис. 10.8) выпиленный брус поступает на установленный рольганг 6. После соответствующей команды от конечного выключа-

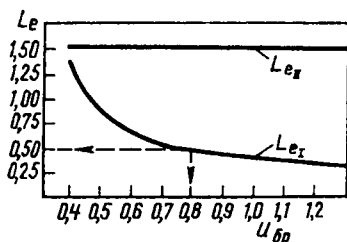


Рис. 10.7. Оптимизация параметров механизмов участка с двумя питателями.

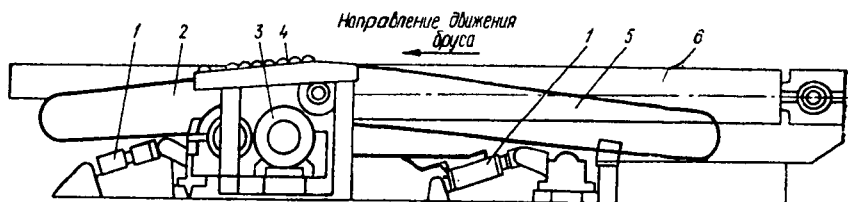


Рис. 10.8. Брусоперекладчик.

Пояснения даны в тексте.

теля, связанного с упором (поворотным флажком), в который брус упирается после выхода из валцов и расклинивающих ножей, происходит подъем секции 5, осуществляющей съём бруса с рольганга 6 и его перемещение на роликовые шины 4. На последних может производиться накопление двух-трех брусьев перед их развалом.

Передача очередного бруса на рольганг (см. рис. 10.8) производится подъемной секцией 2 брусоперекладчика. Привод цепей подъемных секций брусоперекладчика осуществляется механизмом 3, а подъем и опускание секций — гидроцилиндром 1.

В процессе развала предыдущий брус выходит из-под прижимного гладкого ролика 4 (рис. 10.9), при помощи которого, а также находящегося под ним приводного рифленого ролика 5 осуществляется подача бруса до передних валцов рамы второго ряда. После выхода бруса секция 2 брусоперекладчика (см. рис. 10.8) поднимается, и очередной брус с роликовых шин 4,

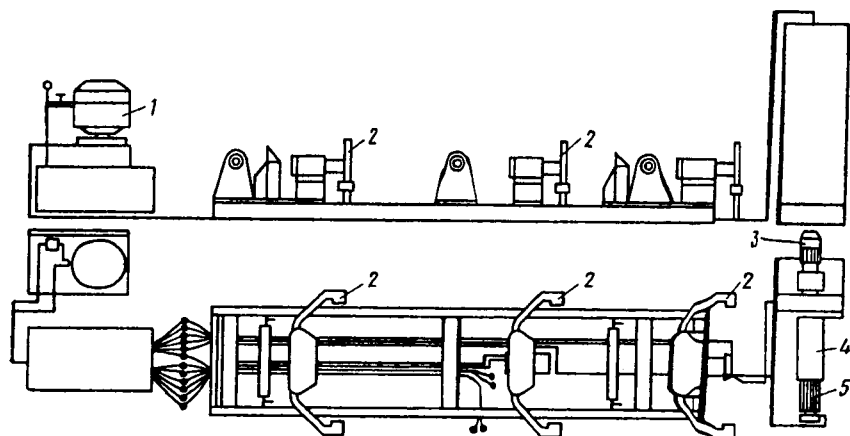


Рис. 10.9. Рольганг перед рамой второго ряда.

Пояснения даны в тексте.

утапливая упоры центрирующих зажимов 2 (см. рис. 10.9), перемещается на рольганг перед рамой второго ряда.

Исследования д-ра техн. наук В. Г. Турушева показали, что перед рамами второго ряда эффективна автоматическая установка кривых брусьев. В связи с тем что брусом способом эффективнее распиливать бревна с кривизной до 1 %, достаточно трех центрирующих зажимов 2 (см. рис. 10.9) — одного вершинного и двух комлевых. Это позволяет увеличить выход пиломатериалов из кривых брусьев до 5 % по сравнению с визуальным выбором положения брусьев перед раскромом. Последние исследования (см. гл. 2) показывают, что наилучшую оптимизацию ориентации брусьев перед их раскромом можно получить при использовании специальных механизмов и систем.

Центрирующие зажимы при необходимости имеют также возможность бокового смещения по команде рамщика, что осуществляется при кривизне брусьев свыше 1 % и других отклонениях. Привод 1 зажимов гидравлический. Гладкий 4 и рифленый 5 ролики имеют консольное расположение. После выхода предыдущего бруса гладкий ролик поднимается, и очередной брус поступает на подъемной секции между роликами. При поперечном движении брус воздействует на соответствующие конечные выключатели (датчики) и в зависимости от его длины зажимается первым и третьим зажимами, центрирующим его по поставу пил. Сцентрированный брус прижимается гладким роликом 4 (см. рис. 10.9) к рифленому ролику 5, имеющему индивидуальный привод 3, и после развода поворотных рычагов подается в лесопильную раму.

Несмотря на сравнительно большое расстояние между продольными осями лесопильных рам первого и второго ряда, размер полезной емкости брусоперекладчика (длина роликовых шин 4 — см. рис. 10.8) весьма ограничен. Объясняется это тем, что располагать в ней более 2...3 брусьев в высокоспециализированных автоматизированных лесопильных цехах, как правило, экономически нецелесообразно.

В зависимости от длины лесопильных цехов, уровня производительности, надежности бревнопильного оборудования и других факторов оптимальная емкость перед станками, обрусовывающими бревна и разваливающими брусья, имеет свои конкретные значения. Так, при высокой надежности мы наблюдаем на некоторых шведских лесозаводах возврат к расстановке по системе «тандем», когда между станками размещается только один брус.

С другой стороны, в проектах лесопильных цехов, например в США, можно наблюдать установку двух и даже трех накопителей бревен перед одним бревнопильным станком, осуществляющим раскрой бревен индивидуальными поставами. Это позволяет при отсутствии или укрупненной сортировке бревен по группам диаметров на складе накапливать на питателях бревна только определенных диаметров, резко сократить время на перестановку поставов и увеличить надежность раскройных операций. Расчет таких участков питания может производиться по формуле (10.2).

10.3. Оборудование и процессы обрезки необрезных досок

В настоящее время (в начале XXI в.) Вологодским станкостроительным заводом выпускаются обрезные станки, технические характеристики которых представлены в табл. 10.1.

Двухпильный обрезной станок модели Ц2Д-8 предназначен для обрезки и раскроя необрезных досок с целью получения чистообрезных пиломатериалов. Управление перемещением подвижного суппорта осуществляется поворотом рукоятки на пульте управления.

Двухпильный обрезной станок модели Ц2Д-7А имеет дистанционную систему управления перемещением подвижного суппорта с кнопочного пульта управления на требуемый раскрой.

Фрезерно-обрезной станок модели Ц2Д-1Ф предназначен для фрезерования необрезных досок с целью получения чистообрезного материала и технологической щепы. Станок имеет дистанционную систему управления перемещением двух фрезерных головок с подрезными пилами относительно оси симметрии с кнопочного пульта управления на требуемый раскрой.

Вологодским станкостроительным заводом также по заказу изготавливается четырехпильный обрезной станок упрощенной конструкции для обрезки и продольного раскроя широких необрезных досок.

При совершенствовании процессов обрезки необрезных досок выделим следующие основные задачи и вопросы:

1) проведение расчетов требуемой и ожидаемой цикловой производительности обрезных станков и участков с необходимой степенью достоверности и определение их оптимальных параметров;

Технические характеристики обрезных станков

Параметр	Ц2Д-8	Ц2Д-7А	Ц2Д-1Ф
Просвет обрезного станка, мм	710	800	630
Ширина обработанного материала, мм	60...300	60...500	73...300
Толщина обрабатываемого материала, мм	13...60(100)	13...60(100)	13...32
Длина обрабатываемого материала, м	1,5...7,5	1,5...7,5	1,85...7,5
Количество пил, шт.	2	2 (или 3)	2
из них подвижных	1	1	2
Толщина пил, мм	2,2	2,5...2,8	—
Диаметр пил, наибольший, мм	400	500	—
Скорость подачи, м/мин	80 и 120; 100 и 150	80 и 120; 100 и 150	150
Производительность (расчетная) при скорости подачи 120 м/мин и длине доски 5 м, толщине до 25 мм, досок/мин	60 и 110 12	60 и 90 12	—
Габариты, мм:			
длина	2200	2650	2520
ширина	1600	2050	2614
высота	1310	1250	1285
Общая масса станка, кг	3660 (3800)	4250	3200
Количество электродвигателей, шт.	5	5	—
Общая установленная мощность, кВт	38 (53)	38 (53)	—

2) механизация разборки пачек необрезных досок и горбылей, удаление горбылей из потока до обрезного станка и обеспечение поштучной подачи необрезных досок широкой пластью книзу на впередистаночный стол;

3) дистанционное и при необходимости преселективное управление перемещением подвижных пил обрезных станков за время 0,5...0,8 с (для наиболее частых перемещений) с точностью в пределах $\pm(0,5...1)$ мм;

4) автоматическая ориентация доски на впередистаночном столе по пилам обрезного станка;

5) автоматическое определение геометрических параметров необрезных досок;

6) автоматизация выбора оптимальных вариантов раскроя необрезных досок по технологическим или технико-экономическим критериям.

При комплексной автоматизации процессов обрезки необрезных досок все эти вопросы взаимосвязаны и должны решаться вместе.

На рис. 10.10 приведен график цикловой производительности (штук выпиливаемых необрезных досок в минуту) средне-просветных и узкопросветных двухэтажных лесопильных рам, работающих с брусом. При расчете приняты фактические поставки для бревен диаметром от 16 до 42 см при средней длине бревен 5,5 м и их распиловке без межторцовых разрывов.

Из графика видно, что на среднепросветных линиях, работающих с брусом, количество необрезных досок, которое требуется обрезать на обрезных станках, колеблется от 7...10 до 15...16 в минуту. При этом наибольшее количество досок поступает к обрезным станкам при распиловке бревен диаметром от 24 до 34 см. Это объясняется тем, что поставки при распиловке бревен этих диаметров предусматривают большое количество необрезных досок из боковых зон, а распиловка этих бревен происходит при сравнительно высоких посылках. На узкопросветных линиях, работающих с брусом, количество необрезных досок колеблется от 9...12 до 17...18 в минуту.

В ряде случаев вполне вероятна распиловка бревен, имеющих длину меньше 5,5 м. Распиловка бревен может также происходить с увеличенными посылками.

Обрезка необрезных досок осуществляется на обрезных станках непосредственно за бревнопильным оборудованием. Несоответствие цикловой производительности (асинхронность) лесопильных рам и обрезных станков и отсутствие необходимых пульсирующих запасов между ними приводят к завалам досок и

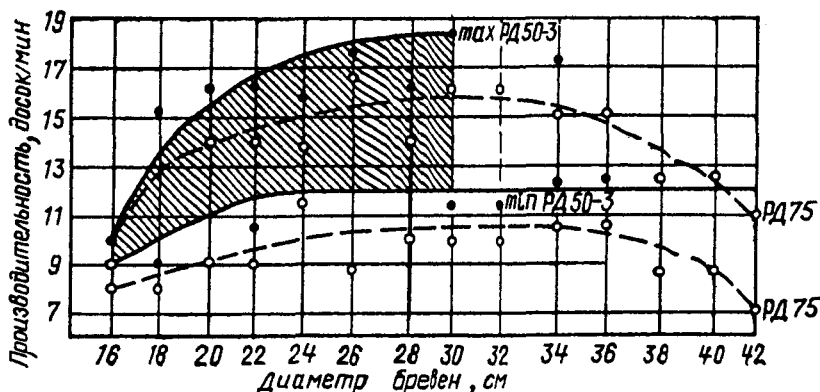


Рис. 10.10. Цикловая производительность лесопильных рам.

горбылей. Это заставляет снижать посылку у рам или останавливать их на время разборки завалов. Только по этой причине внутрисменные простои бревнопильных линий, а следовательно, и лесопильных цехов и предприятий зачастую доходят до 25 % всех видов простоев при значительных потерях (до 2 %) выхода пилопродукции.

Одной из существенных причин этого является методически неправильный расчет производительности обрезных станков и участков обрезки необрезных досок в целом. Так, производительность обрезных станков рассчитывают в метрах обрезаемых досок в смену. При этом самым важным является то, что расчет возможной (ожидаемой) производительности обрезных станков ведется, как расчет отдельно стоящего оборудования. Фактическую производительность Q_{ϕ} (м в смену) обрезных станков определяют, как произведение скорости их подачи u (м/мин) на продолжительность смены T (мин) и на коэффициент использования станка $K = K_p K_m$, где K_p — коэффициент использования рабочего времени, принимаемый равным 0,9...0,95, K_m — коэффициент использования машинного времени, принимаемый равным 0,8...0,9 (1):

$$Q_{\phi} = uTK = uTK_p K_m. \quad (10.3)$$

Иногда при расчете фактической производительности обрезных станков как отдельно стоящего оборудования коэффициент использования их машинного времени определяют по формуле

$$K_m = \frac{l}{l + t_b u / 60}, \quad (10.4)$$

где l — длина доски; t_b — неперекрываемое вспомогательное время, принимаемое равным около 1,5 с на одну доску.

Если воспользоваться формулой (10.3) и принять рекомендуемые значения $K_p = 0,9$ и $K_m = 0,8$, то при скорости подачи $u = 120$ м/мин $Q_{\phi} = uK_p K_m = 120 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 86,4$ м/мин.

Таким образом, при средней длине досок $l = 5,5$ м обрезной станок, казалось бы, может в среднем обеспечить обрезку 15,7 досок в минуту. Если же принять скорость подачи обрезного станка $u = 150$ м/мин, то по формуле (10.3) и рекомендуемым значениям K_m и K_p получаем результат $Q_{\phi} = 150 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 108$ м/мин, или при $l = 5,5$ м почти 20 досок в минуту (19,6).

Иными словами, при расчете производительности обрезного станка по формуле (10.3) считается, что она увеличивается прямо пропорционально увеличению скорости подачи станка.

В действительности ничего подобного не происходит и, используя формулу (10.3), можно ошибиться в расчетах почти в 2 раза. Так, средняя производительность одного обрезного станка при скорости 120...150 м/мин фактически составляет не 15...20, а 10...12 досок в минуту. Именно поэтому на высокопроизводительных бревнопильных линиях в настоящее время необходима установка не одного, а двух обрезных станков, например по станку за каждой лесопильной рамой.

На высокопроизводительных автоматизированных линиях расчет составляющих рабочего цикла оборудования должен осуществляться с учетом не только секунд, но и долей секунды, так как в результате ошибки из-за неучета даже долей секунды мы зачастую теряем десятки процентов возможной производительности линий.

Проанализируем с этих позиций достоверность формулы (10.4). Здесь t_n постоянно и равно 1,5 с на одну доску независимо от скорости подачи станка u . Естественно, что при $u = 120$ м/мин, длине доски $l = 5,5$ м и $t_n = 1,5$ с

$$K_m = \frac{l}{l + t_n u / 60} = \frac{5,5}{5,5 + 1,5 \cdot 120 / 60} \approx 0,64.$$

При скорости подачи $u = 150$ м/мин коэффициент использования машинного времени будет равен $K_m \approx 0,59$, т. е. уменьшится только на 5 %, что при увеличении скорости подачи на 25 %, казалось бы, позволит увеличить производительность станка при прочих равных условиях на 20 %. В действительности и в этом случае ничего подобного не произойдет. Это объясняется тем, что рабочий цикл обрезного станка не уменьшается, а следовательно, и производительность станка не увеличивается пропорционально увеличению скорости подачи. Так, при прочих равных условиях (времени на то, чтобы взять, осмотреть и при необходимости перевернуть доску широкой пластью книзу, положить на впередистаночный стол, установить ее по коренной пиле, перевести подвижную пилу и подать доску до передних подающих вальцов станка) увеличение скорости подачи приведет только к тому, что уменьшится время ухода доски с впередистаночного стола, после которого на него может быть положена очередная доска. Это время ухода доски со впередистаночного стола определяется по формуле

$$t_y = t_{y_1} + t_{y_2} = 60 S_1 / u_1 + 60(l - S_1) / u, \quad (10.5)$$

где t_{y_1} — время прохода доски до передних подающих валцов станка со скоростью u_1 , с; S_1 — расстояние от переднего торца положенной на впередистаночный стол доски до передних подающих валцов станка, м; t_{y_2} — время ухода доски с впередистаночного стола со скоростью подачи станка u , с.

Воспользовавшись этой формулой, рассчитаем время ухода доски со впередистаночного стола ($u = 120$ м/мин) при условии прохода доски до валцов станка за $t_{y_1} = 0,7$ с ($t_{y_1} = 60 \cdot 0,6/50 = 0,7$ с), что при $S_1 = 0,6$ м и $u_1 \approx 50$ м/мин соответствует показателям работы лучших рабочих-обрезчиков. В этом случае $t_y = 60 \times 0,6/50 + [60(5,5 - 0,6)]/120 = 3,15$ с.

Увеличив скорость подачи станка со 120 до 150 м/мин, мы (см. формулу (10.5)) уменьшим время ухода доски со впередистаночного стола на 0,5 с. Именно на это значение уменьшится рабочий цикл и соответственно увеличится производительность обрезного станка.

Рабочий цикл обрезного станка в значительной степени определяется временем ухода доски с впередистаночного стола (в данном случае $t_y = 3,15$ с), в течение которого рабочие-обрезчики должны успеть подать доску до валцов станка и взять очередную доску с поперечного цепного транспортера, подготовив ее к укладке на впередистаночный стол широкой пластью книзу. Для этого часто бывает необходимо предварительно разобрать пачку поступивших от лесопильных рам необрезных досок и горбылей и сбросить в находящийся между транспортером и столом люк хотя бы один из горбылей.

Кроме времени ухода доски со впередистаночного стола, рабочий цикл станка зависит от времени, необходимого на укладку очередной доски на впередистаночный стол и установку (ориентацию) ее по коренной пиле t_{b_1} . На это у лучших рабочих-обрезчиков уходит примерно 0,8...1,0 с. Кроме того, необходимо учесть время на перевод подвижной пилы $t_{b_1} = 0,8...1,0$ с. Таким образом, рабочий цикл обрезного станка (с) равен:

$$T_n = t_y + t_{b_1} + t_{b_2} = 3,15 + 1 + 1 = 5,15.$$

При увеличении скорости подачи станка со 120 до 150 м/мин время ухода доски со впередистаночного стола уменьшается на 0,5 с. Рабочий цикл может также уменьшиться только на 0,5 с, что позволит увеличить цикловую производительность обрезного станка только на 9,7 вместо 20 %, как это предполагалось выше

при расчете по формуле (10.4). Это может произойти только при том условии, что рабочие-обрезчики смогут уменьшить на 0,5 с время на выполнение ими вспомогательных операций при подаче очередных досок на впередистаночный стол.

Воспользовавшись формулой (10.5), можно сразу более точно определить коэффициент использования машинного времени (коэффициент производительности) обрезающего станка при принятых условиях: $u = 120$ м/мин; $l = 5,5$ м и $T_{\text{ц}} = 5,15$ с. В этом случае

$$K_{\text{м}}\eta = \frac{t_{\text{р}}}{T_{\text{ц}}} = \frac{t_{\text{р}}}{t_{\text{у}} + t_{\text{в1}} + t_{\text{в2}}} = \frac{\frac{60l}{u}}{t_{\text{у1}} + \frac{60(l - S_1)}{u} + t_{\text{в1}} + t_{\text{в2}}} =$$

$$= \frac{\frac{60 \cdot 5,5}{120}}{0,7 + \frac{60 \cdot (5,5 - 0,6)}{120} + 1 + 1} = \frac{275}{5,15} = 0,53,$$

т. е. его значение завышено по сравнению с расчетом по формуле (10.40) на те же 11 %.

Более высокая достоверность расчетов может быть обеспечена только при построении циклограмм работы обрезающих станков с учетом конкретных условий работы и значений составляющих их рабочих циклов.

Таким образом, ориентировочные расчеты по формулам (10.3) и (10.4) не могут быть рекомендованы к использованию не только при автоматизации, но и при механизации производственных процессов лесопиления, так как цикловая производительность, например, обрезающих станков может быть завышена при этом на десятки процентов, а иногда в 2 раза и цена ошибки составит десятки, а на крупных предприятиях и сотни тысяч рублей или долларов США в год.

Работу обрезающих станков нельзя рассматривать обособленно от организации подачи к ним материала от бревнопилильных станков. Большое влияние на производительность обрезающих станков оказывает характер поступления к ним материала: пачками, из которых рабочим-обрезчиком приходится выбирать очередную доску, или поштучно, что обеспечивается установкой специальных механизмов для разбора пачек необрезных досок и поштучной выдачи очередной доски на впередистаночный стол.

Распиловка в один постав от двух до четырех и более четных диаметров бревен приводит к тому, что к обрезающим станкам по-

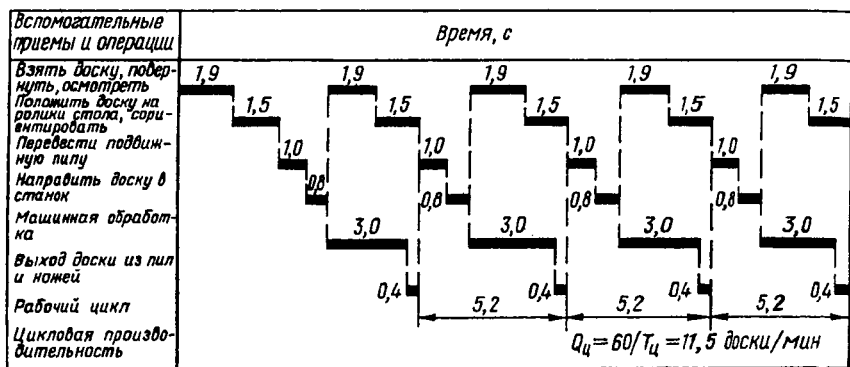


Рис. 10.12. Циклограмма работы обрезающего станка при одинаковом рабочем цикле.

нуть и осмотреть доску — см. циклограмму на рис. 10.12) к увеличению цикловой производительности на 4,4 доски/мин.

При скорости подачи более 180 м/мин цикловая производительность обрезающих станков практически не увеличивается. Эта закономерность и лежит в основе того, что у обрезающих станков наибольшая скорость подачи не превышает 150...180 м/мин.

Эффект от увеличения скорости подачи может быть обеспечен только уменьшением непрерывного машинным вспомогательного времени, что и происходит, например, при автоматизации всех операций в рабочем цикле обрезающего станка.

Цикловая производительность обрезающих станков зависит от правильного выбора оптимальной скорости подачи станков и перемещения их передвижных пил, а также от возможности осуществить перемещение подвижных пил дистанционно и в некоторых случаях преселективно.

Оптимальная скорость подачи обрезающих станков определяется временем, необходимым для выполнения вспомогательных приемов, и длиной обрезаемых досок. Оптимальная скорость подачи обрезающих станков увеличивается с ростом длины обрезаемых досок. Поэтому при ее расчете следует исходить из наибольшей длины досок, которая может быть принята равной 6 м. Это объясняется тем, что наиболее неблагоприятные условия во время подготовки досок к обрезке складываются при необходимости обрезать короткую доску после длинной. Если скорость подачи обрезающих станков принять исходя из длины коротких досок, то при обрезке короткой доски после длинной рабочие не смогут нормально положить ее на стол, оценить и подать в станок, так как длинная доска еще будет находиться на впередис-

таночном столе. Это приведет к неправильной обрезке досок или снижению производительности станка.

Оптимальная скорость подачи обрезных станков (м/мин) рассчитывается по формуле

$$u_0 = \frac{60(l - S_1)}{T_{\text{ц}} - \left(t_{\text{в}_1} + t_{\text{в}_2} + \frac{60S_1}{u_1} \right)}. \quad (10.6)$$

Так, при длине доски $l = 6$ м, расстоянии от переднего торца положенной на впередистаночный стол доски до передних подающих валцов станка $S_1 = 0,6$ м, времени на укладку очередной доски на впередистаночный стол и ориентации ее по коренной пиле $t_{\text{в}_1} = 1$ с, времени перевода подвижной пилы $t_{\text{в}_2} = 1$ с и проходе доски до передних подающих валцов станка со скоростью $u_1 = 50$ м/мин ($t_{\text{в}} = 60S_1/u_1 = 0,7$ с) оптимальная скорость подачи обрезного станка (м/мин) при рабочем цикле $T_{\text{ц}} = 5,15$ с составляет:

$$u_0 = \frac{60(6 - 0,6)}{5,15 - (1 + 1 + 0,7)} \approx 132.$$

При тех же условиях, но при $t_{\text{в}_1} = t_{\text{в}_2} = 0,8$ с оптимальная скорость будет уже $u_0 \approx 140$ м/мин.

На рис. 10.13 представлена циклограмма работы обрезного станка при обрезке досок длиной 6 м на скорости подачи 120 м/мин (первый и третий рабочие циклы) и 180 м/мин (второй рабочий цикл). Время на вспомогательную операцию «взять доску и по-

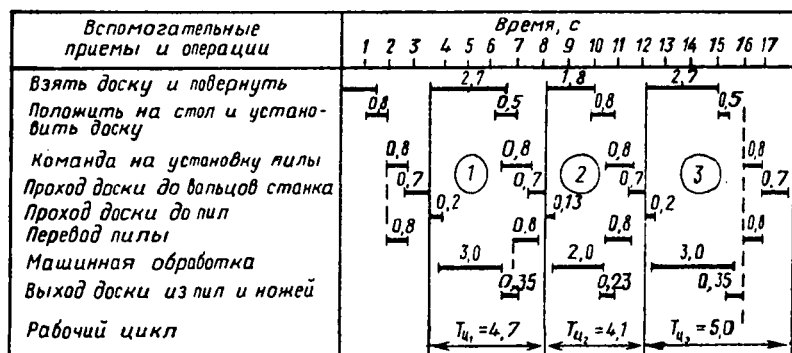


Рис.10.13. Циклограмма работы обрезного станка при разных рабочих циклах.

вернуть» определяется в данном случае временем ухода предыдущей доски со впередистаночного стола, которое в свою очередь определяется скоростью обрезки предыдущей доски.

Все основные приемы и операции с учетом их совмещения во времени, характеризующие рабочий цикл обрезного станка, приведены в циклограмме (см. рис. 10.12).

Обрезка необрезных досок должна выполняться с учетом размеров, формы пласти и качества доски. Кроме того, должны учитываться спецификационные требования, а также допустимый обзол при обрезке досок различных толщин и качественных групп (сортов).

Вспомогательное время, необходимое для того, чтобы положить очередную доску на стол и установить ее (по коренной пиле или по центру симметрично перемещающихся пил при двух подвижных пилах) для обрезки, принятое на циклограмме на рис. 10.13 равным 0,5 и 0,8 с, является минимальным. Это объясняется тем, что осмотр, оценку и выбор ширины обрезки необрезной доски вершинный обрезчик начинает производить в то время, когда он вместе с комлевым обрезчиком берет доску с поперечного цепного транспортера и при необходимости поворачивает ее для укладки на впередистаночный стол широкой пластью книзу. Однако следует иметь в виду, что оптимальность ширины обрезки во многом зависит от времени, которое затрачивается на осмотр и оценку доски, когда она уже находится на впередистаночном столе.

Первый $T_{ц1} = 4,7$ с и третий $T_{ц3} = 5,0$ с рабочие циклы станка (см. рис. 10.13) различаются за счет того, что при первом цикле конструктивно предусмотрена возможность осуществлять команду на перестановку подвижной пилы преселективно, а при третьем такая возможность исключена.

Обычно команда на перевод подвижной пилы производится после того, как очередная доска положена на впередистаночный стол и сориентирована по коренной пиле. Если мы обозначим время в рабочем цикле станка, которое может быть сэкономлено преселективным управлением подвижной пилы (когда команда на установку пилы для очередной доски подается во время обрезки предыдущей доски), через t_3 , расстояние от переднего торца отрезаемых досок до передних подающих валцов станка S_1 , от валцов до пил S_2 и путь выхода досок из зоны пил и расклинивающих ножей S_3 , то

$$t_3 = \frac{60(S_1 + S_2 + S_3)}{u} - t_{в1} \approx \frac{100}{u} - t_{в1},$$

где $t_{в1}$ — время, необходимое для того, чтобы положить (подать) очередную доску на впередистаночный стол и установить (сориентировать) ее для обрезки, c ; u — скорость подачи станка при обрезке предыдущей доски, м/мин.

В существующих станках $S_1 + S_2 + S_3 \approx 1,7$ м. Поэтому $1,7 \times 60 \approx 100$ м. Воспользуемся этой формулой и рассчитаем сэкономленное время в первом цикле станка (с преселектикой по отношению к третьему циклу) без преселектики: $t_s = 100/u - t_{в1} = 100/120 - 0,5 \approx 0,3$ с. Это и отражено на циклограмме (см. рис. 10.13), где $T_{ц3} - T_{ц1} = 5 - 4,7 = 0,3$ с.

Из формулы (10.6) видно, что влияние преселективного управления на производительность обрезных станков уменьшается с увеличением скорости их подачи и вспомогательного времени $t_{в1}$, необходимого для подачи и ориентирования доски на впередистаночном столе.

При t_s , равном или меньшем нуля, преселективное управление подвижными пилами смысла не имеет. Так, во втором цикле станка, где обрезка доски производится при $u = 180$ м/мин и $t_{в1} = 0,8$ с, $t_s = 100/180 - 0,8 \approx -0,35$ с, т. е. преселективного управления перемещением подвижной пилы не требуется.

Преселективное управление позволяет обрезчику несколько быстрее заканчивать цикл обработки доски посредством совмещения предварительной команды по перестановке пилы с обрезкой предыдущей доски. При этом, чем меньше затрачивается времени на вспомогательные операции по укладке очередной доски на впередистаночный стол и ее установке по коренной пиле и чем медленнее осуществляется уход предыдущей доски со впередистаночного стола, тем необходимее преселективное управление переводом подвижной пилы. Такое положение имеется при обрезке коротких досок после длинных, когда на подготовку первых затрачивается значительно меньшее время.

Часто без преселективного управления цикл обрезки удлиняется на 1 с и более. Это происходит в результате того, что обрезчики запаздывают с началом перевода подвижной пилы и практически не совмещают его со временем перемещения доски до передних валцов станка. Если очередная доска войдет в пилы в тот момент, когда перемещение подвижной пилы еще не закончилось, это приведет к порче инструмента, некачественному пропилу и пр.

Устройства для перемещения пил обрезных станков, кроме дистанционности и при необходимости преселективности, должны

обеспечивать перемещение пил со скоростью примерно 200 мм/с и их остановку в заданном положении с точностью ± 1 мм при одной и $\pm(0,5 \dots 0,7)$ мм при двух симметрично расположенных подвижных пилах.

Следящий привод подвижных пил обрезных станков относится к системам регулирования с обратной связью, где регулируемой величиной является их механическое положение. В системах следящего привода необходима точность установки при надежной устойчивости привода. Критерием устойчивости является отсутствие или быстрое затухание колебаний привода около заданного положения.

Расчет следящего привода сводится к определению параметров, которые обеспечивают устойчивость в положении органа к заданному положению. Однако высокие значения скорости быстрого перемещения, обеспечивающие минимальную длительность цикла установки подвижной пилы, усложняют привод и приводят к возникновению гидравлического удара в момент переключения на замедленную скорость. Поэтому увеличение скорости быстрого перемещения свыше 200 мм/с не является рациональным [5].

При децентрализованной обрезке максимальное число необрезных досок, поступающих в минуту от лесопильных рам первого и второго ряда в двухрамном j -м потоке, равно:

$$I_{j\text{нд}}^{\text{лр}} = \frac{\Delta_{pi} n}{1000 l_{\text{ср}i}} K_{mj} z_{\text{нд}i}, \quad (10.7)$$

где Δ_{pi} — расчетная посылка при распиловке бревен i -го диаметра, мм; n — частота вращения коленчатого вала рамы, мин^{-1} ; $l_{\text{ср}i}$ — средняя длина распиливаемых бревен, м; K_{mj} — принятый в расчете производительности j -го рамного потока коэффициент использования машинного времени; $z_{\text{нд}i}$ — число необрезных досок (боковых), выпиливаемых из бревна i -го диаметра на первом и втором проходах. Заметим, что K_{mj} в большинстве случаев принимается равным единице, так как кратковременные межторцовые разрывы учитываются коэффициентом K_N .

Для каждого потока производят расчеты по всем i -м диаметрам распиливаемых на нем бревен. Расчеты сводят в таблицы или строят графики. На их основании находят максимальное число необрезных досок при распиловке какого-либо бревна i -го диаметра. Это число и является искомым. Если в многопоточном лесопильном цехе предусмотрена централизованная обрезка до-

сок на специальном участке, то максимальные значения чисел необрезных досок, поступающих от бревнопильного оборудования потоков всех типов, складывают и на этом основании выбирают число и параметры обрезных станков.

Максимальное число необрезных досок, поступающих в минуту от фрезерно-пильного оборудования, равно:

$$I_{\text{нд}}^{\text{лфп}} = U_i K_{\text{м}} z_{\text{нд}} / l_{\text{ср}}, \quad (10.8)$$

где U_i — скорость подачи фрезерно-пильного оборудования при переработке бревен i -го диаметра, м/мин.

Следует иметь в виду, что с ЛАПБ необрезные доски, как правило, не поступают. На фрезерно-брусующие линии необрезные доски поступают только от круглопильных станков для распиловки бруса, устанавливаемых на втором проходе.

На рис. 10.14 представлен продольный разрез современного автоматического участка централизованной выборочной торцовки и обрезки необрезных досок. Централизация этих процессов позволяет наиболее эффективно использовать средства их комплексной механизации и автоматизации как в случае рамной распиловки, так и при переработке бревен на фрезерно-пильных линиях большой единичной мощности. В первом случае пачки необрезных досок, поступающие по продольным конвейерам 1 и 3, разбираются поштучно при помощи наклонных транспортеров с упорами или планками и затем поступают в питатели 2 и 4 шагового типа, откуда они по команде ЭВМ подаются в свободные упоры транспортера перед многопильным торцовочным агрегатом — триммером. Установленные здесь датчики 5 размеров и качества необрезных досок посылают информацию в устройство оптимизации и обрезки, которое управляет триммером 6 предварительной торцовки необрезных досок, распределяет их с помощью конвейера 8 и питателей шагового типа 7 по обрезным станкам 9, выдает команды для оптимальной ориентации и ширины обрезки необрезных досок.

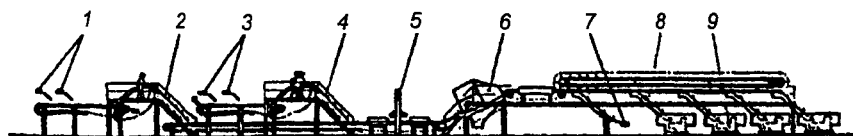


Рис. 10.14. Автоматизированный участок выборочной торцовки и обрезки необрезных досок.

Пояснения даны в тексте.

К трудностям при механизации разборки пачек необрезных досок и горбылей в рамных лесопильных потоках следует отнести происходящие в прямках разборщиков механические повреждения необрезных досок, которые разбираются упорами или планками, закрепленными на цепях наклонного транспортера. Поэтому при создании фрезерно-пильных линий применяется система поштучной подачи необрезных досок, непосредственно вышедших из распиловки. В этом случае двоянные, например, ленточнопильные станки устанавливаются последовательно по ходу потока, и с каждой стороны бревна происходит выпилка только одной необрезной доски, которая системами транспортеров подается к участку обрезки досок.

При централизованной обрезке необрезных досок (см. рис. 10.14) производится подсортировка необрезных досок по ширине. Это позволяет не переводить подвижную пилу, сократить рабочий цикл обрезных станков до 3...2,5 с и достичь цикловой производительности обрезки до 20...24 досок в минуту, имея при этом скорость подачи станков до 225 м/мин. В мировой практике лесопиления уже имеются устройства для автоматического определения качества досок. Так, автоматические линии обрезки необрезных досок фирмы «Альстрем» комплектуются такими устройствами, которые регистрируют и анализируют следующие дефекты досок: сучки, выступы, шероховатость, гниль, трещины, косослой, синеву и краснину. При автоматической обрезке количество досок может составить более 30 штук в минуту, т. е. превысить практически максимальную производительность обрезных станков при ручном выполнении вспомогательных операций в 2 раза.

Обратим внимание, что расчеты, связанные с определением производительности обрезных станков при коэффициенте использования их машинного времени $K_m = 0,8...0,9$ ([1], с. 269), когда он находится в основном на уровне $K_m \approx 0,5$, а также при постоянном неперекрытом вспомогательном времени $t_b = 1,5$ с ([10], с. 301), независимо от скорости подачи станков не могут быть рекомендованы к использованию, так как при этом производительность станков может быть неоправданно завышена на десятки процентов, а иногда и в два раза.

10.4. Линии для сортировки сырых пиломатериалов

В условиях окончательной обработки пиломатериалов после сушки процессы сортировки сырых досок перестали являться финишными операциями лесопильных заводов.

Более того, к ним стали предъявляться совершенно другие требования, чем при одностадийной сортировке пиломатериалов. Так, переход на штабельный метод обращения пиломатериалов внутри предприятия привел к возникновению качественно нового явления на участке сортировки сырых пиломатериалов — накоплению и хранению определенного количества уже отсортированных пиломатериалов с целью выдачи их с участка только тогда, когда их объем (число досок) соответствует объему (числу досок) крупногабаритного сушильного штабеля.

Поэтому линии для сортировки сырых пиломатериалов могут быть разделены на два основных класса — первый и второй: линии для обеспечения соответственно штабельного и пакетного методов обращения пиломатериалов внутри завода.

Крупногабаритные беспакетные сушильные штабеля имеют ширину около 2 м и высоту до 5 м, транспортные пакеты — ширину, например, 1,35 м и высоту 1,3 м. В цехе камерной сушки и окончательной обработки из нескольких таких пакетов формируется крупногабаритный беспакетный сушильный штабель шириной 2 м и высотой 5 м. Если такие пакеты подаются к сушильным камерам типа СП4-КМ или «Валмет-1», то из них сначала формируют сушильные пакеты шириной 1,8 м, а затем из двух таких пакетов составляют сушильный штабель высотой около 3 м.

Процесс сортировки сырых пиломатериалов на линиях, обеспечивающих пакетный метод их обращения внутри завода, может заканчиваться формированием не плотных, а сушильных пакетов шириной 1,8 м и высотой 1,4 м. В том или ином случае в состав линий входят соответствующие пакетоформирующие устройства или машины.

Необходимость разделения линий для сортировки сырых пиломатериалов на приведенные выше два класса объясняется тем, что наиболее распространенной ошибкой при их выборе и обосновании эффективности является сравнение технико-экономических показателей линий разных классов, что недопустимо, так как в данном случае мы имеем дело с различными технологиями (различны состав и последовательность операций, на линиях первого класса предусмотрено не только накопление, но и хранение определенного количества уже отсортированного пиломатериала, что полностью отсутствует на линиях второго класса). Эффективность их применения в той или иной технологии обуславливается, кроме того, не только различной стоимостью оборудования и строительных сооружений, но и условиями камер-

ной сушки пиломатериалов в беспакетных и пакетных штабелях, запасами на последующих операциях и другими факторами. Не менее важна достоверность технико-экономических показателей при сравнении рассматриваемых типов линий для обеспечения штабельного метода обращения и выбора наиболее эффективного решения участка сортировки сырых пиломатериалов. Это может быть обеспечено только сопоставимостью сравниваемых вариантов.

Еще сравнительно недавно процессы сортировки сырых пиломатериалов являлись окончательными операциями не только лесопильных цехов, но, по существу, и лесопильных заводов.

До внедрения пакетного метода обращения пиломатериалов в лесопилении окончательная торцовка всех досок в сыром виде и их сортировка по сортам и сечениям (ширинам и толщинам) выполнялась с разделением на две группы длин, например от 1 до 1,75 м и от 2 до 6,5 м. Доски длиной до 1 м по сортам не рассортировывались и сразу поставлялись потребителю.

Сравнительно низкая специализация лесопильных предприятий по назначению выпиливаемой пилопродукции приводила к необходимости определять несколько назначений пиломатериалов: на экспорт, внутренний рынок и для собственной деревообработки. Выпиловка 50...60 сечений пиломатериалов считалась нормальным явлением.

Окончательная торцовка всех досок в лесопильном цехе проводилась на позиционных торцовочных столах, а их сортировка по сортам (по меткам контролеров качества) и сечениям, как правило, — на частично механизированных сортировочных площадках типа ТСП-3 и ТСП-4, на которых были заняты около половины всех рабочих лесопильных цехов.

Последние представляют собой универсальные устройства (рис. 10.15), состоящие из трех участков: приемного *А*, на который сбрасываются выходящие с бревнопильных линий доски, браковочного *Б*, где определяется сорт или назначение досок, и разборочного *В*, вдоль которого вручную укладываются пакеты отсортированных пиломатериалов в соответствии с их размером и сортом.

Контроль качества пиломатериалов выполняется на участке *Б* рабочими, которые стоят на соседних досках во время осмотра той или иной доски и нанесения на нее соответствующего знака сорта. При этом все доски со стоящими на них рабочими движутся на цепях.

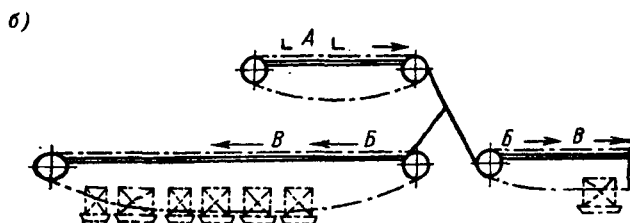
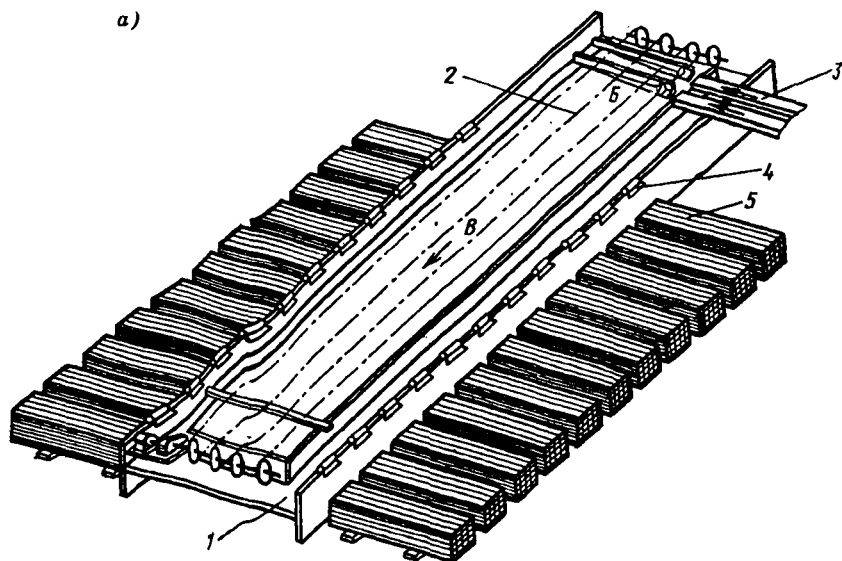


Рис. 10.15. Полумеханизированные одноэтажные (а) и двухэтажные (б) сортировочные площадки ТСП-3.

А — приемный участок; Б — браковочный участок; В — разборочный участок.
1 — коридор; 2 — поперечный цепной транспортер ТСП-3; 3 — продольные выносные транспортеры; 4 — ролики; 5 — пакеты пиломатериалов.

Для осмотра нижней пласти доску переворачивают специальным крюком с длинной ручкой. Поставив сорт очередной доски, рабочий переходит к осмотру следующей. Таким образом, он через некоторое время «подъезжает» к концу участка и затем переходит в его начало.

Обычно один контролер качества определяет сорт 6...8 досок в минуту. Поэтому при поступлении, например, 30 досок в минуту для выполнения этой операции требуется четыре-пять контролеров качества. Длина участка, на котором один рабочий осматривает доски и наносит на них знак того или иного сорта

мелком, укрепленным в деревянной рукоятке, составляет примерно 4 м. Поэтому если контролеров качества требуется больше, чем четыре-пять, участки контроля качества дублируются с размещением их на втором и третьем этажах перед началом разборочной части.

На рис. 10.16 представлена схема расположения контролеров качества на участке контроля. Очевидно, что скорость их перемещения в процессе во столько раз меньше скорости цепей транспортера, сколько человек обслуживают участок. Скорость движения цепей поперечных транспортеров не превышает 12 м/мин. При большей скорости определение сорта и съем досок при их раскладке становятся затруднительным.

