

ТРАНСПОРТ ЛЕСА

УЧЕБНИК

В двух томах

Том 2

М. М. ОВЧИННИКОВ, В. П. ПОЛИЩУК, Г. В. ГРИГОРЬЕВ

ЛЕСОСПЛАВ И СУДОВЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

*Допущено
Учебно-методическим объединением
по образованию в области лесного дела
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальностям «Лесоинженерное дело»
и «Лесное хозяйство»*

C1433810



Москва
Издательский центр «Академия»

ПРЕДИСЛОВИЕ

В технологическом цикле лесопромышленного производства транспорт является связующим звеном, обеспечивающим непрерывность производства и сбыта лесопродукции. Для заготовки лесного сырья требуется создание разветвленной транспортной сети. Заготовленную в лесу древесину подвозят по первичным транспортным путям к местам погрузки на лесовозные автомобильные или железнодорожные поезда либо на береговые склады и по магистральным лесовозным дорогам или водным путем доставляют к пунктам первичной переработки — нижним складам. Далее древесное сырье по дорогам общего пользования либо водным транспортом доставляют на деревообрабатывающие предприятия или поставляют на экспорт.

Эффективность работы лесозаготовительного предприятия зависит от рационального размещения транспортных путей в эксплуатируемом лесном массиве, качества строительства, содержания и ремонта лесовозных дорог, обоснованного выбора подвижного состава, системы управления вывозкой древесины.

Наиболее экономичным и наименее энергоемким видом транспорта леса является лесосплав.

На первоначальных стадиях развития все работы на лесосплаве выполняли вручную, а судовые перевозки — на деревянных однокрейсовых самосплавных судах.

Развитие лесосплавной отрасли осуществлялось Центральным научно-исследовательским институтом лесосплава (ЦНИИ лесосплава), Волжско-Камским филиалом ЦНИИ лесосплава, Центральным научно-исследовательским институтом механизации и энергетики, Северным научно-исследовательским институтом промышленности, Карельским научно-исследовательским институтом лесной промышленности, Сибирским научно-исследовательским институтом лесной промышленности и др.

Подготовку высококвалифицированных специалистов водного транспорта леса проводили в Ленинградской лесотехнической академии им. С. М. Кирова (ныне Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия им. С. М. Кирова), Московском лесотехническом институте (ныне Московский государственный университет леса), Архангельском лесотехническом институте (ныне Архангельский государственный технический университет),

Сибирском технологическом институте (ныне Сибирский государственный технологический университет) и других высших учебных заведениях страны.

В результате научных работ, выполненных этими институтами, разработаны положения теории водного транспорта леса, созданы специальные машины для основных и вспомогательных работ.

В связи с усилением требований по охране природы и принятием в 1966 г. постановления Совета Министров СССР о развитии рыбного хозяйства, которым предусматривалось прекращение молевого сплава на реках, имеющих рыбохозяйственное значение, лесосплав претерпел существенные изменения. В результате принятых мер объем водного транспорта леса сократился с 124 млн м³ в 1965 г. до 54 млн м³ в 1990 г.

Сотрудниками Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства и ЦНИИ лесосплава на основе систематических анализов гидрохимического состава воды на лесосплавных реках установлено, что лесосплав практически не оказывает влияния на экологию водных объектов, так как количество вымываемых из древесины вредных веществ находится в границах их предельно допустимых концентраций (ПДК). Лесосплав оказывает только механическое воздействие плывущими лесоматериалами на берега и иногда на нерестохранилища. Для устранения этого неблагоприятного воздействия разработаны специальные меры, изложенные в Правилах подготовки и приемки древесины для лесосплава и ГОСТ 17.1.3.01—76* «Охрана природы. Гидросфера. Правила охраны водных объектов при лесосплаве».

Необходимость создания учебника «Транспорт леса. Лесосплав и судовые перевозки» возникла в связи с тем, что учебник «Водный транспорт леса», выпущенный в 2000 г., значительно устарел.