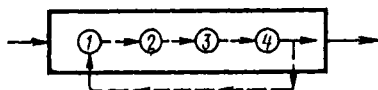


Рис. 10.16. Схема расположения контролеров качества на участке.

Сортировочные площадки с установленными на них поперечными цепными транспортерами СТ-3 и СТ-4 относятся к полумеханизированным устройствам. Ручные операции по съему досок с цепей являются физически тяжелыми, так как усилия в начальный момент съема достигают 400 Н. На сортировочных площадках занята примерно половина всех рабочих лесопильных цехов.

Однако и в период широкого внедрения в промышленность пакетной отгрузки пиломатериалов и значительного увеличения уровня автоматизации процессов лесопиления сортировочные площадки, являющиеся универсальными устройствами, имеют подавляющее распространение и являются серьезным конкурентом специализированных механизированных и специальных автоматических линий для сортировки сырых пиломатериалов. Такое положение характерно не только для отечественного, но и для зарубежного лесопиления. Объясняется это тем, что сортировка сырых досок на сортировочных площадках позволяет абстрагироваться от наличия, вида и объема сушки пиломатериалов на лесопильных заводах. На них можно сортировать необрезные и обрезные доски практически любых длин и по любым сорторазмерным признакам. При необходимости здесь могут производиться не только определение сортности и назначения досок (на экспорт, внутренний рынок и т. д.), но и меняться ва-

рианты их раскладки: по сечениям с нанесением на досках знаков сорта, по сечениям и сортам и т. д.

На сортировочных площадках можно разместить до 80...120 подстопных мест. Это позволяет передавать в дальнейшую обработку только полные пакеты досок, так как на предприятиях, выпиливающих большое число сортосечений, имеющих несколько периодов работы лесопильного цеха, в смену, тот или иной пакет из неходовых сортосечений пиломатериалов может накапливаться в течение нескольких смен.

Другим не менее важным обстоятельством является низкая экономическая эффективность, а очень часто и просто неэффективность использования механизированных или автоматических линий для сортировки пиломатериалов на предприятиях со сравнительно невысоким уровнем специализации. Это объясняется тем, что, например, автоматические линии для сортировки сырых досок по сечениям экономически эффективны только при годовых объемах рассортировки на них не менее 100...150 тыс. м³ пиломатериалов и более. Для этого они должны иметь максимальную пропускную способность не менее 65...80 досок (упоров, крюков) в минуту. Эти цифры — нижний предел пропускной способности линий. Верхним ее пределом в настоящее время являются скорости, обеспечивающие до 150...180 и даже 200 досок в минуту.

Обеспечить такие уровни пропускной способности линий можно только при их работе в автоматическом режиме, что осуществимо при сортировке сырых пиломатериалов только по сечениям. Однако сортировка пиломатериалов только по сечениям возможна при наличии целого ряда условий организационно-технологического характера.

Во-первых, кроме наличия оптимальных уровней концентрации производства должна иметь место 100 %-я сушка всех выпиливаемых пиломатериалов, так как определение их сортовых признаков производится вне лесопильного цеха.

Во-вторых, необходимо иметь не только сравнительно небольшое число сечений пиломатериалов, выпиливаемых в течение того или иного периода работы лесопильного цеха, но и производить их выпилку в течение всего оперативного периода времени. Последний характеризует период получения тех или иных транспортных партий пиломатериалов с заданными параметрами (коэффициентами кондиционности транспортных пакетов и др.). Обеспечить это в свою очередь можно только при развитой сортировке пиловочника и высоком уровне специализации предприятий.

Указанные обстоятельства объясняют, в частности, то положение, что в промышленности использовались только механизированные линии типа ПСП-36, установленные в основном на предприятиях Урала и Восточной Сибири. Для них исключение ручного съема и раскладки досок, имеющих большие размеры поперечного сечения, а следовательно, и массу по сравнению с досками, обрабатываемыми на европейских предприятиях, является первоочередной задачей. Сравнительно низкая пропускная способность механизированных линий (до 30 досок в минуту) позволяет рассортировать на них доски не только по сечениям, но и по сортам или по назначению. Однако, например, на восьмизамном заводе было необходимо установить четыре такие линии, при этом стоимость участков сортировки становится больше, чем стоимость всех остальных участков лесопильного цеха.

Отечественной станокостроительной промышленностью были созданы опытные образцы унифицированных линий для выборочной торцовки сырых пиломатериалов по размерам поперечного сечения ЛССА-40 и ЛССА-18Т с пропускной способностью до 90 упоров в минуту.

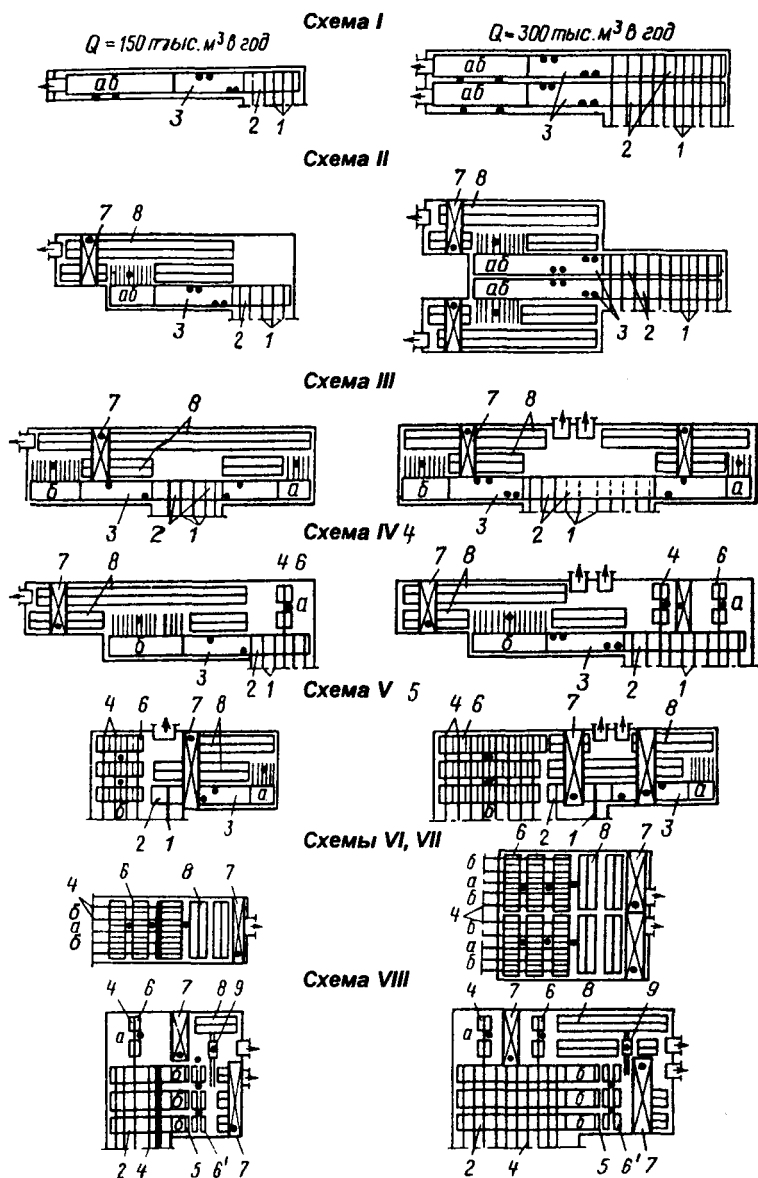
Ижевским машиностроительным заводом было изготовлено несколько десятков механизированных линий ЛТС-16 конструкции ЦНИИМОДа с пропускной способностью до 40 упоров в минуту.

На некоторых заводах установлены линии для выборочной торцовки и автоматической сортировки досок по сечениям финской фирмы «Валмет».

На рис. 10.17 приведены структурно-технологические схемы участков сортировки сырых пиломатериалов на базе сортировочных линий различных типов при производственной мощности ряда предприятий 150 и 300 тыс. м³ пиломатериалов в год при штабельном методе их обращения. Этот ряд был принят Гипродревом в качестве исходного при реконструкции действующих и строительстве новых предприятий.

На участках применены сортировочные линии с карманами или вагонетками для рассортированных сырых пиломатериалов, либо бункерные линии с распределительными устройствами, либо те и другие линии одновременно.

Схема I (см. рис. 10.17) характеризуется применением на участке сортировочных линий типа ЛССА-40. На линиях этого типа непосредственно проводятся операции распределения досок по накопительным карманам в соответствии с размерами их поперечных сечений; накопления в карманах определенного числа



• — рабочее место оператора-рабочего.

Рис. 10.17. Схемы участков сортировки сырых пиломатериалов.

Пояснения даны в тексте.

досок и их хранения до момента накопления объема, необходимого для формирования беспакетных сушильных штабелей высотой 5 м, а также выборочная торцовка и антисептирование досок. Антисептировать доски необходимо потому, что время от их поступления в карманы линий до формирования из них сушильных штабелей может превышать сутки. Это относится как к доскам нефаavorитных сечений, так и к доскам сечений, которые не выпиливаются в течение тех или иных периодов работы цеховых лесопильных потоков.

При мощности предприятия 300 тыс. м³ пиломатериалов в год на участке устанавливаются две линии, причем доски определенных сечений, выходящих с бревнопильных линий, можно направлять на любую из них. Это позволяет иметь на обеих линиях при мощности 300 тыс. м³ то же число карманов, что и на одной линии при мощности 150 тыс. м³ пиломатериалов в год. Число карманов на линиях (без учета резервных) равно удвоенному числу сечений сортируемых досок в течение оперативного периода времени, так как доски того или иного сечения, из которых формируется беспакетный штабель, накапливаются (хранятся) в двух карманах.

Линия работает следующим образом. Обрезные доски толстые *a* (центральные и сердцевинные) от разваливающих брусья рам и боковые *b* от обрезных станков подаются на линии 3 при помощи роликовых 1 и поперечных цепных 2 транспортеров. После выборочной торцовки на многопильном торцовочном агрегате (триммере) и антисептирования в агрегате форсуночного типа (здесь может производиться выборочное антисептирование, например, досок нефаavorитных размеров) доски распределяются при помощи датчиков их поперечных сечений по карманам линии. Для предотвращения повреждений досок при сбросе предусмотрено автоматическое ступенчатое опускание днища карманов по мере их заполнения досками на 1/9 объема. Накопленные в необходимом количестве доски выгружаются из карманов на поперечный транспортер и передаются на штабелеформирующую линию.

Схема II характеризуется применением сортировочных линий с вагонетками. Рассортированные пачки досок на вагонетках выкатываются в зону мостового крана 7, при помощи которого они перегружаются на стационарные подстопные места 8. По мере накопления на трех подстопных местах числа досок, необходимого для формирования беспакетного сушильного штабеля высотой 5 м, они мостовым краном 7 передаются на вынос-

ной транспортер и далее к штабелеформирующей линии. Емкость одной вагонетки, одного стационарного подступного места в подкрановой зоне и одного кармана-накопителя с амортизирующим устройством в этой и во всех рассматриваемых ниже схемах соответствует $1/3$ объема пиломатериалов беспакетного сушильного штабеля высотой 5 и шириной 2 м. Работа на этом участке аналогична работе по схеме I.

Принципиальное отличие схемы III от схемы II состоит в применении специализированных линий для выборочной торцовки, антисептирования и сортировки толстых *a* и боковых (тонких) *б* досок.

Схема IV характеризует применение сортировочных линий с вагонетками для тонких и бункерных линий для толстых досок типа ЛСП-21 и финской фирмы «Валмет», установленных на Архангельском ЛДК им. В. И. Ленина, Соломбальском ЛДК и Кемском лесозаводе в Карелии. На этих линиях централизованно проходят выборочную торцовку и антисептирование только тонкие доски. Толстые доски направляются распределительным устройством 4 в один из накопительных бункеров 6 с амортизирующим устройством. После заполнения бункера расчетным количеством досок система управления переключает поток толстых досок в другой свободный бункер, а заполненный разгружается при помощи крана. В остальном работа аналогична работе участков по предыдущим схемам.

В схеме V (как и в схеме III) централизованную выборочную торцовку проходят толстые доски *a*. Тонкие доски *б* проходят выборочную торцовку на триммере перед централизованной обрезкой на участке обрезных станков (на рисунке не показан). После обрезки доски распределительными устройствами 4 направляются в свободные бункера-накопители 6 с амортизирующими устройствами, из которых по мере заполнения бункеров перегружаются мостовым краном 7 на стационарные подступные места 8. Антисептирование тонких досок производится методом погружения их пачек в специальные ванны также с помощью мостового крана 7.

В схемах VI и VII применяются бункерные линии, различающиеся тем, что в схеме VI на триммере производится выборочная торцовка толстых и тонких досок перед формированием сушильных штабелей, а в схеме VII — только тонких досок перед участком их централизованной обрезки (на рисунке не показаны). В остальном организация работы на участке с толстыми и тонкими досками идентична работе с боковыми досками по схеме V.

Схему *VIII* характеризует применение бункерных линий с установкой на участке сортировки тонких досок сборных поперечных транспортеров. Применение бункерных линий предложено д-ром техн. наук В. Г. Турушевым. В схеме *VIII* доски, поступающие от обрезных станков, с помощью распределительных устройств 4 направляются на поперечные транспортеры 2, а доски, поступающие от станков, распиливающих брусья, — в бункера-накопители 6. С поперечных транспортеров тонкие доски распределяются в зависимости от их ширины устройством 5 в один из двух бункеров-накопителей 6'. Подача пачек рассортированных по сечениям досок для их комплектования и хранения на подстопных местах 8 осуществляется мостовым краном 7 и тележкой 9. Схема рассчитана на одновременную обработку до 8 сечений пиломатериалов (6 сечений тонких и 2 сечения толстых досок). Выборочная торцовка толстых и тонких досок производится при помощи триммера перед формированием сушильных штабелей (на рисунке не показан). Обратим внимание, что число карманов-накопителей (без учета резервных) на линиях типа ЛССА (схема *I*) должно быть равным удвоенному числу сечений пиломатериалов, выпиливаемых в течение оперативного периода работы предприятия (год). Именно этим и объясняется большое число карманов в процессах сортировки сырых досок.

Характерной особенностью конструкции бункерных линий (схемы *VI* и *VII*) является необходимость иметь для каждого сечения досок, выходящих на сортировочный участок, два бункера-накопителя, а если одно и то же сечение поступает, например, от различных обрезных станков, то для него необходимо иметь уже четыре бункера-накопителя. При этом половина этих накопителей (для каждого сечения) практически являются резервными. Бункерные линии с накопительными поперечными транспортерами 2, куда поступают доски от обрезных станков (схема *VIII*), позволяют несколько уменьшить число бункеров-накопителей, но ограничивают число выпиливаемых сечений пиломатериалов. Схема *VIII* не позволяет также иметь число накопителей (не считая резервных), равное числу сечений пиломатериалов, выпиливаемых в течение оперативного периода работы предприятия (год). Все другие схемы (кроме *I* и *VIII*) могут иметь число карманов на линиях, равное числу выпиливаемых сечений за оперативный период работы предприятия (год) или за период работы лесопильных потоков цеха (несколько часов). Если в лесопильном цехе может одновременно выпиливаться значительно меньшее число сечений пиломатериалов, чем в течение оператив-

ного периода работы предприятия (условие работы схемы VIII), то во всех схемах (кроме схемы I) число карманов-накопителей непосредственно на линиях может быть значительно уменьшено. Например, если в схеме II в течение периода работы потоков в лесопильном цехе выпиливается и рассортировывается 7 сечений пиломатериалов, а в течение оперативного периода работы предприятия (или года) 24 сечения пиломатериалов, то число вагонеток на сортировочной линии должно быть равно 7 (без учета резервных), а число стационарных подстопных мест $24 \times 3 = 72$ (также без учета резерва). Преимуществом такой организации работы является меньшая стоимость сортировочных линий и самих участков, так как на линиях устанавливается уже не 24, а 7 вагонеток (без учета резервных) при их значительно большей стоимости по сравнению со стационарными подстопными местами.

Особенностью такой организации работы является необходимость корректирования поступления определенного числа сортируемых досок в те или иные бункеры (вагонетки), так как после очередного периода работы потоков лесопильного цеха в бункерах (вагонетках) линий, как правило, остается число досок, не кратное объему штабеля высотой 5 м. Необходимо убрать их с линий на стационарные подстопные места, а затем при очередном возврате к данному сечению дополнить до заданного числа. Это усложняет систему управления сортировочным участком, так как требует оперативного учета поступления досок определенных сечений уже в течение всего оперативного времени работы предприятия.

Для автоматизации процессов сортировки сырых пиломатериалов при пакетно-штабельном методе обращения пиломатериалов предусматривалась линия ЛССА-18Т, в состав которой входит устройство для формирования плотных пакетов пиломатериалов. Такие линии могут быть использованы при организации работы участков сортировки сырых пиломатериалов по схеме I с накоплением в каждой паре карманов того количества досок, которое обеспечивает формирование полногабаритного беспакетного штабеля высотой 5 м. Это обеспечивает накопление строго фиксированного количества пиломатериалов определенного сечения, которые затем могут быть переданы в цеха их камерной сушки и окончательной обработки (к находящимся там штабелеформирующим линиям) в виде пачек или пакетов досок.

В случае комбинированного метода обращения пиломатериалов внутри предприятия часть из них должна формироваться в сушильные штабеля высотой 3 м, а часть — до 5 м. Это не вносит

принципиальных изменений в структуру рассмотренных выше схем участков сортировки сырых пиломатериалов, так как, например, для формирования сушильного штабеля высотой 2,7... 3 м достаточно емкость двух стационарных подсобных мест в подкрановой зоне, а штабеля высотой до 5 м — трех. Применение в этом случае линий типа ЛССА требует проведения тщательных (вплоть до моделирования процессов) и достоверных расчетов, так как приводит к увеличению необходимого числа карманов-накопителей. Уменьшение числа карманов-накопителей возможно, например, при отказе от накопления в определенных парах карманов досок в количестве, достаточном для формирования сушильных штабелей высотой 5 м. В этом случае, как только в том или ином кармане линии накапливается число досок, достаточное для формирования половины такого штабеля, карман разгружается. Из полученной пачки досок формируется пакет, который и направляется в цех камерной сушки и окончательной обработки. Учитывая, что сушильный штабель высотой 5 м формируется из двух таких пакетов, перед штабелеформирующей линией необходимо иметь запас пиломатериалов в пакетах досок тех сечений, которые направляются в этот цех. Однако и в этом случае на линиях типа ЛССА требуется наличие числа карманов, равного числу выпиливаемых сечений пиломатериалов в течение всего оперативного периода работы предприятия (не считая резервных). Исследования эффективности оборудования (см. рис. 10.17) для сортировки сырых пиломатериалов при штабельном методе обращения с обеспечением сопоставимости приведенных выше факторов показывают следующее.

При выборочной торцовке толстых и тонких досок, что обусловлено качеством сырья, поступающего в распиловку на многие предприятия Сибири и Дальнего Востока (крупномерное сырье в этих районах содержит такое количество пороков, особенно гнили, что поперечному раскрою и торцовке подлежит фактически каждая доска), наименьшие приведенные удельные затраты при производственной мощности предприятий 150 тыс. м³ пиломатериалов в год при 7 сечениях, выпиливаемых за период работы потоков лесопильного цеха и оперативный период работы предприятия (или года), имеет схема VI (бункерные линии). На втором месте по эффективности стоит схема II (линии с накопительными вагонетками и краном), затем схема V (бункерные линии для тонких досок и линия с вагонетками и краном для толстых досок). Далее идут схема I (линия ЛССА) и схема VIII (бункерные линии с установкой на участке сортировки тонких досок

досок сборных поперечных транспортеров). Наименее эффективна в этом случае схема *III* (специализированные линии для тонких и толстых досок с вагонетками и краном).

При производственной мощности предприятий 300 тыс. м³ пиломатериалов в год и при тех же прочих условиях (выборочной торцовке толстых и тонких досок и выпиловке 7 сечений за период работы потоков лесопильного цеха и оперативный период работы предприятия) наиболее эффективна уже схема *V* (бункерные линии для тонких досок и линии с накопительными вагонетками и краном для толстых досок). Схема *VIII* (бункерные линии с установкой на участке сортировки тонких досок сборных поперечных транспортеров) остается по эффективности в этом случае на втором месте. Далее следуют схема *III* (специализированные линии с вагонетками для толстых и тонких досок и краном) и схема *VI* (бункерные линии), и за ними схема *II* (линии с накопительными вагонетками).

Наименее эффективной в этом случае будет схема *I* (линии типа ЛССА). Увеличение числа выпиливаемых сечений за оперативный период работы предприятия при выпиловке 7 сечений за период работы лесопильного цеха больше всего отражается на эффективности участка с линией типа ЛССА (схема *I*) и значительно меньше на участке с бункерными линиями и сборными поперечными транспортерами для сортировки тонких досок (схема *VIII*). Это объясняется конструктивными особенностями линий, так как, например, линии типа ЛССА должны иметь число карманов, равное удвоенному числу сечений пиломатериалов, выпиливаемых не за период работы лесопильного цеха, а за оперативный период работы предприятия.

Что касается других рассматриваемых типов сортировочных участков (линий), то их конструктивные решения позволяют иметь число карманов, равное числу выпиливаемых сечений за период работы потоков лесоцеха (например, 7) при значительно большем числе выпиливаемых сечений досок за оперативный период работы предприятия или в течение года, например 12, 18, 24. Вследствие этого рост приведенных затрат на обработку 1 м³ пиломатериалов на этих участках при увеличении числа выпиливаемых сечений в течение оперативного периода работы предприятия или года сравнительно невысок.

Также при производственной мощности предприятий 300 тыс. м³ пиломатериалов и обработке на участке до 7 сечений пиломатериалов, но при исключении операций выборочной торцовки и антисептирования толстых (центральных и сердцевин-

ных) досок (условия лесопиления в европейской части) удельные приведенные затраты, например в схеме IV (линии с вагонетками для тонких и бункерных для толстых досок), могут быть снижены почти в 1,5 раза. Основным недостатком бункерных линий является их сравнительно низкая эффективность при значительной производственной мощности предприятий, выпилке свыше 8 сечений за период работы лесопильных потоков цеха, а с точки зрения перспектив автоматизации процессов — децентрализация сортировочных, транспортных и других операций, включая операции по управлению и регулированию процессов и учету пиломатериалов. Поэтому их применение целесообразно преимущественно в лесопильных цехах небольшой и средней мощности, специализированных на выпилку ограниченного числа сечений пиломатериалов.

Следует учитывать, что каждое конкретное лесопильное предприятие имеет свои специфические условия: качество перерабатываемого сырья, степень его сортировки, назначение и число выпиливаемых сечений пиломатериалов и, наконец, метод обращения пиломатериалов внутри предприятия. Поэтому одной из главных задач при реконструкции участков сортировки сырых пиломатериалов является правильный выбор типа и параметров автоматизированного оборудования. Исследования и опыт показывают, что наиболее эффективным методом создания такого оборудования является его агрегатирование из функциональных механизмов с учетом требуемого числа карманов в линиях.

Число резервных карманов-накопителей увеличивается с уменьшением их емкости. В среднем оно соответствует 15...20 % от числа выпиливаемых сечений пиломатериалов.

В лесопильном цехе между бревнопильными линиями и линиями для сортировки сырых пиломатериалов располагают сравнительно небольшие запасы пиломатериалов (в основном на поперечных транспортерах), выравнивающие во времени только кратковременные колебания интенсивности выпилки досок. Поэтому при синхронизации работы рассматриваемых линий в одно- и многопоточных лесопильных цехах определяется максимальный уровень интенсивности выпилки досок в течение каждого периода работы лесопильных потоков. За расчетную интенсивность принимается наибольшее число досок, выпиливаемых в минуту, при распиловке бревен определенного диаметра соответствующим поставом.

Расчет максимального числа досок, поступающих к линиям их торцовки и сортировки, производится аналогично числу не-

обрезных досок, поступающих на обрезку, только учитываются все доски в минуту, выпиливаемые из бревен i -х диаметров. Поэтому максимальное число досок, поступающих от двухрамного потока к линии их торцовки и сортировки, равно:

$$I_{i_d}^{лп} = \frac{\Delta_{pi} n}{1000 l_{срi}} K_{иj} z_{di}.$$

Максимальное число досок в минуту, поступающих от фрезерно-пильного оборудования к линии их торцовки и сортировки, равно:

$$I_{i_d}^{лфп} = U_i K_{иj} z_{di} / l_{срi},$$

где z_{di} — число всех досок, выпиливаемых из бревна i -го диаметра на первом и втором проходах, шт.

К основным технологическим параметрам линий для торцовки и сортировки сырых досок относятся их пропускная способность и число карманов.

Необходимая пропускная способность и тип этих линий определяются в соответствии с найденной интенсивностью выпилки досок в минуту с учетом ее превышения на 15...20 %. В смешанных процессах, когда толстые доски из пропиленной пласти бруса подвергают выборочной торцовке и сортируют только по размерам их поперечных сечений, а боковые доски торцуют окончательно и сортируют по сечениям и сортам, число досок в минуту, поступающих от обрезных станков к контролерам качества для определения сорта тонких пиломатериалов, определяют по формулам (10.7) и (10.8). Число карманов практически принимается равным числу выпиливаемых сечений досок с увеличением на 15...20 %. Эти дополнительные 2...3 кармана и являются резервными, куда переключается поступление досок определенного сечения после наполнения закрепленного за ним ранее кармана. После опорожнения последний становится резервным.

Число резервных карманов-накопителей зависит также от типа линий. Например, в бункерных линиях их количество может быть равно числу выпиливаемых сечений пиломатериалов.

Например, в линиях типа ЛССА-18, где производится выборочная торцовка сырых досок на торцовочных устройствах проходного типа и автоматическая сортировка досок по сечениям, число карманов

$$n_{\text{карм}} = 14 + 3 + 1 = 18.$$

Здесь 14 — число выпиливаемых сечений пиломатериалов; 3 — число резервных карманов и 1 — конечный карман, предназначенный для досок, посылаемых операторами в «отбой», и досок, не рассортированных системой управления линией по тем или иным причинам.

В линиях типа ЛССА-40, где производится также накопление досок определенных сечений для формирования сушильных штабелей высотой до 5 м, число карманов

$$n_{\text{карм}} = 15 \cdot 2 + 4 \cdot 2 + 2 = 40,$$

где $15 \cdot 2$ — число сечений пиломатериалов, из которых каждое сортируется и накапливается в двух карманах; $4 \cdot 2$ — число резервных пар карманов и 2 — число конечных карманов, например для досок, посылаемых в «отбой» и не рассортированных системой управления линией.

Обратим внимание, что за линиями типа ЛССА-40, как правило, непосредственно устанавливаются штабелеформирующие линии.

В последнее время все острее стоит вопрос о сортировке сырых досок не только по традиционным параметрам (сечениям, сортам и длинам), но и по влажности. Естественно, что решение этого вопроса может иметь место только при ограниченном числе выпиливаемых сечений пиломатериалов.

В процессе переработки бревен выпиливается в основном три вида досок с различным характером распределения в них влажности. Тонкие боковые доски, как правило, выпиливаются из заболони и имеют в среднем большую влажность, чем толстые доски, выпиливаемые в основном из ядра. Промежуточное положение занимают доски третьего вида, содержащие как заболонь, так и ядро. Неравномерность распределения в них влаги достигает 100 % и более.

Одновременно с сортировкой досок по сечениям осуществляется и определенная селекция их по влажности. Однако этого недостаточно для получения минимального разброса начальной влажности досок в сушильных штабелях. Поэтому в США, например, внедряется в промышленность сортировка досок на две группы влажности, несмотря на то, что это приводит почти к двойному увеличению числа карманов на сортирующих линиях (фирма «Moore Oregon» и др.).

Сортировка досок по влажности позволяет значительно увеличить производительность сушильных камер вследствие воз-

возможности применения более жестких режимов сушки при уменьшении опасности растрескивания досок. Это в конечном итоге приводит к уменьшению времени сушки. Кроме того, уменьшается неравномерность распределения влажности досок в штабеле после сушки. В любом случае время сушки рассортированных по влажности досок оказывается меньше, чем нерассортированных.

Так, при рассортировке сосновых пиломатериалов на заболонные и ядровые для условий Сибири при средней влажности нерассортированного штабеля 87,5 % выигрыш во времени сушки рассортированного штабеля составляет в среднем 14 %. В сушильных камерах с большим числом штабелей возможен дополнительный выигрыш в производительности за счет рациональной организации процесса. При применении более жестких режимов следует ожидать еще большего сокращения времени сушки без ухудшения ее качества.

В целом сортировка пиломатериалов по влажности при ограниченном числе сечений пиломатериалов несколько увеличивает капитальные вложения на этом участке, но зато позволяет значительно сократить объем капитальных вложений на строительство и реконструкцию сушильного хозяйства или при тех же сушильных мощностях увеличить их производительность и уменьшить эксплуатационные затраты (себестоимость) сушки пиломатериалов примерно на 15 %. При этом создаются условия для включения автоматизированных систем управления технологических процессов (АСУТП) сушки пиломатериалов в интегрированные АСУТП лесопильных заводов при создании автоматизированных технологических комплексов.

Наиболее эффективное использование пиломатериалов возможно только при их сортировке с учетом назначения, начиная с их сортировки в сыром виде. Так наибольший эффект имеет сортировка сырых заболоневых и ядровых досок на лесопильно-древобообработывающих предприятиях, когда учитываются не общие требования (например, к экспортным пиломатериалам), а требования к конкретным изделиям, которые выпускаются этими предприятиями.

10.5. Расчет средней интенсивности поступления досок из лесопильного цеха на участок окончательной обработки пиломатериалов

Следует различать максимальную интенсивность выпилки за сравнительно короткий промежуток времени, например в те-

чение нескольких десятков минут, когда бревнопильное оборудование работает без простоев по техническим причинам и зачастую даже без межторцовых разрывов (если это позволяет тип оборудования и конструкция впередистаночных устройств), и среднюю интенсивность поступления досок из лесопильного цеха на участок окончательной обработки пиломатериалов.

При максимальной интенсивности выпилки досок определяют синхронизацию работы оборудования лесопильного цеха, включая линии сортировки сырых пиломатериалов.

При средней интенсивности выпилки пиломатериалов определяют синхронизацию работы лесопильных цехов и участков окончательной обработки пиломатериалов.

Между ними имеются большие запасы пиломатериалов, выравнивающие во времени не только кратковременные колебания интенсивности обработки в них материала, но и значительные изменения интенсивности выпилки досок за те или иные периоды работы лесопильных потоков, зависящие от скорости распиловки бревен тех или иных диаметров и применяемых поставов, а также из-за простоев оборудования по различным причинам.

В лесопильном цехе между бревнопильными линиями и линиями для сортировки сырых пиломатериалов располагают сравнительно небольшие запасы пиломатериалов (в основном на поперечных транспортерах), выравнивающие во времени только кратковременные колебания интенсивности выпилки досок. Именно поэтому при синхронизации работы оборудования лесопильных цехов определяется максимальный уровень интенсивности выпилки досок.

При синхронизации работы лесопильных цехов и цехов камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов как в случае компоновки ЛООП и КС в одном блоке, так и в случае автономного расположения ЛООП следует пользоваться показателем средней интенсивности выпилки определенных сечений за оперативный период времени, равный нескольким неделям, а иногда месяцам и даже году. Запасы пиломатериалов между этими цехами, линиями, а также находящихся в процессе сушки локализируют не только кратковременные, но и значительные колебания интенсивности выпилки досок тех или иных сечений по различным причинам (различный уровень интенсивности выпилки досок определенных сечений за те или иные периоды работы потоков лесопильного цеха, отказы в работе оборудования, различная продолжительность смен его работы и др.).

Средняя интенсивность поступления досок из лесопильного цеха (досок в минуту) определяется по формуле

$$I_{\text{ср}}^{\text{лц}} = K_3^{\text{лц}} K_n^{\text{сл}} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n \frac{U_{ij}}{l_{ij}} z_{\text{дij}} K_{\text{мij}} K_{N_{ij}} K_{\text{тиij}}^{\text{сл}} \frac{\lambda_{ij}}{\Sigma \lambda_{ij}}, \quad (10.7)$$

где $K_n^{\text{сл}}$ — коэффициент использования линии для торцовки и сортировки досок; $K_3^{\text{лц}}$ — коэффициент загрузки лесопильного цеха; N — число i -х бревнопильных линий; n — число сортировочных групп i -х диаметров бревен; U_{ij} — скорость подачи (распиловки) на j -х бревнопильных линиях бревен i -х диаметров, м/мин; l_{ij} — длина бревен i -х диаметров, распиливаемых на j -х бревнопильных линиях (может быть принята заданная средняя длина бревен), м; $z_{\text{дij}}$ — число досок, выпиливаемых из бревен i -х диаметров на j -х бревнопильных линиях и направляемых в цех камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов, шт.; $K_{\text{мij}}$ — коэффициент использования машинного времени при распиловке бревен i -х диаметров на j -х бревнопильных линиях; $K_{N_{ij}}$ — коэффициент, характеризующий снижение расчетной скорости распиловки вследствие падения напряжения на зажимах нагрузки, а также «скрытых» потерь производительности из-за распиловки припусков по длине бревна ($\approx 1,5\%$) и минимальных межторцовых разрывов (около 1%), возникающих в процессе эксплуатации; $K_{\text{тиij}}^{\text{сл}}$ — коэффициент технического использования j -х бревнопильных линий при распиловке бревен i -х диаметров; λ_{ij} и $\Sigma \lambda_{ij}$ — доля и сумма долей бревен i -х диаметров, распиливаемых на j -й бревнопильной линии. Например, в двухпоточном цехе на первом потоке распиливается 30% от бревен (шт.) (в расчетах должна учитываться именно штучная производительность и интенсивность) и на втором 70% , т. е. в долях $0,3$ и $0,7$, сумма которых, естественно, должна быть равна единице. При этом, например, на первом потоке распиливаются бревна трех сортировочных групп (трех четных диаметров) со следующим их распределением: $0,1$; $0,15$; $0,05$. В этом случае при расчете интенсивности досок, поступающих с первого потока при распиловке бревен первой сортировочной группы $\lambda_{1;1} = 0,1$ и $\lambda_{1;1-3} = 0,3$ и т. д.

Пример. В лесопильном цехе работают два лесопильных потока. На первом перерабатываются бревна трех сортировочных групп (четных диаметров) длиной 5 м со скоростью 20 м/мин (табл. 10.2).

**Данные и результаты расчета интенсивности поступления досок
из лесопильного цеха**

d см	$\frac{U_{ij}}{l_{ij}}$	$z_{n_{ij}}$	$K_{n_{ij}}$	$K_{N_{ij}}$	$K_{гн_{ij}}$	$\frac{\lambda_{ij}}{\Sigma \lambda_{ij}}$	n_d шт./мин
12	$\frac{20}{5}$	4	0,9	0,96	0,87	$\frac{0,1}{0,3}$	4
14	$\frac{20}{5}$	6	0,9	0,96	0,87	$\frac{0,15}{0,3}$	9
16	$\frac{20}{5}$	6	0,9	0,96	0,87	$\frac{0,05}{0,3}$	3

В табл. 10.2 d — диаметр распиливаемых бревен, n_d — число выпи-
ливаемых досок в минуту из бревен i -х диаметров. Остальные обозначе-
ния приведены выше.

Итого с первого лесопильного потока на линию окончательной обра-
ботки (после сушки) из лесопильного цеха поступает $4 + 9 + 3 = 16$ до-
сок в минуту, без учета коэффициента использования линий сортировки
сырых пиломатериалов $K_{n_{ij}}^{cl} = 0,97$ и коэффициента загрузки лесопиль-

ного цеха $K_s^{лц} = 0,95$. Допустим, со второго лесопильного потока посту-
пает 40 досок в минуту (здесь $\Sigma \lambda_{ij} = 0,7$, так как 70 % всех бревен (шт.)
перерабатывается на втором потоке).

Таким образом, средняя интенсивность поступления досок из лесо-
пильного цеха (досок в минуту) составляет:

$$I_{ср}^{лц} = 0,97 \cdot 0,95 \cdot (16 + 40) \approx 52.$$

11. ПОДГОТОВКА ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ К ОБРАБОТКЕ

11.1. Процессы подготовки сырья к обработке

Технология подготовки пиловочного сырья к обработке — это совокупность знаний о способах, методах и средствах осуществления процессов раскряя хлыстов, окорки, сортировки и накопления рассортированных бревен с учетом их рационального раскряя и планирования производства пиломатериалов.

Производственный процесс подготовки сырья к обработке должен обеспечивать высокоэффективную ритмичную работу не только лесопильных цехов, но и цехов камерной сушки, окончательной обработки и пакетирования пиломатериалов при заданных сроках поставки сырья и отгрузки пилопродукции.

До 1960-х годов лесопильные заводы выпускали преимущественно один вид продукции — пиломатериалы. Интенсивное развитие целлюлозно-бумажных, а также плитных производств привело к появлению дополнительного вида продукции лесопиления — технологической щепы. Поскольку содержание коры ухудшает качество щепы или плит, важную роль в технологии подготовки сырья к обработке играет окорка пиловочных бревен.

Лесопильное предприятие начинается со склада сырья, который на современных заводах трансформировался в цех подготовки сырья к обработке. Именно состав его оборудования, характер связей между ним и управление во многом определяют уровень эффективности всего производства пиломатериалов и технологической щепы. Применение здесь современного оборудования для сортировки бревен, оснащенного системами автоматической оптимизации, позволяет сэкономить несколько процентов пиловочного сырья при выполнении планового выпуска пиломатериалов на том же уровне. Осуществление окорки пиловочника на окорочных станках, имеющих системы регулирования прижима короснимателей, при оптимизации режимных параметров позволяют на несколько процентов уменьшить потери древесины при окорке и на десятки процентов, а иногда и в несколько раз увеличить производительность окорочных станков.

В настоящее время могут быть выделены следующие типы процессов подготовки сырья к обработке: с сортировкой бревен в

бассейнах перед лесопильными цехами; с сухопутной сортировкой бревен на автоматизированных линиях; с окоркой и сортировкой бревен на комплексных автоматизированных линиях; с раскроем хлыстов на лесопильных предприятиях.

Характерной особенностью лесопиления было поступление древесины сплавом. Сезонность поставки сырья приводила, да и сейчас приводит на заводах, расположенных на берегах рек, к созданию больших межнавигационных запасов, обеспечивающих работу заводов в зимний период. В летний период часть пиловочника поступает в бассейн перед лесопильным цехом, а другая часть укладывается в межнавигационный запас.

Бассейн перед лесопильным цехом выполняет три функции: сортировку бревен по четным и группам четных диаметров, оттаивание древесины зимой и накопление партий бревен определенных размерных групп (диаметров), обеспечивающих их распиловку без изменения поставок в течение периода работы лесопильных потоков.

Обратим внимание, что на большинстве заводов перед выгрузкой (на акваториях) или в процессе выгрузки производилась предварительная подсортировка пиловочника по группам четных вершинных диаметров, а при необходимости и по породам. Применение при выгрузке бревен и формировании штабелей различных типов кранов вместо элеваторов и бревнотасок позволило выгружать и укладывать в штабеля транспортные пучки бревен, т.е. перейти к пакетному (пучковому) методу поставки сырья на лесопильные предприятия. Однако в этих условиях предварительная подсортировка бревен при выгрузке была практически исключена. Естественно, что при этом в бассейны перед лесопильными цехами стали поступать уже не партии бревен, подсортированные по группам их вершинных диаметров, а практически бревна всего диапазона диаметров. Естественно, что в этих условиях значительно уменьшился объем партий (запуска) бревен, рассортированных по четным и группам четных диаметров в бассейнах перед лесопильными цехами. Это в свою очередь привело к тому, что лесопильные потоки вынуждены были работать, изменяя (переналаживая) поставки несколько раз в течение смены. Перед лесопильщиками возникла проблема: или терять время, переналаживая поставки, рассчитанные на распиловку определенной сортировочной группы бревен (на переналадку каждого постава затрачивается от 10 до 20 мин), или идти на некоторое уменьшение выхода пиломатериалов, распиливая, например, две смежные сортировочные группы бревен одним поставом с дополнительными пилами.

Зачастую это положение усугубляется еще тем, что на старых лесопильных заводах бассейны перед лесопильными цехами были рассчитаны на распиловку тонкомерных бревен вразвал, что позволяло рационально раскраивать бревна этих диаметров при меньшем числе сортировочных двориков в бассейнах. Переход на 100 %-ю брусовку рамного лесопиления, а также применение для переработки тонкомерного пиловочника линии агрегатной переработки бревен (ЛАПБ) и фрезерно-брусующих станков потребовали и более дробной сортировки бревен, а следовательно, и большего числа сортировочных двориков. Все это, а также ряд других причин привели к тому, что в настоящее время только на некоторых, в основном экспортных предприятиях производится сортировка в бассейнах лесопильных цехов на 8...12 сортировочных групп бревен. Подавляющее большинство предприятий распиливает одним поставом с дополнительными пилами до 4...6 четных диаметров бревен, теряя при этом объемный и качественный выход пиломатериалов.

Сортировка бревен по четным и группам четных диаметров в бассейнах перед лесопильными цехами, как правило, производится визуально в основном с точностью ± 1 см. Особенности формы бревен (кривизна, закомелистость и др.) практически не учитываются.

Фактическая производительность линии для сортировки бревен (шт. бревен в смену) определяется по формуле

$$Q_{\phi}^{6c} = Q_{\kappa}^{6c} K_{ис}^{6c} T_c,$$

где Q_{κ}^{6c} — цикловая производительность линии, шт. бревен в минуту; $K_{ис}^{6c}$ — коэффициент использования линии, который вычисляется по формуле

$$K_{ис}^{6c} = K_{ти}^{6c} K_3^{6c} = \left(1 - \frac{\Sigma t_{пл.пр}^{6c} + \Sigma t_{сл.пр}^{6c}}{T_c - \Sigma t_3^{6c}} \right) \left(1 - \frac{\Sigma t_3^{6c}}{T_c} \right)$$

($K_{ти}^{6c}$ — коэффициент технического использования линии, K_3^{6c} — коэффициент загрузки линии, $\Sigma t_{пл.пр}^{6c}$ — планируемые простои линии, мин; $\Sigma t_{сл.пр}^{6c}$ — случайные простои линии, мин, Σt_3^{6c} — время простоев линии из-за неподачи сырья, несвоевременной уборки бревен из карманов линии и др., мин.); T_c — время смены, мин.

Следует иметь в виду, что правильный выбор сортировочной линии возможен только при расчете ее необходимой производительности именно в штуках (а не кубометрах) сортируемых бревен.

Это объясняется тем, что, например, при фактической производительности 4600 бревен в смену при сортировке на линии бревен со средним диаметром 18 см ее производительность в кубометрах бревен будет в 2 раза меньше, чем при сортировке бревен со средним диаметром 26 см (при равенстве прочих условий). Поэтому при выборе типа и параметров линии для сортировки бревен одним из первоочередных вопросов является определение ее необходимой цикловой производительности (бревен в смену) по следующей формуле

$$Q_{\text{ц}}^{\text{бс}} = Q_{\text{ф}}^{\text{лп}} K_{\text{с}}^{\text{бс}} / q_{\text{ср}} K_{\text{ис}}^{\text{бс}} T_{\text{г}},$$

где $Q_{\text{ф}}^{\text{лп}}$ — годовая фактическая производительность лесопильного цеха, м³ бревен в год; $K_{\text{с}}^{\text{бс}}$ — коэффициент превышения производительности линии для сортировки бревен по сравнению с производительностью лесопильного цеха. В зависимости от вида поставки сырья на предприятие и других причин $K_{\text{с}} = 1,1 \dots 1,4$. Его большие значения характерны для круглогодовой поставки сырья, меньшие — для сезонной. Большие значения $K_{\text{с}}$ позволяют сократить время накопления оперативных запасов бревен. В установившемся режиме работы процесса $K_{\text{с}} = 1,05$; $q_{\text{ср}}$ — объем бревна среднего диаметра и средней длины, м³; $T_{\text{г}}$ — годовое фонд времени работы линии, смен.

Анализ показывает, что автоматизированные линии для сортировки бревен по уровню максимальной цикловой производительности могут быть подразделены на три основные группы (типы), приведенные в табл. 11.1.

Таблица 11.1

**Основные параметры автоматизированных линий
для сортировки бревен**

Тип линии	Максимальная производительность линии		Скорость подачи, м/мин
	бревен в минуту	бревен в смену	
I	7...8	4000	60...72
II	15...16	7500	120...140
III	20...22	10000	160...180

Автоматизированные линии для сортировки бревен на лесопильных предприятиях имеют принципиальные отличия от сортировочных лесотранспортеров, устанавливаемых на лесоперевалочных базах и на нижних складах лесозаготовительных предприятий. Например, скорость подачи сортировочных лесотранспортеров типа ЛТ-86 и ЛТ-182, используемых на нижних складах леспромхозов, равна соответственно 48 и 72 м/мин. Казалось бы, что они вполне соответствуют параметрам автоматизированных линий типа I для сортировки бревен на лесопильных заводах (см. табл. 11.1). Однако механизмы сброса бревен на них конструктивно выполняются в зависимости от длины сортимента. Это объясняется тем, что основным сортировочным признаком на нижних складах леспромхозов является длина сортиментов: 4 и 6 м — пиловочник, 2 м — балансы и т. д. На лесопильных заводах основным сортировочным признаком является диаметр бревен, а при их сортировке по поставам также сбеж, длина, кривизна и другие особенности формы. На нижних складах леспромхозов длина сортимента практически определяет его назначение, а разница в длине доходит до 1 м и более. В этих условиях на сортировочных лесотранспортерах вполне возможна достоверная визуальная сортировка сортиментов по длинам.

В соответствии с ГОСТ 21524—76 «Лесоматериалы. Средства для линейных и объемных измерений. Типы и основные параметры. Технические требования», погрешность измерения объема бревна не должна превышать 3 %. Надежность устройств при времени работы 500 ч по цепи измерения толщины составляет не менее 0,95, по цепи измерения длины — не менее 0,95 и по цепи измерения объема — не менее 0,9.

Цена деления измерительной шкалы и погрешность измерения равна 0,002 м.

Требования к точности измерения диаметров при определении объема бревен и при их сортировке могут отличаться на порядок, т. е. при определении объема бревен, равного, например, 100 м^3 и более, точность измерения диаметров может быть 1 см, а при сортировке бревен — 1 мм. Последнее объясняется тем, что при меньшей точности сортировки часть бревен может быть отсортирована в группу, распиливаемую другим поставом с потерей выхода пиломатериалов. Шаг расчета диаметров бревен должен быть равен 1 мм. Естественно, что если приемка пиловочника осуществляется при его прохождении через линию с точностью измерения их диаметров 1 мм, то это только повышает уровень достоверности расчетов.

Следует учитывать, что именно при нерациональном способе приемки пиловочника потери лесопильного предприятия достигают до 10...15 % и более.

Алгоритм расчета процессов подготовки сырья к обработке включает в себя следующие блоки.

1. Определение годовой фактической производительности лесопильного цеха (цехов), м³ бревен в год.

2. Определение системы сортировки бревен с шагом сортировки бревен 5; 10; 20; 40 и 60 мм; с дифференцированным шагом; по оптимальным границам сортировочных групп бревен.

3. Определение характера поставки сырья на предприятие: круглогодочная, сезонная и другого типа.

4. Определение вида перерабатываемого сырья: пиловочные бревна или хлысты. Организация смешанной поставки.

5. Выбор и обоснование структуры процессов окорки, раскря хлыстов и сортировки бревен: участки для окорки хлыстов; участки для окорки бревен; линии для раскря хлыстов; линии для сортировки бревен; комплексные линии для окорки, раскря хлыстов и сортировки бревен; комплексные линии для раскря хлыстов и сортировки бревен; комплексные линии для окорки и сортировки бревен.

6. Расчет необходимой цикловой производительности оборудования для окорки и сортировки бревен, шт. бревен в смену.

7. Определение типа, скорости подачи, фактической производительности и числа окорочных станков.

8. Расчет фактической производительности оборудования для окорки и сортировки бревен, м³ бревен в смену.

9. Определение оперативного запаса бревен, обеспечивающего синхронную работу системы окорка и сортировка бревен—склад рассортированных бревен—лесопильный цех.

10. Расчет емкости склада рассортированного сырья.

11. Расчет времени накопления оперативного запаса бревен.

12. Расчет страхового запаса бревен перед лесопильным цехом.

13. Определение числа карманов на линии сортировки бревен.

14. Техничко-экономическое обоснование принятых решений.

11.2. Дробность сортировки пиловочных бревен

Традиционно в отечественном лесопилении бревна сортировались по четным и группам четных диаметров, т.е. с шагом

20 мм (при сортировке по четным диаметрам) и с шагом 40 или 60 мм (при сортировке по двум или трем четным диаметрам).

Даже на экспортных лесопильных заводах количество сортировочных групп бревен редко превышало 12. Однако это происходило при сортировке бревен в бассейнах перед лесопильными цехами. При выносе сортировки бревен из бассейнов и осуществлении ее на автоматизированных линиях с формированием штабелей рассортированных бревен на берегу, количество сортировочных групп пиловочника может составлять уже несколько десятков и зачастую доходит до 50...60. Естественно, что при этом необходимо иметь почти столько же карманов (с учетом резервных) на линиях сортировки бревен и штабелей рассортированного пиловочника. Внедрение информационных технологий сортировки бревен совершенно по иному ставит вопросы определения достоверности значения объемного выхода пиломатериалов в зависимости от дробности сортировки бревен.

На рис. 11.1 представлена гистограмма зависимости объемного выхода пиломатериалов от различной дробности сортировки пиловочника. Исследования проведены при условии сортировки бревен по четным диаметрам; по двум четным диаметрам; по трем четным диаметрам, т.е. с шагом 20, 40 и 60 мм соответственно, а также при сортировке с дифференцированным шагом сортировки бревен. В результате сортировки по четным диаметрам получено 20 сортировочных групп, по двум четным диаметрам — 10 сортировочных групп, по трем четным диаметрам — 7 сортировочных групп. При сортировке с дифференцированным шагом (20 сортировочных групп) пиловочник был рассортирован следующим образом: диаметры 12,0...19,9 см через 10 мм, так как наибольшее содержание бревен (%) приходится именно на этот диапазон диаметров (8 сортировочных групп); диаметры 20,0...35,9 см через 20 мм (также 8 сортировочных групп); диаметры 36,0...52,0 см через 40 мм, так как наименьшее поступление бревен (%) приходится на этот диапазон диаметров (4 сортировочные группы).

При сортировке с дифференцированным шагом (30 сортировочных групп) пиловочник был рассортирован следующим образом: диаметры 12,0...35,9 см через 10 мм (24 сортировочные группы); диаметры 36,0...43,9 см через 20 мм (4 сортировочные группы); диаметры 44,0...52,0 см через 40 мм (2 сортировочные группы).

При сортировке с дифференцированным шагом (44 сортировочные группы) пиловочник был рассортирован следующим об-

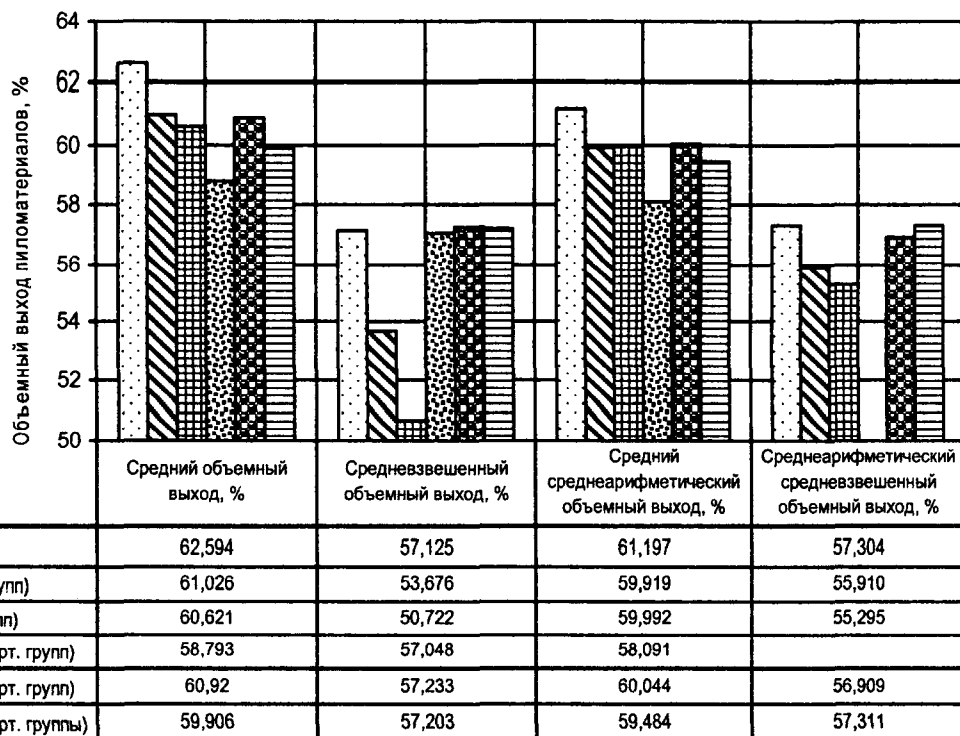


Рис. 11.1. Гистограмма зависимости объемного выхода пиломатериалов от различной дробности сортировки пиловочника.

разом: диаметры 12,0...13,9 см через 10 мм (2 сортировочные группы); диаметры 14,0...27,9 см через 5 мм, так как наибольшее содержание бревен (%) приходится именно на этот диапазон диаметров (28 сортировочных групп); диаметры 28,0...35,9 см через 10 мм (8 сортировочных групп); диаметры 36,0...43,9 см через 20 мм (4 сортировочные группы); диаметры 44,0...52,0 см через 40 мм), так как наименьшее поступление бревен (%) приходится на этот диапазон диаметров (2 сортировочные группы).

В качестве исходных данных были приняты следующие значения: длина бревен 5,1 м, шаг длины досок 0,3 м, ширина пропила 3,2 мм, минимальная длина боковой доски 1,5 м, средний диаметр бревна — 18 см, спецификация пиломатериалов содержала 15 сечений.

Шаг расчета поставов во всех случаях принят равным 1 мм. Поставы были рассчитаны на ПЭВМ по оптимизационной программе. Расчет поставов выполнен с учетом необходимых дополнительных пил. Учитывались бревна диаметром от 12 до 52 см.

Заметим, что следует различать средний, средневзвешенный, среднеарифметический и среднеарифметический средневзвешенный объемные выходы пиломатериалов. При расчете среднего объемного выхода пиломатериалов сумма значений объемного выхода пиломатериалов из каждого расчетного диаметра делится на количество данных диаметров. При расчете средневзвешенного объемного выхода пиломатериалов учитывается количество бревен определенных диаметров в процентах. При расчете среднеарифметического объемного выхода принимается равномерное распределение бревен разных диаметров в диапазоне сортировочной группы, что и принимается в настоящее время при расчете объема четных диаметров бревен при их приемке. Среднеарифметический средневзвешенный объемный выход пиломатериалов имеет преимущества расчета всех предыдущих объемных выходов, таким образом, он является наиболее достоверным.

Из гистограммы видно, что при сортировке по четным диаметрам при уменьшении количества сортировочных групп объемные выходы пиломатериалов уменьшаются. При дифференцированном шаге сортировки бревен по диаметрам объемные выходы такие же или даже чуть больше объемных выходов, полученных при сортировке по четным диаметрам через 20 мм. Здесь можно сказать, что при дифференцированном шаге сортировки важно правильно и удачно определить количество сортировочных групп, границы этих групп и шаг расчета поставов в каждой группе.

Ниже определена зависимость объемного выхода пиломатериалов от шага сортировки пиловочника на диапазоне сортировочной группы 170...229 мм при тех же исходных данных, что и при исследованиях, приведенных на рис. 11.1. Расчет объемного выхода пиломатериалов в указанном диапазоне диаметров бревен выполнен с шагом 1 мм. Расчет среднеарифметического объемного выхода произведен при дробности сортировки бревен через 5, 10, 20 и 60 мм. Объемный выход пиломатериалов при принятых условиях с уменьшением дробности сортировки бревен увеличивается. Так, при уменьшении шага сортировки с 60 до 20 мм объемный выход увеличивается на 0,39 %, а с 20 до 10 мм — уже на 0,60 %. При уменьшении дробности сортировки с 60 до 5 мм объемный выход пиломатериалов увеличивается на 1,24 %.

При ограниченных площадях под склады рассортированных бревен и больших партиях заказанных к выпилке пиломатериалов с ограниченным количеством поперечных сечений досок рациональной является организация процессов сортировки бревен с оптимизацией границ и числа сортировочных групп бревен. Это может иметь место также при высоком уровне учета и управления запасами рассортированного сырья.

При сортировке пиловочных бревен под поставки с оптимизацией границ сортировочных групп бревен по брусковым доскам на 10...20 % увеличивается количество вырабатываемых из бруса толстых пиломатериалов по сравнению с их сортировкой по четным диаметрам. Здесь учитывается, что расчетная ширина пласта бруса полностью используется на получение толстых досок. Поэтому предлагается дополнительное увеличение расчетной ширины пласти бруса, учитывающее неточность центрирования по поставу и неправильную форму бревен и брусьев.

Обратим внимание, что на современных автоматизированных линиях сортировка бревен производится только в плюс, и постав рассчитывается по наименьшему диаметру бревен в сортировочной группе. Приведенные выше результаты увеличения объемного выхода пиломатериалов от увеличения дробной сортировки не учитывают фактического сбega бревен (в алгоритме программы учитывается только среднестатистический сбег бревен определенных диаметров), кривизны, овальности и других особенностей формы пиловочника.

При сортировке бревен с учетом фактического сбega, кривизны, овальности и других особенностей формы объемный выход пиломатериалов может быть увеличен на несколько процентов.

Из табл. 2.7 (см. гл. 2) видно, что наибольшее увеличение объемного выхода пиломатериалов — около 4 % (с учетом распределения бревен по диаметрам при среднем диаметре 20 см и статистики распределения бревен по диаметрам в зависимости от размера кривизны) — можно получить при сортировке бревен неправильной формы по оптимальным поставам и осуществлении гибкого первичного базирования бревен, брусьев и необрезных досок перед продольным раскромом. Следует учитывать некоторое увеличение числа сортировочных групп бревен, которое по результатам исследований для условий рассматриваемого предприятия составляет 5...6 дополнительных групп. В связи с этим могут возникнуть большие периоды накопления сырья.

В настоящее время наиболее рационально осуществлять сортировку бревен с учетом всех их геометрических параметров по существующим системам поставов. В этих условиях при наличии гибкого базирования перед продольным раскромом предмета обработки неправильной формы выход пиломатериалов можно увеличить в среднем на 3,2 %.

Обратим внимание, что при расчете объемного выхода пиломатериалов из бревен именно четного диаметра (что производится при ручных расчетах поставов), а не бревен всех диаметров, входящих в сортировочную группу, с точностью 1 мм результат будет неоправданно завышен на 1,5 %, а иногда и на 2 %.

Таким образом, увеличение сортировочных групп бревен в 1,5...2 раза (например, с 20 до 30) без учета сбег, кривизны и других особенностей формы (т. е. фактически только с учетом вершинного диаметра бревен), как правило, приводит к весьма небольшому увеличению объемного выхода пиломатериалов. Очевидно, что главным при этом является более точное планирование раскромки пиловочника на заданные объемы требуемых сечений пиломатериалов. Например, при шаге сортировочной группы 20 мм в нее может входить 100 бревен определенного диаметра, а при шаге 5 мм — в 4 раза меньше, т. е. 25 бревен. Очевидно, что на бревнопильном оборудовании будут выпиливаться заданные сечения пиломатериалов, пока не закончится весь объем бревен в сортировочной группе, несмотря на то, что, например, заданное сечение будет выполнено уже при распиловке только части объема бревен сортировочной группы. Поэтому, например, перепилы могут быть уменьшены примерно во столько раз, во сколько меньше шаг расчета сортировочной группы бревен, т. е. в данном случае в 4 раза. Кроме этого, при меньшем шаге сортировочной группы бревен легче выполнить спецификацию пиломатериалов с небольшим различием досок по толщине.

11.3. Пример расчета экономической эффективности сортировки бревен

Допустим, линия для окорки и сортировки бревен устанавливается на лесопильном заводе, перерабатывающем 100 000 м³ пиломатериалов в год. До этого объемный выход пиломатериалов был равен 54 %. После установки линии он увеличился на 2 % и стал равен 56 %. При том же объеме выпуска пиломатериалов (100 000 м³) мы можем не учитывать разницу в себестоимости обработки пиломатериалов, так как экономический эффект может быть получен практически только за счет экономии сырья.

1. Расход сырья на 1 м³ пиломатериалов был $H_6 = 100/54 = 1,851$ м³ бревен и стал $H_c = 100/56 = 1,785$ м³ бревен.

2. Эффективность за счет экономии сырья (дол. США) на 1 м³ пиломатериалов составляет

$$\mathcal{E}_c = \mathcal{C}_c H_6 - \mathcal{C}_c H_c = 30 \cdot 1,851 - 30 \cdot 1,785 = 1,98 \approx 2.$$

Здесь $\mathcal{C}_c$ — цена сырья, равная 30 дол. США за 1 м³ бревен.

3. Экономический эффект за счет экономии сырья (дол. США) при производительности завода 100 000 м³ пиломатериалов в год составляет

$$\mathcal{E}\phi_1 = Q_\phi \mathcal{E}_c = 100\,000 \cdot 2 = 200\,000.$$

4. Коэффициент экономической эффективности определяется по формуле

$$\mathcal{E}_k = (\mathcal{E}\phi_1 + \mathcal{E}\phi_2 - \mathcal{E}\phi_3) / \Sigma K_{\text{вл.}}$$

Здесь $\mathcal{E}\phi_2$ — экономический эффект за счет снижения себестоимости сортировки бревен при ее осуществлении на автоматизированных линиях, который требует специальных расчетов (в данном примере расчета он не учитывается), дол. США; $\mathcal{E}\phi_3$ — снижение экономического эффекта при увеличении выхода (%) пиломатериалов за счет уменьшения на это же выхода (%) технологической щепы, дол. США. В данном случае принимаем стоимость 1 м³ технологической щепы, равной 15 дол. США. Тогда

$$\mathcal{E}\phi_3 = 178\,571 \cdot 0,02 \cdot 15 = 53\,571,$$

где 178 571 — годовой объем переработки бревен на лесопильном заводе при объемном выходе пиломатериалов 54 %; $\Sigma K_{\text{вл.}}$ — сумма

капитальных вложений на автоматизированную линию сортировки бревен, в результате внедрения которой был в данном случае увеличен объемный выход пиломатериалов на 2 %. В данном случае стоимость этой линии принята равной 300 000 дол. США.

При этих условиях рассчитываем коэффициент экономической эффективности:

$$Эк = (200\,000 - 53\,572) / 300\,000 = 0,488.$$

5. Срок окупаемости составляет

$$T = 1 / 0,488 = 2 \text{ года.}$$

При учете налога экономический эффект несколько снижается, но также остается довольно существенным.

Период времени работы лесопильных потоков (принимаемая, как правило, в размере половины смены или одной смены) в значительной степени зависит от характера поставки сырья на лесопильное предприятие.

Различают сезонную, круглогодичную и комбинированную (смешанную) поставки сырья на лесопильные предприятия.

С точки зрения планирования производства пилопродукции наиболее удобной была бы предварительная рассортировка всего распиливаемого сырья по мере его поступления на предприятие. Однако это эффективно только при круглогодичной поставке сырья. В этом случае межнавигационные запасы исключаются, и на складе находится около месячного запаса рассортированного пиловочника. В случае сезонной поставки сырья при рассортировке в летнее время всего сырья, поступающего на предприятие, резко возрастают капитальные и трудовые затраты, возникает необходимость в дополнительном оборудовании для сортировки пиловочника. По этой и ряду других причин в мировой практике отсутствуют лесопильные заводы, на которых производилась бы предварительная рассортировка всего распиливаемого сырья при его сезонной поставке.

При круглогодичной поставке сырья сравнительно большие запасы рассортированных бревен позволяют распиливать в течение одной или нескольких смен группы пиловочника, из которого могут быть получены в короткие сроки требуемые пиломатериалы с высокими показателями их выхода. В этом случае облегчается сортировка пиломатериалов. Длительная распиловка бревен определенных сортировочных групп позволяет выпиливать ограниченное число сечений пиломатериалов при высоком уровне их выхода и избежать выпиловки попутной пилопродук-

ции. Это значительно упрощает все процессы, начиная с распиловки бревен и кончая формированием партий загрузки пиломатериалов в сушильные камеры и их пакетирования, позволяя уменьшить эксплуатационные затраты на этих участках, перепилы и недопилы пилопродукции, и дает ряд других преимуществ.

При модернизации процессов сортировки сырья на существующих предприятиях минимальным периодом работы лесопильных потоков следует считать половину смены. В этом случае перестановку постава и смену затупившихся пил можно перенести на время обеденного перерыва и между сменами. Следует учитывать, что увеличение периода работы лесопильных потоков, например, в 2 раза, т. е. до времени смены, приводит к необходимости увеличить в 2 раза объемы партий запуска, что также в 2 раза увеличивает объемы оперативных запасов и необходимую вместимость склада рассортированного сырья.

Кроме того, как показали исследования и моделирование производственных процессов лесопиления на ЭВМ, необоснованное увеличение периода работы лесопильных потоков в условиях 100 % -й или преобладающей камерной сушки пиломатериалов и развитых участков их окончательной обработки и пакетирования может привести к необходимости увеличения объема запасов, а следовательно, и площади не только для рассортированного сырья, но и механизированных складов цехов камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов.

11.4. Процессы подготовки сырья к обработке с раскроем хлыстов на лесопильных предприятиях

При поставке древесины на лесопильные предприятия в хлыстах их раскрой должен производиться по критерию максимального объемного выхода пиломатериалов — конечной продукции предприятий ([6], с. 99...106), а не максимального объема бревен. Использование на лесопильных предприятиях традиционного раскряжевочного оборудования — установок типа ЛО-15С однопильных с позиционным способом раскроя при продольной подаче хлыстов, многопильных слешерного типа ЛО-105 и групповой раскряжевки ЛО-62 — приводит к потере древесины в размере 5, 10 и 15 % соответственно. При раскрое хлыстов на лесопильном заводе, как правило, выпиливается только один сортимент — пиловочные бревна. Вершинки, вырезки, откомлевки и другие элементы, остающиеся от этой операции, используются для получения технологической щепы.

Концентрация получаемых отходов способствует их рациональной переработке и доведению коэффициента комплексного использования сырья до 95...98 %, поскольку для этого имеются необходимые мощности.

В зависимости от уровня производственной мощности лесопильных предприятий по сырью и выпиливаемой пилопродукции на них можно применять различные типы комплексных линий с цикловой производительностью от 1 до 10 хлыстов в минуту ([7], с. 156...159). Определение необходимого уровня цикловой производительности (бревен в смену) комплексной линии для окорки, раскроя хлыстов и сортировки бревен производят по формуле

$$Q_{\text{ц}}^{\text{ок-рх-бс}} = \frac{Q_{\text{ф}}^{\text{лп}} K_{\text{с}} n_{\text{бр}}}{q_{\text{ср}}^{\text{хл}} K_{\text{ис}}^{\text{ок-рх-бс}} T_{\text{г}} K_{\text{в}}^{\text{х}}},$$

где $Q_{\text{ф}}^{\text{лп}}$ — годовая фактическая производительность лесопильного предприятия, м³ бревен в год; $K_{\text{с}}$ — коэффициент превышения производительности комплексной линии по сравнению со средней производительностью лесопильного цеха (цехов), равный $K_{\text{с}} = 1,1...1,4$; $n_{\text{бр}}$ — среднее число бревен из хлыстов; $q_{\text{ср}}^{\text{хл}}$ — средний объем хлыста, м³; $K_{\text{ис}}^{\text{ок-рх-бс}}$ — коэффициент использования комплексной линии; $T_{\text{г}}$ — годовой фонд времени работы комплексной линии, смен; $K_{\text{в}}^{\text{х}}$ — коэффициент выхода бревен из хлыстов.

Коэффициент использования комплексной линии определяется по формуле

$$K_{\text{ис}}^{\text{ок-рх-бс}} = K_{\text{ти}}^{\text{ок-рх-бс}} K_{\text{и}}^{\text{рх}} K_{\text{и}}^{\text{бс}} K_{\text{з}}^{\text{ок-рх-бс}} =$$

$$= \left(1 - \frac{\Sigma t_{\text{цл.пр}}^{\text{ок-рх-бс}} + \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ок}}}{T_{\text{с}} - (\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{рх}} + \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бс}} + \Sigma t_{\text{з}})} \right) \left(1 - \frac{\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{рх}}}{T_{\text{с}} - (\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бс}} + \Sigma t_{\text{з}})} \right) \times$$

$$\times \left(1 - \frac{\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бс}}}{T_{\text{с}} - \Sigma t_{\text{з}}} \right) \left(1 - \frac{\Sigma t_{\text{з}}}{T_{\text{с}}} \right).$$

Здесь $K_{\text{ти}}^{\text{ок-рх-бс}}$ — коэффициент технического использования комплексной линии; $K_{\text{и}}^{\text{рх}}$ — коэффициент использования оборудова-

ния раскря хлыстов; $K_{\text{и}}^{\text{бс}}$ — коэффициент использования оборудования для сортировки бревен; $K_{\text{з}}^{\text{ок-рх-бс}}$ — коэффициент загрузки комплексной линии; $K_{\text{пл.пр}}^{\text{ок-рх-бс}}$ — планируемые простои комплексной линии; $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ок}}, \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{рх}}, \Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{бс}}$ — случайные простои оборудования окорки хлыстов, раскря хлыстов и сортировки бревен соответственно; $\Sigma t_{\text{з}}^{\text{ок-рх-бс}}$ — время простоев комплексной линии по организационным причинам (неподача сырья, несвоевременная уборка бревен из карманов и др.), мин; $T_{\text{с}}$ — время смены, мин.

В расчетных формулах для коэффициентов использования оборудования не только первого участка для окорки хлыстов, но и участка их раскря, а также участка сортировки бревен отсутствуют коэффициенты наложенных потерь $\Delta_{\text{н}}$. Это объясняется тем, что создание страховых запасов хлыстов между участками окорки и раскря, а также сортировки бревен конструктивно трудно выполнимо, и они, как правило, в этих типах комплексных линий отсутствуют.

Осуществление раскря хлыстов вариационным методом по критерию максимального выхода пилопродукции и сортировка пиловочника на основе этой же информации, как показывают наши исследования, позволяют увеличить выход пиломатериалов в среднем на 5...6 %, а иногда и на 8 %.

Известны случаи, когда линии для раскря хлыстов по вариационному методу, например, в Канаде, окупаются за несколько месяцев за счет дополнительного выхода пиломатериалов в размере 3...4 %. Технология раскря хлыстов по вариационному методу применяется также в Германии ([7], с. 297), например, фирмой «Вурстер и Дитц».

Применение комбинированной поставки на лесопильное предприятие и хлыстов, и бревен чрезвычайно затрудняет организацию подготовки хлыстов к раскря и, как правило, не рекомендуется.

11.5. Окорка хлыстов и бревен

Окорка хлыстов и бревен на лесопильных предприятиях необходима по следующим соображениям.

1. Высококачественная технологическая щепа может быть получена для ЦБП только при наличии окорки пиловочника.

Сульфитная варка допускает до 1 % коры в щепе, сульфатная варка и производство специальных высококачественных плит — до 3 %. Качество окорки определяется не только степенью очистки поверхности пиловочника от коры, но и повреждением древесины, например, короснимателями и подающими элементами станков. Последнее приводит к увеличению мелких фракций — отсева в технологической щепе.

Важнейшим требованием является сведение к минимуму потерь древесины при окорке. Так, если, например, в балансе древесины технологическая щепка составляет 20 %, а потери древесины при окорке доходят до 5 %, то мы можем потерять до 1/4 технологической щепы.

2. Окорка бревен и хлыстов существенно повышает точность измерения диаметров, облегчает определение кривизны, эллиптичности и других особенностей формы и качества древесины. Распределение сбегов по длине неравномерно, особенно у хлыстов.

При переходе на сухопутную сортировку бревен их окорка, как правило, начинается перед сортировкой пиловочника на комплексных линиях окорки и сортировки бревен (ОК—БС) или окорки, раскроя хлыстов и сортировки бревен (ОК—РХ—БС). В современных технологиях на этих линиях производится оцилиндровка выступающих корневых утолщений. Измельчители корней рекомендуются устанавливать перед окорочными станками. Отделение корней происходит с помощью фрезы, расположенной в нижней части измельчителя, во время одного полного оборота ствола.

Удаление корней облегчает и улучшает окорку стволов, их обработку и подачу в оборудование для распиловки.

Все это на несколько процентов увеличивает производительность бревнопильного оборудования, улучшает процесс ориентации бревен при распиловке и увеличивает объемный выход пиломатериалов.

Различают следующие станки и устройства для окорки хлыстов и бревен.

1. Окорка на роторных окорочных станках, получившая наибольшее распространение в мировой практике лесопиления. У финнов это станки «Камбио 66», ВК-26 и др. У нас ОК40-2; ОК63-2; ОК80-2 и ОК100-2, относящиеся к классу однороторных станков, а также 2ОК40-1; 2ОК63-1 и 2ОК80-1, относящиеся к классу двухроторных станков. Двухроторные станки способны окашивать мерзлые и подсушенные лесоматериалы как хвойных, так и лиственных пород. При работе на форсированных режи-

мах, а также в зимний период на обоих роторах устанавливаются коросниматели, что позволяет повышать скорость подачи бревен и качество окорки лесоматериалов.

При окорке экспортных балансов, рудничной стойки и пиловочника, полученного из сучковатой части ствола, двухроторные станки 20К40-1 и 20К63-1 одновременно зачищают сучья. Для этого на втором роторе вместо короснимателей устанавливаются зачистные инструменты. Двухроторные станки рекомендуется использовать и для получения качественного корья, идущего на дубильные экстракты. Экономический эффект от их применения в 1,5...2 раза, а производительность в 1,6 раза выше, чем у одно-роторных. В двухроторных станках между двумя окорочными головками установлена дополнительная пара приводных вальцов. Имеется шесть скоростей подачи и две-три скорости ротора. Разработан также станок модели ОК63-3 с гидравлическим индивидуальным приводом каждого вальца, обеспечивающим бесступенчатое изменение скорости подачи.

2. Гидравлическая окорка кинетической энергией струей воды. Она очень энергоемка (установленная мощность достигает 500...800 кВт) и имеет ряд других недостатков.

3. Окорочные установки фрикционного типа, в которых отделение коры осуществляется трением бревен друг о друга. Они носили сезонный характер и были неэкологичны.

4. Окорка в поле СВЧ. В этом случае в поле сверхвысокой частоты генерируется тепло и происходит вскипание жидкости камбиального слоя лесоматериалов. Резко увеличившийся в объеме образовавшийся пар отрывает кору от древесины. Этот вид окорки может быть использован только при значительном снижении стоимости электроэнергии.

5. Окорка с помощью цилиндрических фрез с притупленными зубьями, которые оснащены ограничителями глубины врезания. На этих станках типа ДС12 нет роторов — здесь вращается бревно, скорость перемещения которого вдоль продольной оси составляет около 0,05...0,5 м/с.

К важнейшим требованиям окорки пиловочника на роторных станках относятся определение рациональных скоростей подачи и сведение потерь древесины к минимуму.

В зимнее время при работе острыми короснимателями потери древесины составляют до 3...3,5 %, а иногда до 4 % и более.

Фактическая производительность роторных окорочных станков (м³ бревен в смену) определяется по формуле

$$Q_{\Phi}^{OK} = Q_n K_m K_{TH}^{OK} K_N T_c q_{cp},$$

где Q_n — пропускная способность станка, равная U/l , шт. бревен в минуту; U — скорость подачи окорочного станка, м/мин; l — расчетная длина бревна, м; K_m — коэффициент использования машинного времени окорочного станка; K_N — коэффициент, характеризующий снижение расчетной скорости окорки бревен вследствие падения напряжения на зажимах нагрузки. Для локализации этих потерь применяются системы (установки) компенсации реактивной мощности, так как по этой причине производительность оборудования может быть снижена в отдельные периоды времени на несколько десятков процентов. Этот же коэффициент учитывает так называемые скрытые потери производительности из-за окорки припусков по длине бревна (около 1,5 %), минимальные межторцовые разрывы (около 1 %), возникающие в процессе эксплуатации (но не конструктивные потери, учитывающиеся K_m); $K_{ти}^{ок}$ — коэффициент технического использования станка; K_z — коэффициент загрузки станка; T_c — время смены, мин; $q_{ср}$ — объем бревна среднего диаметра расчетной длины, м³.

Коэффициент K_N может быть принят равным 0,96, как и для бревнопильных линий.

Коэффициент технического использования окорочного станка рассчитывается по формуле

$$K_{ти}^{ок} = 1 - (\Sigma t_{пл.пр}^{ок} + \Sigma t_{сл.пр}^{ок}) / (T_c - \Sigma t_z^{ок}),$$

где $\Sigma t_{пл.пр}^{ок}$ — планируемые простои на смену инструмента, подналадку механизмов и т. д., а также на отдых и личные надобности операторов окорочного оборудования, если они предусматриваются организацией работы, мин. В среднем это время может составлять 20...30 мин в течение смены, так как наладочные работы, требующие большего времени, могут выполняться, например, в течение обеденного перерыва; $\Sigma t_{сл.пр}^{ок}$ — случайные простои окорочного станка (время на обнаружение и устранение их причин), мин. При повышенном уровне вероятности безотказной работы (0,9) они составляют 48 мин в течение смены ($T_c = 480$ мин), при среднем (0,8) уровне вероятности безотказной работы $\Sigma t_{сл.пр}^{ок} = 96$ мин и т. д.; Σt_z — потери времени из-за неподачи сырья и других причин, связанных с загрузкой окорочного станка. При хорошей организации процесса и его функционирования они составляют не более 24 мин в течение смены.

Коэффициент загрузки окорочного станка определяется по формуле

$$K_3^{\text{ок}} = 1 - \Sigma t_3^{\text{ок}} / T_c.$$

Потери времени из-за неподачи сырья, переполнения бункера корой и неприемки окоренного пиловочника последующими операциями и процессами $\Sigma t_3^{\text{ок}}$, так называемые потери времени по организационным причинам, в отдельных случаях могут составлять не 5, а десятки процентов от времени смены.

К случайным простоям окорочного станка $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{ок}}$ относятся простои по техническим причинам не только из-за его отказов (станок, инструмент), но и время на остановку станка для очистки ротора от коры и, например, отказы ленточного транспортера для выноса коры и т. п.

Скорость подачи окорочного станка (м/мин) рассчитывается по формуле

$$U = b N_{\text{рот}} Z_{\text{кор}},$$

где b — ширина полосы коры, снимаемой одним короснимателем. В летних условиях ($t > 0^\circ\text{C}$) $b = 0,95B$ (B — длина рабочей кромки короснимателя), см; $N_{\text{рот}}$ — частота вращения ротора, мин^{-1} ; $Z_{\text{кор}}$ — число короснимателей.

Частота вращения роторов станков ОК40-2 и 2ОК40-1 составляет 200; 270 и 400 мин^{-1} ; станков ОК63-2 и 2ОК63-1 — 150; 200 и 300 мин^{-1} .

Например, на станке ОК63-2 при $Z_{\text{кор}} = 6$ и $N_{\text{рот}} = 300 \text{ мин}^{-1}$, скорость подачи $U = 0,05 \cdot 0,95 \cdot 6 \cdot 300 = 85,5 \text{ м/мин}$, или 1,425 м/с. Это примерно в 1,5 раза больше, чем наибольшая паспортная скорость подачи этого станка, равная 1 м/с. Фактически применяемая скорость подачи окорочных станков находится летом в среднем на уровне 0,45...0,5 м/с и зимой 0,3...0,4 м/с. Зачастую при определении скорости подачи окорочных станков вводят коэффициент кратности окорки $K_x = 3$. Под ним понимается число короснимателей, проходящих по одному и тому же участку поверхности бревна. Естественно, что при этом условии в приведенном выше примере скорость подачи окорочного станка будет в 3 раза меньше и составит уже не 1,45, а только примерно 0,5 м/с при определенных потерях древесины.

При возможности регулирования прижима короснимателей в зависимости от диаметров бревен производительность роторных

окорочных станков может быть увеличена в 1,5 раза. По этому пути идет канадская фирма «Брюнет», в окорочных станках которой режим прижима короснимателей регулирует оператор с пульта управления. В отечественных окорочных станках механизмы регулирования прижима короснимателей отсутствуют.

11.6. Комплексные линии для окорки и сортировки бревен

При переходе на сухопутную сортировку бревен их окорка, как правило, начинается перед сортировкой пиловочника. Однако бывают и исключения. Так, при применении специального электронного оборудования, обеспечивающего измерение диаметров бревен под корой, и при распиловке бревен на линиях большой единичной мощности окорочные станки, имеющие высокий уровень безотказной работы, продолжают устанавливать в лесопильных цехах современных заводов с круглогодичной поставкой древесины. В этом случае учитывают, что кора представляет собой естественную защиту бревна от ударов в процессе транспортировки, штабелеформирования и разборки штабелей, а также обеспечивает сохранность древесины пиловочника от грибных окрасок (синевы и т. п.).

На комплексных линиях особое значение имеет надежность оборудования. При уровне безотказной работы оборудования участков окорки и сортировки бревен $Y_{бр} = 0,7$ производительность комплексной линии ОК—БС почти в 2 раза ниже, чем при автономном расположении участков окорки и сортировки бревен.

Комплексная линия при ее коэффициенте загрузки $K_z = 0,95$ и равенстве случайных и планируемых простоев этих участков, т. е.

$$\Sigma t_{сл.пр}^{ок} = \Sigma t_{сл.пр}^{бс} = \Sigma t_{пл.пр}^{ок-бс} = 24 \text{ мин},$$

имеет коэффициент технического использования линии

$$K_{тн}^{ок-бс} = K_{тн}^{ок} K_{тн}^{бс} = \left(1 - \frac{\Sigma t_{пл.пр}^{ок-бс} + \Sigma t_{сл.пр}^{ок}}{T_c - (\Delta_n \Sigma t_{сл.пр}^{бс} + \Sigma t_3^{ок-бс})} \right) \left(1 - \frac{\Delta_n \Sigma t_{сл.пр}^{бс}}{T_c - \Sigma t_3^{ок-бс}} \right) =$$

$$= \left(1 - \frac{24 + 24}{480 - (0,81 \cdot 24 + 24)} \right) \left(1 - \frac{0,81 \cdot 24}{480 - 24} \right) = 0,8521.$$

При этих условиях фактическая производительность линии (бревен в минуту) ОК—БС составит

$$Q_{\phi}^{\text{ок-бс}} = Q_{\text{ц}}^{\text{ок-бс}} K_{\text{ти}}^{\text{ок-бс}} K_{\text{з}}^{\text{ок-бс}} = 15 \cdot 0,8521 \cdot 0,95 = 12,14.$$

При $Y_{\text{бр}} = 0,7$; $\theta_{\text{ср}} \cong 3600 \cdot (1 - 0,7) = 1080$ с (~ 18 мин) и $\Delta_n \cong 1080/(1080 + 4 \cdot 20/2) = 0,96$, а не 0,81.

Однако самым главным является резкое снижение

$$K_{\text{ти}}^{\text{ок-бс}} = \left(1 - \frac{24 + 144}{480 - (0,96 \cdot 144 + 24)}\right) \left(1 - \frac{0,96 \cdot 144}{480 - 24}\right) = 0,3281$$

более чем на 60 % (61,5 %) по причине значительного увеличения потерь рабочего времени (уже не 24, а 144 мин).

При этом фактическая производительность (бревен в минуту) составляет

$$Q_{\phi}^{\text{ок-бс}} = 15 \cdot 0,3284 \cdot 0,95 = 4,67,$$

т. е. в 2,5 раза меньше, чем при уровне безотказной работы линии, равном 0,95.

При автономном расположении и функционировании участков окорки и сортировки бревен и $Y_{\text{бр}} = 0,7$ производительность (бревен в минуту) составляет:

$$Q_{\phi}^A = Q_{\text{ц}}^A K_{\text{ти}}^A K_{\text{з}}^A = 15 \cdot 0,6316 \cdot 0,95 = 9,$$

т. е. почти в 2 раза больше, чем фактическая производительность комплексной линии (4,67 бревен в минуту) также при $Y_{\text{бр}} = 0,7$.

$$\text{Здесь } K_{\text{ти}}^A = 1 - \frac{\Sigma t_{\text{пл.пр}} + \Sigma t_{\text{сл.пр}}}{T_{\text{с}} - \Sigma t_{\text{з}}} = 1 - \frac{24 + 144}{480 - 24} = 0,6316.$$

Именно поэтому информационные технологии окорки и сортировки бревен требуют высокого уровня надежности оборудования при их использовании на комплексных линиях.

Зачастую имеется мнение, что на уровень производительности комплексных линий оказывает влияние внутрилинейный задел. Однако анализ этого положения показывает, что создать большой межучастковый запас (из нескольких сотен бревен, расположенных на поперечных цепных транспортерах) технически весьма сложно, а экономически, как правило, не эффективно.

Расчет необходимого количества бревен в этом случае сводится к следующему. Примем уровень безотказной работы ком-

плексной линии $Y_{бр} = 0,7$ и коэффициент межучасткового наложения потерь $\Delta_n = 0,5$. Тогда при прочих равных условиях

$$K_{ти}^{ок-бс} = \left(1 - \frac{24 + 144}{480 - (0,5 \cdot 144 + 24)}\right) \left(1 - \frac{0,5 \cdot 144}{480 - 24}\right) = 0,4737;$$

фактическая производительность (бревен в минуту)

$$Q_{\phi} = 15 \cdot 0,4737 \cdot 0,95 = 6,75.$$

Таким образом, получаем, что производительность комплексной линии будет примерно в 1,5 раза ниже по сравнению с производительностью автономных участков для окорки и сортировки бревен. Однако и в этом случае необходимо иметь емкость межучасткового накопителя (шт. бревен), составляющую

$$E \cong \frac{2\theta_{ср}(1 - \Delta_n)}{\Delta_n T_{ц}} = \frac{2 \cdot 1080 \cdot (1 - 0,5)}{0,5 \cdot 4} = 540.$$

Заметим, что если $Y_{бр} = 0,7$, то $\theta_{ср} = 3600 \cdot (1 - 0,7) = 1080$ и

$$\Delta_n = \frac{1080}{1080 + \frac{540 \cdot 4}{2}} = 0,5.$$

Поэтому при сравнительно низком уровне надежности окорочного и сортировочного оборудования между участками располагаются промежуточные склады бревен, объем которых доходит до 1,5...2-сменной производительности участков, что делает их практически автономными. Естественно, что это приводит к дополнительным капитальным вложениям и эксплуатационным затратам.

Цикловая производительность (шт. бревен в смену) комплексной линии для окорки и сортировки бревен определяется по формуле

$$Q_{ц}^{ок-бс} = \frac{Q_{\phi}^{лц} K_c}{q_{ср} K_{ис}^{ок-бс} T_{г}},$$

где $Q_{\phi}^{лц}$ — годовая фактическая производительность лесопильного цеха, м³ бревен в год; K_c — коэффициент превышения производительности комплексной линии для окорки и сортировки по

сравнению со средней производительностью лесопильного цеха. В зависимости от поставки сырья на предприятие и других причин $K_c \cong 1,1 \dots 1,4$. Его большие значения характерны для круглогодичной поставки сырья, меньшие — для сезонной. Большие значения K_c позволяют сократить время накопления оперативных запасов бревен. В установившемся режиме работы процесса $K_c = 1,05$; q_{cp} — объем бревна среднего диаметра и средней длины, m^3 ; $K_{ис}^{ок-бс}$ — коэффициент использования комплексной линии; T_r — годовой фонд времени работы комплексной линии, смен.

Коэффициент использования комплексной линии для окорки и сортировки бревен определяется по формуле

$$K_{ис}^{ок-бс} = K_{ти}^{ок-бс} K_n^{бс} K_з^{ок-бс} = \left(1 - \frac{\Sigma t_{пл.пр}^{ок-бс} + \Sigma t_{сл.пр}^{ок}}{T_c - (\Delta_n \Sigma t_{сл.пр}^{бс} + \Sigma t_з^{ок-бс})} \right) \times \\ \times \left(1 - \frac{\Delta_n \Sigma t_{сл.пр}^{бс}}{T_c - \Sigma t_з^{ок-бс}} \right) \left(1 - \frac{\Sigma t_з^{ок-бс}}{T_c} \right).$$

Здесь $K_{ти}^{ок-бс}$ — коэффициент технического использования комплексной линии; $K_n^{бс}$ — коэффициент использования оборудования для сортировки бревен; $K_з^{ок-бс}$ — коэффициент загрузки комплексной линии; $\Sigma t_{пл.пр}^{ок-бс}$ — планируемые простои комплексной линии, мин; $\Sigma t_{сл.пр}^{ок}$, $\Sigma t_{сл.пр}^{бс}$ — случайные простои оборудования для окорки и сортировки бревен, соответственно, мин; Δ_n — коэффициент межучасткового наложения случайных потерь оборудования окорки и сортировки бревен; $\Sigma t_з^{ок-бс}$ — время простоев комплексной линии по организационным причинам (неподача сырья, несвоевременная уборка бревен из карманов линии и др.), мин; T_c — время смены, мин.