При написании учебника использована имеющаяся учебно-методическая литература по водному транспорту леса, последние разработки научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений страны, а также достижения предприятий и организаций, занимающихся водными перевозками лесной продукции.

Учебник может быть полезен магистрам и аспирантам, а также специалистам лесосплавных и лесозаготовительных предприятий.

ВИДЫ ЛЕСОСПЛАВА И СУДОВЫХ ПЕРЕВОЗОК

1.1. Основные понятия и определения

Лесосплав — вид водного транспорта, при котором используется плавучесть леса.

Различают следующие виды лесосплава: молевой, кошельный, в сплотовых единицах и плотовой.

При *молевом* сплаве лес транспортируется вниз по течению реки в виде не связанных между собой сортиментов круглого леса, имеющих достаточный запас плавучести.

Молевой лесосплав применяют на несудоходных реках, где по условиям малых глубин или кратковременности лесосплавного периода эффективное применение других видов водного лесотранспорта не обеспечивается. С принятием Государственной Думой 18 октября 1995 г. Водного кодекса Российской Федерации молевой лесосплав запрещен.

При *кошельном* сплаве круглые лесоматериалы в виде не связанных между собой сортиментов обносятся плавучим ограждением — оплотником и перемещаются по водному пути специальными катерами или буксирными судами. Кошельный лесосплав применяют на озерах, водохранилищах и участках лесосплавных рек с недостаточными скоростями течения. Кошельный лесосплав имеет ограниченное применение.

При сплаве леса в *сплотовых единицах* по несудоходным рекам сортименты сплачивают в межнавигационный период на берегу или на льду в пучки объемом 5...30 м³ или в микропучки объемом до 5 м³, а иногда в плоские сплотовые единицы и транспортируют вниз по течению лесосплавной реки.

При *плотовом* лесосплаве из сортиментов или хлыстов сплачивают пучки или плоские единицы, на берегу или на воде формируют из них плоты, которые транспортируют буксирными судами.

В отдельных случаях плоты транспортируют вниз по течению реки самосплавом, без тяги, с применением специального таке-лажа для управления плотом и его остановки. Этот вид лесосплава малоэффективен и применяется редко — если недостаточно буксирного флота.

Лесосплав молевой, в сплоточных единицах и кошельный, проводимый по несудоходным водным путям, относят к первоначальному лесосплаву.

Плотовой лесосплав подразделяется на первоначальный и магистральный.

Первоначальный плотовой лесосплав осуществляют по несудоходным и временно судоходным водным путям с использованием флота лесосплавных предприятий.

Магистральным плотовым лесосплавом называют лесосплав по магистральным судоходным рекам с использованием флота специализированных организаций.

Для водного транспорта леса используют следующие виды транспортных единиц: пучки, плитки, плоты, сигары и др., обладающие плавучестью и другими транспортными свойствами, обеспечивающими водную доставку лесоматериалов до потребителя.

Пучок — сплоточная единица цилиндрической формы из параллельно расположенных круглых лесоматериалов, соединенных пучковыми обвязками.

Сплоточная единица — лесоматериалы, соединенные между собой в определенном порядке и форме.

Плитка — плоская лесотранспортная единица прямоугольной формы, состоящая из одного или нескольких рядов круглых лесоматериалов.

Плот — однорейсовая грузовая транспортная единица из сплоченных круглых лесоматериалов, предназначенная для буксировки по водным путям.

Сигара — лесотранспортная единица эллипсовидной формы в поперечном сечении, сигарообразная — по длине, с перекрытием стыков в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Судовые перевозки леса — перевозки лесоматериалов по водным путям в судах, на самоходных и несамоходных баржах.

К основным достоинствам водного транспорта леса следует отнести сравнительно малые эксплуатационные и капитальные затраты, отнесенные на 1 м³ груза или на 1 м³·км транспортной работы. К факторам, определяющим дешевизну водного лесотранспорта и его малую капиталоемкость, относят:

- наличие готового пути;
- отсутствие необходимости в подвижном составе при молевом и плотовом лесосплаве;
- сравнительно малую массу подвижного состава на 1 т груза при перевозках леса в судах;
- отсутствие необходимости в средствах тяги при лесосплаве в сплоточных единицах;
- сниженная потребность в тяге на 1 т груза при плотовом лесосплаве и судовых перевозках из-за сравнительно малого удельного сопротивления движению по воде.