11.7. Методика и пример расчета системы сортировка бревен—склад рассортированного сырья—лесопильный цех

Оперативный (предварительный) запас рассортированных бревен предназначен для обеспечения синхронной работы систе-

мы сортировка бревен—склад рассортированного сырья—лесопильный цех с начала работы лесопильного цеха.

Предварительным этот запас является потому, что он создается до начала работы лесопильного цеха. Он сглаживает неравномерность поступления в запас бревен различных сортировочных групп, дискретность обращения бревнопильных линий к запасам и выборку из запаса бревен только тех групп, которые распиливаются в определенный период работы лесопильного цеха, различия режимов при распиловке бревен разных сортировочных групп и другие факторы, влияние которых может привести к асинхронности рассматриваемой системы.

Моделирование процессов интенсивности поступления и распиловки бревен показывает, что вместимость (необходимая емкость) склада рассортированного сырья может в несколько раз превышать начальный (оперативный) запас бревен.

Поэтому основным условием перед расчетом оперативных запасов и вместимости склада рассортированного сырья является вычисление производственной мощности лесопильного цеха.

Моделирование рассматриваемых процессов на ЭВМ показывает, что оперативный запас A (m^3 пиловочника) при регламентированных и равных периодах работы лесопильных потоков в основном равен сумме минимальных партий запуска:

$$A = T Q_{\text{ср}}^{\text{бл}} n_{\text{гр}},$$

где T — период работы (половина смены, смена и т. д.) лесопильного цеха, в течение которого на бревнопильной линии (или линиях, специализированных на распиловку определенных сортировочных групп бревен) производится обработка пиловочника одним поставом (или одними и теми же поставами); $Q_{\text{ср}}^{\text{бл}}$ — средняя производительность бревнопильных линий, m^3 бревен в смену; $n_{\text{гр}}$ — число сортировочных групп бревен, определяемое по формуле

$$Q_{\text{ср}}^{\text{бл}} = \frac{Q_{\text{ф}}^{\text{лк}}}{T_{\text{г}} N}$$

(N — число бревнопильных линий в лесопильном цехе; $T_{\text{г}}$ — число смен работы цеха в течение года).

Время накопления (смен) оперативного запаса рассортированного пиловочника рассчитывается по формуле

$$T_n = A/Q_\phi^{6c} = T Q_{cp}^{6c} n_{гр} / Q_\phi^{6c}.$$

При этом принимается максимальное значение фактической производительности линии для сортировки бревен Q_ϕ^{6c} , т. е. с учетом превышения ее производительности над производительностью лесопильного цеха $K_c = 1,1 \dots 1,4$.

Фактическая производительность (m^3 пиловочника в смену) линии для сортировки бревен определяется по формуле

$$Q_\phi^{6c} = Q_\alpha^{6c} K_{ис}^{6c} q_{cp},$$

где Q_α^{6c} — цикловая производительность сортировочной линии, шт. бревен в смену; $K_{ис}^{6c}$ — коэффициент использования сортировочной линии; q_{cp} — объем бревна среднего диаметра и средней длины, m^3 .

Фактическая производительность (m^3 пиловочника в смену) комплексной линии для окорки, раскряжхлыстов и сортировки бревен в этих условиях вычисляется по формуле

$$Q_\phi^{ок-рх-6c} = Q_\alpha^{ок-рх-6c} K_{ис}^{ок-рх-6c} q_{cp},$$

где $Q_\alpha^{ок-рх-6c}$ — цикловая производительность этой линии, бревен в смену.

Фактическая производительность (m^3 пиловочника в смену) комплексной линии для окорки и сортировки бревен в этих условиях определяется по формуле

$$Q_\phi^{ок-6c} = Q_\alpha^{ок-6c} K_{ис}^{ок-6c} q_{cp},$$

где $Q_\alpha^{ок-6c}$ — цикловая производительность этой линии, шт. бревен в смену.

В установившемся режиме работы процесса $K_c \cong 1,05$. Это объясняется тем, что чем больше производительность линии для сортировки бревен, тем меньше время накопления предварительного запаса рассортированного сырья, что является важным, например, в начале работы завода после капитального ремонта. В установившемся процессе работы любое превышение производительности сортировочной линии над средней производительностью лесопильного цеха приводит через определенное время к переполнению емкости склада рассортированных бревен. Во из-

бежание этого линию для сортировки бревен останавливают, например, на профилактический осмотр на половину смены или смену и затем снова запускают в работу.

Вместимость (необходимая емкость) склада рассортированного сырья намного больше, чем предварительный запас рассортированных бревен.

По существу, в секциях (подштабельных емкостях), закрепленных за определенными сортировочными группами бревен, все время происходят изменения (рис. 11.2). В одни секции поступают бревна от сортировочной линии в соответствии с процентным содержанием тех или иных диаметров в массиве поступающего сырья. Из других секций происходит интенсивная подача бревен определенных сортировочных групп в распиловку и т. д. Таким образом, на складе находится не постоянный, а текущий запас рассортированного сырья (см. рис. 11.2).

Практически минимальная вместимость (м^3 бревен) склада рассортированного пиловочника определяется по формуле

$$E \approx (1,4 \dots 1,85) A \approx (1,4 \dots 1,85) T Q_{\text{ср}}^{\text{бл}} n_{\text{гр.}}$$

Меньшая вместимость склада требуется при сортировке сырья перед однопоточными, а большая — перед многопоточными лесопильными цехами и при большом числе сортировочных групп

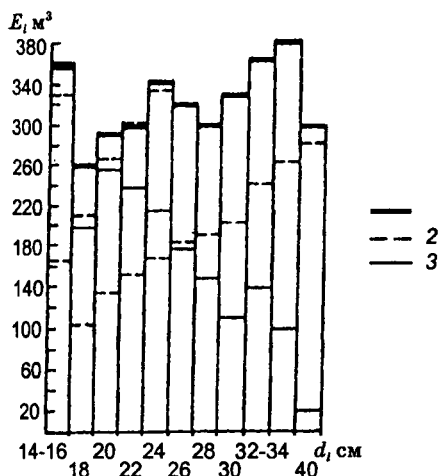


Рис. 11.2. Гистограмма заполнения секций на складе рассортированного сырья.

1 — емкость оперативного запаса; 2 — объем текущего запаса; 3 — объем партий бревен к началу распиловки.

бревен. Кроме того, вместимость склада зависит от возможности иметь информацию как о фактических объемах бревен тех или иных размерных групп, находящихся на складе к началу очередного периода работы лесопильного цеха, так и о их поступлении от линии сортировки в течение этого периода времени. При наличии автоматизированных систем учета и управления можно обойтись меньшей вместимостью склада рассортированного сырья.

Имитационное моделирование процесса подготовки и раскря пиловочника показывает, что наибольший коэффициент загрузки бревнопильных линий лесопильного цеха имеет место при коэффициенте превышения минимальных партий запуска бревен, равном 3 и более, т. е. при нахождении на складе рассортированного сырья объема бревен, равного трем их оперативным запасам. При этих условиях коэффициент загрузки лесопильного цеха может достичь 95 % и более.

Очевидно, что это соответствует круглогодовой поставке сырья на лесопильное предприятие, так как в этом случае на складе рассортированных бревен должен находиться примерно месячный запас пиловочника.

Страховой запас бревен перед бревнопильными линиями (перед лесопильным цехом) принимается равным примерно получасовой фактической производительности каждой из установленных в цехе бревнопильных линий при форсированных режимах работы.

Пример. Рассчитаем процесс подготовки пиловочного сырья к обработке при следующих условиях.

Фактическая производительность лесопильного цеха $Q_{\phi}^{лц} = 400$ тыс. м³ бревен в год. Окорка и сортировка пиловочника осуществляются на комплексной линии ОК—БС при коэффициенте превышения комплексной линии по сравнению со средней производительностью лесопильного цеха $K_c = 1,1$. Средний диаметр бревен на предприятии 18 см и средняя длина бревен 5 м. Планируемые простои комплексной линии $\Sigma t_{пл.пр}^{ок-бс} = 30$ мин. Случайные простои участков окорки и сортировки бревен $\Sigma t_{сл.пр}^{ок} = 24$ мин и $\Sigma t_{сл.пр}^{бс} = 24$ мин. Время простоев комплексной линии по организационным причинам $\Sigma t_3 = 48$ мин. Годовой фонд времени работы комплексной линии $T_r = 500$ смен.

Предварительные расчеты показывают, что для обеспечения окорки и сортировки пиловочника при производственной мощности предприятия 400 тыс. м³ бревен в год необходима комплексная линия БС60-2Ф с пропускной способностью 17 бревен в минуту (т. е. с длительностью рабочего цикла $T_{\alpha} = 3,5$ с) и с максимальным количеством бревен в на-

копители между участками окорки и сортировки $E = 10$ бревен. При этих условиях рассчитываем коэффициент использования комплексной линии:

$$K_{ис}^{ок-бс} = K_{ти}^{ок-бс} K_{и}^{бс} K_{з}^{ок-бс} = \left(1 - \frac{\Sigma t_{пл.пр}^{ок-бс} + \Sigma t_{сл.пр}^{ок}}{T_c - (\Delta_{и} \Sigma t_{сл.пр}^{бс} + \Sigma t_{з}^{ок-бс})} \right) \times \\ \times \left(1 - \frac{\Delta_{и} \Sigma t_{сл.пр}^{бс}}{T_c - \Sigma t_{з}^{ок-бс}} \right) \left(1 - \frac{\Sigma t_{з}}{T_c} \right) = \left(1 - \frac{30 + 24}{480 - (0,91 \cdot 24 + 48)} \right) \times \\ \times \left(1 - \frac{0,91 \cdot 24}{480 - 48} \right) \left(1 - \frac{48}{480} \right) = 0,868 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 0,742.$$

Здесь $\Delta_{и}$ — коэффициент межучасткового наложения случайных потерь оборудования окорки и сортировки бревен, который рассчитан следующим образом:

$$\Delta_{и} = \frac{\theta_{ср}}{\theta_{ср} + \frac{T_{ц} E_{\max}}{2}} = \frac{180}{180 + \frac{3,5 \cdot 10}{2}} = 0,91.$$

Так как среднее время простоя для устранения неполадок $\theta_{ср} \approx 3600 \times (1 - Y_{бр}) = 3600 \cdot (1 - 0,95) = 180$ с. (При сумме случайных простоев окорочного и сортировочного оборудования, равных 24 мин, в течение 480-минутной смены уровень безотказной работы комплексной линии $Y_{бр} = 0,95$.)

Рассчитываем требуемую цикловую производительность (шт. бревен в смену) комплексной линии:

$$Q_{ц} = \frac{Q_{ф}^{лц} K_c}{q_{ср} K_{ис}^{ок-бс} T_r} = \frac{400\,000 \cdot 1,1}{0,15 \cdot 0,742 \cdot 500} = 7906.$$

Здесь $q_{ср}$ — объем бревна среднего диаметра и средней длины, m^3 . При необходимости, например с точки зрения предварительного выбора типа линии, могут быть сделаны повторные скорректированные расчеты.

Рассчитываем фактическую производительность (m^3 бревен в смену) комплексной линии:

$$Q_{ф}^{ок-бс} = Q_{ц}^{ок-бс} K_{ис}^{ок-бс} q_{ср} = 7906 \cdot 0,742 \cdot 0,15 \approx 880.$$

Вычисляем оперативный запас бревен (m^3) при периоде работы лесопильного цеха $T = 1$ смена и 15 сортировочных группах бревен $n_{гп}$:

$$A \approx T Q_{ср}^{бл} n_{гп} = 1 \cdot 200 \cdot 15 = 3000,$$

где $Q_{ср}^{бл}$ — средняя производительность (m^3 в смену) бревнопильных линий, которую при их количестве в лесопильном цехе $N = 4$ и годовом фонде его работы в размере $T_r = 500$ смен определяем следующим образом:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{бл}} = Q_{\text{ср}}^{\text{бл}} / T_{\text{г}} N = 400\,000 / 500 \cdot 4 = 200.$$

Далее вычисляем емкость склада (м^3) рассортированных бревен:

$$E \approx 1,85A = 1,85 \cdot 3000 = 5550$$

и время накопления оперативного запаса (смен):

$$T_{\text{н}} = A / Q_{\text{ф}}^{\text{ок-6с}} = 3000 / 880 \approx 3,4.$$

Для расчета страхового запаса бревен перед лесопильным цехом допустим, что в нем установлена одна фрезерно-брусующая линия на базе ФБС-750, спаренного с многопильным станком СБ-8М, и три двухрамные линии с двухэтажными лесопильными рамами (см. табл. 8.9).

Из таблицы видно, что к фрезерно-брусующему станку в смену поступает максимально около 400 м^3 бревен, а в течение получаса $400/16 = 25 \text{ м}^3$ пиловочника. К трем двухрамным потокам в смену поступает максимально около 900 м^3 , а в течение получаса $900/16 \approx 60 \text{ м}^3$ бревен. Таким образом, общий объем страховых запасов перед бревнопильными линиями составляет 85 м^3 бревен. Исходя из этого рассчитываются цикл работы и число автопогрузчиков, обеспечивающих синхронную работу системы окорка и сортировка бревен—склад рассортированного сырья—лесопильный цех, схема которой представлена на рис. 11.3. Естественно, что количество приемных транспортеров 8 перед лесопильным цехом для рассортированных бревен равно количеству бревнопильных линий.

При цикловой производительности комплексной линии ОК—БС 7906 бревен в смену ее цикловая производительность в минуту составляет $7906/480 = 16,47$ бревен.

На окорочном участке из двух окорочных станков 2ОК63-1 может быть максимально пропущено $U_1/(l + \Delta l) + U_2/(l + \Delta l) = 70,2/5,5 + 60/5,5 = 23,66$ бревен в минуту. Здесь U_1 и U_2 — скорость подачи окорочных станков 2ОК40-И 2ОК63-1 соответственно, м/мин; l — средняя длина бревен; Δl — средний межторцовый разрыв.

В этих условиях максимальная пропускная способность окорочного участка примерно в 1,5 раза больше цикловой производительности комплексной линии ($23,66/16,47 = 1,436$), что позволяет обеспечить нормальную работу комплексной линии окорки и сортировки бревен даже в зимнее время.

При необходимости на линии окорки и сортировки бревен устанавливается большее количество окорочных станков. На этой линии также могут быть установлены устройства для оцилиндровки комлей бревен. Применение последних может повысить объемный выход пиломатериалов на 1...2 %, а производительность бревнопильного оборудования — на 10 % и более. Число карманов-накопителей в данных условиях на комплексной линии ОК—БС рассчитываем следующим образом:

$$N_{\text{карм}} = n_{\text{гр}} + n_{\text{рез}} + n_{\text{отб}} + n_{\text{кон}} = 15 + 3 + 2 + 1 = 21,$$

где $n_{\text{гр}}$ — количество сортировочных групп бревен; $n_{\text{рез}}$ — количество резервных карманов, принимаемое в размере 15...20 % от числа сортировочных групп бревен в зависимости от организации и режимов работы оборудования, осуществляющего уборку бревен из накопителей и их транспортировку на склад рассортированного сырья; $n_{\text{отб}}$ — накопители, в которые направляется (отбирается) низкокачественное сырье, например, для выработки из него технологической щепы; $n_{\text{кон}}$ — конечный карман, куда попадают бревна, в процессе сортировки которых по тем или иным причинам произошли сбой в системах их замера и адресации.

При сортировке, например, бревен двух пород число карманов-накопителей практически удваивается. Что касается сортировки бревен по качеству древесины, то в мировой практике она, как правило, не производится. Осуществляется только подсортировка сильно сучковатых бревен и иногда на две группы длин.

Обратим внимание на большой экономический эффект специализации лесопильных предприятий на распиловку минимального числа пород пиловочника. Это объясняется тем, что

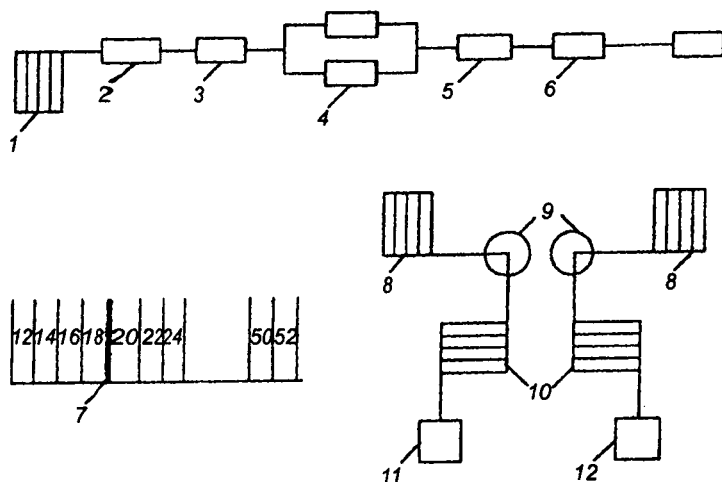


Рис. 11.3. Схема системы окорки и сортировки бревен—склад рассортированного сырья—лесопильный цех.

1 — поперечный транспортер для приемки нерассортированных бревен; 2 — металлоискатель; 3 — карманы-накопители для некондиционных бревен с металлическими включениями; 4 — окорочные станки; 5 — система сбора и обработки информации о каждом бревне; 6 — карманы-накопители для рассортированных бревен; 7 — склад рассортированного сырья; 8 — приемный транспортер перед лесопильным цехом для рассортированных бревен; 9 — устройство для ориентации бревен перед их распиловкой по вершинному торцу; 10 — накопитель бревен перед бревнопильным оборудованием; 11 — например, лесопильная рама первого ряда; 12 — например, фрезерно-брусующий станок на первом проходе.

последовательная обработка материала нескольких пород древесины, когда в лесопильном цехе, сушильных камерах и на участках окончательной обработки выпиливается, сушится и обрабатывается только одна порода древесины, возможна только при очень больших и, как правило, экономически неэффективных оперативных периодах работы завода.

На лесопильных заводах с современной организацией производства наиболее рациональным видом транспорта являются автопогрузчики, которые при круглогодичной поставке сырья обеспечивают транспортные операции не только подачи бревен к сортировочной линии, отвозки их на склад рассортированного сырья с формированием штабелей, расформирование последних и отвозки бревен к лесопильному цеху, но и операции по выгрузке бревен из воды и железнодорожных вагонов (рис. 11.4).

При проектировании современных лесопильных предприятий бассейнов перед лесопильными цехами, как правило, не предусматривается, хотя организации в них сортировки, накопления и прогрева бревен раньше уделялось большое внимание, также как и складам нерассортированного сырья ([10], с. 93... 134 и [1], с. 196...240).

При реконструкции лесопильных предприятий и установке на них линий береговой сортировки бревен имеющиеся бассейны зачастую используются как проходные для прогрева пиловочни-

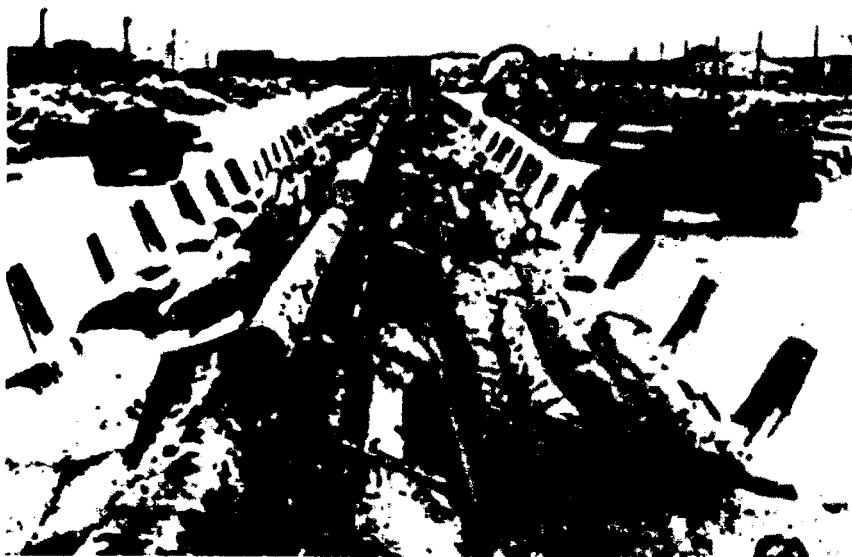


Рис. 11.4. Береговая сортировочная линия для бревен.

ка в зимнее время. Так, на лесозаводе № 3 г. Архангельска дворики основного бассейна перед лесопильным цехом в зимний период закрываются щитами, а бассейн перед окоркой сделан закрытым — с перекрытием сверху деревянными конструкциями и боковыми деревянными стенками.

Учитывая низкие температуры в зимний период, на Усть-Илимском ЛПК по схеме Гипродрева создан закрытый бассейн в бетонном исполнении. В двориках, специализированных для каждой лесопильной линии и снабженных тросовыми ускорителями, поддерживают температуру воды в пределах 25...35 °С. Для удаления пара из здания предусмотрена вентиляционная установка.

Все вышеприведенные положения и формулы для расчета оперативного запаса бревен и склада рассортированного сырья действительны при сортировке пиловочника одной породы по одностадийной системе.

При двухстадийной сортировке необходимы два последовательно расположенных участка, каждый из которых должен быть оснащен линией (или линиями — при больших объемах распиливаемого сырья) для сортировки пиловочника. При этом сырье дважды разбирают до подачи пиловочника в распиловку. Поэтому затраты на укладку и разборку штабелей при двухстадийной сортировке почти в 2 раза больше, чем при одностадийной. Несмотря на это, двухстадийная сортировка при поставке на предприятие нескольких пород древесины более рациональна, чем одностадийная.

Наиболее рациональна двухстадийная сортировка пиловочника при гибком закреплении подштабельных секций на первой стадии сортировки, когда после расходования древесины штабеля одной породы на том же подштабельном основании может быть сформирован штабель пиловочника с другими сортировочными признаками. В этом случае вместимость склада на первой стадии пропорциональна числу пород m . Если каждое подштабельное место предназначается для накопления сырья только одной определенной породы (жесткое закрепление секций), вместимость склада на первой стадии двухстадийной сортировки пропорциональна квадрату числа пород m^2 . Гибкий способ закрепления подштабельных секций на первой стадии сортировки при большом числе пород позволяет в несколько раз уменьшить требуемую вместимость склада на первой стадии двухстадийной сортировки пиловочника.

Применение гибкого способа закрепления секций на второй стадии, как правило, технологически не рационально, так как,

рассортировав на первой стадии пиловочник по породам, на второй стадии производят только его размерную сортировку.

Оперативный запас пиловочника (m^3) при двухстадийной сортировке, когда в лесопильном цехе в течение оперативного периода лесопильного завода распиливается одна порода, определяется по формуле

$$A_d \approx (m - 1)T_0 Q_{\text{ср}}^{\text{лп}} + 0,9T Q_{\text{ср}}^{\text{бл}} n_{\text{гр}},$$

где m — число сортируемых пород древесины; T_0 — оперативный период работы лесопильного завода, за время которого в лесопильном цехе распиливается только одна порода древесины, смен; $Q_{\text{ср}}^{\text{лп}}$ — средняя производительность лесопильного цеха, m^3 бревен в смену; T — период работы лесопильных потоков (цеха), смен; $n_{\text{гр}}$ — число сортировочных групп бревен.

Вместимость склада (m^3) при двухстадийной сортировке и гибком способе закрепления подштабельных секций на первой стадии и жестком способе на второй стадии при распиловке в лесопильном цехе одной породы древесины в течение оперативного периода работы лесопильного завода T_0 вычисляется по формуле

$$E_d \approx E_{\text{г}_1} + E_{\text{ж}_2} \approx (m - 1)T_0 Q_{\text{ср}}^{\text{лп}} + mV_{\text{шт}} + 1,4T Q_{\text{ср}}^{\text{бл}} n_{\text{гр}},$$

где $E_{\text{г}_1}$ — вместимость склада на первой стадии при гибком закреплении подштабельных секций, равная $E_{\text{г}_1} \approx (m - 1)T_0 Q_{\text{ср}}^{\text{лп}} + mV_{\text{шт}}$; $E_{\text{ж}_2}$ — то же, на второй стадии при жестком закреплении подштабельных секций; $V_{\text{шт}}$ — рациональный объем пиловочника на каждой подштабельной секции на первой стадии сортировки, m^3 .

Следует всегда помнить, что чрезмерное уменьшение объема штабеля бревен приводит к низкому коэффициенту использования площади склада и усложняет управление запасами сырья.

Оперативный запас пиловочника (m^3) при двухстадийной сортировке, когда в лесопильном цехе в течение оперативного периода работы лесопильного завода распиливается несколько пород древесины, определяется по формуле

$$A_d \approx (m - 1)T_0 Q_{\text{ср}}^{\text{г.бл}} + \psi 0,9T Q_{\text{ср}}^{\text{бл}} n_{\text{гр}},$$

где $Q_{\text{ср}}^{\text{г.бл}}$ — средняя производительность группы бревнопильных линий, распиливающих одну породу древесины (при двух, на-

пример, бревнопильных линиях, распиливающих каждая одну из пород древесины, $Q_{\text{ср}}^{\text{г.бл}} = Q_{\text{ср}}^{\text{бл}}$), м^3 .

Вместимость склада рассортированного сырья (м^3) при двухстадийной сортировке и гибком способе закрепления подштабельных секций на первой стадии и жестком способе на второй стадии, когда в лесопильном цехе распиливается ψ пород древесины, рассчитывается по формуле

$$E_{\lambda} \approx (m - 1) T_{\circ} Q_{\text{ср}}^{\text{г.бл}} + m V_{\text{шт}} + \psi 1,4 T Q_{\text{ср}}^{\text{бл}} n_{\text{гр}}.$$

Расчеты, проведенные нами, показывают, что некоторое сокращение вместимости склада рассортированного сырья при одновременной распиловке бревен двух пород древесины не компенсирует усложнений, возникающих на участке камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов при одновременной обработке заводом досок двух пород древесины. Следует также иметь в виду, что при этом необходима специализация участков сортировки сырых пиломатериалов, получения технологической щепы и учет ряда других моментов.

При анализе и выборе стадийности сортировки пиловочника следует учитывать, что одним из важнейших моментов, определяющих эффективность того или иного процесса, являются затраты не только прошлого овеществленного труда, выраженного в капитальных вложениях на строительство склада рассортированного сырья (дороги, подштабельные фундаменты и т. д.). Не менее важны и затраты живого труда, определяемые объемом работ по укладке и разборке штабелей, а также транспортных операций. Естественно, что последних при двухстадийной сортировке пиловочника больше, чем при одностадийной. Поэтому если предприятие получает сырье круглогодично или применяется комбинированная поставка и отсутствуют межсезонные запасы сырья, то при поставке, например, двух пород древесины наиболее рациональна одностадийная сортировка пиловочника.

Допустим, что гарантированный запас сырья, необходимый заводу при отсутствии межсезонных запасов, не превышает 3...4-недельной его производительности и равен 30...40 тыс. м^3 бревен. В этом случае, если при одностадийной сортировке пиловочника вместимость склада рассортированного сырья не превышает объема гарантированного запаса (30...40 тыс. м^3), применение двухстадийной сортировки не рационально, так как приведет к дополнительным затратам по формированию, разборке штабелей и увеличению переместительных операций. При

поставке на такой же завод, например, четырех пород древесины в нерассортированном по породам виде положение изменится. В этом случае наименьшая вместимость склада рассортированного сырья в пределах гарантированного запаса будет при двухстадийной сортировке пиловочника и гибком способе закрепления подштабельных секций на первой стадии и жестком на второй стадии, в то время как при одностадийной сортировке пиловочника и жестком закреплении секций необходимая вместимость склада рассортированного сырья может достигать до 100 тыс. м³, а при гибком закреплении секций до 60 тыс. м³ [6].

Оперативный запас пиловочника (м³) при одностадийной сортировке нерассортированных по породам бревен нескольких пород при условии распиловки в лесопильном цехе в течение оперативного периода работы завода одной породы может быть рассчитан по формуле

$$A_0 \approx A_1 + A_2(m-1)T_0 Q_{\text{ср}}^{\text{пч}} + m0,9T Q_{\text{ср}}^{\text{бл}} n_{\text{гр}},$$

где A_1 — запас бревен, необходимый для синхронной работы системы сортировка бревен—оперативный запас—лесопильный цех в течение оперативного времени работы лесопильного завода T_0 ; A_2 — запас бревен, рассортированных по размерным группам, необходимый для синхронной работы системы в течение периода работы лесопильного цеха T ; $Q_{\text{ср}}^{\text{пч}}$ — средняя производительность лесопильного цеха, м³ бревен в смену; $n_{\text{гр}}$ — число размерных сортировочных групп бревен.

Учитывая, что колебания породного состава поступающего сырья не ограничены, этот запас предусматривается как бы для каждой из поступающих пород древесины. Вместимость склада (м³) рассортированного сырья при одностадийной сортировке нерассортированных по породам бревен нескольких пород при жестком способе закрепления подштабельных секций за определенными породо-размерными группами пиловочника и распиловке в лесопильном цехе в течение оперативного периода работы завода одной породы рассчитывается по формуле

$$E_{\text{ж}} \approx m^2/2T_0 Q_{\text{ср}}^{\text{пч}} + m0,9T Q_{\text{ср}}^{\text{бл}} n_{\text{гр}},$$

где m — число сортируемых пород древесины.

Вместимость склада (м³) рассортированного сырья при одностадийной сортировке при тех же условиях, но при гибком закреплении подштабельных секций определяется по формуле

$$E_r \approx (m - 1)T_0 Q_{\text{ср}}^{\text{лп}} + m0,9T Q_{\text{ср}}^{\text{бл}} n_{\text{гр}} + n_{\text{гр}} m V_{\text{шт}},$$

где $V_{\text{шт}}$ — рациональный объем пиловочника на каждой подштабельной секции, м^3 .

Заметим, что при наличии межсезонных запасов, т. е. когда лесопильное предприятие имеет сезонный характер поставки сырья, сортировку бревен двух пород древесины, нерассортированных по породам при поступлении или выгрузке, при распиловке в лесопильном цехе в течение оперативного периода работы завода одной породы рационально проводить по двухстадийной системе при гибком способе закрепления на первой и жестком способе их закрепления на второй стадии сортировки.

Обратим также внимание на большой экономический эффект от специализации лесопильных предприятий на распиловку минимального числа пород пиловочника. Это объясняется тем, что последовательная обработка материала нескольких пород древесины, когда в лесопильном цехе, сушильных камерах и на участках окончательной обработки выпиливается, сушится и обрабатывается лишь одна порода древесины, возможна только при очень больших и, как правило, экономически неэффективных оперативных периодах работы завода на одной породе древесины.

Пример. Число пород древесины, поступающих на предприятие в нерассортированном виде, $m = 4$; среднесменная производительность лесопильного цеха $Q_{\text{ср}}^{\text{лп}} = 500 \text{ м}^3$ бревен при наличии в нем двух лесопильных потоков, работающих с периодом $T = 1$ смена и имеющих каждый среднесменную производительность $Q_{\text{ср}}^{\text{бл}} = 250 \text{ м}^3$.

Для того чтобы обеспечить распиловку бревен и последующую обработку пиломатериалов только одной породы в течение месяца, оперативный период работы завода должен составить $T_0 = 40$ смен. Необходимая вместимость в этих условиях склада рассортированного сырья при $V_{\text{шт}} = 400 \text{ м}^3$ и $n_{\text{гр}} = 10$ сортировочных групп бревен, рассортированных по их диаметрам, $E_d \approx (4 - 1) \cdot 40 \cdot 500 + 4 \cdot 400 + 1,4 \cdot 1 \times 250 \cdot 10 = 65100 \text{ м}^3$. Следовательно, обеспечить распиловку бревен и последующую обработку пиломатериалов одной породы древесины в течение месяца (а это, как показывают наши исследования, весьма реальное значение оперативного периода работы заводов) мы можем, только имея склад рассортированного сырья с вместимостью, превышающей $1/4$ годовой производственной мощности предприятия по распилу пиловочника, равной $250\,000 \text{ м}^3$. Заметим, что при поставке на предприятие бревен одной породы древесины, которые необходимо рассортировать только по размерам, необходимая емкость склада рассортированного

сырья при прочих равных условиях $E \approx 1,4T Q_{\text{ср}}^{6\lambda} n_{\text{гр}} = 1,4 \cdot 1 \cdot 250 \cdot 10 = 3500 \text{ м}^3$, т. е. приблизительно в 18 раз меньше.

Таким образом, только правильно выбранные стадийность сортировки пиловочника и, что очень важно, способ закрепления подштабельных секций за бревнами определенных сортировочных групп могут обеспечить наиболее рациональный выбор параметров складов рассортированного сырья лесопильных заводов как при реконструкции существующих, так и проектировании новых предприятий.

Обратим внимание, что сухопутная сортировка бревен наиболее эффективна при внедрении АСУ производством на участках: линии сортировки бревен—оперативный запас—лесопильный цех. Основными функциями этих систем являются: получение, сбор и обработка информации о фактических запасах рассортированного пиловочника по породам и размерам для планирования производства с учетом изменения запасов во времени и прогнозирования поступления сырья по породам на очередной оперативный период работы лесопильного завода и по градациям — на очередной период работы лесопильного цеха.

При расчете складов рассортированного пиловочника следует также учитывать коэффициент их заполнения.

Коэффициент заполнения склада определяется по формуле

$$K_s = (1 - K')K,$$

где K' — коэффициент, характеризующий площадь склада, необходимую на автодороги, противопожарные разрывы между штабелями бревен, складские механизмы, здания и сооружения; K — коэффициент, характеризующий отношение необходимых оперативных запасов пиловочника к необходимой вместимости склада. Например, $K' \approx 0,4$; $K = A_d/E_d = 0,84$. При этих условиях коэффициент заполнения склада $K_s \approx (1 - 0,4) \cdot 0,84 \approx 0,5$.

11.8. Способы измерения круглых лесоматериалов

Способы измерения размеров хлыстов и бревен различаются на ручные, механические, оптические, оптико-электронные и лазерные.

Ручные и механические датчики не обеспечивают необходимой точности и достоверности измерений, не позволяют осуществлять автоматический ввод информации в ЭВМ и потому не пригодны в информационных технологиях лесопиления.

Оптико-электронные измерительные системы включают в себя телевизионные камеры, которые передают изображения торцов и профиль сортиментов на монитор. Далее информация поступает в ЭВМ, где обрабатывается с помощью специальных программ. Снижает целесообразность их применения низкая освещенность и запыленность помещения. Наиболее перспективными считаются измерительные системы с лазерами малой мощности. Они технологически совместимы с ЭВМ и основными производственными процессами. Полученная информация используется при оптимизации и раскроя хлыстов и бревен.

Например, в измерителе размеров хлыстов и бревен гелий-неоновым лазером, разработанным в Белорусском лесотехническом институте под руководством профессора А. А. Янушкевича (рис. 11.5), лазер 1 формирует пучок световых лучей, который благодаря оптическим элементам 2 поступает на делительное устройство 3 и падает на бревно или хлыст 6. Рассеянный от него свет поступает через объектив 5 на фотоприемник 4. В системе измерения имеется четыре лазера. Каждый из них формирует по два луча, поэтому измеряются восемь точек поверхности хлыста (бревна). Наличие координат нескольких поперечных сечений хлыста (бревна) вдоль образующей позволяет получить информацию для построения его математической модели.

Заметим, что аналитические модели классической теории раскроя пиловочного сырья типа тел вращения не в состоянии адекватно отразить кривизну различного вида, овальность, обожистость и т. п. Это возможно, если координаты точек поверхности задаются в определенном порядке. Для этой цели используется дискретно-точечное задание каркасных элементов поперечного сечения и образующей хлыста (бревна).

Для построения математических моделей пиловочного сырья используются сплайны ([6], с. 88). Сплайн-функцию можно охарактеризовать как гибкую линейку. Моделирование поверхности

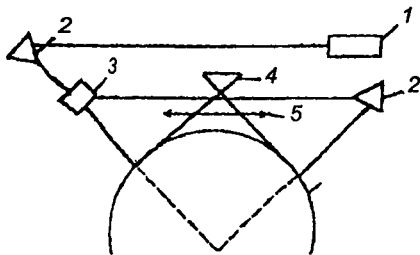


Рис. 11.5. Схема измерения размеров хлыстов и бревен гелий-неоновым лазером.

хлыста, бревна сводится к построению сплайнов на узлах точечного каркаса.

Для получения объема, например, бревна после построения его математической модели достаточно проинтегрировать функцию площади поперечного сечения вдоль его образующей.

На ЭВМ рассчитываются координаты точек встречи осветителя с хлыстом (бревном). Затем с помощью соответствующих программ моделируется поперечное сечение и определяется объем.

Заметим, что, например, без автоматической оптимизации раскря хлыстов невозможна высокая производительность линии окорки, раскря хлыстов и сортировки пиловочных бревен. При этом информация, используемая при оптимизации раскря хлыстов, применяется и при сортировке получаемых бревен.

При переходе на рыночную экономику значительно увеличилась стоимость древесного сырья. В связи с этим большое значение приобретают вопросы не только его достоверного учета, но и оптимизация раскря пиловочника на пиломатериалы, которая при современном уровне механизации и автоматизации процессов начинается с процессов сортировки бревен.

Учет пиловочного сырья на лесопильных предприятиях обычно проводят дважды: при приемке и подаче в лесопильный цех на распиловку. Поступившее на предприятие сырье учитывают по результатам приемки в основном по сопроводительным документам, хотя в соответствии с ГОСТ 2292—88 и другими документами устанавливаются правила приемки и методы определения объема и качества лесоматериалов. Так, в частности, предусматривается выборочная проверка части лесоматериалов, оцениваемых и обмеряемых поштучно. Затем полученные результаты распространяются на всю партию пиловочника.

Для учета пиловочных бревен, поступающих в распиловку, применяются в основном индивидуальные (визуальные) методы. Как правило, в конечном итоге во всех случаях учет объемов лесоматериалов основан на таблицах объемов ГОСТ 2708—75 «Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов». В России традиционно с 1913 г. объем бревен всех пород вычисляют по верхнему диаметру с помощью таблиц барона Крюденера. После их перевода в метрическую систему и ряда уточнений они стали основой ГОСТ 2708—75. При определении объемов по этим таблицам фактический сбег бревен не учитывается. Поэтому объем сбежистых хвойных бревен на севере Карелии таблица занижает на 11 %, а объем бревен из крупномерной ангарской сосны завышает на 9 %.

Обратим внимание, что установленные требования к сортировке пиловочника по четным диаметрам были механически заимствованы из требований к операциям учета объемов бревен при измерении их вершинных диаметров с точностью ± 1 см. В соответствии с этими требованиями в отечественном лесопилении с 1930-х годов были составлены альбомы рациональных поставов и таблицы посылок лесопильных рам. Фактически такая организация сортировки бревен во многом определила и путь развития теории раскря сырья на пиломатериалы с заложенным в ее основу шагом (дробностью) сортировки 2 см. Однако операции учета и сортировки пиловочника имеют совершенно различное технологическое назначение. Рациональные границы сортировочных групп далеко не всегда соответствуют четным диаметрам бревен. Сортировка должна производиться только в плюс, т. е. фактический диаметр отсортированного бревна должен быть равным и больше, но не меньше его номинального диаметра.

При отсутствии автоматических датчиков и современных систем измерения в каждой из стран измерение объемов бревен осуществлялось различными методами, что создает проблему для российских экспортеров круглых лесоматериалов. Так, в Японии объем бревна считается равным квадрату верхнего диаметра, умноженному на длину. В Турции, Германии и ряде других стран применяется срединное измерение — по диаметру на середине (цилиндр с диаметром, равным диаметру бревна на середине длины). У нас этот метод называется методом срединного сечения, в Европе — методом Губера. В Швеции объем пиловочника определяют по объему вписанного цилиндра, который на 12...28 % меньше истинного. В Австрии применяется метод вершинного диаметра и среднего сбega, равного 8 мм на 1 м. В ряде стран применяется измерение «в целых единицах», когда при измерении диаметра дробные части сантиметров отбрасываются независимо от их значения или когда из-за отсутствия припуска длину снижают на 0,5...1,0 м. Все это может уменьшить объем бревен на 10 % и более.

При автоматических измерениях пиловочника применяется измерение по секциям — многократное измерение диаметра через равные отрезки по длине бревна.

Естественно, что наиболее точное определение объемов бревен, поступающих на лесопильное предприятие, возможно только при использовании современных систем измерения (автоматических датчиков, моделирования поверхности бревна с по-

строением сплайнов на узлах точечного каркаса и др.), позволяющих сортировать бревна с учетом особенностей их формы. Таким образом, применение автоматизированных сухопутных линий сортировки бревен способствует не только наиболее эффективной сортировке пиловочника, но и наиболее точному учету объемов поступающего на предприятия пиловочного сырья.

Наиболее известны зарубежные измерители диаметров бревен «Оптилог», «Элмес», «Рема» и др., из отечественных — «Север», УИД-2 (ЦНИИМОД) и др.

Отечественными организациями было разработано несколько моделей линий сухопутной сортировки бревен: БС60-2Ф со скоростью подачи 120 м/мин, производительностью 800 бревен в час и числом сортировочных мест 32 ± 2 ; БС60-3 со скоростью подачи 120 м/мин, производительностью 1200 бревен в час и числом сортировочных мест 26 ± 1 и др. Из зарубежных можно выделить линии: ХК-4000 со скоростью подачи 120 м/мин, производительностью 900 бревен в час и числом сортировочных мест 16; «Шпрингер» со скоростью подачи 96 м/мин, производительностью 600 бревен в час и числом сортировочных мест 90. Все указанные выше типы отечественных и зарубежных линий предназначены для сортировки бревен диаметром от 12 до 60 см и длиной от 4 до 7 м.

Кроме этого, отечественными предприятиями были закуплены за рубежом и установлены сортировочные линии для бревен, поступающих из фирм Швеции, Финляндии, Австрии, Германии и других стран.

12. ПРОЦЕССЫ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Понятие окончательной обработки возникло при пакетной отгрузке пиломатериалов. Для ее осуществления потребовалось не только высушивать пиломатериалы до транспортной влажности и рассортировывать их по сечениям и сортам, но и производить их сортировку по длинам, маркировку и формирование транспортных пакетов, обернутых водонепроницаемой бумагой и обвязанных металлической лентой. Таким образом, каждый из транспортных пакетов должен содержать доски одной породы, одного размера их поперечных сечений, одного сорта и преимущественно одной длины.

Окончательная обработка пиломатериалов является заключительной (финишной) операцией производственного процесса лесопильного предприятия и включает в себя также хранение, комплектование отгрузочных партий спецификационных пиломатериалов и их отгрузку в планируемые сроки.

Технология окончательной обработки пиломатериалов неразрывно связана с технологией формирования их сечений, торцовки и сортировки в процессах лесопильных цехов, так как планирование выработки тех или иных партий спецификационных пиломатериалов в определенные сроки, рациональная загрузка оборудования и высокий уровень выхода пиломатериалов и их отгрузки в транспортных пакетах могут быть обеспечены только при комплексном решении этих вопросов.

При пакетной отгрузке окончательная торцовка и сортировка пиломатериалов по сортам и длинам с формированием транспортных пакетов осуществляется после сушки. Это позволяет наиболее эффективно проводить оценку качества пиломатериалов. При определении сорта и торцовке пиломатериалов до сушки переходы досок в низшие сорта после сушки из-за покоробленности по кромке, крыловатости и необходимости дообработки в зависимости от других пороков и причин доходят до 10 % и более.

Сортировку пиломатериалов можно подразделить на следующие типы: одностадийная, двухстадийная и трехстадийная.

При одностадийной сортировке пиломатериалов в лесопильном цехе производится окончательная торцовка досок. Доски сортируются по сечениям и сортам. Выпиловка нескольких де-

съятков сечений пиломатериалов считалась нормальным явлением. По длинам доски сортировались только на две группы. Например, от 1 до 1,75 м (1,8) и от 2 (2,1) до 6,5 м. Доски длиной до 1 м по сортам не рассортировывались. Окончательная торцовка досок проводилась, как правило, на позиционных торцовочных столах, а их сортировка — на частично механизированных сортплощадках типа ТСП-3 или ТСП-4. На них число подступных мест составляло несколько десятков, а на крупных заводах доходило до 80 и более.

После антисептирования, которое проводилось далеко не всегда и зависело от удаленности потребителей пиломатериалов, доски различными видами транспорта отправлялись им, на месте при необходимости и проводилась сушка пиломатериалов до нужной влажности. На экспортных заводах в основном осуществлялась атмосферная сушка пиломатериалов в так называемых круглых штабелях или в пакетах. Перед отправкой потребителю производилась переборка штабелей, при которой ручными пилами отторцовывалась, например, одна из градации длин досок, в которой после сушки появлялась трещина. При переборке сушильных пакетов досок могли использоваться торцовочные установки проходного типа.

12.1. Окончательная обработка при трехстадийной сортировке пиломатериалов на оборудовании первого поколения

При внедрении пакетной технологии вначале применялась только трехстадийная сортировка пиломатериалов. На первой стадии проводилась выборочная торцовка и сортировка сырых досок по сечениям. На второй стадии после сушки осуществлялась окончательная торцовка и сортировка досок по сортам, и на третьей стадии в основном доски высших сортов (бессортные и IV сорта) сортировались по длинам с формированием транспортных пакетов преимущественно из пиломатериалов одних длин.

Сортировка пиломатериалов по сечениям в начальный период пакетной технологии в 1960-е годы, как правило, осуществлялась на частично механизированных сортплощадках типа ТСП-3 или ТСП-4. При этом толстые доски сортировались по сечениям с выборочной торцовкой, а тонкие — зачастую по сечениям и сортам с окончательной торцовкой.

В середине 1960-х годов для лесоэкспортных предприятий в Финляндии было закуплено несколько десятков механизирован-

ных установок для браковки, окончательной торцовки, маркировки и сортировки досок по сортам фирмы «Рауте».

Приемка и разборка сушильных пакетов осуществлялись при помощи поперечного цепного конвейера и наклонного подъемника, на котором производится порядовая разборка досок. С помощью винтового рольганга доски выравниваются по комлевому торцу и затем крестовиной, синхронно вращающейся с движением подающего конвейера, поштучно подаются на упоры последнего. Крестовина одновременно выполняет роль кантователя, переворачивая доску перед комлевым браковщиком. Пропускная способность установок составляет от 8 до 24 досок в минуту в зависимости от качества пиломатериалов и квалификации браковщиков. Подающий конвейер имеет бесступенчатое регулирование скорости движения. На нем комлевый и вершинный браковщики (рис. 12.1) определяют сорта досок, осуществляют их торцовку и маркировку. Всего установку обслуживало пятеро рабочих.

Предусматривалась возможность остановки конвейера на 3...6 с при сложной браковке пиломатериалов. Торцовочные станки слесерного типа установлены с каждой стороны подающего конвейера. На участке браковки и торцовки комлевого конца доски установлены последовательно две пилы. На первой производится автоматическая зачистка комлевого конца доски, что позволяет проводить лучший осмотр дефектов древесины на торце пиломатериала.

Эти установки имели четыре сортоместа, на которые системой ленточных конвейеров и шибберных устройств направлялись бессортные доски, IV сорта, V сорта и отпад от экспорта (доски для внутреннего рынка). В сортировочных отсеках доски рабочими укладывались в пакеты, размещаемые на консолях наклонных лифтов.

Для сортировки пиломатериалов по длинам также в Финляндии были закуплены установки «Sateko». После приемки и разборки пакетов бессортных досок или IV сорта с помощью ме-

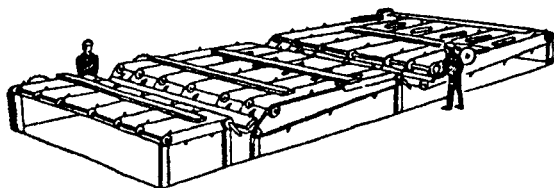


Рис. 12.1. Организация работы контролеров качества на браковочно-торцовочных линиях.

ханизма поштучной подачи (в виде крестовины) доски передаются на конвейер-питатель, где выравниваются по одному торцу. Затем они также поштучно поступают на сортировочный конвейер с нижней рабочей ветвью. Его рабочими органами являются упоры, перемещающие доски по направляющим шинам, которые в месте сброса досок перекрываются шиберами. Доска выдвинутым концом открывает шибер, соответствующий ее длине, и падает в карман-бункер с открывающимся дном. В каждом кармане имеется счетное устройство, определяющее число досок заданного поперечного сечения, соответствующее их количеству в транспортном пакете.

После звукового и светового сигналов рабочий открывает карман, и пачка досок высыпается на выносной конвейер. При этом линия практически останавливается до момента выгрузки досок из кармана, так как никаких прямков или резервных карманов на ней не предусмотрено. Каждая установка имеет два пакетоформирующих устройства, расположенных на противоположных сторонах по ее длине. Разборка поступающих пачек рассортированных досок осуществляется наклонными транспортерами с упорами (из прямков). Поступающие поштучно к наклонным лифтам доски рабочими укладываются в транспортные пакеты, которые затем по роликовому транспортеру подаются на участок их упаковки.

Установка для сортировки досок по длинам «Sateko» имела пропускную способность от 30 до 60 досок в минуту, 16 карманов и два участка для формирования транспортных пакетов пиломатериалов. Ее обслуживало до пяти рабочих.

Примерно в то же время для трехстадийной сортировки пиломатериалов были созданы отечественные браковочно-торцовочная установка БТСМ-6 и установка для сортировки досок по длине УСД-18 (Вологодское ГКБД; завод «Северный Коммунар»). Все типы вышеуказанных установок («Рауте», «Sateko», БТСМ-6 и УСД-18) относятся к оборудованию первого поколения для окончательной обработки пиломатериалов. Установка БТСМ-6 имела шесть карманов: для бессортных досок; IV сорта; V сорта; досок высших сортов внутреннего рынка; досок внутреннего рынка низших сортов (оба кармана практически для отпада от экспорта) и конечный карман, куда могли направляться бракованные доски и доски, поступающие результате сбоя в системе адресации. При проектировании линии БТСМ-6 были проведены расчеты при ее работе с гибким ритмом при максимальной пропускной способности 15 досок в минуту.

Установка для сортировки досок по длинам УСД-18 имела 18 карманов с приямками, что позволяло уменьшить время ее простоев при выносе отсортированных пачек досок из карманов. Ее пропускная способность составляла 40 досок в минуту, хотя могла быть значительно увеличена.

Обе эти установки практически были выпущены на уровне опытно-промышленных образцов.

12.2. Окончательная обработка пиломатериалов при двухстадийной сортировке на оборудовании второго поколения

Во второй половине 1970-х годов началась модернизация лесозаготовительных предприятий с установкой на них комплексов оборудования для камерной сушки и окончательной обработки по двухстадийной сортировке пиломатериалов на комплексных линиях. Это было вызвано необходимостью увеличения производительности оборудования для окончательной обработки пиломатериалов и уровня его механизации и автоматизации. Установки для окончательной торцовки и сортировки досок по сортам «Рауте» и БТСМ-6 в среднем имели пропускную способность не более 15 досок в минуту. Поэтому, например, на восьмирамных заводах их было необходимо устанавливать не менее четырех, а иногда и больше. Попытки дублирования, например, участков браковки и торцовки досок установок типа «Рауте» с участком сортировки пиломатериалов по длинам ([8], с. 150) не дали положительных результатов. Кроме этого, учитывалось, что комплексные линии для окончательной торцовки и сортировки досок по сортам и длинам с их маркировкой и формированием транспортных пакетов позволяют уменьшить затраты на транспортные операции и межлинейные буферные склады пиломатериалов. В Финляндии была закуплена большая партия комплексных ЛООП фирмы «Plan-Sell», как в составе цехов камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов, так и отдельно.

На рис. 12.2 представлена структурная схема типового цеха камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов с установленной в цехе штабелеформирующей линией (ШФЛ) для формирования беспакетных сушильных штабелей высотой 5 м, пяти сушильных камер (СК) и одной комплексной ЛООП, на которой осуществляется окончательная торцовка досок после сушки, сортировка по сортам и длинам, маркировка и формирование транспортных пакетов и блок-пакетов.

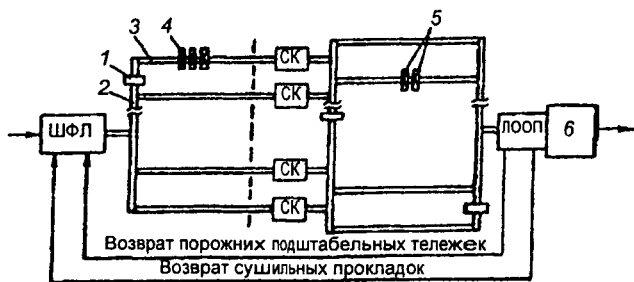


Рис. 12.2. Схема цеха камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов.

Сформированный на ШФЛ штабель пиломатериалов с помощью траверсной тележки 1 перемещается по траверсному пути 2, устанавливается на рельсовый путь 3 перед определенной СК, где в течение данного оперативного периода проходят сушку пиломатериалы той же группы (одной породы, одной толщины и ширины или, например, «смежных» ширин с близкими режимами сушки). Передвижение штабелей 4 по рельсовым путям 3, имеющим уклон, происходит под действием силы тяжести.

Сушильные камеры (СК) — непрерывного действия. Закатке очередного штабеля в камеру предшествует выкатка из нее высушенного штабеля. В течение нескольких часов штабеля остывают, находясь на рельсовых путях, непосредственно примыкающих к камерам. Затем они с помощью траверсной тележки подаются на рельсовые пути (также имеющие уклон) участка сухих пиломатериалов, предназначенного для накопления партий пиломатериалов одного сечения, необходимых для рациональной работы ЛООП. Для этого, например, в цехах с пятью СК на участке сухих пиломатериалов предусмотрено 10 рельсовых путей с возможностью размещения на каждом из них до 10 штабелей пиломатериалов определенного сечения. Подача штабелей 5 с участка сухих пиломатериалов к ЛООП также осуществляется с помощью траверсной тележки. После разборки сушильных штабелей на ЛООП подштабельные тележки и сушильные прокладки специальными устройствами (тележки по рельсовым путям, а прокладки транспортерами непрерывного действия) возвращаются к ШФЛ. В состав ЛООП входит участок 6 формирования не только транспортных пакетов, но и блок-пакетов пиломатериалов.

Имеется несколько типов цехов камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов, отличающихся числом ос-

нового технологического оборудования. Комплексные ЛООП характеризуются как оборудование второго поколения для окончательной обработки пиломатериалов.

В типовом проекте лесопильного предприятия ЛП-300 и проекте лесозаводов Усть-Илимского ЛДК на участке накопления сырых пиломатериалов в сушильных штабелях и их подачи в СК предусмотрен второй траверсный путь (см. пунктирную линию на рис. 12.2), по которому штабеля с любого рельсового пути участка могут быть поданы в любую СК. Ликвидация жесткой привязки рельсового пути к СК и группе сечений повышает равномерность загромождения путей. Это при прочих равных условиях позволяет увеличить заполнение рельсовых путей штабелями на 15...20 % и локализовать, например, в случае установки рассматриваемой системы непосредственно за лесопильным цехом колебания выхода пиломатериалов различных сечений. Производственная мощность цехов камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов, естественно, в первую очередь определяется числом установленных в них сушильных камер, линий окончательной обработки и ШФЛ, а также числом и длиной рельсовых путей, на которых располагаются штабеля сырых (перед СК) и сухих (перед линиями окончательной обработки) пиломатериалов. Подбор этого оборудования как с точки зрения числа камер, специализированных на сушку тонких и толстых досок; числа карманов на ЛООП, применяемого торцовочного оборудования — триммерного или слешерного типов — сам по себе представляет довольно сложную задачу и должен производиться с учетом конкретных условий предприятия. Это необходимо потому, что производительность цеха $Q^{к-ооп}$, кроме указанных выше факторов, зависит от числа обрабатываемых в нем сечений Z_i пиломатериалов, их размеров и, в частности, от среднего сечения $Z_{ср}$ и средней длины $l_{ср}$ обрабатываемых досок, объема партий запуска V_n пиломатериалов в обработку, оперативных периодов работы завода T_o , режима работы ЛООП $R_{лооп}$ и других факторов: $Q^{к-ооп} = f(Z_i; Z_{ср}; l_{ср}; V_n; T_o; R_{лооп} \text{ и др.})$. Следует учитывать, что если СК работают непрерывно (7 дней в неделю по 3 смены), то все другое технологическое оборудование лесопильных предприятий, как правило, имеет другой режим работы. Так, при работе ЛООП в две смены с двумя выходными днями в неделю число штабелей пяти сухих пиломатериалов (см. рис. 12.2) достигает максимума к началу первой рабочей смены недели и минимума — к концу последней рабочей смены недели. Следствием

этого являются значительные колебания фактической производительности цеха КС—ООП, которая в последних сменах недели может быть ниже, чем в первых, в 2 раза и более. Выравнивание режимов работы оборудования цеха КС—ООП возможно при работе ЛООП по скользящему графику при сохранении общего фонда рабочего времени каждой линии. Для этого рабочие смены ЛООП равномерно распределяются по дням недели, включая и выходные. Это позволяет до 2 раз увеличить число сечений пиломатериалов, обрабатываемых в цехах КС—ООП (приблизительно с 4 до 8). Режим работы ШФЛ определяется наличием или отсутствием запасов пиломатериалов между лесопильным и цехом КС—ООП. Главным требованием, предъявляемым к режиму работы ШФЛ, является обеспечение запаса штабелей для их ритмичной загрузки в СК в любую смену пятидневки и в выходные дни.

Общий вид ЛООП представлен на рис. 12.3. К линии поступают сушильные штабеля длиной в основном 6,3 м, шириной 2,05 м и высотой 5 м. Минимальная длина обрабатываемых на линии досок 2 м, ширина 75...300 мм и толщина 19...100 мм. Транспортные пакеты могут формироваться с различными поперечными сечениями, например малые — 450 × 450 или 600 × 600 мм и большие 1 × 1 или 1,3 × 1,3 м. Из малых пакетов могут формироваться малые блок-пакеты, например 900 × 900 или 1200 × 1200 мм, а из больших — большие блок-пакеты с поперечным сечением до 2,6 × 2,6 м.

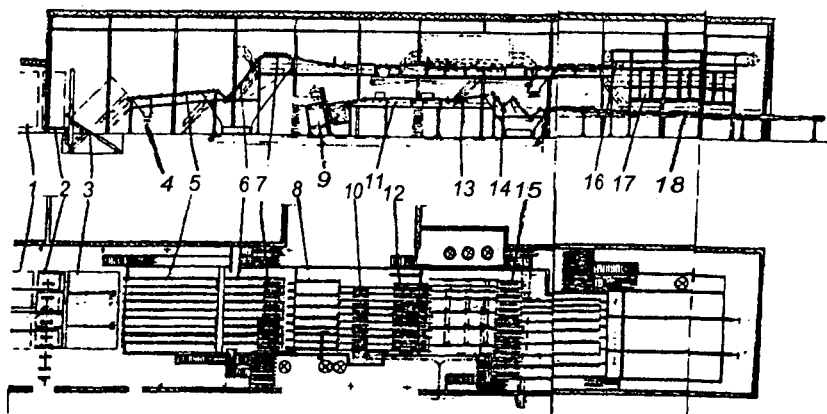


Рис. 12.3. Линия для окончательной обработки пиломатериалов.

Пояснения даны в тексте.

На линии заняты 10 операторов: один на участке загрузки, двое на участке торцовки комлевых концов досок, трое на участке контроля качества и торцовки вершинных концов досок, один в зоне сортировочных карманов, один на участке загрузки маркировочно-паketирующего участка, один на участке формирования транспортных пакетов досок и их маркировки, один на участке обвязки пакетов и формирования блок-пакетов.

Штабеля 5 сухих пиломатериалов (см. рис. 12.2) той или иной партии запуска траверсной тележкой подаются на подштабельных тележках на наклонный рельсовый путь перед ЛООП. Обычно здесь находятся три штабеля 1 (см. рис. 12.3), в которых комлевые концы досок располагаются справа по ходу загрузки штабелей. По команде оператора имеющийся здесь гидроотсекатель освобождает очередной штабель, и он перемещается под действием собственной массы на наклонный подъемник 2. Подштабельные тележки имеют в верхней части рамы вырезы для захода в них кронштейнов наклонного подъемника. Этим обеспечиваются подъем и последующая порядная разборка штабеля без подштабельной тележки. Тележка после наклона штабеля выносятся роликовым конвейером к линии возврата порожних подштабельных тележек. Эти операции выполняются в автоматическом режиме работы: тележка поднимается подъемником до уровня наклонного рельсового пути возврата и толкателем подается на него; под действием собственной массы она перемещается к ШФЛ, где расположен отсекатель, обеспечивающий поштучную подачу очередной тележки в зону формирования сушильного штабеля.

Наклон штабеля 3 происходит по команде оператора. Дискретный же подъем штабеля на толщину доски и прокладки осуществляется автоматически, после чего подъемник возвращается в исходное положение.

Очередной ряд досок поступает на приемный транспортер 5, а прокладки, проходящие между его цепями, выносятся ленточным транспортером 4 в приемный карман наклонного транспортера линии возврата сушильных прокладок. Транспортер 5 практически выполняет две функции: накопление пиломатериалов в количестве, обеспечивающем непрерывную работу последующих участков во время подачи очередного штабеля для разборки (возврат кронштейнов подъемника в исходное положение, подача на них очередного штабеля, его наклон и подъем до момента схода верхнего ряда досок), и дозирование досок в приемок перед наклонным разборщиком 6.

В сушильном штабеле доски располагаются в каждом из его рядов по длине вразбежку (через одну). Для дальнейшей обработки доски должны быть сориентированы только по комлевому концу. Поэтому после разборщика 6 предусматривается два типа торцеравнительных устройств 7: первый торцеравнительный роликовый конвейер, устанавливаемый непосредственно за разборщиком и предназначенный для предварительного выравнивания, и второй роликовый конвейер (с более короткими роликами) для точного выравнивания досок по комлевым торцам. Винтовые ролики второго роликового конвейера перемещают доски на роликовые шины 8, где они располагаются в виде однослойного «ковра». Отдельные доски, идущие с перекосом, поправляет вручную находящийся здесь рабочий-оператор. При необходимости линия может быть им остановлена.

Передача доски в очередной шаг загрузочного транспортера осуществляется отсекающим устройством, которое также поворачивает доски с одной пласти на другую.

В зоне отсекающего устройства расположены пульта управления двух операторов, определяющих рациональное значение торцовки комлевых концов досок для получения пиломатериалов высшего возможного сорта. Каждый из операторов начинает осмотр одной пласти своей доски (через одну), когда она находится еще на роликовых шинах и, продолжая осмотр во время поворота (отсекания), оценивает затем вторую пласт. Упоры цепей загрузочного транспортера окрашены поочередно в два разных цвета. Каждый оператор осматривает доску, перемещающуюся в упорах закрепленного за ним цвета. На линиях, установленных на отечественных заводах, доски с комлевой части устанавливаются дискретно (до выдвижных упоров) с градацией 40, 150, 300 и 450 мм. Если не подается никакой команды, то транспортер 10 перемещает доску до первого подвижного мерного упора, находящегося за плоскостью комлевой пилы на расстоянии 40 мм. После схода с транспортера доска надвигается цилиндрическими упорами из капрона (закрепленными на цепях поперечного цепного транспортера) на пилу и происходит так называемая «забелка» ее комлевого торца. Для оторцовки части досок до 1500 мм предусмотрена установка второй комлевой пилы. Иногда окончательную торцовку досок на линии начинают не с комлевого, а с вершинного торца доски. Естественно, что при необходимости оторцовки доски, например, на 20 или 50 мм, от доски при дискретно устанавливаемых упорах с указанным выше шагом обрезается 40 или 150 мм. В результате

потери древесины на участке торцовки комлевой части доски достигают 2 % при обработке сначала комлевой и 3 % при обработке сначала вершинной частей досок по сравнению с их бесступенчатой установкой по месту реза при помощи специальных устройств. Поэтому в последних конструкциях линий предусмотрены устройства для бесступенчатой установки досок по месту реза. Обратим внимание, что если в процессе торцовки доски высших сортов с ее комлевой части ошибочно оторцовывается, например, 1 см лишней, то с вершинной части этой доски необходимо оторцевать 29 см качественной древесины. Несмотря на то что допускаемые отклонения по длине досок больше 1 см, в этом случае приходится производить оторцовку практически целой градации по длине доски для «забелки» ее вершинного торца. Для решения этого вопроса в последнее время применяются устройства, определяющие отрезок, оторцовываемый с вершинного конца доски, и если создается критическая ситуация, то звуковым или световым сигналом привлекается внимание оператора. Для облегчения выбора решения участок оснащен лазерной разметкой, позволяющей определить фактическое место торцовки доски.

Оторцованный комлевой торец доски является базой, по которой доска устанавливается при торцовке ее вершинной части. Доски с оторцованными комлевыми концами поступают на роликовый конвейер 12 (см. рис. 12.3), при помощи которого они перемещаются до упора по ходу потока влево. Перемещаемые упорами загрузочного транспортера доски попадают под навесные мерные упоры. Рольганг навесных мерных упоров досылает каждую доску до ближайшего мерного упора. В таком положении доски поступают по ходу процесса на участок их оценки, где работают трое операторов. Перед каждым из них установлен кантователь. Операторы осматривают обе пласти досок, проходящих только через их кантователи и пока доска находится в пределах зоны осмотра посылают информацию (нажимая на определенную кнопку) о ее сорте в систему управления линий. Они же задают команду на значение торцовки вершинного конца доски.

Торцовочный роликовый конвейер 15 подает каждую из досок в правую (по ходу потока) сторону до упора, определяющего значение торцовки вершинного конца доски. Перемещаясь по потоку, доски торцуются одной из двух вершинных пил в соответствии с заданной командой. Наличие двух пил позволяет при максимальной длине оторцованной части доски 1500 мм получать отрезки длиной не более 750 мм, что упрощает систему

чать отрезки длиной не более 750 мм, что упрощает систему подачи отрезков к рубильной машине.

Приведенный выше метод торцовки досок на проходных торцовочных устройствах слешерного типа характерен только для линий фирмы «Plan-Sell». На линиях БТСМ30-2, фирмы «Валмет» и других доски торцуют на устройствах не слешерного, а триммерного типа. Применение триммеров позволяет базировать (ориентировать) доски 1 раз, не перегоняя их несколько раз поперек линии. Последнее особенно сказывается на производительности линий при обработке на них досок неправильной геометрической формы (покоробленных, крыловатых), для поправки которых линию приходится останавливать.

С торцовочного транспортера доски передаются на ускорительный транспортер, при помощи которого они насаживаются на крючья распределительного транспортера 16, находящегося над карманами 17. Перед этим длина досок измеряется датчиком длины и результаты передаются в УВМ, которая обрабатывает их и информацию о сорте доски, заданную «вершинным» оператором. Она же определяет адрес кармана, в который направляются доски определенных сорта и длины. При достижении доской, движущейся на крючьях распределительного транспортера, заданного кармана УВМ дает команду исполнительным механизмам сброса доски в определенный карман-накопитель. Число поступающих в карман досок учитывается счетчиками. Общее число досок, необходимое для формирования полного транспортного пакета, программируется заранее. После поступления в карман половины заданного числа досок УВМ дает команду на открытие шибера (верхнего дна кармана), и доски сбрасываются на нижнее дно кармана. После его заполнения УВМ находит свободный карман из числа резервных и переключает на него доски данного сорта и длины. Одновременно выдается сигнал на пульт управления выгрузкой карманов на транспортер 18. Этой операцией управляет рабочий-оператор. Выгруженные из кармана доски подаются транспортером 18 (имеющим несколько секций) в приямок разборщика 14, состоящего из двух наклонных секций. Разборщик формирует однослойный «ковер» досок на роликовыхшинах 13. Далее доски поштучно выдаются отсекателем в упоры транспортера 11. Здесь два рольганга последовательно выравнивают доски сначала по одному и затем по другому торцу; установленные за рольгангами сбоку от транспортера 11 маркировочные устройства последовательно маркируют вершинный и комлевой торцы досок. Затем образуется ряд досок,

ширина которого зависит от ширины формируемого пакета на пакетоукладчике 9. Ряды досок последовательно передаются на кронштейны подъемника, которые после укладки на них очередного ряда автоматически опускаются на толщину укладываемых досок. Подъемник оснащен двумя комплектами опорных кронштейнов, имеющих возвратно-поступательное движение. Когда пакет на одном комплекте опорных кронштейнов подъемника сформирован, второй комплект выдвигается для приема первого ряда досок следующего пакета. Затем цикл повторяется.

Таким образом, удаление очередного пакета совмещается во времени с формированием следующего, что позволяет иметь высокий коэффициент производительности пакетоукладчика (до 0,95).

При необходимости по команде оператора на очередной ряд досок формируемого пакета могут быть уложены прокладки, размещенные в специальных кассетах. Величина пакетов и их порядковый номер, а также дата, сорт, порода, ширина и толщина пиломатериалов программируются оператором. В результате на каждый пакет автоматическое печатное устройство, находящееся на пульте управления машиной для их обжима и обвязки, выдает паспорт. В нем, кроме запрограммированных оператором данных, указывается общий объем пакета. Сформированный пакет системой роликовых конвейеров передается на взвешивающее устройство, и полученные данные также заносятся в паспорт пакета. На этом же участке осуществляется укладка защитного материала под верхний ряд досок пакета. Затем пакет направляется в машину для обжима и обвязки и после выполнения этих операций удаляется с линии. При необходимости большой пакет оператор направляет по системе транспортеров на укладчик больших блок-пакетов. Малые пакеты передаются системой транспортеров в свою машину для обжима и обвязки и затем на укладчик малых блок-пакетов. Дальнейшая их обработка не отличается от обработки больших пакетов. Участок формирования малых блок-пакетов работает в автоматическом режиме. Это позволяет управлять работой на всем участке обработки пакетов одному оператору.

На установленных на отечественных лесопильных заводах линиях «Plan-Sell» формирование малых пакетов и блок-пакетов, как правило, не производится. Между тем пакетирование досок во время перехода с одного сечения на другое в пакеты меньших поперечных сечений из досок одной длины позволяет увеличить объем пиломатериалов в кондиционных пакетах и уменьшить кубатуру необходимых партий загрузки линий.

Число карманов на комплексных линиях ООП «Plan-Sell» равно 36. В пакеты из досок одной длины сортировались пиломатериалы только бессортные и IV сорта, для чего отводилось 24 кармана (два сорта и 12 длин досок с 2,7 до 6 м с градацией 0,3 м). В четыре кармана сортировались доски V сорта, из которых затем формировались транспортные пакеты из досок нескольких длин (например, трех). В три кармана сортировались дилены (короткие доски длиной 1,8; 2,1 и 2,4 м), один карман отводился, например, для досок внутреннего рынка — отпада от экспорта, три кармана являлись резервными, и последний (конечный) предназначался для брака и досок, у которых могла по тем или иным причинам сбиться система адресации.

Распределение пиломатериалов по карманам может быть иным, однако самым главным является большая доля пиломатериалов не только V сорта, но и отпада от экспорта. Например, удельный вес сосновых досок может быть примерно одинаковым для бессортных пиломатериалов, IV, V сорта и отпада от экспорта.

При этих условиях баланс пиломатериалов определенного i -го сечения в партии V_n запуска объемом 1000 м^3 может быть следующим:

$V_{\text{кп}}^{\text{бс,IV}}$ — объем кондиционных транспортных пакетов из досок одной длины, бессортных и IV сорта (сортируемых в пакеты одной длины) — 324 м^3 — 32,4 %;

$V_{\text{нп}}^{\text{бс,IV}}$ — объем некондиционных транспортных пакетов из досок нескольких длин, бессортных и IV сорта — 36 м^3 — 3,6 %;

V^{V} — объем некондиционных транспортных пакетов из досок нескольких длин V сорта — 190 м^3 — 19 %;

$V^{\text{вп}}$ — объем некондиционных транспортных пакетов из досок, например, нескольких длин, направляемых на внутренний рынок (отпад от экспорта) — 190 м^3 — 19 %;

$V^{\text{дил}}$ — объем коротких досок-дilen, формируемых также в некондиционные пакеты из досок нескольких длин, — 100 м^3 — 10 %;

$V^{\text{отр}}$ — объем отрезков от пиломатериалов, получаемых в процессе обработки на комплексной ЛООП, — 110 м^3 — 11 %;

$V^{\text{ост}}$ — объем остатков пиломатериалов разных сортов, из которых невозможно сформировать пакеты с заданными размерами поперечных сечений ни из досок одной длины, ни из досок нескольких длин, — 50 м^3 — 5 %.

Коэффициент кондиционности транспортных пакетов из досок одной длины i -го сечения в партии запуска пиломатериалов рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{\text{кп}_i} = V_{\text{кп}} / V_{\text{п}} = K_{\text{к}}^{\text{бс,IV}} K^{\text{V}} K^{\text{вр}} K^{\text{дил}} K^{\text{отр}} K^{\text{ост}}.$$

Здесь $V_{\text{кп}}$ — объем кондиционных транспортных пакетов из досок одной длины, бессортных и IV сорта, так как только они, как правило, сортируются в пакеты одной длины, м^3 ; $V_{\text{п}}$ — объем партии запуска пиломатериалов на линию, м^3 ; $K_{\text{к}}^{\text{бс,IV}}$ — коэффициент кондиционности транспортных пакетов из бессортных досок и IV сорта. Коэффициенты K^{V} , $K^{\text{вр}}$, $K^{\text{дил}}$, $K^{\text{отр}}$, $K^{\text{ост}}$ характеризуют уменьшение выхода пиломатериалов в пакетах одной длины с линии окончательной обработки из-за того, что доски V сорта, внутреннего рынка и дилены не сортируются в пакеты одной длины, а также из-за того, что из отрезков и остатков вообще не формируется никаких транспортных пакетов. Эти коэффициенты могут быть определены по следующей системе формул:

$$K_{\text{к}}^{\text{бс,IV}} = \frac{V_{\text{кп}}}{V_{\text{кп}} + V_{\text{нк}}^{\text{бс,IV}}} = 1 - \frac{V_{\text{нк}}^{\text{бс,IV}}}{V_{\text{п}} - (V^{\text{V}} + V^{\text{вр}} + V^{\text{дил}} + V^{\text{отр}} + V^{\text{ост}})};$$

$$K^{\text{вр}} = 1 - \frac{V_{\text{нк}}^{\text{вр}}}{V_{\text{п}} - (V^{\text{дил}} + V^{\text{отр}} + V^{\text{ост}})};$$

$$K^{\text{дил}} = 1 - \frac{V^{\text{дил}}}{V_{\text{п}} - (V^{\text{отр}} + V^{\text{ост}})};$$

$$K^{\text{отр}} = 1 - \frac{V^{\text{отр}}}{V_{\text{п}} - V^{\text{ост}}};$$

$$K^{\text{ост}} = 1 - \frac{V^{\text{ост}}}{V_{\text{п}}}.$$

После расчета $K_{\text{к}}^{\text{бс,IV}} = 0,9$; $K^{\text{V}} = 0,6546$; $K^{\text{вр}} = 0,7433$; $K^{\text{дил}} = 0,881$; $K^{\text{отр}} = 0,8843$ и $K^{\text{ост}} = 0,95$.

При этом расчет коэффициента кондиционности транспортных пакетов из досок одной длины в партии запуска (коэффициент кондиционности партии запуска) может быть представлен в следующем виде:

$$K_{\text{кп}_i} = \frac{324}{1000} = 0,9 \cdot 0,6546 \cdot 0,7433 \cdot 0,881 \cdot 0,8843 \cdot 0,95 = 0,324.$$

Таким образом, при коэффициенте кондиционности транспортных пакетов из бессортных досок и IV сорта $K_k^{6c.IV} = 0,9$ коэффициент кондиционности партии запуска почти в 3 раза меньше и равен только $K_{кп_i} = 0,324$.

Поэтому объем пиломатериалов в транспортных пакетах из досок одной длины (кондиционных пакетов) на комплексных ЛООП может составлять порядка 30...35 %.

Естественно, что если бы пиломатериалы V сорта составляли, например, не более 10 %, а отпад от экспорта вообще отсутствовал, то коэффициент кондиционности транспортных пакетов мог бы составить 0,8...0,85, т. е. 80...85 % партии запуска пиломатериалов можно было бы уложить в пакеты из досок одной длины. Так, по рекомендации ISO, пакетоспособной считается партия, из которой формируется 80...85 % полных пакетов. По данным Архангельского государственного технического университета, при трехстадийной сортировке, когда на установках типа «Рауте» сортируются доски трех сортов, объем пакетоспособной партии из центральных досок, укладываемых в пакеты сечением $1,1 \times 1,1$ м и длиной 5,1 м, составляет 360 м^3 , а из боковых досок при средней длине 3,9 м — 190 м^3 . Около 15...20 %, а при малых партиях до 30...40 % досок остаются в неполных пакетах в виде остатков.

Считается, что улучшить пакетоспособность партии можно путем увеличения объема пакетируемой партии, сокращением количества длин пиломатериалов, укладкой в один пакет 2...3 соседних длин досок, уменьшением размеров поперечного сечения транспортных пакетов. Однако это в основном возможно при трехстадийной сортировке пиломатериалов, когда на 3-ю стадию сортировки досок по длинам направляются пиломатериалы всех трех экспортных сортов: бессортные, IV и V сортов. Что касается сокращения количества длин досок, то в работах Санкт-Петербургской лесотехнической академии установлено, что при их сокращении в 2 раза объем партии также может быть уменьшен в 2 раза. При этом остатки уменьшаются до 3...4 %, а выход пиломатериалов сокращается на 2,6...3,4 % в зависимости от структуры партии запуска.

Учитывая низкое качество древесного сырья, направляемого даже на лесозэкспортные лесопильные заводы, в виде эксперимента было проведено исследование изменения схемы сортировки досок преобладающих длин (бессортных, IV и V сортов) на

линии «Plan-Sell», имеющей 36 карманов ([6], с. 324). Сортировке по длинам подвергались уже пиломатериалы не двух, а трех сортов, но не на всем диапазоне длин, а только определенных длин данного сорта, при минимальной вероятности поступления досок этого сорта не менее 7...10 % от партии запуска. В результате в среднем на 10...12 % увеличился выход пакетов из толстых досок одной длины и на 4...10 % и более — выход пакетов из досок 2...3 длин. Выход с линии пакетов одной длины из боковых (тонких) досок увеличился в среднем на 1...2 %. Применение такой схемы сортировки несколько увеличивает коэффициент кондиционности транспортных пакетов на комплексных ЛООП, но не решает вопроса в значительной степени. Это возможно только при улучшении качества перерабатываемых на них пиломатериалов, что, естественно, зависит от качества поставляемых пиловочных бревен, например на финских лесопильных предприятиях. В новых экономических условиях, очевидно, это может быть учтено при поставке пиловочника и на отечественные предприятия.

Наиболее рациональной, как правило, является непосредственная компоновка лесопильных цехов с участками (цехами) окончательной обработки пиломатериалов со 100 % -й камерной сушкой и двухстадийной сортировкой досок на комплексных ЛООП. Однако при реконструкции существующих лесопильных предприятий эти условия невозможно соблюдать из-за сложившейся структуры предприятий, особенностей рельефа местности и ряда других причин. Поэтому цеха камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов расположены на отечественных реконструированных предприятиях автономно.

Исключением является лесопильный завод Усть-Илимского ЛПК, на котором лесопильный цех и цех камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов был сразу спроектирован «под одной крышей». В этом цехе для сортировки по длинам пиломатериалов низшего сорта Гипродрев предусмотрел установку комплектов оборудования, в каждый из которых входят две комплексные ЛООП и одна линия для сортировки пиломатериалов по длинам.

Комплексные ЛООП, установленные на терминалах в лесных портах, имеют не 36, а 17 карманов, так как используются лишь для переборки (с необходимой переторцовкой) и сортировки только по длинам поступающих пиломатериалов, уже рассортированных по сечениям и сортам. Здесь же производится и пакирование досок в транспортные пакеты.

12.3. Производительность оборудования для окончательной обработки пиломатериалов

В состав основного технологического оборудования для окончательной обработки пиломатериалов входят пакето- и штабелеформирующие машины и линии (ПФЛ и ШФЛ), браковочно-торцовочные, сортирующие линии (БТСЛ) для сортировки пиломатериалов по сортам после сушки и их окончательной торцовки, устройства (линии) для сортировки досок по длинам (УСД) и комплексные линии для окончательной торцовки и сортировки пиломатериалов по сортам и длинам (ЛООП).

На стадии опытно-промышленных образцов в 1960-х годах для формирования сушильных пакетов была выпущена отечественная пакетоформирующая линия ПФМ-10 с пропускной способностью 15; 21; 30 досок в минуту. Затем для лесозаготовительных предприятий в Финляндии были закуплены пакето- и штабелеформирующие машины и линии фирм «Каукас» «Plan-Sell» с пропускной способностью 22...65 досок в минуту и «Валмет» — 60...120 досок в минуту.

Производительность (м^3 в смену) пакето- и штабелеформирующих машин и линий определяется по формуле

$$Q_{\text{ф}}^{\text{пфм(шфл)}} = Q_{\text{п}} K_{\text{ис}}^{\text{пфм(шфл)}} T_{\text{с}} q_{\text{ср}}, \quad (12.1)$$

где $Q_{\text{п}}$ — пропускная способность, досок в минуту; $K_{\text{ис}}^{\text{пфм(шфл)}}$ — коэффициент использования машин и линий; $T_{\text{с}}$ — время смены, мин; $q_{\text{ср}}$ — средний объем перерабатываемых досок, м^3 .

Коэффициент использования машин и линий вычисляется по формуле

$$K_{\text{ис}}^{\text{пфм(шфл)}} = K_{\text{ти}}^{\text{пфм(шфл)}} K_{\text{з}}^{\text{пфм(шфл)}} = \left(1 - \frac{\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{пфм(шфл)}} + \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{пфм(шфл)}}}{T_{\text{с}} - (\sum t_{\text{техн}}^{\text{пфм(шфл)}} + \sum t_{\text{з}}^{\text{пфм(шфл)}})} \right) \times \left(1 - \frac{\sum t_{\text{техн}}^{\text{пфм(шфл)}} + \sum t_{\text{з}}^{\text{пфм(шфл)}}}{T_{\text{с}}} \right). \quad (12.2)$$

Здесь $\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{пфм(шфл)}}$ — планируемые простои, связанные с организацией рабочего места, регулированием, смазкой механизмов в течение смены, перерывами в работе при пересменке и др., мин; $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{пфм(шфл)}}$ — перерывы в работе оборудования из-за его отказов в

работе (время на их устранение), мин; $\Sigma t_{\text{техн}}^{\text{пфм(шфл)}}$ — потери рабочего времени, связанные с транспортировкой (уборкой с места формирования) сушильного пакета, штабеля; подборкой длинных досок в нижние ряды и стыковки коротких досок в центре пакета; регулировкой механизмов при переходе на формирование сушильного пакета, штабеля из досок другого сечения (толщины) и др., мин; $\Sigma t_{\text{з}}^{\text{пфм(шфл)}}$ — потери рабочего времени, связанные с загрузкой машин и линий и вызванные неритмичностью производственного процесса, неподачей очередной партии досок определенного сечения и другими причинами, мин.

Пример. Пусть $Q_{\text{н}}^{\text{шфл}} = 65$ досок в минуту; $\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{шфл}} = 20$ мин; $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{шфл}} = 24$ минут; $\Sigma t_{\text{техн}}^{\text{шфл}} = 72$ мин; $\Sigma t_{\text{з}}^{\text{шфл}} = 24$ мин; $T_{\text{с}} = 480$ мин. Тогда

$$K_{\text{ис}}^{\text{шфл}} = K_{\text{ти}}^{\text{шфл}} K_{\text{з}}^{\text{шфл}} = \left(1 - \frac{20 + 24}{480 - (72 + 24)}\right) \left(1 - \frac{72 + 24}{480}\right) = 0,8855 \cdot 0,8 = 0,7.$$

При формировании сушильного штабеля из досок сечением 25×150 мм и средней длиной 4,2 м расчет производительности штабелеформирующей линии (м³ в смену) производим следующим образом:

$$Q_{\text{ф}}^{\text{шфл}} = 65 \cdot 0,7 \cdot 480 \cdot 0,01575 \approx 344.$$

Производительность пакетно- и штабелеформирующих машин и линий (м³ в год, месяц) вычисляется по формуле

$$Q_{\text{ф}}^{\text{пфм(шфл)}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{ф}i}^{\text{пфм(шфл)}} \lambda_i,$$

где $Q_{\text{ф}i}^{\text{пфм(шфл)}}$ — производительность машин, линий при формировании сушильного пакета, штабеля из досок i -го сечения и средней длины; λ_i — доля (вероятность) досок i -го сечения; n — число сечений досок.

Среднесменная фактическая производительность браковоторцовочных линий (БТСЛ) (м³ пиломатериалов в смену) определяется по формуле

$$Q_{\text{ф.ср}}^{\text{бтсл}} = T_{\text{с}} K_{\text{ис}}^{\text{бтсл}} \sum_{i=1}^n Q_{\text{н}i}^{\text{н}} q_{\text{ср}i} \lambda_i,$$

где $T_{\text{с}}$ — время смены, мин; $K_{\text{ис}}^{\text{бтсл}}$ — коэффициент использования БТСЛ; n — число сечений перерабатываемых пиломатериалов;

$Q_{n_i}^H$ — нормативная пропускная способность линии при обработке досок i -го сечения, досок в минуту; q_{cp} — средний объем доски i -го сечения, $м^3$; λ_i — доля досок i -го сечения.

Общий вид формулы для коэффициента использования БТСЛ не отличается от формулы (12.2). Однако их составляющие различаются значительно как от линий формирования сушильных пакетов и штабелей, так и между БТСЛ и ЛООП. Поэтому ниже приведена общая формула коэффициента использования БТСЛ:

$$K_{ис}^{БТСЛ} = K_{ти}^{БТСЛ} K_3^{БТСЛ} = \left(1 - \frac{\Sigma t_{пл.пр}^{БТСЛ} + \Sigma t_{сл.пр}^{БТСЛ}}{T_c - (\Sigma t_{техн}^{БТСЛ} + \Sigma t_3^{БТСЛ})} \right) \times \\ \times \left(1 - \frac{\Sigma t_{техн}^{БТСЛ} + \Sigma t_3^{БТСЛ}}{T_c} \right), \quad (12.3)$$

где $\Sigma t_{пл.пр}^{БТСЛ}$ — планируемые простои БТСЛ в течение смены на осмотр механизмов, их регулировку, смазку и т. д., мин; $\Sigma t_{сл.пр}^{БТСЛ}$ — случайные простои из-за отказов механизмов, линии, т.е. время, необходимое для обнаружения и устранения отказов в течение смены, мин; $\Sigma t_{техн}^{БТСЛ}$ — технологические потери времени на переходы линии на обработку партий пиломатериалов другого сечения, на БТСЛ — это время на удаление пакетов или пачек досок из подступных мест (линии типа «Рауте») или карманов (линии типа БТСМ-6). К технологическим потерям времени относятся также простои, связанные с остановками линии для осмотра досок, сложной браковки операторами, поправкой досок (в случае попадания доски в две пары упоров) и др., мин; $\Sigma t_3^{БТСЛ}$ — сумма потерь времени из-за отсутствия партий пиломатериалов определенных сечений, вспомогательного транспорта и др., связанных с загрузкой БТСЛ, мин.

Пример. Пусть $T_c = 480$ мин, $\Sigma t_{пл.пр}^{БТСЛ} = 20$ мин; $\Sigma t_{сл.пр}^{БТСЛ} = 24$ мин; $\Sigma t_{техн}^{БТСЛ} = 48$ мин; $\Sigma t_3^{БТСЛ} = 24$ мин. На БТСЛ обрабатывается $\lambda_{0,35}$ (35 %) толстых досок (здесь имеет место штучный расчет) и $\lambda_{0,65}$ (65 %) тонких досок. При этом нормативная пропускная способность при обработке толстых досок сечением 44×100 мм, средней длиной 4,2 м $Q_{44}^H = 12$ досок в минуту и тонких досок сечением 25×125 мм и также средней длиной 4,2 м $Q_{25}^H = 18$ досок в минуту; средний объем соответственно $q_{44} = 0,01848$ $м^3$ и $q_{25} = 0,0131$ $м^3$.