К основным недостаткам водного транспорта леса относится его сезонность, сравнительно малые скорости доставки грузов, потери леса при лесосплаве. Перерыв в лесосплаве на длительный срок вызывает необходимость создания складов большой емкости в пунктах отправления и приплава. Сезонность водного транспорта приводит к неравномерности распределения работ в течение года.

Малые скорости доставки грузов и сезонность водного транспорта леса требуют значительного объема оборотных средств, необходимых для нормального функционирования лесозаготовительных и лесосплавных предприятий.

На процесс лесосплава оказывают большое влияние разнообразные природные и климатические условия, гидрологическая характеристика бассейна и отдельной реки, характер размещения лесозаготовительных и лесообрабатывающих предприятий.

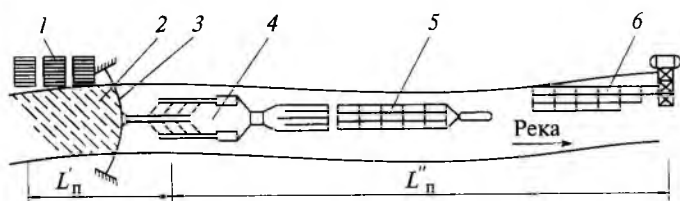
1.2. Транспортно-технологические схемы водного транспорта леса

Водный транспорт леса по внутренним водным путям организуется по транспортно-технологическим схемам, приведенным на рис. 1.1.

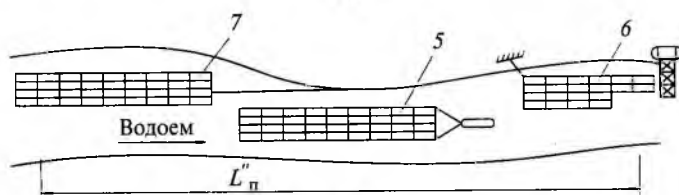
Схема а — лесоматериалы молевым лесосплавом по первоначальным путям сплава на расстояние L'_n доставляют до лесосплавных путевых рейдов, где сортируют, сплавивают в пучки, формируют в секции и плоты и отправляют по магистральным рекам до пунктов приплава на расстояние L''_n . Расстояние L'_n может быть различным и в некоторых случаях равно нулю, когда рейдовые работы организуют прямо у береговых складов.

В пути следования вследствие изменения путевых условий плоты могут переформировывать (изменять габаритные размеры). На рейде приплава плоты расформируют у специальных причалов и производят выгрузку древесины на берег. В случае необходимости роспуск сплоченных единиц на воде осуществляют с применением специальных размолочных агрегатов.

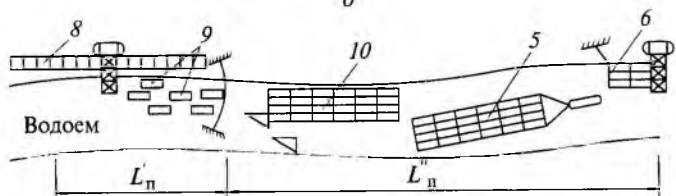
Схемы б и в предусматривают организацию сплотки на береговых складах лесовозных дорог. Водный транспорт леса по этим схемам позволяет сократить потери древесины по сравнению с молевым сплавом, использовать более высокие весенние горизонты воды в реке, что ускоряет доставку леса потребителю. *Схема б* возможна при наличии затопляемых в весенний период плотбищ или участков реки, имеющих достаточную толщину льда в зимний период. Древесину из лесонакопителей у продольных конвейеров в объеме полного пучка транспортируют и укладывают в секцию