Вычисляем коэффициент использования:

$$K_{ис}^{бтсл} = K_{ти}^{бтсл} K_3^{бтсл} = \left(1 - \frac{20 + 24}{480 - (48 + 24)}\right) \left(1 - \frac{48 + 24}{480}\right) = 0,758.$$

Рассчитываем среднесменную производительность БТСЛ пиломатериалов (м³ в смену):

$$\begin{aligned} Q_{фср}^{бтсл} &= T_c K_{ис}^{бтсл} (Q_{44}^H q_{44} \lambda_{0,35} + Q_{25}^H q_{25} \lambda_{0,65}) = \\ &= 480 \cdot 0,758 \cdot (12 \cdot 0,01848 \cdot 0,35 + 18 \cdot 0,0131 \cdot 0,65) = \\ &= 480 \cdot 0,758 \cdot 0,23 = 84. \end{aligned}$$

Рабочий на участке приема досок линии «Sateko» выполняет значительное количество ручных операций. Поэтому пропускная способность этих линий в зависимости от размера досок, по данным Архангельского государственного технического университета, например, для досок сечением 22 × 100 мм составляет ≈ 50 досок в минуту, а 75 × 100 мм — 30 досок в минуту.

Линии «Sateko» не имеют ни предкарманников, ни резервных карманов. Поэтому на время выгрузки пачки досок из кармана, соответствующей размеру формируемого транспортного пакета, линия останавливается на несколько минут. Кроме этого, на данных линиях рабочие вручную отбирают (отбрасывают) короткие и несоответствующие сорту доски, что также несколько уменьшает производительность линии. Поэтому технологические потери линий «Sateko», включая основные потери рабочего времени от перехода на другое сечение и сорт досок, могут составлять до 2 ч и более.

На линии УСД-18 уже были предусмотрены предкарманники, позволяющие накапливать определенное число досок тех или иных длин для формирования следующих пакетов во время выгрузки карманов. Последние специализированы на прием досок только определенных длин. Это позволяет несколько снизить металлоемкость линий и иметь упрощенную систему адресования досок с расстановкой конечных включателей в шахматном порядке, когда в начале участка сортировки располагаются карманы для длинных досок, а затем для досок с постепенным убыванием их длины. В этом случае каждая доска в зависимости от ее длины как бы ищет свой карман. Однако ограниченная емкость предкарманников приводит к тому, что не успевают карманы для досок преобладающих длин опорожниться, как предкарманники уже заполнены и линию приходится останавливать.

Расчет производительности линий типа «Sateko» и УСД-18 практически производится по типу формул (12.1) и (12.2).

Пример. Пусть $Q_n^{\text{усд}} = 40$ досок в минуту; $\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{усд}} = 20$ мин; $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{усд}} = 24$ мин; $\Sigma t_{\text{техн}}^{\text{усд}} = 120$ мин; $\Sigma t_3^{\text{усд}} = 24$ мин; $T_c = 480$ мин.

Рассчитываем коэффициент использования линии:

$$K_{\text{ис}}^{\text{усд}} = K_{\text{ти}}^{\text{усд}} K_3^{\text{усд}} = \left(1 - \frac{20 + 24}{480 - (120 + 24)}\right) \left(1 - \frac{120 + 24}{480}\right) = 0,6.$$

При сортировке по длине толстых досок средним объемом $q_{\text{ср}} = 0,018 \text{ м}^3$ производительность линии типа «Sateko» и УСД-18 (м^3 в смену) вычисляем следующим образом:

$$Q_{\text{ф}}^{\text{усд}} \approx 40 \cdot 0,6 \cdot 480 \cdot 0,018 \approx 200.$$

При расчете производительности комплексных ЛООП важное значение имеют следующие виды их производительности: 1) средняя производительность, досок в минуту; 2) среднесменная фактическая производительность ЛООП по входу (пропуску), м^3 пиломатериалов в смену; 3) среднесменная фактическая производительность ЛООП по выходу пиломатериалов в кондиционных пакетах, т.е. транспортных пакетов из досок одной длины, м^3 в смену.

Средняя производительность ЛООП (шт. досок в минуту) должна быть не менее чем на 5...10 % больше средней интенсивности поступления досок из лесопильного цеха (шт. досок в минуту) $J_{\text{ср}}^{\text{лп}}$ (см. формулу (10.7)). На основе этого расчета выбирают тип и число ЛООП, уточняют нормативную пропускную способность $Q_{\text{н}}^{\text{н}}$ и режим работы этих линий: в две, три смены или по скользящему графику.

Нормативная пропускная способность линии зависит от соответствия информационной загрузки, пропускной способности (разрешающей возможности) операторов—контролеров, качества пиломатериалов, обрабатываемых на линии. Пропускная способность ЛООП, эксплуатируемых на лесопильных заводах, колеблется от 40 до 60...70 досок в минуту при трех «вершинных» и двух «комлевых» операторах в зависимости от групп сложности оценки качества пиломатериалов. Большое влияние на уровень пропускной способности оказывают качество древесины обрабатываемых пиломатериалов, степень их предварительной

подготовки в лесопильном цехе, а также соответствие дробности и точности сортировки пиловочных бревен применяемым для их распиловки поставкам.

Пропускная способность (разрешающая возможность) операторов—контролеров качества пиломатериалов зависит от их квалификации, психофизических факторов (инерционность зрения и памяти), реакции на выдачу команды и других эргономических факторов (удобства управления, осмотра, конструкции пульта, шума, освещения, отопления и др.), а также от числа сортов (назначений) пиломатериалов ([5], с. 288...294).

Средняя фактическая производительность ЛООП (шт. досок в минуту) определяется по формуле

$$Q_{\text{ср.ф}}^{\text{лооп}} = K_{\text{ис}}^{\text{лооп}} \sum_{i=1}^n Q_{n_i}^{\text{н}} \lambda_i,$$

где $K_{\text{ис}}^{\text{лооп}}$ — коэффициент использования ЛООП; $Q_{n_i}^{\text{н}}$ — нормативная пропускная способность ЛООП при обработке досок i -го сечения, досок в минуту; n — число сечений досок, обрабатываемых при определенной пропускной способности линии; λ_i — доля досок i -го сечения, обрабатываемых при определенной n_i -й пропускной способности.

Формула для коэффициента использования ЛООП по своей форме не отличается от формулы (12.3). Однако содержание ее составляющих от составляющих формулы для $K_{\text{ис}}^{\text{бтсл}}$ отличается весьма существенно. Так, в $\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{лооп}}$ — планируемые простои в течение смены на осмотр механизмов, их регулировку, смазку и т. д. входит время на регулировку системы управления и адресации при переходе на обработку других сечений пиломатериалов, изменение системы адресации досок, например, при работе не трех, а двух «вершинных» бракеро́в и в некоторых других случаях. При непосредственной блокировке ЛООП с лесопильным цехом $\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{лооп}}$ равна планируемым простоям бревнопильных линий $\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{бл}}$, так как на это время может одновременно останавливаться оборудование всего лесопильного комплекса (цеха). В $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{лооп}}$ входят случайные простои из-за отказов не только механизмов линии, но и системы ее управления.

Наибольшее различие имеется в технологических потерях времени $\Sigma t_{\text{техн}}^{\text{лооп}}$, так как ЛООП имеет, как правило, более 30 кар-

манов, а не несколько подстоппных мест, как на БТСЛ. Поэтому время перехода с одного сечения пиломатериалов на ЛООП занимает до 1 ч и более. При укрупненных расчетах время перехода (мин) может быть рассчитано по формуле

$$t_{\text{пер}} \cong \frac{0,5 n_k n_{\text{дос}}}{Q_{\text{и.у}} K_{\text{ис.у}}},$$

где n_k — число карманов на линии; $n_{\text{дос}}$ — количество досок заданного поперечного сечения в транспортном пакете; $Q_{\text{и.у}}$ — производительность укладчика транспортного пакета, досок в минуту; $K_{\text{ис.у}}$ — коэффициент использования пакетуюкладчика.

Пример. Пусть $n_k = 36$ карманов; $n_{\text{дос}} = 250$ досок; $Q_{\text{и.у}} = 90$ досок в минуту; $K_{\text{ис.у}} = 0,9$. В этом случае $t_{\text{пер}}$ (мин) вычисляем по формуле

$$t_{\text{пер}} \cong \frac{0,5 \cdot 36 \cdot 250}{90 \cdot 0,9} = 55,5.$$

К технологическим потерям времени $\Sigma t_{\text{техн}}^{\text{лооп}}$ также относятся простои, связанные с остановками линии по причине перекосов, например, легких и коротких досок в подающих устройствах. Для ликвидации этих перекосов иногда на линии дополнительно стоят один или два рабочих. Наблюдениями подтверждено, что наиболее эффективна обработка на линии центральных (толстых), как правило, длинных досок, например, толщиной 32...50 мм и шириной 100...150 мм. Сумма потерь времени $\Sigma t_{\text{з}}^{\text{лооп}}$ по загрузке в определенной степени связана с количеством обрабатываемых сечений за оперативный период работы предприятия, режима работы линии (двух или трехсменная работа в выходные дни, скользящий график работы) и объемам партий запуска пиломатериалов на ЛООП. Высокий уровень достоверности этих расчетов может быть получен только при имитационном моделировании процессов окончательной обработки пиломатериалов в системе лесопильный цех—камерная сушка—окончательная обработка пиломатериалов.

Пример. Пусть $\Sigma t_{\text{пл.пр}}^{\text{лооп}} = 20$ мин; $\Sigma t_{\text{сл.пр}}^{\text{лооп}} = 24$ мин; $T_c = 480$ мин; $\Sigma t_{\text{техн}}^{\text{лооп}} = 74$ мин; $\Sigma t_{\text{з}}^{\text{лооп}} = 24$ мин. На ЛООП обрабатываются три «вершинными» бракерами-операторами три группы досок (по толщине и ширине): 1-й группы с нормативной пропускной способностью $Q_1^{\text{н}} = 90$ досок в

минуту при доле этих досок $\lambda_1 = 0,1$ (10 %); 2-й группы — $Q_2^H = 60$ досок в минуту при $\lambda_2 = 0,7$ (70 %); 3-й группы $Q_3^H = 30$ досок в минуту при $\lambda_3 = 0,2$ (20 %) (естественно, при общей сумме этих долей, равной единице или 100 %).

Рассчитываем коэффициент использования линии:

$$K_{ис}^{лооп} = K_{ти}^{лооп} K_3^{лооп} = \left(1 - \frac{20 + 24}{480 - (74 + 24)}\right) \left(1 - \frac{74 + 24}{480}\right) = 0,875 \cdot 0,8 = 0,7.$$

Определяем среднюю производительность ЛООП (шт. досок в минуту):

$$Q_{ср}^{лооп} = K_{ис}^{лооп} (Q_1^H \lambda_1 + Q_2^H \lambda_2 + Q_3^H \lambda_3) = \\ = 0,7 \cdot (90 \cdot 0,1 + 60 \cdot 0,7 + 30 \cdot 0,2) = 0,7 \cdot 57 = 39,9,$$

т. е. ≈ 40 досок в минуту.

Допустим, что средняя интенсивность поступления досок из лесопильного цеха составляет 52 доски в минуту (как правило, лесопильный цех работает в две смены). Поэтому рациональным режимом работы ЛООП является, например, ее работа по скользящему графику в пределах трех смен.

Чтобы избежать снижения сорта и уменьшения объема, обычно при меньших пропускных способностях обрабатывают более дорогие пиломатериалы, как правило, толстые.

Значительное влияние на разрешающую возможность бракеров-операторов оказывает недостаточный уровень специализации предприятий по качеству сырья, подготовки пиловочника к раскрою и выборочной торцовки досок (в особенности тонких) в лесопильном цехе. Это также приводит к тому, что иногда 20...30 % пиломатериалов, отбракованных по ГОСТ 8486—86, попадают в низшие сорта из-за обзола и других причин. При недостаточном качестве выборочной торцовки пиломатериалов в лесопильном цехе происходит увеличение доли отрезков на ЛООП, снижение пропускной способности сушильных камер и уменьшение выхода кондиционной технологической щепы из сухих отрезков. Уменьшения влияния негативных факторов можно добиться не только повышением качества пиловочника, его подготовки к раскрою и улучшением выборочной торцовки досок, но и их сортировкой с учетом влажности. Проведенные Санкт-Петербургской ЛТА исследования также показывают эффективность сортировки сырых пиломатериалов с учетом места их вырезки из бревна и отдельной сушки ядровых и ядрово-

заболонных досок. При этом улучшается качество высушиваемых пиломатериалов и сокращается продолжительность сушки ядровых досок более чем на 20 %.

При этом следует учитывать следующее. Если производится сушка пиломатериалов, не имеющих определенного назначения (например, обычных товарных пиломатериалов на экспорт или на внутренний рынок), то достаточно рассортировать их по толщинам для проведения рациональной сушки. При использовании пиломатериалов в определенных производствах (например, в мебельном и других) целесообразна их сортировка на ядровые и ядрово-заболонные доски.

Финская фирма «Валмет» увеличила пропускную способность ЛООП до 120 досок в минуту за счет оценки сорта и определения места торцовки досок не тремя, а четырьмя «вершинными» бракерами-операторами. На участке оценки и торцовки комлевого конца досок установлен многопильный торцовочный агрегат-триммер, а на участке определения сорта и торцовки вершинного конца досок — 5-пильный триммер. Перед каждым из операторов, оценивающих комлевой конец доски, имеется кантователь. Оценка досок производится «комлевым» оператором через одну, по типу работы участка оценки вершинного конца досок на линии «Plan-Sell». Место торцовки комлевого торца оператор определяет с помощью луча лазера, перемещающегося по длине доски в пределах от 0 до 1800 мм. Информация о месте торцовки передается в ЭВМ, которая управляет установкой доски относительно нулевой (постоянно опущенной) пилы триммера так, что длина выходящего за нее участка доски не превышает 300 мм. Одновременно с торцовкой комлевого производится торцовка вершинного конца доски на ее максимальную длину, что облегчает работу «вершинных» операторов.

Оценка сорта и определение места торцовки вершинного конца досок производятся четырьмя «вершинными» операторами при помощи специальных устройств (рис. 12.4), которые подают очередные доски с поперечного транспортера с упорами на места их оценки, поворачивают доски и синхронно возвращают в поток. Таким образом, каждый из операторов видит только ту доску, которую он оценивает в данный момент. При этом доска определенное время находится перед оператором в неподвижном состоянии. При необходимости по команде оператора от вершинного конца доски может быть оторцован отрезок длиной до 1,5 м (5 градаций длины по 300 мм). На линии предусмотрено постепенное опускание дна кармана-накопителя по мере его заполнения, что предохраняет доски от повреждения при падении.



Рис. 12.4. Организация рабочего места «вершинных» бракеров на ЛООП.

Пример. Определим среднюю производительность ЛООП (шт. досок в минуту) при четырех «вершинных» бракерах-операторах и тех же прочих условиях, как и в предыдущем примере:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{дооп}} = 0,7 \cdot (120 \cdot 0,1 + 80 \cdot 0,7 + 40 \cdot 0,2) = 53,2,$$

т. е. 53 доски в минуту при том же времени на браковку одной доски при максимальной, средней и низшей пропускной способности ЛООП (2; 3 и 6 с).

В любых типах технологических процессов лесопиления производительность и эффективность оборудования в значительной мере зависят от соответствия информационной загрузки пропускной способности операторов. Особое значение это имеет на ЛООП. Их эффективность в основном определяется возможностью трех или четырех «вершинных» операторов работать с допустимой (95 %) точностью при стоимости каждой линии больше 1...1,5 млн дол. США.

Пропускная способность оператора $Q_{\text{п.о}}$ зависит от его квалификации K_1 ; качества K и размеров (длины, ширины и толщины) пиломатериалов $R_{\text{раз}}$; интенсивности поступления информа-

ции *Ин*; продолжительности работы *Пр*; психологических факторов *Пс* (инерционность зрения и памяти, реакция выдачи команды и др.); эргономических факторов *Эр* (удобства управления, осмотра, конструкции пульта, шума освещения, отопления и др.), а также от числа сортов — назначений сортируемых пиломатериалов *С* и требований к их раскрою *Р*:

$$Q_{п.о} = f(K_s; K; Раз; Ин; Пр; Пс; Эр; С; Р).$$

Скорость переработки информации операторами характеризуется количеством информации, перерабатываемой ими в единицу времени. Количество информации измеряется в битах — двоичных единицах. Их смысловое значение характеризуется количеством информации, получаемой при осуществлении одного из двух равновероятных событий (да, нет): $I = -\log_2 0,5 = 1$ бит. Доска — сложный объект биологического происхождения. Отнесение ее к определенной группе качества производится на основе восприятия сообщений о пороках, их размерах и количестве на единицу длины. Скорость переработки информации «вершинным» оператором (бит/с) прямо пропорциональна количеству всей информации *I*, которую нужно перерабатывать для определения сорта доски и места торцовки ее вершинного конца, а также числу досок, поступающих в минуту на участок при условии визуального контроля их качества (определения сорта) с 95 % -й точностью.

Скорость переработки информации оператором в различных производственных системах составляет от 0,2 до 10 бит/с и более. Такой значительный разброс объясняется различиями в характере операций и методах расчета информации.

Количество информации о качестве доски определяется по статистическим данным, полученным в результате эксперимента. Так, общее количество информации о качестве доски при условии наличия на ней максимального числа пороков равно примерно 16 бит. Оно складывается из сообщений о наличии определенных пороков (наружная трухлявая гниль и т. д.) — 10... 11 бит, признаков пороков и их размеров (обзол и т. д.) — 3 бита и количестве пороков на единицу длины пиломатериалов — 2 бита. Обратим внимание, что если учитывать не группы, виды и разновидности пороков, а, например, только группы, количество информации о качестве доски, имеющей в себе все группы пороков, может составить только примерно 2 бита. Иными словами, количество информации о качестве доски в расчетах зависит от числа учитываемых признаков и их значений. Фактическая

пропускная способность операторов от характера расчетов и количества учитываемой информации, естественно, не изменится. Однако только углубленные исследования в этом направлении способствуют более достоверному прогнозированию рациональных уровней пропускной способности ЛООП и разработке эффективных обучающих программ для тренажеров. Это позволяет при подготовке контролеров качества и совершенствовании их квалификационных навыков на 15...20 % увеличить фактическую производительность таких линий при работе на них операторов с допустимой 95 %-й точностью.

При работе ЛООП главным является определение оптимальной интенсивности поступления досок на участок визуального контроля качества и торцовки, т. е. соответствие пропускной способности линий Q_n нормативной, фактически возможной пропускной способности операторов.

Более подробно эти вопросы рассмотрены нами в [5] (с. 288...294).

Напряженность работы бракеров-операторов весьма велика. Так, при обработке пиломатериалов IV сорта оператор с допустимой точностью может работать только 30 мин. Контролировать качество бессортных пиломатериалов оператор может уже до 3 ч, что связано с легкостью определения качества пиломатериалов, так как некоторые группы пороков в этих пиломатериалах вообще не допускаются ([4], с. 290).

Поэтому целесообразна смена бракеров несколько раз в течение их рабочего времени. Это можно осуществить, если бригада рабочих-бракеров состоит из 9 или 12 человек, которые большую часть рабочего времени выполняют операции, не связанные с браковкой досок (на участке загрузки, в зоне сортировочных карманов и др.).

Повышение квалификации бракеров с использованием тренажеров с обучающими программами (наборами тестов, изображающих доски с различными пороками и в различных сочетаниях) на десятки процентов увеличивает их пропускную способность. В настоящее время в связи с развитием применения персональных ЭВМ целесообразно создавать тренажеры на их базе. Удачные с инженерно-психологической точки зрения решения органов управления и их расположения, режимов работы операторов и другие эргономические факторы позволяют иметь большую пропускную способность и, что особенно важно, большую эксплуатационную надежность системы человек—машина в результате уменьшения числа ошибок операторов.

Следует иметь в виду, что в автоматизированных процессах требования к интеллекту, моральным качествам и психологическим характеристикам человека не только не снижаются, но наоборот, значительно возрастают.

На рис. 12.5 представлен общий вид линии для окончательной обработки пиломатериалов финской фирмы «Järgme» с четырьмя операторами определения качества и длины торцовки вершинной части пиломатериала. Линии такой конструкции предлагаются фирмой в начале XXI в.

Некоторые фирмы стремятся к автоматизации процесса определения качества (сорта) сухих пиломатериалов в процессе их обработки. Оценка доски производится при ее продольном движении через измерительное устройство, пропускная способность которого зависит от конструктивного решения и колеблется от 30 до 50 досок в минуту. Это несколько меняет компоновку ЛООП по сравнению с традиционной. В настоящее время автоматически замеряются обзол, размер сучков, количество сучков и кривизна пласти досок. Эти данные передаются ЭВМ, которая обрабатывает информацию с учетом стоимости пиломатериалов и принимает решения по оптимальному размеру (длине) досок и соответствующей оторцовке их вершинного и комлевого концов. Считается, что автоматическая сортировка пиломатериалов по качеству может повысить экономическую эффективность, например, финского лесопильного предприятия в среднем на 3...5 %.

Среднесменная фактическая производительность ЛООП (м^3 в смену) по входу (пропуску) пиломатериалов рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{ф.ср}}^{\text{вх.лооп}} = T_{\text{с}} K_{\text{ис}}^{\text{лооп}} \sum_{i=1}^n Q_{n_i}^{\text{н}} q_{\text{ср}_i} \lambda_i.$$

Здесь $q_{\text{ср}_i}$ — средний объем доски i -го сечения, м^3 ; λ_i — доля досок i -го сечения.

Пример. Пусть $q_{\text{ср}_1} = 0,0063 \text{ м}^3$; $\lambda_1 = 0,0831$; $q_{\text{ср}_2} = 0,0109 \text{ м}^3$; $\lambda_2 = 0,0204$ и т. д. до значений $q_{\text{ср}_n}$ и λ_n . Допустим, что средний объем досок $(0,0063 \cdot 0,0831 + 0,0109 \cdot 0,0204 + \dots + q_{\text{ср}_n} \lambda_n)$ равен $0,018 \text{ м}^3$. Рассчитываем среднесменную фактическую производительность (м^3 в смену) при $T_{\text{с}} = 480$ мин и при тех же прочих условиях, как и в предыдущем примере:

$$Q_{\text{ф.ср}}^{\text{вх.лооп}} = 480 \cdot 0,7 \cdot 57 \cdot 0,018 = 344.$$

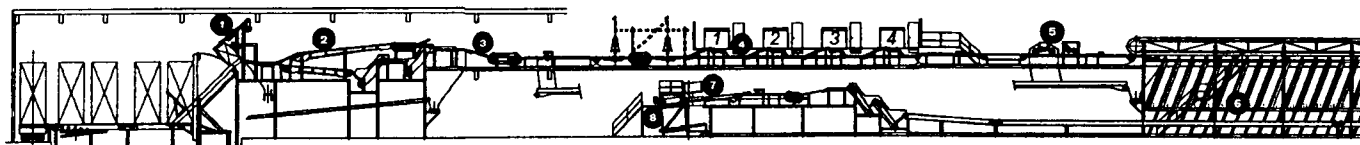


Рис. 12.5. Линия окончательной обработки пиломатериалов финской фирмы «Jäätte».

1 — разгрузочное устройство штабеля с прокладками, которое снабжено вспомогательным разгрузочным устройством и отделителем прокладок. Вспомогательное разгрузочное устройство позволяет почти без остановки вести работу по разборке штабеля; 2 — обходной транспортер наклонного транспортера, которое предохраняет пиломатериалы от повреждений; 3 — рабочее место торцовки комлевой части пиломатериала, которое снабжено устройством поштучной подачи с захватами «акулий плавник» и лентой с выступами специальной формы для квитирования качества. Рабочая высота регулируется в соответствии с ростом оператора; 4 — рабочее место сортировки, где определяется качество и длина торцовки вершинной части пиломатериала. Для смягчения удара при переворачивании пиломатериала устройство снабжено приемными упорами; 5 — торцовка пиломатериала выполняется в соответствии с размерами заказчика при помощи модульных прижимов, трехпильного узла торцовки, а также сервопилы; 6 — сортировочные карманы. Возможность оснащения системой минимизации высоты падения; 7 — установка по укладке пакетов. Благодаря применению наклонной конструкции пакеты получаются ровные и устойчивые; 8 — закрепление нижнего края бумаги или пленки на рабочем месте упаковки.

Подъемник пакета пиломатериалов поднимает пакет на необходимую высоту.

Значения средних объемов доски i -го сечения $q_{ср_i}$ и доли досок i -го сечения λ_i могут быть взяты из распечаток планирования раскроя пиловочника на пиломатериалы. Например:

Объем досок этого сечения, м ³	Сечение досок, мм	Количество досок, шт.	Доля досок i -го сечения λ_i	Средний объем доски i -го сечения, м ³
4,7586	22 × 100	748	0,0831	0,0063
2,01465	22 × 125	184	0,0204	0,0109
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
19,2712	75 × 225	224	.	.
634,5		900	Σ1	

Здесь $q_{ср1} = 4,7586/748 = 0,0063$ м³; $q_{ср2} = 2,01465/184 = 0,0109$ м³; $\lambda_1 = 748/9000 = 0,0831$; $\lambda_2 = 184/9000 = 0,0204$ и т. д.

Среднесменная фактическая производительность ЛООП (м³ в смену) по выходу пиломатериалов в кондиционных транспортных пакетах, т.е. из досок одной длины определяется по формуле

$$Q_{ф.ср}^{вх.лооп} = Q_{ф.ср}^{вх.лооп} K_{кп_i},$$

где $K_{кп_i}$ — коэффициент кондиционных транспортных пакетов из досок одной длины i -го сечения в партии их запуска.

Исходя из предыдущих примеров расчета $Q_{ф.ср}^{вх.лооп} = 344 \times 0,324 = 111,45$ м³ в смену.

В настоящее время коэффициент использования ЛООП на отечественных предприятиях зачастую бывает менее 0,7. Это объясняется рядом причин и, в частности, плохой подготовкой досок в лесопильном цехе, вследствие чего только по этой причине технологические потери времени $\Sigma t_{техн}^{лооп}$ могут быть увеличены на 10 % от времени смены, т. е. на 48 мин.

Значительное влияние на коэффициент использования ЛООП оказывает число обрабатываемых сечений пиломатериалов за оперативный период времени и объем партий запуска.

Первые расчеты по объему партий запуска пиломатериалов были предложены профессором В. Г. Турушевым [11].

При укрупненных расчетах объем партий запуска пиломатериалов определенного сечения (м^3) на ЛООП может быть определен по формуле

$$V_n \approx \frac{Sl_{\text{ср}}n_{\text{дл}}}{2P_j(1 - K_{\kappa_j})(1 - P_j)},$$

где S — размеры поперечного сечения формируемых на линии транспортных пакетов, м^2 ; $l_{\text{ср}}$ — средняя длина досок, сортируемых по сортам и длинам, м ; $n_{\text{дл}}$ — число длин сортируемых досок; P_j — вероятность (доля или сумма долей) в партии запуска пиломатериалов j -х сортов, сортируемых в пакеты из досок одной длины; K_{κ_j} — заданный коэффициент кондиционности транспортных пакетов из досок одной длины j -х сортов.

Таким образом, при определении доли j -х сортов досок в партии запуска следует исходить из статистического баланса обрабатываемых пиломатериалов. Так, при $P_j = 0,36$ и $S = 1 \text{ м}^2$; $l_{\text{ср}} = 4 \text{ м}$; $n_{\text{дл}} = 12$ и заданном $K_{\kappa_j} = 0,9$

$$V_n \approx \frac{1 \cdot 4 \cdot 12}{2 \cdot 0,36 \cdot (1 - 0,9)(1 - 0,36)} \approx 1000 \text{ м}^3.$$

При поперечном сечении пакета не 1 м^2 , а $0,85 \times 0,8 = 0,68 \text{ м}^2$ при прочих равных условиях V_n будет равна уже 700 м^3 , а при сечении пакета $0,45 \times 0,45 = 0,2 \text{ м}^2$ $V_n \approx 200 \text{ м}^3$.

Формирование транспортных пакетов с уменьшенным поперечным сечением S позволяет при обработке партий запуска пиломатериалов объемом несколько сотен кубометров иметь более высокий коэффициент кондиционности транспортных пакетов из досок одной длины в партии запуска. Однако при больших объемах партий запуска ($V_n \geq 2000 \text{ м}^3$) поперечное сечение пакетов практически не оказывает влияния на выход пиломатериалов в пакетах из досок одной длины.

На установленных на отечественных лесопильных заводах линиях «Plan-Sell» формирование малых пакетов и блок-пакетов, как правило, не производится. Между тем пакетирование досок во время перехода с одного сечения на другое в кондиционные пакеты меньших сечений позволяет увеличить коэффициент кондиционности транспортных пакетов.

Фактическая производительность ЛООП (м^3 в год (за оперативный период)) по входу (пропуску) пиломатериалов определяется по формуле

$$Q_{\Phi}^{\text{вх.лооп}} = T_r K_r \sum_{i=1}^n Q_{\Phi, \text{ср}i}^{\text{вх.лооп}} \lambda_i,$$

где $Q_{\Phi, \text{ср}i}^{\text{вх.лооп}}$ — среднесменная фактическая производительность ЛООП по входу (пропуску) пиломатериалов i -го сечения, м³ в год (за оперативный период); λ_i — доля пиломатериалов i -го сечения; T_r — число смен работы линии в год (за оперативный период); K_r — поправочный коэффициент на среднегодовые условия; n — число сечений пиломатериалов, обрабатываемых в год (за оперативный период).

Пример. Пусть $T_r = 500$ смен; $K_r = 0,9$ (4-я температурная зона — районы г. Архангельска) и $\sum_{i=1}^n Q_{\Phi, \text{ср}i}^{\text{вх.лооп}} \lambda_i = 344$ м³ в смену (см. выше пример расчета). Тогда фактическую производительность ЛООП (м³ в год) по входу (пропуску) пиломатериалов рассчитываем следующим образом:

$$Q_{\Phi}^{\text{вх.лооп}} = 500 \cdot 0,9 \cdot 344 \approx 150\,000.$$

Фактическая производительность ЛООП (м³ в год (за оперативный период)) по выходу пиломатериалов в кондиционных пакетах из досок одной длины определяется по формуле

$$Q_{\Phi}^{\text{вых.лооп}} = Q_{\Phi}^{\text{вх.лооп}} K_{\text{кп}},$$

где $K_{\text{кп}}$ — средний коэффициент кондиционности транспортных пакетов из досок одной длины, который вычисляется по формуле

$$K_{\text{кп}} = \sum_{i=1}^n K_{\text{кп}i} \lambda_i$$

($K_{\text{кп}i}$ — коэффициент кондиционности транспортных пакетов из досок одной длины для пиломатериалов i -го сечения; λ_i — вероятность (доля) поступления на ЛООП досок i -го сечения; n — число сечений досок, обрабатываемых, например, на линии за оперативный период).

Проведение многофакторных экспериментов на модели системы камерная сушка—ЛООП позволило установить зависимость фактической производительности ЛООП (по пропуску) от основных параметров процесса: μ — интенсивности обработки

досок; $Z_{\text{ср}}$ и $l_{\text{ср}}$ — среднего поперечного сечения и средней длины досок; n_z — числа сечений обрабатываемых на линии пиломатериалов; μ/λ — отношение интенсивности обработки пиломатериалов на линии к интенсивности их поступления из сушильных камер. Эти факторы в порядке их значимости расположились следующим образом: $Q_{\text{ф}}^{\text{пр}} = f(\mu; Z_{\text{ср}}; l_{\text{ср}}; n_z; \mu/\lambda)$ ([6], с. 260).

12.4. Подготовка транспортных пакетов пиломатериалов к отгрузке

Подготовка пакетов пиломатериалов к отгрузке состоит из следующих операций:

1. Формирование транспортных пакетов пиломатериалов, вырабатываемых по ГОСТ 8486—86 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия», ГОСТ 26002—83Э «Пиломатериалы хвойных пород северной сортировки, поставляемые для экспорта. Технические условия», ГОСТ 9302—83Э «Пиломатериалы хвойных пород черноморской сортировки, поставляемых для экспорта. Технические условия», ГОСТ 2695—83 «Пиломатериалы лиственных пород. Технические условия», а также по ряду стандартов, характеризующих выработку обшпола и заготовок.

2. Обертка пакетов бумагой. Используются в основном водонепроницаемые бумаги, а также полиэтиленовые пленки.

3. Обвязка пакетов с применением обвязок одноразового или многоразового пользования. Для обвязок одноразового пользования применяется металлическая или пластмассовая лента или проволока. Для обвязок многоразового пользования — полужесткие стропы по ГОСТ 14110—80.

4. Маркирование пиломатериалов. Поштучное маркирование пиломатериалов (торцов досок), поставляемых на экспорт производится в соответствии с ОСТ 13-62—77 Э. В пакетах из досок одной длины маркированию с двух торцов подлежат пиломатериалы толщиной 16 мм и более, шириной 75 мм и более и длиной 1,5 м и более. В пакетах из досок нескольких длин пиломатериалы толщиной 22 мм и более допускается маркировать с одного торца.

Кроме этого, предусматривается маркирование пакетов досок и нанесение погрузочных реквизитов пакета.

5. Хранение транспортных пакетов. Для хранения сухих экспортных пиломатериалов бессортных и IV сорта и пиломатериалов внутреннего потребления 0...III сортов используются закрытые склады.

Для предохранения пиломатериалов от осадков после сушки и загрязнения используются закрытые с боков склады-навесы. На открытых складах могут храниться до отгрузки пакеты пиломатериалов, влажность которых не регламентируется; пакеты пиломатериалов высших сортов при сроках хранения 2...4 мес с 3- и 5-сторонней оберткой, а также пакеты пиломатериалов низших групп качества.

6. Транспортирование пакетов между отдельно расположенными участками производства на участок погрузки. Для перевозки единичных пакетов используются автопогрузчики и порталные автолесовозы, для групповой перевозки пакетов — тягачи с прицепами.

Транспортные пакеты могут быть следующих видов:

- с двумя выравненными торцами из досок одной длины;
- с двумя выравненными торцами из досок разных длин, уложенных со стыковкой;
- с одним выравненным торцом, с уступами по ширине пакета (из стоп досок соседних длин);
- с одним выравненным торцом, с уступами по высоте пакета.

В транспортные пакеты укладываются в основном пиломатериалы одной породы, толщины, ширины, длины и одного сорта. По согласованию с потребителями при поставке на экспорт в один пакет могут укладываться пиломатериалы двух-трех смежных длин. При поставке на внутренний рынок в один пакет могут укладываться пиломатериалы разных ширин, сортов и досок разных длин, уложенных со стыковкой.

При формировании пакетов для сохранения их формы при выполнении подъемно-транспортных операций они должны иметь по высоте, например, два ряда прокладок (через $1/3$ высоты пакета).

На комплексных ЛООП осуществляется автоматизированное формирование транспортных пакетов. Упаковка готовых транспортных пакетов предусматривает обертку пакетов бумагой, уплотнение пакетов прессом с одновременной обвязкой металлической лентой, а также маркировку как отдельных досок, так и пакета в целом. В мировой практике имеются маркировочные устройства, управляемые ЭВМ. Они наносят на пакет двухцветной краской символы: размеры, вес, качество пиломатериалов, номер пакета, а также товарный знак предприятия-изготовителя.

Вручную в основном формируются пакеты из досок разных ширин и длин, со стыковкой по длине, поставляемые на внут-

ренных рынок; пакеты, имеющие трапецеидальную форму, и содержащие экспортные пиломатериалы двух-трех длин.

Формирование транспортных пакетов вручную, например, производится на браковочно-торцовочных (типа ЦТЗ-2М) и полумеханизированных сортировочных (типа ТСП-4) установках, применяемых для окончательной обработки небольших партий пиломатериалов (порядка 50... 100 м³), сортируемых по сортам и длинам. Эти установки применяются на крупных лесопильных предприятиях для обработки тонких широких досок, которые могут быть расколоты при падении на автоматизированных ЛО-ОП. Их применение также целесообразно и на малых лесопильных предприятиях, где использование автоматизированных ЛО-ОП экономически не рационально.

Для упаковки пакетов пиломатериалов в водонепроницаемые обертки (для хранения и отгрузки) обычно используются три вида обертки: 1-, 3- и 5-сторонние. Обертывание транспортных пакетов может производиться перед обвязкой, одновременно с обвязкой или после нее.

Пакеты пиломатериалов поставляемые на экспорт, упаковываются обвязками одноразового пользования, изготавливаемыми из холоднокатанной стальной ленты. Для этого применяются ленты из низкоуглеродистой стали по ГОСТ 3560—73 или с оцинкованной поверхностью по ТУ 14-4-798—76. Толщина ленты 0,5...0,7 мм, ширина 20 мм, временное сопротивление разрыву 600 Н/мм².

На комплексных ЛООП применяются стационарные обвязочные машины, работающие в комплексе с прессом для обжима пакета. Для обвязки пакетов металлической лентой применяются также переносные обвязочные машины с ручным приводом (40 обвязок в час и с магазином для пломб — 60 обвязок в час), пневматическим или электрическим приводом (с магазином для пломб — 80 обвязок в час). Эти машинки создают натяжение ленты 2500...4000 Н. Для контроля натяжения ленты имеются специальные приборы-измерители.

Закрытые склады для экспортных пиломатериалов оборудуются мостовыми кранами. Пакеты пиломатериалов укладываются в штабеля, располагаемые вдоль или поперек склада. В каждый штабель, как правило, укладываются пакеты пиломатериалов одного сечения и одного сорта. Расстояние между штабелями пакетов не менее 1 м. Высота штабеля не более 8 м. Вместимость закрытых складов при годовом грузообороте 50... 100 тыс. м³ пиломатериалов (при коэффициенте оборачиваемости склада 3...6) порядка 17...18 тыс. м³ пиломатериалов.

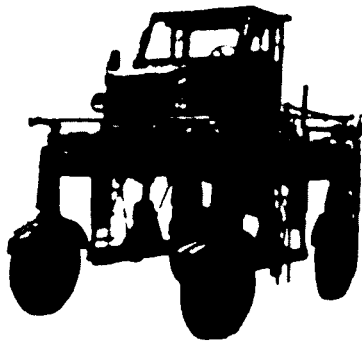


Рис. 12.6. Автолесовоз Т-140.

Фронтальные автопогрузчики (фирм «Хенли», «Тоета», Львовского завода автопогрузчиков грузоподъемностью 7...16 т с высотой подъема вил 7...8 м) рекомендуется использовать при расстояниях перевозки 150...200 м при совмещении транспортных и грузоподъемных операций.

Для транспортирования единичных пакетов на расстояние до 400...500 м используются порталные автолесовозы, в основном Т-140 Соломбальского машзавода (г. Архангельск) (рис.12.6).

12.5. Уравнение синхронизации и необходимость имитационного моделирования производственного процесса лесопиления при пакетной отгрузке пиломатериалов

В настоящее время на современных лесопильных предприятиях в процессах окончательной обработки пиломатериалов сосредоточено более половины капитальных вложений, людских резервов и энергопотребления. Поэтому должна быть обеспечена 100 % -я загрузка лесопильного цеха, но и камерной сушки пиломатериалов, которая сократила сушку до двух-трех недель и стабилизировала отгрузку пилопродукции, а также резко уменьшила время между вложением средств на покупку пиловочных бревен и реализацией продукции. Основное уравнение синхронизации процесса лесопиления может быть представлено в следующем виде:

$$Q^{\text{ок-бс}} < E_1 > Q^{\text{лц}} < E_2 > Q^{\text{кс}} < E_3 > Q^{\text{лооп}}.$$

Здесь $Q^{\text{ок-бс}}$ — производительность линии для окорки и сортировки бревен; $Q^{\text{лц}}$ — производительность лесопильного цеха;

Q^{kc} — производительность сушильных камер; $Q^{лоп}$ — производительность линии окончательной обработки пиломатериалов; E_1 , E_2 и E_3 — емкость складов рассортированного сырья, пиломатериалов определенных сечений перед камерной сушкой и линией окончательной обработки соответственно.

Сумма потерь времени по загрузке лесопильного цеха рассортированным пиловочником, сушильных камер и линий окончательной обработки пиломатериалами зависит от емкости складов E_1 , E_2 и E_3 , рациональная (оптимальная) емкость которых определяется объемами партий запуска бревен и пиломатериалов, числом обрабатываемых сечений досок, технологическими параметрами производственных процессов как в системе окорка и сортировка бревен—склад рассортированного сырья—лесопильный цех, так и в системе лесопильный цех—участок пакетов и штабелеформирования—сушка пиломатериалов—окончательная обработка пиломатериалов.

Технологические режимы работы предприятия зависят не только от его структуры, но и от требований к срокам отгрузки пиломатериалов. К последним относятся: круглогодичная отгрузка пиломатериалов в лесной порт или на крупный терминал, самостоятельно формирующий стокнотные партии; отгрузка во время навигации с предприятия и круглогодичная отгрузка с завода стокнотными партиями.

В новых условиях хозяйствования первоочередное значение для ведения коммерческой работы на лесопильных предприятиях имеет (наряду с постоянным изучением конъюнктуры мирового рынка) контроль за наличием готовой продукции. На АО «Лесосибирский ЛДК № 1» разработана и внедрена система учета наличия и движения пиломатериалов (А. С. Рубцов, Д. М. Горелик. Бирочная система учета наличия и движения пиломатериалов на деревообрабатывающем предприятии // Деревообрабатывающая промышленность. 1998. № 1. С. 15...17). На комбинате первичная информация о пакете вводится в четыре компьютера, два из которых стоят на линиях цеха сушки и пакетирования, один — в цехе пакетирования и один — на складе готовой продукции. Учет отгрузки пиломатериалов покупателям производится на компьютерах, стоящих в местах погрузки на вагоны (а летом — на баржи). Полная информация о пакетах накапливается на складе готовой продукции и в коммерческом отделе комбината. Связь между машинами осуществляется с помощью дискет и модема. Данная система учета эффективно дополняет действующую на комбинате систему ведения контрактов и кон-

троля за отгрузкой по ним: поскольку пакет вводится по своим «бирочным» данным, то исключается возможность случайной отгрузки товара, не соответствующего контракту.

Очевидно, что определение рациональных технологических параметров и режимов работы всего производственного процесса лесопильного предприятия возможно только при наличии и оперативном управлении системой цех подготовки пиловочника к обработке—лесопильный цех—цех камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов—цех комплектования, хранения и отгрузки пилопродукции. Для обеспечения достоверной информации по этим вопросам, так как цена ошибки может составить сотни тысяч или миллионы рублей, а иногда и долларов США, целесообразно моделировать процесс лесопиления с помощью ЭВМ на его имитационной модели. Моделирование выполняют соответствующие организации по заказу предприятия.

13. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

13.1. Основы теории организации производства пиломатериалов

Организация производства пиломатериалов предопределяется уровнем развития методов переработки пиловочных бревен на пилопродукцию, совершенствованием оборудования, систем управления и производственных процессов лесопиления.

Исторически распиловка бревен на доски в России начала производиться в эпоху Петра I на лесопильных рамах, привод движения пильных рамок которых осуществлялся с помощью так называемых водяных мельниц. Первые лесопильные рамы в России были созданы братьями Баженовыми в г. Архангельске. Несколько лесопильных установок работало также в г. Санкт-Петербурге.

Сравнительно большие объемы сырья и скорости его обработки преимущественно по проходному методу изначально предопределили формирование организации производства пиломатериалов на поточных принципах. Первоначально доски получали на одной лесопильной раме. При необходимости обрусовку бревна и развал бруса производили на раме поочередно, осуществляя возврат брусьев и их накапливание до перестановки постава пил. Таким образом, процесс обработки осуществлялся последовательно. Увеличение объемов распиловки привело к дифференциации операций. Транспортировка продукции (особенно экспортной) на большие расстояния привела к необходимости выпуска всех досок обрезными. Появились обрезные станки.

Развал брусьев на раме второго ряда, обрезка необрезных досок на обрезных станках и их торцовка на торцовочных позволили осуществлять процессы параллельно, т.е. одновременно.

Сначала для распиловки бревна на лесопильной раме требовалось затратить десятки минут, а для обрезки необрезной доски на обрезном станке — минуты, причем кромки досок обрезали поочередно. Затем появились двухпильные обрезные станки с цепной подачей и вставными упорами. Того количества материала, которое находилось между станками, было достаточно не только для локализации различных цикловых интервалов (т.е. разницы в рабочих циклах станков), но и потерь производитель-

ности станков из-за выхода их из строя по разным причинам. Рост производительности бревнопильных станков и вызванное им совершенствование конструкций обрезных станков и другого оборудования лесопильного цеха привели к дальнейшему увеличению объемов обрабатываемого материала и степени непрерывности потока.

В лесопильном цехе появился непрерывный производственный поток. Этому во многом благоприятствовал заложенный в основе работы лесопильных рам и обрезных станков проходной (сквозной) метод обработки материала.

Развитие науки и техники привело к совершенствованию конструкций машин и увеличению скорости их рабочих органов. Однако возможному увеличению производительности оборудования препятствовали физические возможности рабочих, выполняющих вспомогательные и переместительные операции. Сначала эти операции механизировали и частично автоматизировали только в основном процессе лесопильных цехов. Это привело к созданию специализированных впереди- и позадирамных механизмов. На складах сырья и пиломатериалов появились краны, автопогрузчики, автолесовозы и другое подъемно-транспортное оборудование.

Лесопильное производство почти с начала его существования является массовым. Раскрой бревен сравнительно небольших диаметров преимущественно в европейской части нашей страны стимулировал внедрение рамной распиловки и сортировки сырья по диаметрам. Поэтому лесопиление организуется по принципам переменного-поточного производства, когда технологически сходные группы лесоматериалов обрабатывают на линиях попеременно.

Структура простейшего производственного процесса лесопиления состоит из складов сырья, лесопильных цехов с сортировочными площадками и складов пиломатериалов. В этих условиях на лесопильные цехи приходится до 60 % и более всех трудозатрат и капиталовложений.

При переходе к пакетному методу обращения и отгрузке с лесопильных предприятий транспортных пакетов пиломатериалов основная часть (около 50 %) капитальных вложений и трудовых затрат заводов переносится на процессы окончательной обработки продукции. Склады пиломатериалов превращаются в цехи и участки, обеспечивающие 100 %-ю камерную сушку, контроль качества и окончательную торцовку уже сухих досок с их сортировкой по длинам и сортам. Партии пилопродукции комплекту-

ют, хранят и отгружают в плотных транспортных пакетах из досок одного сорта, сечения и преимущественно одной длины. Производственный процесс лесопиления в этих условиях организован по методу непрерывно-поточного производства на всем заводе.

Пакетный метод обращения пиломатериалов характеризовал переход от штучной погрузки (досок) к погрузке крупных транспортных единиц (пакетов досок). Это позволило резко сократить простой транспортных средств, а следовательно, уменьшить циклы оборота вагонов, судов, автомобилей и увеличить перерабатывающую способность железнодорожных станций и портов в условиях комплексной механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных работ.

На рис. 13.1 представлен график эффективности использования транспортных средств в зависимости от увеличения их скорости и методов перевозок. Кривая I^A характеризует рост указанной эффективности до точки А, соответствующей увеличению скорости, например, судов, перевозящих непакетированные заранее пиломатериалы. Как и в случае использования почти любой машины, организационные мероприятия и механизация вспомогательных операций (в данном случае погрузки и разгрузки судов) позволяют иметь некоторый рост их эффективности до определенного момента (точка А). С этого момента дальнейшее увеличение скорости не дает ощутимого экономического эффекта (кривая $I^{A'}$). Для того чтобы обеспечить дальнейший рост эффективности использования транспортных средств (кривая I^B), необходимы принципиальные, коренные изменения в структуре вспомогательных операций. Такими изменениями явились пакетные перевозки. Внедрение отгрузки пиломатериалов в плотных транспортных пакетах позволило в 2 раза сократить оборот судов, перевозящих их, например, по маршруту Архангельск—Лондон. В целом пакетные перевозки пиломатериалов позволяют на 10...25 % увеличить полезную загрузку железнодорожных вагонов, в 3 раза уменьшить время на погрузку и разгрузку четырехосных вагонов и, что особенно важно, на 15...20 % сократить потребность в вагонах для перевозки планируемого количества лесных грузов.

Пакетирование и контейнеризация всех видов продукции становятся одной из важнейших проблем лесопиления.

Пакетный метод перевозки и перегрузки пиломатериалов до недавнего времени разрабатывался в нашей стране на основе оснащения промышленности и транспорта подъемно-транспортным оборудованием грузоподъемностью 3...5 т.

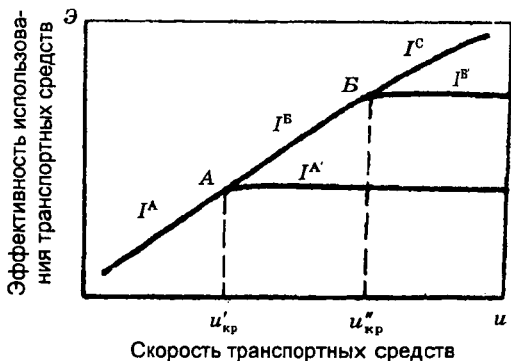


Рис. 13.1. Эффективность использования транспортных средств.

Блок-пакеты пиломатериалов — более крупные транспортные единицы и соответствуют требованиям, предъявляемым к крупнотоннажным контейнерам. При переходе на блок-пакетную отгрузку необходим переход от оборудования грузоподъемностью 3...5 т к оборудованию грузоподъемностью 10...30 т. Этот процесс можно охарактеризовать представленной на рис. 13.1 кривой I^C , показывающей, что дальнейший рост эффективности использования транспортных средств (после точки Б) требует перехода в нашем случае от пакетных к блок-пакетным перевозкам. В противном случае мы после определенного момента попадаем в зону затухания эффекта (кривая I^B).

Переход на отгрузку блок-пакетов требует новых затрат на подъемно-транспортное оборудование и пересмотра ряда организационных положений. Канадская национальная ассоциация железных дорог считает, что для условий Северной Америки переход на перевозку пиломатериалов блок-пакетами массой 20 т на расстояние 3200 км рентабельно, если годовой грузооборот на данном направлении не менее 280 тыс. м³.

Требования к увеличению точности измерения размеров и особенностей формы пиловочных бревен для получения высокого уровня выхода пиломатериалов и производительности лесопильных потоков приводят к выносу сортировки бревен из бассейнов и осуществлению ее на берегу на автоматизированных линиях. Все это революционизирует структуру производственного процесса лесопиления, т. е. состав операций (линий), характер связи между ними и системы управления.

В этих условиях производственный процесс на предприятиях состоит уже не из лесопильного цеха и складов сырья и пилома-

териалов, а из целого ряда цехов и участков, состоящих в свою очередь из автоматизированных линий. Между ними располагаются строго регламентированные запасы материала, обеспечивающие в условиях автоматизации подъемно-транспортных средств и операций синхронную работу переменного-поточных линий лесопиления, комплектование технологически необходимых объемов партий лесо- и пиломатериалов определенных параметров и выполняющие ряд других функций.

Стремление к уменьшению капитальных вложений и трудовых затрат на переместительные операции материала и промежуточное складирование приводит к еще большей степени непрерывности лесопильных потоков. Это выражается в том, что на современных предприятиях, например, процессы сортировки и окорки бревен выполняются на комплексных автоматизированных линиях с исключением промежуточного складирования сырья между этими операциями.

Создаются линии для выборочной торцовки и автоматической сортировки досок по сечениям с крупногабаритными сдублированными карманами, позволяющими накапливать в них такие объемы досок тех или иных сечений, которые соответствуют объемам крупногабаритных сушильных штабелей размером $2050 \times 5000 \times 6800$ мм.

Непрерывно-поточный метод становится основной формой организации лесопильного производства. Переход от производственно-технологического процесса к потоку является, по сути, переходом от содержания (существа) вопроса к форме, в которую он облекается.

Непрерывный лесопильный поток имеет следующие характерные черты: процессы и все операции выполняются последовательно в пространстве и одновременно во времени; для выполнения каждой из операций устанавливается (закрепляется) определенное специализированное оборудование; все операции и участки производства четко синхронизированы; оборудование комплектуется в строгом соответствии с ходом производственно-технологического процесса и представляет собой единую ритмично работающую систему.

Прогресс в науке и технике резко повышает требования к технологии, оборудованию и системам управления. Человек уже не может справиться с огромным потоком информации. Выполнение функций оптимизации раскроя пиловочного сырья, управления процессами и самим производством пиломатериалов начинает передаваться автоматическим устройствам и системам с использованием ЭВМ.

Эффективность применения тех или иных линий и систем в условиях конкретных заводов определяется тем, насколько соответствуют заложенные в их структуре уровни дифференциации и концентрации операций условиям работы, в которых они будут функционировать. Однако всегда следует учитывать, что чем больше степень непрерывности лесопильных потоков, тем выше уровень их комплексной механизации и частичной автоматизации, обеспечивающий при соответствующих условиях и большую экономическую эффективность.

В организации производства пилопродукции к важнейшим следует отнести следующие три положения: тип организации лесопиления; объем производства пилопродукции на определенном лесопильном предприятии; уровень специализации лесопильного предприятия (см. п. 13.4).

13.2. Тип организации лесопиления

В мировой практике лесопиления различают его вертикальную и горизонтальную интеграцию с обеспечением постоянного лесопользования.

Вертикальная интеграция подразумевает вхождение лесопильных предприятий в ассоциацию, фирму, объединение, где сосредоточивается ряд предприятий лесного комплекса: лесозаготовительные, лесопильные, фанерные, плитные, деревообрабатывающие и целлюлозно-бумажные.

Владельцы таких промышленных комплексов, как правило, являются и крупными лесовладельцами с обеспечением постоянного лесопользования. Такое положение характерно для США, Канады, Швеции и Финляндии.

Вертикальная интеграция лесопиления позволяет рационально распределять древесное сырье с места его заготовки по соответствующим производствам и обеспечивать его эффективный раскрой, начиная с разделки хлыстов и кончая переработкой соответствующих сортиментов. Естественно, что в этом случае все так называемые отходы лесопиления перерабатываются на технологическую щепу и вместе с технологическими опилками поступают на целлюлозно-бумажные предприятия. В условиях вертикальной интеграции, как правило, функционируют средние и крупные лесопильные предприятия.

«Локомотивами» вертикальных интегрированных структур являются целлюлозно-бумажные комбинаты (ЦБК). Стоимость одного ЦБК составляет, по разным данным и в зависимости от

объема производства, от 0,5 до 1,0 млрд. дол. США и более, плитного завода — до 200 млн. дол. США и лесопильно-мебельного комбината — до 50 млн. дол. США.

Подсчитано, что до 2015 г. необходимо вложить в ЛПК 25 млрд. дол. США. Однако Россия получает из-за рубежа прямых инвестиций в промышленность 2 млрд. дол. США в год (для сравнения: Китай — более 50 млрд. дол. США в год).

Стоимость среднего лесопильного завода составляет 4... 5 млн. дол. США и более. Однако не только это определяет довольно большие суммы инвестиций Швеции, Финляндии, Китая и других стран в лесопиление России. Основой являются ограниченные объемы древесины в этих странах и сравнительно дешевая рабочая сила в России. Строительство средних и крупных лесопильных предприятий ставит перед отечественным производством пиломатериалов целый ряд важнейших проблем и задач.

Имеющийся опыт показывает, что используемые импортные оборудование, процессы и управление далеко не всегда являются наиболее передовыми в настоящее время и на перспективу, а такие вопросы, например, как информационные технологии процессов и производства пиломатериалов, начиная с заказа и кончая отгрузкой пилопродукции, вообще отсутствуют. Поэтому необходимо решать вопросы создания современного отечественного модульного лесопильного оборудования и программно-технологического обеспечения АРМ технологов лесопильных предприятий и на базе отработанных в производственных условиях программ САПР технологий лесопиления.

Горизонтальная интеграция. Большие капитальные затраты, без которых практически невозможно обеспечить высокий (а зачастую и минимальный) уровень рентабельности лесопильных предприятий, рост стоимости древесного сырья и экономическая целесообразность специализации лесопильных предприятий по виду выпускаемой пилопродукции, характеру древесного сырья и другие факторы привели к горизонтальной интеграции лесопиления в составе группы ассоциаций или фирм. Это позволяет увеличить не только уровень специализации определенного лесопильного предприятия, но и объем производимой им пилопродукции. В этом случае в состав ассоциации, фирмы, объединения могут входить несколько или несколько десятков лесопильных предприятий с различными объемами производства пилопродукции и назначением. Горизонтальная интеграция позволяет, кроме углубленной специализации лесопильных предприятий (не только по назначению пилопродукции), решать вопро-

сы комплексного использования древесины и имеет ряд других преимуществ по сравнению с отдельно функционирующими установками и полукустарными малыми предприятиями.

В условиях горизонтальной интеграции, как правило, функционируют малые лесопильные предприятия. При определенных условиях они могут успешно кооперировать с лесопильными предприятиями большой и средней производственной мощности. В этом случае на последние поставляются, например, сырые доски, рассортированные на малых предприятиях только по сечениям. На крупных или средних предприятиях они высушиваются в цехах камерной сушки, после чего производится их окончательная торцовка и сортировка по сортам и длинам с формированием транспортных пакетов. Эти операции могут осуществляться также на специальных терминалах. В частности, это имело место в Санкт-Петербургском лесном порту. Могут быть использованы также строгальные станки, например, на средних лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях, рубительные машины для получения технологической щепы (опыт Швеции), а также другие варианты кооперации предприятий различной производственной мощности.

Горизонтальная интеграция облегчает условия внедрения и функционирования маркетинга, главной целью которого является удовлетворение запросов конкретных потребителей пилопродукции при максимальной эффективности производства, и имеет ряд других преимуществ.

13.3. Объем производства пилопродукции

Объем производства пилопродукции может составлять несколько сотен кубометров на лесопильной установке, несколько тысяч или десятков тысяч на том или ином малом лесопильном предприятии и до нескольких сотен тысяч кубометров бревен или пиломатериалов на крупном лесопильном предприятии. Это зависит от целого ряда факторов.

В условиях рыночной экономики основным из них, естественно, является экономический фактор, предопределяющий рациональный объем производства пилопродукции определенного назначения, а для крупных, средних и, при определенных условиях, малых предприятий — объем вырабатываемой технологической щепы.

Установки и бревнопильные станки типа «Wood-Mizer» с ручной подачей, а также круглопильные станки индивидуально-

го раскрыя производительностью до 3...5 тыс. м³ бревен в год, как правило, относятся к фермерскому лесопилению. Исключение могут составлять малые предприятия с выпуском сугубо специальной пилопродукции, например ложей для определенных ружейных изделий, или на базе одной одноэтажной лесопильной рамы с ее периодической загрузкой при работе в одну смену и другие.

Предприятия производственной мощностью от 5...10 до 60...80 тыс. м³ бревен в год, как правило, относятся к малым лесопильным предприятиям. Предприятия производственной мощностью от 80...100 до 200...250 тыс. м³ бревен в год относятся к средним лесопильным предприятиям. К крупным относятся предприятия производственной мощностью от 250...300 тыс. м³ бревен и более в год.

В прежних условиях хозяйствования специализация лесопильных предприятий по назначению пилопродукции, породам сырья, размерам диаметров пиловочных бревен, качеству древесины, виду перерабатываемого сырья, числу выпиливаемых сечений пиломатериалов и другим признакам производилась весьма условно или вообще не производилась. Определенное исключение составляли экспортные предприятия, на которых пиломатериалы, не соответствующие экспортным сортам, отгружались на внутренний рынок. На лесопильные предприятия практически поступали бревна всех размеров, диаметров и качества из определенных сырьевых баз. Зачастую из-за нехватки балансового сырья на ЦБК поступало качественное сырье, а на лесопильные предприятия бревна низкого качества.

Переход к рыночной экономике предопределяет необходимость более глубокой специализации лесопильных предприятий, так как только при этих условиях могут быть обеспечены не только высокий уровень экономической эффективности предприятий, но и конкурентоспособность выпускаемой ими пилопродукции.

13.4. Классификация лесопильных предприятий по уровню специализации

Специализация лесопильных предприятий по назначению пилопродукции. Высшей формой этой специализации является выпуск определенным лесопильным предприятием пилопродукции только одного назначения. Это могут быть только спецификационные пиломатериалы для внутреннего потребления или на

экспорт, черновые заготовки для кооперированных с лесопильным заводом деревообрабатывающих предприятий или используемые в цехах собственной деревообработки лесопильно-деревообрабатывающего предприятия, конструкционные пиломатериалы и пр. Одновременный выпуск на одном предприятии пилопродукции двух назначений и более при недостаточных уровне специализации процессов и гибкости производственных систем часто приводит к тому, что, например, десятки процентов всех пиломатериалов выпускаются в виде попутной неспецификационной пилопродукции.

Выполнение этого требования связано со специализацией предприятия по породам, размерам и качеству пиловочника, а также ряду других признаков и принимаемой технологией производства пилопродукции.

Специализация лесопильных предприятий по породам сырья. Специализация лесопильных предприятий по распиловке только хвойной древесины, как правило, не решает вопроса ни на крупных, ни на средних лесопильных предприятиях.

Особые трудности возникают при одновременном выпуске из лесопильного цеха досок нескольких пород древесины на участках их камерной сушки, окончательной обработки и пакетирования. Не говоря уже о том, что режимы сушки пиломатериалов одних и тех же поперечных сечений, но различных пород значительно отличаются. Перед сушильными камерами и линиями окончательной обработки необходимо накапливать весьма большие партии запуска пиломатериалов тех или иных сечений, а при одновременной выпилке досок нескольких пород древесины — и пород.

Без специализации предприятий по породам древесины практически невозможно рационально использовать технологическую щепу, поступающую с лесопильных заводов на целлюлозно-бумажные предприятия, так как, например, из еловой щепы производится сульфитная целлюлоза, а из сосновой — сульфатная. Специализация позволяет также более рационально использовать кору, например, еловой древесины в производстве дубильных экстрактов и др.

При специализации лесопильных предприятий различной производственной мощности по хвойным породам древесины и невозможности или экономической нецелесообразности распиловки только одной породы целесообразна последовательная распиловка больших партий пиловочника, например, ели или сосны. При этом период распиловки древесины только одной по-

роды должен составлять несколько недель. Что касается лиственницы, то необходима специализация предприятий на переработку только этой породы, так как наибольший эффект дает получение из нее радиальных пиломатериалов, требующих специальных схем раскроя на соответствующем оборудовании, специальных режимов сушки пилопродукции и др.

Необходимо осуществление лесозаготовок по чистым породам. Отход от примитивного деления пород на хвойные и лиственные неизбежен при новых условиях хозяйствования, когда конкретное использование той или иной породы наряду с уровнем специализации процесса ее переработки будет определять все основные экономические показатели предприятия. Лесоустроительная основа для этого есть, так как эксплуатационный фонд учитывается по чистым породам и по ним же дается материально-денежная оценка лесосек.

Мягколиственные породы (осину и др.; к ним также условно отнесена береза, которая по своим свойствам ближе к твердолиственным породам) рекомендуется распиливать на специализированных предприятиях. Древесина мягколиственных пород характеризуется более низким выходом пиломатериалов из сырья и заготовок из пиломатериалов и более низким посортным составом последних по сравнению с переработкой хвойного сырья (расход сырья в 1,5 раза выше). Это обстоятельство и ряд других причин позволяют наиболее эффективно перерабатывать сырье мягколиственных пород при специализации лесопильных предприятий на выпуск черновых заготовок и изделий различного назначения. В Западной Европе, Канаде и США переработка древесины мягколиственных пород постоянно увеличивается. В США, например, создана так называемая система 6 — технологический комплекс операций переработки хлыстов мягколиственных пород на стандартные мебельные заготовки для производства корпусной мебели и пр. Таким образом, решение этого вопроса возможно только при создании специализированных технологий на соответствующих лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях.

Распиловку твердолиственных пород древесины (бука, дуба и пр.) также рекомендуется осуществлять на специализированных предприятиях, преимущественно на однопильных ленточнопильных станках индивидуального раскроя, позволяющих именно при первичном раскрое пиловочника обеспечить увеличение выхода черновых заготовок различного назначения.

Специализация лесопильных предприятий по диаметрам пиловочных бревен. Необходимость в специализации лесопиль-

ных предприятий по размерам пиловочных бревен возникла в связи с созданием высокопроизводительных бревнопильных линий проходного типа, специализированных для переработки бревен только определенных сортiroвочных групп на пиломатериалы и технологическую щепу.

Традиционно на лесопильные предприятия поступали бревна диаметром от 12...14 до 50 см. При внедрении ЛАПБ на них стали перерабатываться бревна диаметром от 12 до 18 см, а иногда и до 20 см. При установке на предприятиях фрезерно-брусующих станков на них стали перерабатываться бревна тех же диаметров при развале двухкантных брусев на многопильных круглопильных станках типа СБ-8. Это приводило к потере выхода пиломатериалов от 2 до 10 % по сравнению с распиловкой бревен остальных диаметров на лесопильных рамах.

Для распиловки крупномерных бревен в районах Сибири и Дальнего Востока диаметром до 60 см и более были созданы широкопросветные лесопильные рамы просветом 1100 мм, а затем их стали стараться перерабатывать на вертикальных однопильных станках индивидуального раскроя, так как эти бревна имеют сосредоточенные пороки (гнили и др.).

В мировой практике лесопиления и на отечественных предприятиях все большее распространение получают фрезерно-профилирующие линии и линии с фрезерно-брусующими и многопильными круглопильными станками для переработки бревен диаметром до 40...50 см и со сдвоенными или вертикальными ленточнопильными станками для переработки бревен больших диаметров.

Использование датчиков размеров пиловочника с возможностью оптимизации их раскроя при «гибких» поставках весьма перспективно на средних и крупных лесопильных предприятиях.

Что касается малых лесопильных предприятий с однопильными круглопильными станками индивидуального раскроя, то на них предусматривается в основном распиловка бревен диаметром до 40 см. Горизонтальные ленточнопильные станки обеспечивают раскрой бревен диаметром до 1 м и более.

В мировой практике известны, например, линии, специализирующиеся на переработке бревен диаметром от 10 до 14 см на пиломатериалы и технологическую щепу на базе фрезерно-брусующих станков, обрабатывающих в минуту до 12 бревен и более.

Специализация лесопильных предприятий по качеству древесины. Это одна из очень важных и трудных задач. В лесной

промышленности при плановой экономике было невозможно резко ограничить поступление низкокачественного сырья, устанавливаемое государственными стандартами на пиловочные бревна. Это в целом ряде районов страны, даже богатых лесом, привело бы к значительному уменьшению лесосырьевых ресурсов. Большое количество перестойного леса из вновь осваиваемых районов его заготовки действительно требует начинать процесс распределения сырья в зависимости от его качества непосредственно в леспромпхозах или даже на лесосеках, т. е. в самом начале заготовки.

Низкое качество сырья делает неэффективной комплексную механизацию и автоматизацию неспециализированных по качеству сырья производственных процессов лесопиления, так как удельные капитальные вложения и себестоимость обработки пиломатериалов значительно больше при низком качестве сырья по сравнению с распиловкой кондиционного пиловочника при прочих равных условиях.

Наиболее актуальной проблемой интенсификации лесопиления, связанной со специализацией лесопильных предприятий по качеству сырья в новых условиях хозяйствования, является рациональное ценообразование в системе заготовки и распределения круглых лесоматериалов потребителям, что должно не только определять заинтересованность лесозаготовителей, но и стимулировать их поставлять сырье пониженного качества в первую очередь на те производства и предприятия, где его переработка наиболее экономически оправдана.

Специализирующиеся на распиловке низкокачественного сырья лесопильные предприятия следует оснащать предназначенным для этого оборудованием, например однопильными ленточнопильными станками, позволяющими производить индивидуальный раскрой фаутных бревен как средних, так и больших диаметров с увеличенным на 10...15 % выходом пилопродукции по сравнению с их распиловкой на лесопильных рамах. При этом выход пиломатериалов высших сортов увеличивается на 2...4 %, а производительность труда в лесопильном цехе — в 1,5...2 раза. При распиловке бревен на однопильных станках типа ЛБ150 не нужна сортировка сырья по размерам и качеству, так как раскрой каждого бревна индивидуальный.

Главной особенностью сырьевой базы Восточной Сибири и Дальнего Востока является то, что около 1/3 пиловочника составляют бревна, которые по наличию пороков до введения унифицированных стандартов относили к дровяному сырью. Широкое ос-

воение перестойных лесных массивов еще более усугубляет положение. В пиловочнике, поступающем на лесопильные предприятия этих районов, бревна диаметром 40 см и более составляют 1/3 и более от всего объема сырья. Наиболее распространенными в них пороками являются трещины, сучки и особенно гнили. Рациональная обработка такого сырья требует применения специализированного оборудования не только на участках раскряжания бревен, но и практически на всех стадиях процесса лесопиления.

Специализация лесопильных предприятий по виду перерабатываемого сырья. В настоящее время на многие лесопильные предприятия поступают не только пиловочные бревна, но и хлысты, раскряжкой которых наиболее целесообразно производить по критерию максимального выхода пиломатериалов. Поставка сырья на лесопильные предприятия в виде хлыстов (хлыстовая поставка) есть и в странах с развитым лесопилением. Однако в этом случае наблюдается четкая специализация предприятий: на них поставляют только хлысты или только пиловочные бревна. Так, в южных районах Германии, где леса расположены вблизи Альп, вывозка хлыстов на лесопильные предприятия осуществляется даже по горным дорогам. Считается, что ошибки при раскряжке хлыстов непосредственно в местах их заготовки не могут быть исправлены даже при самой совершенной технике и использовании ЭВМ. Лаборатория древесины научного центра Финляндии (VTT) отмечает, что с помощью оптимального раскряжания хлыстов можно увеличить стоимость продукции из одного и того же объема сырья на 4...8 %.

Оптимизация раскряжания хлыстов в условиях лесопильных предприятий широко распространена в североамериканской технологии производства пиломатериалов. В промышленности США постепенно исчезает деление сырья при его заготовке на пиловочник, фанерный кряж, балансы и пр. Оптимизация раскряжания хлыстов должна производиться на лесоперерабатывающих предприятиях с получением максимальной стоимости продукции. Очевидно, что в России, отличающейся большим разнообразием условий, будут иметь место и хлыстовая поставка сырья на лесопильные предприятия, и поставка пиловочных бревен. Однако имеющийся опыт показывает, что лесопильные предприятия должны быть четко специализированы по виду поставляемого сырья.

При поставке на лесопильный завод бревен и хлыстов предприятие вынуждено иметь два типа участков подготовки сырья к обработке. При этом значительно усложняются грузовые потоки мате-

риала. Этих недостатков можно избежать при поставке на лесопильный завод только хлыстов и организации их окорки, раскря и сортировки полученных бревен на комплексных линиях.

Специализация лесопильных предприятий по числу выпиливаемых сечений пиломатериалов. Это направление специализации стало характерным в последние годы для отечественных лесозэкспортных предприятий, на которых были установлены блоки (цехи) для формирования крупногабаритных сушильных штабелей пиломатериалов (высотой до 5 м и шириной 2 м), сушильные камеры и линии для окончательной торцовки досок и сортировки их по сортам и длинам (типа «Plan-Sell»), включающие устройства для формирования плотных транспортных пакетов. Принято считать, что линии для окончательной обработки типа «Plan-Sell», установленные в цехах камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов, могут обеспечить эффективное формирование транспортных пакетов из досок одной породы, одного сечения и сорта и преимущественно одной длины только при переработке в цехе не более 6 сечений пиломатериалов. Эти линии принадлежат ко второму поколению машин этого типа и предназначены для двухстадийной сортировки пиломатериалов.

Блоки камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов могут быть установлены непосредственно за автоматическими линиями для сортировки досок по сечениям, как это имеет место, например, на Усть-Илимском ЛДК. В последнем случае была предусмотрена выпилка только 7 сечений пиломатериалов в течение оперативного периода работы завода (несколько недель). В течение следующего оперативного периода выпиливают также 7, но уже других сечений и т.д.

Иными словами, если предприятие рассчитано на выпуск в течение какого-либо времени пиломатериалов, например, 12 сечений, то цехи камерной сушки, окончательной обработки и отгрузки пиломатериалов, включая вместимость складов, должны быть рассчитаны также на 12 сечений. Выработка пиломатериалов с меньшим числом сечений допустима, а с большим приведет к увеличению их себестоимости и выпуску части продукции в неспецификационном виде. Такие предприятия могут в течение года выпускать пиломатериалы нескольких десятков сечений, но в течение одного оперативного периода работы завода — только то число сечений, на которое рассчитана структура их производственного процесса.

Реконструкция лесозэкспортных предприятий без глубокой технологической подготовки производства, отсутствие центров

информации и слежение за ходом производственного процесса, в том числе и ЭВМ, оснащенных технологически ориентированными программами, и ряд других причин практически привели к тому, что предприятия стали резко ограничивать число выпиливаемых сечений пиломатериалов не за оперативный период работы завода, а в течение всего года. Это направление и получило в отечественной практике лесопиления название «специализация лесопильных предприятий по числу выпиливаемых сечений пиломатериалов».

В ряде стран с развитым лесопилением действует единая система размеров пиломатериалов. В США и Канаде из древесины хвойных пород 3/4 пилопродукции вырабатывается 10 сечений (2 толщины и 5 ширин) и 7 длин. Остальная часть пилопродукции, также в соответствии со стандартами США, имеет гораздо большее число размеров, но стоимость ее намного выше. В Швеции все размеры поперечных сечений пиломатериалов, регламентируемые единым стандартом, разделены на три группы: основные, менее предпочтительные и рекомендуемые для применения в исключительных случаях. В первой и второй группах по 14 размеров, в третьей — 21.

Только за счет унификации стандартных размеров пиломатериалов без унификации размеров деталей из древесины, применяемых во всех изделиях, нельзя значительно уменьшить число выпиливаемых сечений пилопродукции, так как лесопильные предприятия вынуждены вырабатывать пиломатериалы нестандартных размеров для изделий деревообработки.

Решение этих вопросов позволит удовлетворить потребности внутреннего рынка, включая строительство, в пиломатериалах строго ограниченного числа сечений и размеров (включая их длину), создать условия для комплексной механизации и автоматизации широкого круга существующих предприятий, и, кроме того, в новых экономических условиях хозяйствования станет выгодно не только потребителю, но и изготовителю пилопродукции.

13.5. Достоинства и специфика малых лесопильных предприятий

В настоящее время к малым относятся предприятия, на которых работает не более 100 человек. До недавнего времени эта цифра составляла 200 человек, не говоря уже о других признаках малых предприятий. В лесопилении такое количество рабо-

тающих может быть не только на средних, но и на крупных автоматизированных современных предприятиях. Поэтому, учитывая специфику производства пиломатериалов, к малым относятся предприятия производственной мощностью от 5...10 до 60...80 тыс. м³ пиловочных бревен в год (см. п. 2.6).

Считается, что небольшим предприятием проще управлять, на нем легче создать условия для большей заинтересованности людей в конечных результатах производства. Разветвленная сеть небольших предприятий позволяет избавиться от монополизма в выпуске отдельных видов продукции, снижая тем самым экономическое давление на конъюнктуру рынка.

В Западной Европе, США и Японии доля малых предприятий достигает 70...80 % от общего числа хозяйственных организаций. В США, например, вклад их в валовый национальный продукт доходит до 50 %.

Малые предприятия имеют быструю восприимчивость к научно-техническому прогрессу. По данным инофирм, свыше 90 % новых технологий внедряются на малых предприятиях «быстрого реагирования». Поэтому государства предоставляют малым предприятиям льготный кредит, уменьшают налоги и даже дают безвозмездные субсидии.

Особенностями значительного количества малых предприятий является их узкая специализация на комплектующих, конструктивных, программных и других элементах с широкой кооперацией со средними и крупными предприятиями.

К преимуществам малых лесопильных предприятий относятся следующие.

1. Большая динамичность по сравнению со средними, не говоря уже о крупных предприятиях и таких гигантах, как Усть-Илимский или Братский ЛПК. На них, например, можно быстро выполнить требования потребителей по изменению не только размеров сечений и заготовок различного назначения, но и строганного погонажа и других видов пилопродукции. При этом раскрой, начиная с хлыстов, можно производить по критерию конечной продукции.

2. Лучшее выполнение экологических требований при использовании древесины из закрепленных сырьевых баз, полученной в результате санитарных и выборочных рубок с учетом местных условий и особенностей.

3. Меньшие капитальные вложения и в несколько раз меньшая оборачиваемость капитала при небольшом количестве работающих, особенно административного состава. На малых пред-

приятных широко практикуются семейные, родственные отношения, совмещение обязанностей: директор-бухгалтер, инженер-оператор-квалифицированный рабочий, слесарь-электрик-автоматчик. Малые предприятия способны более оперативно решать не только экологические и экономические, но и социальные вопросы, выравнивать уровень занятости населения, способствовать активному созданию сферы соцкультбыта и решению целого ряда вопросов лесного комплекса нашей страны.

4. Глубокая переработка древесины при ее комплексном использовании. На малых лесопильных и лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях наиболее рационально производство строганой продукции, мебельных щитов, оконных и конструкционных брусьев и другой пиломатериальной продукции вплоть до конечных изделий.

Производство только пиломатериалов на малых предприятиях в основном на экспорт в конце XX и самом начале XXI в. в перестроечный период было вызвано резким спадом выпуска пиломатериальной продукции на крупных и средних лесопильных предприятиях по целому ряду причин.

Это несколько поддержало объемы выпуска экспортных пиломатериалов, но привело к ряду негативных моментов. Основные из них следующие.

1. Некоторые предприятия и компании стали демпинговать на внешних рынках.

2. Сокращение выпуска конкурентоспособной пиломатериальной продукции привело к потере рынков сбыта.

3. Цены на экспортные пиломатериалы отечественных предприятий стали все больше отличаться от мировых.

4. В условиях рыночной экономики и конкуренции большую конкурентоспособность (а, следовательно, и эффективность) имеют лесопильные предприятия с большим объемом пиломатериальной продукции (уменьшается себестоимость ее производства, улучшаются условия комплектования отгрузочных партий пиломатериалов и целый ряд других вопросов).

В лесопильной промышленности развитых стран продолжается процесс концентрации производства пиломатериалов в связи с сокращением числа мелких лесопильных предприятий и повышением производственной мощности средних и крупных лесопильных заводов.

Так, в Японии за период с 1973 по 1998 г. количество малых лесопильных заводов с установленной мощностью до 38 кВт уменьшилось в 3,2 раза, с мощностью от 38 до 150 кВт — в 1,4 раза. Ко-

личество заводов с установленной мощностью свыше 150 кВт увеличилось в 1,1 раза. В настоящее время Япония переносит свои производства, связанные с переработкой леса, в Китай и страны Юго-Восточной Азии с более дешевой рабочей силой.

Уменьшение количества малых лесопильных предприятий наблюдается в Швеции и других странах.

В России в связи с увеличением спроса на пилопродукцию на внутреннем рынке все в большей степени наблюдается на малых предприятиях рост ее камерной сушки и все более глубокая степень обработки древесины.

Малые предприятия начинают специализироваться на определенные породы древесины.

На рис. 13.2 представлена схема действующего автоматизированного производственного процесса в цехе по выпуску паркетных и мебельных заготовок на предприятии в южной части Венгрии, в районе г. Байя, производственной мощностью 10 тыс. м³ древесины в год.

Средний диаметр поступающего пиловочного сырья 19 см. Породы: акация (специальная порода пиловочного сырья, выведенная в Венгрии) — 50 %; дуб — 20 %; ясень — 15 %; черный орех — 15 % (могут быть другие лиственные породы). Средний полезный выход заготовок из пиловочного сырья составляет 30...33 %, что является очень высоким показателем и обеспечивается не только оптимизацией раскроя пиловочного сырья по критерию максимального выхода заготовок, но и применением поперечного раскроя бревен на отрезки (чураки) длиной, например, для производства паркетной фрезы 780 мм. Затем эти чураки проходят индивидуальный раскрой (переработку) на двухкантные бруски, из которых и выпиливаются заготовки. Практически таким образом осуществляется развально-сегментный метод раскроя. Только в этом случае продольному раскрою на заготовки кратной длины подвергается не сегмент, а двухкантный короткий брус. При этом такой порок формы, как кривизна, несколько нейтрализуется, а сбеги и длина бревен учитываются в оптимизационной программе, на основе результатов которой производится и поперечный раскрой бревен на чураки, и получение из них двухкантных коротких брусков определенной толщины, равной ширине заготовок.

На продольный цепной транспортер (бревнотаску) 1 (см. рис. 13.2) бревна подают из накопителя бревен 2, в конце которого имеется устройство для их поштучной выдачи. Перед окорочным станком 4 установлен металлоискатель 3. Окоренные бревна при помощи сбрасывателя 5 поступают в накопитель бревен.

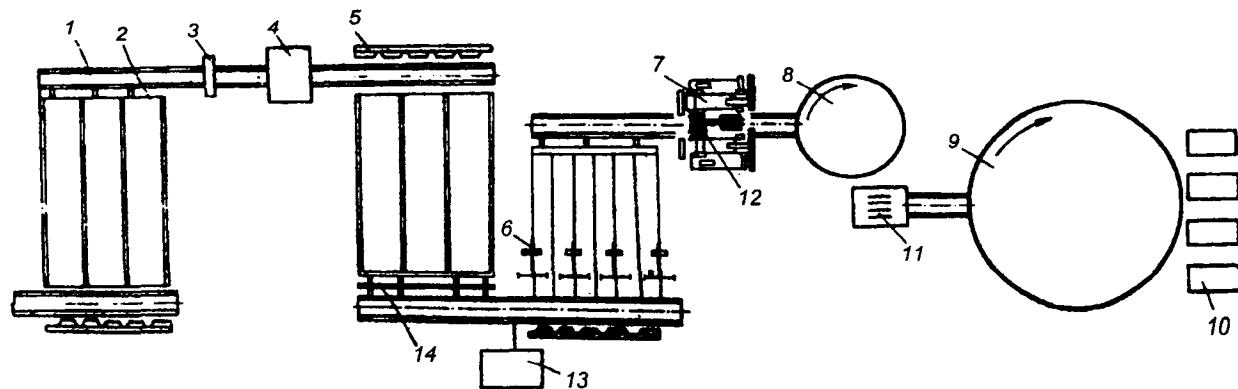


Рис. 13.2. Схема автоматизированного производственного процесса в цехе по выпуску заготовок из древесины на предприятии небольшой производственной мощности.

1 — продольный транспортер (бревнотаска); 2 — накопитель бревен; 3 — металлоискатель (после него может быть установлен поперечный транспортер для бревен с металлическими включениями, который возвращает бревно после их удаления); 4 — окорочный станок (типа ДС-12); 5 — сбрасыватель бревен; 6 — устройство триммерного типа с цепными пилами; 7 — двухцепильный ленточно-пильный агрегат; 8 и 9 — карусельные конвейеры; 10 — торповочные столы; 11 — многопильный круглопильный станок; 12 — фрезерные модули; 13 — система измерения размеров бревен для их оптимального раскроя; 14 — устройство для поштучной выдачи бревен (отсекатель).

вен перед линией их раскря. Отсекатель 14 подает бревна на продольный транспортер, где замеряются их текущие диаметры (сбег) и длина. Точность измерения диаметров бревен ± 1 мм. Информация обо всех их размерных параметрах поступает в ЭВМ 13, оснащенную специальной оптимизационной программой. Здесь происходит определение схемы поперечного раскря того или иного бревна на чураки (с учетом припуска по длине на дальнейшую обработку) и продольной обработки (раскря) каждого из чураков на фрезерно-пильной линии. При необходимости оператор имеет возможность вводить коррективы в программы раскря. Поперечный раскря бревен на чураки выполняется на установке триммерного типа с цепными пилами 6. Каждая из цепных пил перемещается поперек по команде из системы оптимизации раскря бревен и управления этой установкой. Ширина пропила равна 10 мм.

Затем полученные чураки последовательно подаются к фрезерным модулям 12 и двухпильному ленточнопильному агрегату (диаметр шкивов 1500 мм), работающим по системе гибких поставов в соответствии с результатами оптимизации их продольного раскря. При распиловке бревен небольших диаметров производится один рез по центру бревна, а больших диаметров — два реза, т.е. задействуются оба ленточнопильных станка. Скорость подачи фрезерно-пильной линии 20 м/мин. Точность перемещения агрегатов линии $\pm 0,2$ мм. Фрезерные модули формируют обработанные направляющие поверхности, обеспечивающие надежное базирование чурака при его дальнейшей распиловке. Механизм подачи фрезерных модулей вальцового типа состоит из пяти подающих и двух вытяжных вальцов.

Двухкантные короткие брусья разной толщины поступают на карусельный конвейер 8 диаметром 4,5 м, чем обеспечивается их сортировка по толщинам перед раскромом на многопильном круглопильном станке 11. Полученные кратные по длине заготовки поступают на другой карусельный конвейер 9 диаметром 7 м, с которого их снимают вручную рабочие торцовочных столов 10. На каждом из позиционных торцовочных столов 10 производится раскря по длине заготовок, имеющих свои размеры. После этого паркетная фреза укладывается в пакеты и отгружается на склад, проходит камерную сушку на этом же предприятии и отправляется потребителю. Брак заготовок после сушки практически отсутствует.

Кусковые отходы перерабатывают рубительной машиной на технологическую щепу, которая используется в плитном произ-

водстве или в качестве топлива на предприятии. Кора и опилки поступают в специальную котельную, которая обеспечивает сушку заготовок в камере емкостью 116 м³ и обогревает цех переработки. Всего в приведенном на рис. 13.2 производственном процессе занято 12...14 человек в смену. Проектирование, строительство и обеспечение оборудованием производили ряд фирм Австрии, Швеции, Дании и Германии.

13.6. Технологические основы и преимущества модульного оборудования лесопиления

В настоящее время в мировой практике лесопиления широко распространено создание оборудования из функциональных модулей. Это касается почти всех типов оборудования лесопильного производства: для переработки пиловочника, подготовки его к обработке, сушки и окончательной обработки пиломатериалов.

В нашей стране первые исследования в области разработки технологических основ создания из модулей оборудования для комплексно механизированных и автоматизированных процессов сортировки, пакетирования и окончательной обработки пиломатериалов были проведены под руководством автора в 1960-е годы во ВНИИДМАШе ([4], с. 160...179). Там же были сформулированы основные направления и принципы типизации процессов и оборудования лесопильных потоков на базе функциональных механизмов-модулей. В конструктивном плане они получили довольно широкое использование при создании отечественного оборудования этого назначения, однако большинство преимуществ модульного оборудования и организации на его базе современных процессов лесопиления не были использованы отечественными технологами-лесопильщиками. Между тем именно потребители получают наибольший эффект при использовании модульного оборудования, так как несмотря на увеличение серийности и, естественно, определенное уменьшение себестоимости изготовления оборудования на заводах-изготовителях, переход последних на модульный принцип создания оборудования требует целого ряда организационных и технологических мероприятий в станкостроительных организациях. Естественно, что в отсутствие конкуренции эти организации и заводы-изготовители оборудования в первую очередь используют модульный принцип создания оборудования лесопильного производства преимущественно в своих целях для увеличения уровня унификации и снижения фактической себестоимости

(например, одиночных образцов линий для сортировки сырых досок и их окончательной обработки после сушки) без глубоких технологических проработок широкого использования выпускаемого оборудования. Между тем создание оборудования из унифицированных модулей с соответствующими присоединительными и габаритными размерами позволяет не только резко увеличить серийность механизмов, но и решать следующие вопросы: 1) значительно повысить технический уровень лесопильного производства, качество, надежность и долговечность оборудования; 2) в несколько раз ускорить оснащение лесопильного производства новой техникой и сократить сроки компоновки оборудования; 3) постоянно совершенствовать оборудование благодаря сквозному использованию единых габаритных и присоединительных размеров механизмов по всей системе, обладающих высокой степенью обратимости, и др.

Основные положения для создания модульных линий для раскроя хлыстов приведены в [7] (с. 155...160).

При создании модульных линий обязательны одновременная разработка оптимизационных программ, работающих в контуре систем управления агрегатированных линий, и специальных технологических программ на базе ПЭВМ, без чего практически невозможна рациональная технология производства.

Создание оборудования из функциональных механизмов с присоединительными габаритными размерами — модулей — позволяет решить проблему быстрой перекомпоновки линий, состоящих, например, из 10 модульных механизмов, но требующих при совершенствовании технологии изготовления какого-либо продукта, изменения конструкции только двух-трех модулей.

В условиях быстрого старения технологии и конструкции оборудования это меняет традиционные методы разработки новых типов линий, которая занимает 5...6 лет и более. К концу создания этих линий они могут быть уже устаревшими в технологическом и конструктивном плане (см. [3], с. 48, вопрос о временном лаге (скорости внедрения) — периоде времени между затратами и получаемым эффектом).

Одним из возможных направлений совершенствования вертикальных ленточнопильных станков, например, является конструкция узла их резания с криволинейными и дополнительными плоскими аэростатическими направляющими, позволяющая обеспечить высокую точность пиления, большую долговечность пил, малые габариты и металлоемкость (Лесной журнал. № 6. 1998, с. 53...64).

В 1966 г. в США была запатентована конструкция вертикального ленточнопильного станка с верхним направляющим шкивом в виде неподвижного полукруга и вариант с двумя неподвижными сегментными направляющими шкивами со смазкой направляющих жидкостью. Эта идея получила свое развитие в ЦНИИМОДе при замене жидкости сжатым воздухом по предложению профессора Г. Ф. Прокофьева.

На рис. 13.3 приведены компоновки модульного оборудования с вертикальными ленточнопильными станками-модулями, имеющими традиционную конструкцию пильных шкивов или конструкцию по предложению ЦНИИМОДа.

Модульный принцип может и должен быть использован также при создании следующих типов оборудования лесопильного производства: линий для сортировки пиловочника; окорочного оборудования и его участков; бревнопильного оборудования на базе ленточнопильных, круглопильных и фрезернопильных модулей; гибких ориентирующих устройств при распиловке брев-

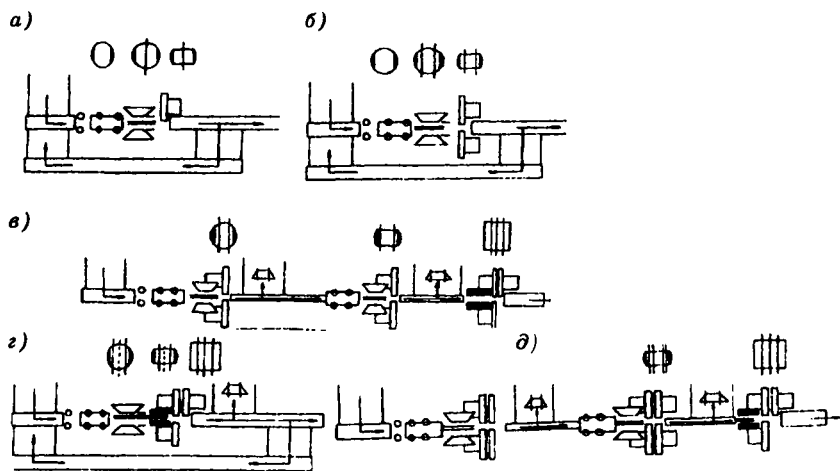


Рис. 13.3. Компоновка модульного оборудования.

а — переработка бревен и двухкантных брусьев на фрезерно-брусующем станке и раскрой бревен и брусьев на вертикальном ленточнопильном станке при рециркуляции брусьев и гибких поставках; *б* — то же самое, что и в схеме *а*, но при распиловке бревен и брусьев на спаренных ленточнопильных станках; *в* — переработка бревен на первом проходе на фрезерно-брусующем станке и спаренных ленточнопильных станках, брусьев на втором проходе также на фрезерно-брусующем станке и спаренных ленточнопильных станках и распиловка четырехкантных брусьев на строенных ленточнопильных станках; *г* — переработка бревен и двухкантных брусьев на фрезерно-брусующем станке и раскрой двухкантных и четырехкантных брусьев на строенных ленточнопильных станках при рециркуляции брусьев и гибких поставках; *д* — то же самое, что и в схеме *в*, но при распиловке бревен на первом проходе и брусьев на втором проходе на четверенных ленточнопильных станках.

вен, брусьев и обрезке необрезных досок (только эти устройства («Оптилог», «Оптикант», «Оптиэджер») при оптимальных системах поставок и сортировке под них бревен неправильной формы позволяют увеличить объемный выход пиломатериалов на 4 % и более); линий для торцовки и сортировки сырых пиломатериалов; линий для формирования сушильных штабелей и пакетов; линий для окончательной обработки пиломатериалов после сушки; комплектов околостаночного и транспортного оборудования и др.

Ориентация только на использование оборудования, выполняющего переработку сырья без оптимизации его раскрыя по критерию максимального выхода пилопродукции и созданного (и создаваемого) по старым методам его проектирования является тупиковым направлением, так как не позволяет выполнить современные требования к экономии древесины и труда. В то же время создание модульного оборудования позволяет быстро оснастить широкий круг отечественных предприятий небольшой, средней и большой производственной мощности современными машинами и линиями.

Организация оснащения лесопильных процессов агрегатированным оборудованием позволяет значительно эффективнее (гибче и с возможностью непрерывного совершенствования) создавать банк функциональных блоков для проектирования и строительства предприятий лесопильной промышленности в комплексно-блочном исполнении.

Известны случаи, когда фирмы-потребители модульного оборудования (технологии) при отказе отечественных заводоизготовителей его изготовить под угрозой лишения изготовителей заказов и обращения к зарубежным предприятиям вынуждали их осваивать это прогрессивное направление. Известны также случаи, когда фирмы, вынужденные в этом случае перейти на производство модульного оборудования, в короткие сроки выходили на одно из первых мест в мире по производству именно этих типов оборудования.

14. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ РАБОЧИЕ МЕСТА И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

14.1. Общие положения

Вопросы экономии древесины при ее раскрое, труда и энергии сегодня практически невозможно решать без технологической подготовки производства с использованием ЭВМ. Технологической подготовкой производства является совокупность мероприятий, обеспечивающих его рациональное функционирование.

В лесопилении в технологическую подготовку входят расчеты, позволяющие обеспечить нахождение рациональной структуры, параметров и оперативного планирования и управления процессами производства пиломатериалов. Чем выше уровень технологической подготовки, тем эффективней может работать лесопильное предприятие.

В настоящее время автоматизированная система технологической подготовки пиломатериалов (АСТПП) должна быть на каждом лесопильном предприятии практически любой производственной мощности, независимо от уровня автоматизации его производственно-технологических процессов и управления. Для этого непосредственно на лесопильных предприятиях создаются автоматизированные рабочие места (АРМ) технологов лесопильного производства, оснащенные ПЭВМ с необходимым и соответствующим именно данному предприятию программно-методическим обеспечением.

Сегодня в нашей стране имеется более 1 млн персональных компьютеров. Предполагается иметь их 16...18 млн. На некоторых лесопильных предприятиях уже установлено по несколько ПЭВМ. Однако их использование для технологических расчетов не может быть начато без соответствующего программно-методического обеспечения. Поэтому персональные компьютеры зачастую автоматизируют неизвестно что, плодят и хранят ненужную информацию и создают иллюзию прогрессивной технологии. Зачем же нужны ПЭВМ технологам на отечественных лесопильных предприятиях практически любой производственной мощности?

Не говоря уже о чисто прикладных вопросах сегодняшнего дня, которые необходимо решать технологам лесопильного предприятия на АРМ, оснащенном ПЭВМ, задачи технологии лесопиления в настоящее время необходимо рассматривать как фундаментальные проблемы НТП, и не только в области лесопиления и даже всего лесного комплекса, но и гораздо шире.

Известно положение, что автоматизация существующих технологий, как правило, не дает существенного экономического эффекта. Не менее важно и то, что при создании (проектировании) новых перспективных технологий лесопиления, а также при реконструкции действующих лесопильных предприятий необходимо применение новых методов технологических расчетов с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР).

Следует учитывать, что экономическая эффективность САПР заключается не только в сокращении времени на проектирование. По американским данным, эффективность САПР составляет непосредственно в проектировании 5 %, в строительстве 15 % и эксплуатации спроектированных объектов 80 %.

Минимизация материальных и энергетических ресурсов требует при проектировании переработки все большего количества информации. В условиях возрастающей цены древесины, оборудования, энергии, строительства и проектных объектов в целом неизмеримо возрастает цена ошибки.

Ранее использовавшиеся методы расчетов при проектировании новых, реконструкции и техническом перевооружении действующих лесопильных предприятий основаны на опыте, полученном при создании и реконструкции устаревших аналогов. Поэтому они не обеспечивают необходимого уровня достоверности расчетов даже на заводах со сравнительно низким уровнем механизации и автоматизации, не говоря уже о комплексно механизированных и автоматизированных предприятиях.

Поэтому следует иметь в виду, что здесь мы сталкиваемся с некоторыми традиционными представлениями о первостепенном значении вещественных компонентов производства (станков, средств механизации и т. п.). Между тем методики расчета и другая информация, материализованная в виде программ для ЭВМ (ПЭВМ), являются неотъемлемой составной частью производственного процесса, элементом технологии производства, обладающего зачастую в десятки раз большей ценностью, чем стоимость самой электронно-вычислительной техники.

Решение вопросов высокой технологии в лесопилении требует при проектировании комплексного подхода к сырью, процес-

сам, оборудованию и системам оптимизации и управления. Поэтому САПР технологии лесопильных предприятий должны не только использовать основные положения теории и организации лесопиления, но и являться базой (механизмом) их дальнейшего развития.

Заметим, что корень проблемы высоких технологий в нашей стране заключается в нерациональном экономическом, организационном, социальном и, в конечном итоге, экологическом отношении к лесным ресурсам.

Разработка САПР технологии лесопиления является едва ли не самой сложной проблемой. Проведенные нами исследования и практика мирового лесопиления показывают, что первоочередным в этой проблеме является решение вопросов технологической подготовки, включая оперативное планирование и управление производством пиломатериалов.

Принятие решений при проектировании и управлении требует глубокого изучения объекта методами математического моделирования. Широкое применение методов математического моделирования и вычислительного эксперимента явилось одним из важных условий ускорения научно-технического прогресса. Сущность и главное преимущество вычислительного эксперимента состоит в замене исследуемого объекта соответствующей математической моделью и ее изучением на ЭВМ с помощью вычислительно-логических алгоритмов.

Математическое моделирование развивает и обобщает методы научного исследования на базе современной информационной технологии. Цикл вычислительного эксперимента следующий: объект—модель—алгоритм—программа—ЭВМ—управление объектом.

Значительные вычислительные эксперименты невозможны без информационного обеспечения управляющих ими систем, банков данных, систем искусственного интеллекта, экспертных систем и т. д.

Так, весьма перспективным является производство конструктивных пиломатериалов комбинированным (многопараметрическим) методом. В этом случае для измерения влажности и температуры используются инфракрасные лучи, для измерения плотности и частично толщины — гамма-лучи, а анизотропии (направления волокон), влажности и частично толщины — СВЧ. Глубоких исследований требует разработка вопросов технологии конструктивных пиломатериалов, начиная с процессов раскрытия пиловочника, и целый ряд вопросов маркетинга — управления,

планирования деятельности предприятия, направленные на рост прибыли, полное удовлетворение потребностей заказчиков и потребителей.

Эти процессы включают в себя разные участки, типы и уровни систем получения информации, оборудования и управления. Разработка и эксплуатация каждого из них и их синтез в единое целое приводят к необходимости осуществления многоуровневых вычислительных экспериментов, постоянного моделирования и прогноза работы всех элементов в изменяющихся условиях. Работа с моделью, например, при имитационном моделировании позволяет получить более подробную и наглядную информацию о процессе, вскрывающую его внутренние связи, качественные характеристики и количественные параметры. Многократно уменьшаются материальные и трудовые затраты, присущие традиционным экспериментальным подходам, которые, как правило (если они вообще могут быть выполнены), дают лишь крупницы нужной информации.

Весьма важна выработка методологии САПР производства пиломатериалов с учетом взаимосвязи с лесозаготовительными и деревообрабатывающими производствами. Здесь следует учитывать, что, например, практикующийся у нас метод лесоустройства базируется на информации о классах возраста и, по существу, является экстенсивным методом, так как конкретный подход к конкретному древостою здесь отсутствует. Очевидно, что в условиях концентрированных сплошных рубок это оправдывалось, так как неистощительного лесопользования фактически не было. В Западной Европе практикуется участковый метод лесоустройства, где фиксируется информация о росте конкретного насаждения, и поэтому метод может быть охарактеризован как интенсивный. При этом следует учитывать также целый ряд конкретных для данного района условий и факторов (местоположение, дороги, население и пр.).

Пути принятия конкретных решений при создании таких новых технологий должны базироваться на научно обоснованных методах принятия решений и высоких уровнях их оперативности и эффективности. Принципиально новый подход к решению сложных комплексных задач основывается на использовании искусственного интеллекта и экспертных систем. Последние имитируют работу специалистов, обладающих обширным объемом специфических знаний и владеющих методикой принятия оптимальных решений.

Экспертные системы позволяют использовать ЭВМ там, где формализация с помощью математических моделей или затруд-

вена, или невозможна. Использование ЭВМ в экспертных системах требует реализации триады «логико-лингвистическая модель—алгоритм—программа». В отличие от математических, логико-лингвистические модели носят семантический характер. Они отражают конкретность данной ситуации, данного объекта управления, знания руководителей, плановиков, проектировщиков, разработчиков, исследователей. Конкретность обычно выражается в описательной (вербальной) форме. Эти модели привели к появлению баз (банков) знаний. Однако при использовании ЭВМ обычно употребляются банки не знаний, а данных. Поэтому заметим, что данные всегда пассивны; активны только обрабатывающие их программы. В противоположность же пассивности данных знания у человека всегда активны. При информации сугубо субъективного характера ситуации неопределенности могут формализоваться на основе нечетких множеств.

Таким образом, создание и функционирование наиболее эффективных новых технологий возможно только на базе интегрированных технологических САПР и АСУ, обеспечивающих единство процесса и управления.

Заметим, что исследования по проблемам искусственного интеллекта начались одновременно с применением ЭВМ. Они велись по двум направлениям. Первое — попытки моделировать функционирование мозга, его психофизиологические характеристики в надежде воспроизвести на ЭВМ искусственный разум (интеллект) в буквальном смысле слова и второе — усиление интеллектуальной деятельности человека, когда ЭВМ рассматривается как инструмент, который позволяет это сделать при создании соответствующих методов и систем.

Именно в рамках второго направления произошла настоящая революция в области информатики и проявилась индустрия интеллектуальных систем. Первое же направление пока мало что дало практически.

Таким образом, просто оснащение компьютерами лесопильных предприятий, проектных организаций или вузов само по себе не может решить проблему ни эффективных технологической подготовки и проектирования производства пиломатериалов, ни компьютерного образования технологов. Необходимо оснащение их специальными технологически ориентированными программами именно в области производства пилопродукции. Только в этом случае можно обеспечить широкое использование ПЭВМ применительно к целям и задачам современного лесопиления. В общем, здесь мы имеем дело с элементами глобальной задачи — выработки наиболее эффективных методов внедрения

компьютерной технологии, ориентированной прежде всего на человека.

14.2. Автоматизированные рабочие места технологов лесопильного производства

Автоматизированные рабочие места технологов лесопильных предприятий базируются на ПЭВМ. Типовой состав устройств ПЭВМ включает в себя: центральный процессор с постоянной оперативной памятью, дисплей для отображения на экране информации, клавиатуру для ввода управляющих команд и данных, накопители на жестких и гибких магнитных дисках для хранения данных и программ их обработки, печатающее устройство для получения документов на бумаге и блок интерфейсов для подключения устройств, расширяющих возможности ПЭВМ (графопостроителей, приборов, модемов телекоммуникационного обмена и т. д.). Применение ПЭВМ для решения тривиальных задач без их оснащения специальными технологически ориентированными программами, как правило, нерационально.

Проведение технологических расчетов в лесопилении по специальным технологическим программам ПЭВМ позволяет решить следующие задачи.

1. Получить прямой эффект от улучшения технико-экономических показателей (на 2...10 %) производственной деятельности предприятия (оптимизация раскроя сырья, планирование производства пиломатериалов, лучшее использование производственных мощностей и пр.).

2. Получить косвенный эффект за счет значительной экономии времени при выполнении расчетов, анализе производственных ситуаций и принятии и выполнении решений.

3. Получить на качественно новом уровне оптимальные значения параметров процессов, их структур и решить целый ряд других вопросов, данные по которым в большинстве случаев вообще не могут быть получены без моделирования и ЭВМ.

По существу, мы имеем здесь дело с основными функциями управления, где существует своеобразный механизм исправления ошибок по результатам информации ведения производства пиломатериалов за оперативный период работы завода (неделю или несколько недель), сутки, смену и т. д. Технолог—пользователь системы программ и ПЭВМ практически на АРМ выполняет те функции, которые в автоматизированном технологическом комплексе, например, крупного автоматизированного

лесопильного предприятия берет на себя система оперативно-диспетчерского управления и вычислительный комплекс. На лесозэкспортных предприятиях на АРМ отрабатываются, например, самостоятельные или сводные стокноты (подробные спецификации на партии пиломатериалов, предлагаемых или запрошенных экспортеру со сроками поставки и пр.).

Ниже приведена номенклатура программ, которые входят в состав пакета (библиотеки) программ АРМ технолога лесопильного производства.

1. Расчет поставов на ЭВМ.
2. Исследование влияния на объемный выход пиломатериалов основных технологических факторов.
3. Проектирование оптимальных систем поставов на ЭВМ.
4. Определение оптимальных границ вершинных диаметров и числа сортировочных групп бревен.
5. Планирование раскроя бревен на пиломатериалы при сортировке пиловочника по диаметрам, четным, нечетным группам диаметров или оптимальным границам сортировочных групп при заданной размерной спецификации пиломатериалов и «свободном» объеме выпиливаемой пилопродукции.
6. Планирование раскроя бревен на пиломатериалы при «свободных» номенклатуре сечений пиломатериалов и объеме выпиливаемой пилопродукции по критерию максимального объемного выхода.
7. Оперативное планирование раскроя бревен на пиломатериалы при заданных номенклатуре сечений пиломатериалов и объеме выпиливаемой пилопродукции по критерию максимального объемного выхода.
8. Долговременное и оперативное планирование раскроя сырья по критерию максимальной прибыли.
9. Проектирование оптимальных систем поставов на ЭВМ для бревен неправильной формы.
10. Определение оптимальных схем раскроя и ориентации перед распиловкой бревен, брусьев и необрезных досок неправильной формы в системах гибкого первичного базирования.
11. Оптимизация раскроя хлыстов по критерию максимального выхода пиломатериалов.
12. Определение рациональных технологических параметров и режимов работы системы цех сортировки и подготовки пиловочного сырья к обработке—лесопильный цех.
13. Определение производственной мощности лесопильного цеха и рационального распределения пиловочных бревен по бревнопильным линиям.

14. Определение рациональных технологических параметров и режимов работы бревнопильных линий и линий сортировки сырых пиломатериалов, обеспечивающих синхронность работы лесопильного цеха.

15. Определение рациональных технологических параметров и режимов работы системы лесопильный цех—участок пакетно- и штабелеформирования—сушка пиломатериалов—окончательная обработка пиломатериалов.

16. Оперативное управление системой цех подготовки пиловочника к обработке—лесопильный цех—цех камерной сушки и окончательной обработки пиломатериалов—цех комплектования, хранения и отгрузки пилопродукции и пр.

В настоящее время часть программ разработана и используется в промышленном лесопилении. Часть программ находится в стадии разработки, например, компанией «Декософт» и другими. Естественно, что при наличии соответствующих программ и необходимости на ПЭВМ можно решать также экономические задачи: моделировать хозяйственный риск, делать различные прогнозы и др.

При организации и комплектовании АРМ технологов лесопильного производства на конкретном предприятии необходимо учитывать не только особенности его информационного, программно-методического и технического обеспечения, но и имеющуюся и возможную базу (банк) данных, необходимых для эффективного функционирования АРМ. При этом следует учитывать, что все виды обеспечения АРМ могут иметь весьма индивидуальный характер для каждого конкретного предприятия. Так, под банком данных понимается система сведений о сырье, продукции за ряд лет, нормативные данные с учетом их корректировки на этом предприятии, наличие сырья и полуфабрикатов на отдельных этапах производства и пр. Перечень необходимой информации, входящей в банк данных, должен быть сформулирован в процессе разработки АСТПП и дополняться при ее эксплуатации.

Четкое и эффективное функционирование производственного процесса с использованием АСТПП определяется достоверной и регулярной информацией о запасах и движении сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, загрузки оборудования, а также о возникающих отклонениях от запланированного процесса производства.

Внедрение в производственные процессы вычислительной техники происходит с прогрессирующей быстротой, и от пони-

мания, насколько это качественно изменяет уровень технологических расчетов, во многом зависит экономика лесопильных предприятий.

Так, в качестве основного положения расчета производственной мощности многопоточных лесопильных цехов с разнотипным бревнопильным (головным) оборудованием в настоящее время используется принцип их равномерной загрузки. Однако условие равенства времени работы бревнопильных линий разных типов отнюдь не является панацеей при определении производственной мощности лесопильного цеха и предприятия. Это может иметь место только при «выборке» всех технологических ограничений от устанавливаемых бревнопильных линий (что практически бывает очень редко) или организации рациональной их загрузки. В целом ряде случаев равномерная загрузка оборудования не является определяющим фактором при расчете теоретической и фактической (возможной) производственной мощности предприятия и в новых условиях хозяйствования может привести к крупным просчетам, асинхронности всего процесса лесопиления и как следствие к снижению его экономической эффективности.

На рис. 14.1 отражена зависимость производственной мощности двухпоточного лесопильного цеха от среднего диаметра распиливаемого сырья. Лесопильный цех принят на базе двух-

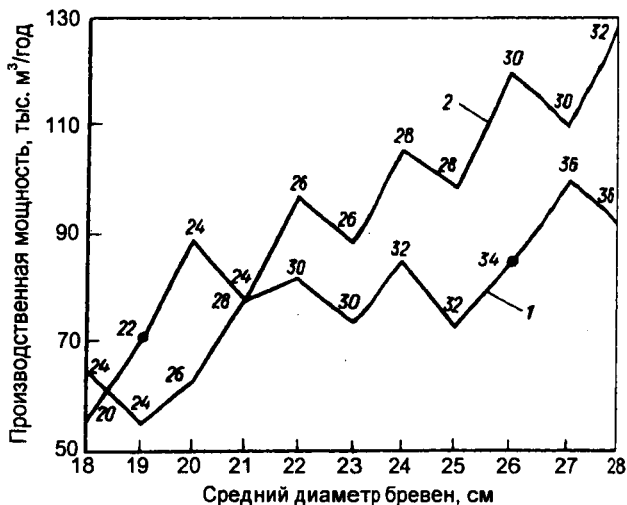


Рис. 14.1. Зависимость производственной мощности двухпоточного лесопильного цеха от среднего диаметра распиливаемого сырья.

Пояснения даны в тексте.

рамного потока с двухэтажными лесопильными рамами, работающего со 100 %-й брусковкой, и однопильного ленточного станка ЛБЛ для индивидуального раскря бревен. Расчеты проведены на ПЭВМ по специальной технологической программе на основе методики, изложенной в п. 8.3.

Данные для построения графика получены по принципу равномерной загрузки оборудования по времени. Представленные результаты (см. кривые 1 и 2) отражают производственную мощность цеха при различном числе резов и поворотов бревна на ЛБЛ. Кривая 1 характеризует производительность лесопильного цеха при 10 резах и трех поворотах, что характерно для низкого качественного состава сырья. Кривая 2 характеризует производительность цеха при 4 резах и 2 поворотах бревна на ЛБЛ. Обратим внимание, что разница производственной мощности цеха при различном качестве сырья доходит до 10 тыс. м³ в год.

На рис. 14.1 обозначены также значения граничных диаметров пиловочника при соответствующих средних диаметрах бревен, расположенных по оси абсцисс. Резкие подъемы и спады производственной мощности при увеличении среднего диаметра бревен приводят к изменению величины граничных диаметров. Это объясняется тем, что при изменении среднего диаметра изменяется распределение крупномерных, средних и тонкомерных бревен в общем объеме сырья, что предопределяют значительные колебания производительности бревнопильных линий при соблюдении принципа их равномерной загрузки во времени.

На рис. 14.2 отражена зависимость производственной мощности лесопильного цеха от среднего диаметра обрабатываемого сырья с тремя потоками, на базе фрезерно-пильной линии типа ЛФП, двухрамного потока на базе двухэтажных лесопильных рам и однопильного ленточнопильного станка для индивидуального раскря бревен (линии типа ЛБЛ).

Фрезерно-пильные линии имеют несколько модификаций с точки зрения обработки максимально возможного диаметра пиловочника.

Определяющим параметром равномерной загрузки различных типов бревнопильного оборудования во времени являются граничные диаметры обрабатываемых бревен. С увеличением среднего диаметра перерабатываемого сырья увеличиваются и граничные диаметры. Следовательно, рациональное использование различных типов и сочетаний лесопильного оборудования в основном зависит от размерной спецификации сырья.

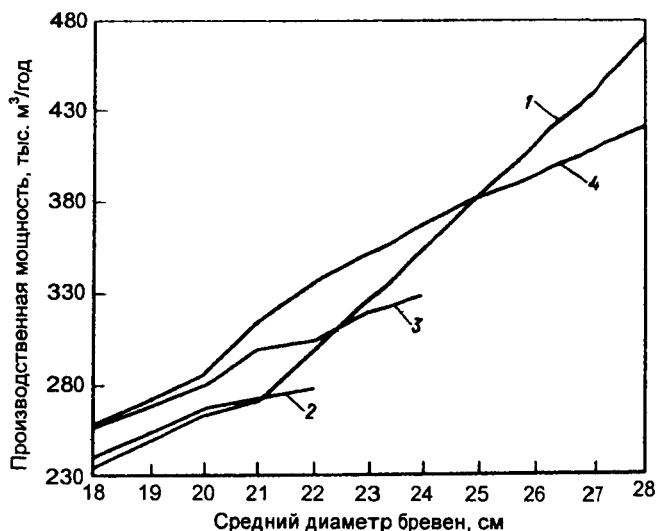


Рис 14.2. Зависимость производственной мощности трехпоточного лесопильного цеха от среднего диаметра распиливаемого сырья.

Пояснения даны в тексте.

Кривая 1 (см. рис. 14.2) характеризует производственную мощность лесопильного цеха при равномерной загрузке бревнопильных потоков во времени без конструктивно-технических ограничений для линий типа ЛФП по обработке максимальных диаметров бревен. Однако если загружать ЛФП всем объемом сырья только до максимально возможного обрабатываемого диаметра, то зависимость производственной мощности лесопильного цеха от среднего диаметра сырья (в соответствии с кривой сырья) примет иной вид.

При построении кривой 2 принимался для ЛФП-2 и ЛФП-3 максимальный обрабатываемый диаметр 24 см, при построении кривой 3 для ЛФП-4 — 40 см.

При среднем диаметре пиловочника 18 см виден рост производственной мощности лесопильного цеха (кривая 2) на 6000 м³/год по сравнению с равномерной загрузкой (кривая 1), несмотря на то, что при 100 %-й загрузке ЛФП-2 и ЛФП-3 процент загрузки двухрамного потока и ЛБЛ соответственно 56 и 52 %.

Кривые 3 и 4 также характеризуют увеличение производственной мощности лесопильного цеха при неравномерной загрузке оборудования во времени в сравнении с равномерной загрузкой (кривая 1). Неравномерная загрузка в этих случаях харак-

теризуется 100 % -й загрузкой фрезерно-пильных линий с обработкой до возможно максимальных обрабатываемых ими диаметров пиловочника. Процент загрузки двухрамного потока и линии типа ЛБЛ при среднем диаметре пиловочника 18 см будут составлять соответственно 12 и 1 % (кривая 3), 8 и 1 % (кривая 4). С увеличением среднего диаметра сырья кривые 2, 3 и 4 пересекаются с кривой 1 равномерной загрузки оборудования во времени, а затем уровень производственной мощности значительно ниже при тех же средних диаметрах пиловочника. Следует отметить, что до пересечения кривых 3 и 4 с кривой 1 имеется резерв производственных мощностей лесопильных рам и ЛБЛ, после пересечения имеет место простаивание ЛФП за счет нехватки сырья для нее при существующем распределении бревен по диаметрам в соответствующей кривой сырья.

Обратим внимание, что на существующих предприятиях, имеющих резервы производственной мощности головного бревнопильного оборудования большой единичной мощности, оно может быть рационально использовано только при введении оперативного планирования и управления производством пиломатериалов.

Основными параметрами складов рассортированного сырья являются объем начального запаса, обеспечивающий синхронность работы системы, и емкость склада. При этом необходимо определение баланса интенсивности поступления бревен в запас и интенсивности их распиловки. При имитации совместной работы лесопильного цеха с заданной структурой и склада сырья на модели функционирования системы сортировка бревен—склад рассортированного сырья—лесопильный цех установлено, что с ростом превышения производительности линии сортировки над производительностью цеха до 1,5...1,6 раза объем запаса рассортированных бревен уменьшается. Дальнейшее увеличение превышения производительности линии сортировки над производительностью цеха не приводит к уменьшению емкости запаса.

Имитационным моделированием на ПЭВМ также установлено, что на величину емкости склада рассортированного сырья значительное влияние оказывает распределение сырья по потокам при их равномерной загрузке. Перераспределение объемов бревен с диаметрами, близкими к граничному, при равномерной загрузке оборудования между потоками разных типов позволяет значительно уменьшить емкость склада по сравнению с жестким закреплением определенных диаметров за лесопильными потоками. Иными словами, как только «сдвигается» граничный

диаметр, но продолжается равномерная загрузка бревнопильных линий разных типов, требуется зачастую в несколько раз (а иногда и на порядок) увеличить емкость склада рассортированного сырья. Все это, как уже отмечалось, требует введения оперативного планирования и управления производством пиломатериалов на базе АРМ технолога лесопильного производства.

14.3. Системы автоматизированного проектирования технологии лесопильного производства

Проектирование производственных процессов лесопильных предприятий до сегодняшнего дня ведется на базе типовых решений по устаревшим нормативным документам и методикам с ручными расчетами. Это не обеспечивает достаточной достоверности принимаемых решений, и цена ошибки достигает миллионов рублей. Практически не используются модели, позволяющие проверить рациональность выбранного варианта производственного процесса лесопиления в динамике с учетом случайных факторов. Это касается проектирования как новых, так и реконструируемых лесопильных предприятий. Кроме этого, следует иметь в виду, что ускорение научно-технического прогресса требует перехода от среднестатистического к системному уровню проектирования.

При создании САПР технологии лесопиления встают те же самые вопросы, что и при автоматизации любого процесса, когда общие положения и структура средств получения, сбора, анализа информации и выработки управляющих воздействий характерны для подавляющего числа производств. В то же время существо и программно-методическое обеспечение разных производств, например лесопильного и мебельного, в корне различны, как и условия, средства и целый ряд других вопросов и факторов при их автоматизации. Поэтому можно, например, сформулировать основные виды обеспечения САПР: методическое, лингвистическое, математическое, программное, техническое, информационное и организационное, а также основные принципы и стадии построения и режимы работы САПР. Можно ввести сюда также общие сведения о функциональном (стоимостном) анализе (ФСА) и др. Однако только это не решает проблемы создания ни САПР технологии лесопиления, ни САПР мебели и пр.

Ключевым вопросом при разработке САПР технологии лесопильного производства, как и систем технологической подготов-

ки производства пиломатериалов (АСТПП), является качество программного обеспечения при создании пакетов (библиотек) профессиональных технологических программ, обеспечивающих высокий уровень достоверности расчетов на ЭВМ с учетом динамики процессов лесопиления. Кроме того, именно программное обеспечение АСТПП, отработанное и проверенное в производственных условиях на АРМ технологов лесопильного производства, является основой для создания первой очереди САПР технологии лесопильного производства. В определенной степени это объясняется тем, что при создании САПР наиболее важным является выявление наиболее рациональных методов их осуществления. Известно, что метод может быть охарактеризован как способ достижения какой-либо цели, решения конкретной задачи. Методика же — это система методов последовательного и наиболее эффективного достижения цели. В этом смысле характерны афоризмы академика Д. С. Лихачева: «Ошибка в выводах указывает на ошибочность работы исследователя; ошибочность применяемого метода — на порок самого исследователя»; «Самый позорный провал в науке — применить порочный метод, а не просто прийти к неверному выводу» (Лихачев Д. С. Прошлое — будущему. Л., 1985).

В общем виде структуру САПР технологии лесопиления можно представить состоящей из четырех блоков: блока синтеза проектных решений (блок № 1), блока технико-экономической оценки выбранных вариантов (блок № 2), блока имитационного моделирования производственного процесса (блок № 3) и блока оформления проектной документации (блок № 4).

В блоке № 1 синтеза проектных решений предполагается решение следующих комплексов задач: анализ спецификаций и определение расчетных характеристик сырья и пиломатериалов; выбор типов бревнопильного оборудования; составление (проектирование) системы (систем) оптимальных поставок; составление планов раскроя сырья на пиломатериалы при различных методах сортировки бревен; выбор и расчет производственной мощности основного технологического оборудования по всем участкам лесопильного производства; расчет баланса древесины; расчет необходимой вместимости складов сырья, рассортированных бревен, сырых и сухих пиломатериалов, готовой продукции; расчет систем транспорта, складирования и отгрузки технологической щепы и отходов.

Результатом синтеза проектных решений является определение структуры производственного процесса лесопильного предприятия,

т.е. типов и количества оборудования (линий), связей между ними с учетом основных принципов управления процессами.

Одним из главных вопросов при этом является достоверный расчет производственной мощности реконструируемого или вновь проектируемого предприятия. Применение здесь действующей инструкции по расчету производственной мощности лесопильного предприятия исключается.

Блок № 2 технико-экономической оценки проектных решений предназначен для формирования технико-экономических показателей: стоимости основных фондов, числа работающих, производительности труда, себестоимости товарной продукции, экономического эффекта, срока окупаемости капитальных вложений и др.

При формировании оценок следует использовать результаты работы блока синтеза проектных решений, укрупненные нормативы по строительному обустройству и результаты расчетов из смежных частей проекта, задаваемых пользователем.

Блок № 3 имитационного моделирования производственного процесса предприятия состоит из системы профессиональных технологических программ, позволяющих моделировать производственный процесс как на отдельных участках в локальных режимах, так и работу производственного процесса предприятия в комплексе.

Модель должна позволять проверить работоспособность рассматриваемого производственного процесса в течение длительного промежутка времени с учетом случайных факторов. Здесь же отрабатывают технологические требования к системе управления производством пиломатериалов на предприятии (АСУП), к профессиональным технологическим программам, включаемым в контур систем управления технологическим оборудованием (АСУТП) и другие вопросы, являющиеся содержанием автоматизированных систем управления.

Важным вопросом является разработка новых методов проектирования оптимальных поставок и планирования раскрытия сырья с использованием ЭВМ, используемых как при синтезе проектных решений (блок № 1), так и при имитационном моделировании производственного процесса предприятия в целом (блок № 3). Это позволяет повысить выход пиломатериалов и достоверность и эффективность процессов.

Необходимость введения в состав САПР технологии лесопиления блока имитационного моделирования связана также с тем, что в блоке синтеза проектных решений используется

большое число усредненных показателей, не учитывающих динамику процессов и случайные факторы, ввиду чего достоверность принятых решений на первой стадии проектирования может оказаться недостаточной. Начинать проектирование с имитационного моделирования всех возможных вариантов производственного процесса предприятия неэффективно ввиду большого объема вычислительных работ, на выполнение которого потребуется значительно больше времени и ресурсов ЭВМ. Поэтому имитационному моделированию подвергаются не все варианты, а лишь тот, который признан пользователем эффективным по результатам работы блока № 2 технико-экономической оценки проектных решений.

Блок № 4 оформления проектной документации предназначен для формирования результатов автоматизированного проектирования в виде текста, таблиц и чертежей в форме, определенной нормативными документами.

В общем виде процесс функционирования технологической подсистемы САПР лесопиления происходит следующим образом.

Вначале пользователь-проектировщик подготавливает исходные данные для их ввода в систему программ блока синтеза проектных решений. При этом он задает участок производства, с которым желает работать, и наименование проектной процедуры (из возможных). Выполнив все возможные процедуры и отвечая на запросы, пользователь осуществляет автоматизированное проектирование участка. Его решение по каждому участку является окончательным для данной стадии проектирования. При необходимости проектировщик может ввести коррективы в решения, найденные ЭВМ. Неработоспособные варианты отсеиваются (исключаются) при имитационном моделировании всего производственного процесса предприятия в блоке № 3.

Блок № 2 на основании параметров, рассчитанных в блоке синтеза проектных решений, а также используя нормативную информацию и данные от пользователя, получаемые по запросу, вычисляет значения технико-экономических показателей (ТЭПов) по участкам и объекту в целом. В блоке производится сравнение расчетных значений с нормативными. В принципе нормативными показателями в настоящее время являются уровни эффективности инвестиций в планируемые сроки, конкурентности пилпродукции и другие требования и условия, предъявляемые к проекту. Если значения расчетных ТЭПов вышли за пределы нормативных, то синтез проектных решений необходимо повторить, проведя корректировку ряда исходных данных. При этом в

блоке № 2 должны формироваться советы пользователю относительно изменения параметров процессов для улучшения того или иного ТЭПа и оптимизации по технико-экономическим критериям процесса в целом.

Блок № 3 производит имитационное моделирование выбранного варианта процесса. В результате работы блока может оказаться, что выбранный вариант неработоспособен. Это может случиться из-за невозможности выполнения заданной спецификации пиломатериалов в контрольные сроки, несогласования работы (асинхронности) участков и цехов, недостаточности выбранных складских площадей и по другим причинам. Проектировщику при этом ясно, как провести корректировку исходных данных, так как из результатов моделирования видно, из-за каких участков и по каким причинам вариант оказывается неработоспособным. Корректировка при этом начинается с блока № 1 синтеза проектных решений. Так повторяется до тех пор, пока не синтезируется проектное решение, удовлетворяющее пользователя по технико-экономическим параметрам и выдержавшее проверку на работоспособность. При этом решаются также задачи блока № 3, описанные выше. Структурная и параметрическая оптимизация производственных процессов при их проектировании осуществляется с учетом алгоритмов управления, реализуемых в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП), оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ) и подсистемой оперативного управления основным производством АСУП.

После того блок № 4 выдает проектную документацию по технологической подсистеме, выполненную и оформленную согласно нормативным требованиям. Кроме этого, блок № 4 должен позволить выдавать в оформленном виде и промежуточную информацию, в частности, задания от технологов к смежникам.

Эффективность построения и функционирования САПР во многом зависит от наличия единой информационной базы, ее полноты и высокого технического уровня. Это позволяет существенно сократить время на получение проектировщиками необходимой нормативно-справочной информации. Разработка САПР лесопиления является сложной научно-технической проблемой, решение которой требует совместных усилий проектных, научно-исследовательских организаций и лесотехнических вузов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов П. П. Технология пиломатериалов. — М.: Лесн. пром-сть, 1976. — 479 с.
2. Инструкция по расчету производственных мощностей лесопильного предприятия. — 2-е изд. — Архангельск, ЦНИИМОД, 1986. — 65 с.
3. Калитеевский Р. Е. Автоматизация технологических процессов лесопиления. — М.: Лесн. пром-сть, 1964. — 224 с.
4. Калитеевский Р. Е. Проектирование лесопильных потоков. — М.: Лесн. пром-сть, 1972. — 184 с.
5. Калитеевский Р. Е. Автоматизация производственных процессов в лесопилении. — М.: Лесн. пром-сть, 1979. — 339 с.
6. Калитеевский Р. Е. Технология лесопиления. — М.: Лесн. пром-сть, 1986. — 264 с.
7. Калитеевский Р. Е. Теория и организация лесопиления. — М.: Экология, 1995. — 325 с.
8. Калитеевский Р. Е. Новый метод расчета производительности лесопильных потоков, цехов и предприятий // Деревообрабатывающая промышленность. — 1999. — № 1. — С. 6—9; № 3. — С. 12—14.
9. Калитеевский Р. Е., Юдин С. Б., Шевелев Л. Е. Оборудование и технологические процессы ленточнопильных потоков. — М.: Лесн. пром-сть, 1962. — 149 с.
10. Песоцкий А. Н. Лесопильное производство. — М.: Лесн. пром-сть, 1970. — 432 с.
11. Турушев В. Г. Технологические основы автоматизированного производства пиломатериалов. — М.: Лесн. пром-сть, 1975. — 208 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
1. Производство пиломатериалов в России, вопросы экологии и роль лесопиления.....	5
1.1. Вопросы экологии	5
1.2. Концепция использования древесины и роль лесопиления	9
1.3. Производство пиломатериалов в России	12
2. Развитие теории раскря сырья на пиломатериалы с использованием ЭВМ	21
2.1. Основные положения теории раскря пиловочного сырья	21
2.2. Расчет поставок на ЭВМ	54
2.3. Проектирование оптимальных систем поставок с использованием ЭВМ	62
2.4. Планирование на ЭВМ раскря бревен при свободных объемах выпиливаемых сечений пиломатериалов	78
2.5. Оптимизация границ и числа сортiroвочных групп бревен	83
2.6. Основы оперативного планирования на ЭВМ раскря бревен при заданных объемах выпиливаемых сечений пиломатериалов	88
3. Динамика и информационные технологии лесопиления.....	98
3.1. Общие положения информационных технологий лесопиления	98
3.2. Основные задачи лесопиления в России	100
3.3. Классификация информационных технологий лесопиления	102
3.4. Компьютеризация и информатизация как новый этап научно-технического развития общества	105
3.5. Информационные технологии окорки хлыстов и бревен ..	106
3.6. Информационные технологии раскря хлыстов	110
3.7. Информационные технологии раскря бревен на пиломатериалы с учетом качества древесины	115
3.8. Общие положения маркетинга в информационных технологиях лесопиления	122
3.9. Информационные технологии производства конструктивных пиломатериалов	124
4. Оборудование для переработки бревен на пиломатериалы	131
4.1. Классификация бревноперерабатывающего оборудования	131
4.2. Бревноперерабатывающее оборудование проходного типа	132

4.3. Бревнопильное оборудование позиционно-проходного типа индивидуальной распиловки	170
4.4. Бревнопильное оборудование позиционного типа индивидуальной распиловки	183
5. Пути перевооружения лесопильной промышленности России .	191
6. Производственные процессы лесопильных предприятий	196
6.1. Крупные лесопильные предприятия	196
6.2. Средние лесопильные предприятия	202
6.3. Малые лесопильные предприятия	211
7. Системный анализ расчета производственной мощности лесопильных потоков, цехов и предприятий по инструкциям 1963, 1977 и 1986 гг. и их недостатки	217
8. Методика и примеры расчета производственной мощности лесопильных потоков, цехов и предприятий	230
8.1. Основы теории производительности рабочих машин и поточных линий	230
8.2. Методика и примеры расчета производственной мощности однопоточных лесопильных цехов и с однотипным головным оборудованием	243
8.3. Методика и примеры расчета производственной мощности многопоточных лесопильных цехов с разнотипным головным оборудованием	272
9. Выбор основного оборудования для производства пиломатериалов	283
10. Расчет производственных процессов в лесопильном цехе	293
10.1. Производительность бревнопильных станков и около- станочное оборудование	293
10.2. Оптимизация основных параметров питателей бревен и брусоперекладчиков	297
10.3. Оборудование и процессы обрезки необрезных досок	312
10.4. Линии для сортировки сырых пиломатериалов	326
10.5. Расчет средней интенсивности поступления досок из ле- сопильного цеха на участок окончательной обработки пило- материалов.....	343
11. Подготовка пиловочного сырья к обработке	347
11.1. Процессы подготовки сырья к обработке	347
11.2. Дробность сортировки пиловочных бревен.....	352
11.3. Пример расчета экономической эффективности сорти- ровки бревен.....	358
11.4. Процессы подготовки сырья к обработке с раскрыем хлыстов на лесопильных предприятиях	360
11.5. Окорка хлыстов и бревен.....	362
11.6. Комплексные линии для окорки и сортировки бревен ...	367

11.7. Методика и пример расчета системы сортировка бревен—склад рассортированного сырья—лесопильный цех	370
11.8. Способы измерения круглых лесоматериалов.....	384
12. Процессы окончательной обработки пиломатериалов.....	389
12.1. Окончательная обработка при трехстадийной сортировке пиломатериалов на оборудовании первого поколения	390
12.2. Окончательная обработка пиломатериалов при двухстадийной сортировке на оборудовании второго поколения	393
12.3. Производительность оборудования для окончательной обработки пиломатериалов	406
12.4. Подготовка транспортных пакетов пиломатериалов к отгрузке.....	423
12.5. Уравнение синхронизации и необходимость имитационного моделирования производственного процесса лесопиления при пакетной отгрузке пиломатериалов.....	426
13. Организация производства пиломатериалов.....	429
13.1. Основы теории организации производства пиломатериалов	429
13.2. Тип организации лесопиления	434
13.3. Объем производства пилопродукции	436
13.4. Классификация лесопильных предприятий по уровню специализации.....	437
13.5. Достоинства и специфика малых лесопильных предприятий.....	444
13.6. Технологические основы и преимущества модульного оборудования лесопиления.....	450
14. Автоматизированные рабочие места и системы автоматизированного проектирования технологии лесопиления.....	454
14.1. Общие положения	454
14.2. Автоматизированные рабочие места технологов лесопильного производства	459
14.3. Системы автоматизированного проектирования технологии лесопильного производства	466
Список литературы	471