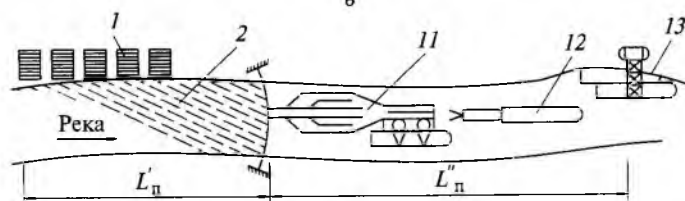
a



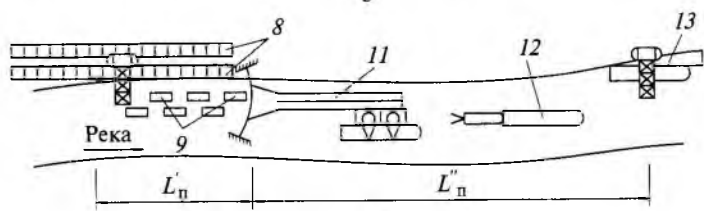
б



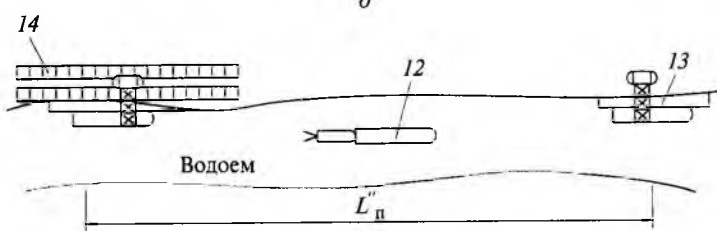
в



г



д



е

плота, которую полностью формируют на берегу. С открытием навигации секции плотов отдельно или в составе плота буксируют до пунктов приплава, где древесину выгружают на берег. По схеме *в* древесину формируют в пучки в лесонакопителях конвейеров и хранят в штабелях на берегу реки. Такую схему применяют на реках, где возможен плотовой лесосплав, но отсутствуют затопляемые плотбища.

С началом навигационного периода пучки при помощи кранов сбрасывают на воду. Пучки вольницей проплавливают на расстояние $L'_п$ до запани, где их сортируют и формируют в секции плотов. Секции самостоятельно или в составе плота буксируют до пунктов приплава, где пучки выгружают на берег. Расстояние $L'_п$ может быть очень незначительным или равным нулю, тогда схема видоизменяется в схему с береговой сплоткой и плотовым лесосплавом с незатопляемым береговым складом.

Схема *г* отличается от схемы *а* только тем, что на магистральных путях осуществляется погрузка древесины в суда.

Схема *д* отличается от схемы *в* только тем, что на магистральных путях осуществляется погрузка пучков в суда.

По схеме *е* древесину грузят в суда кранами непосредственно с берега.

В зависимости от гидрологических условий названные транспортно-технологические схемы могут применяться в различных комбинациях или с определенной очередностью во времени, т.е. при высоких горизонтах — одна транспортно-технологическая схема, а с падением уровня воды — другая.

Любая транспортно-технологическая схема лесосплава представляет собой целый комплекс разнообразных работ, включая мелиоративно-строительные работы на путях сплава, патрулирование специальными судами на реке в целях обеспечения беспрепятственного проплава древесины, буксировочные работы с плотами и секциями плотов, транспортные работы с различными грузами и такелажем, в том числе работы по уходу за такелажем, погрузочно-разгрузочные и транспортные работы с круглыми лесоматериалами с применением кранов, погрузчиков, а также рейдовые работы.



Рис. 1.1. Транспортно-технологические схемы (*а—е*) доставки лесоматериалов водным транспортом:

1 — береговой склад; 2 — молевой лесосплав; 3 — лесозадерживающие сооружения; 4 — сортировочно-сплоточный рейд; 5 — лесотранспортная единица — плот; 6 — рейд приплава; 7 — затопляемое плотбище; 8 — незатопляемое плотбище; 9 — сплоточные единицы; 10 — формировочный участок; 11 — участок (рейд) погрузки леса в суда; 12 — перевозка в судах; 13 — рейд (участок) выгрузки лесоматериалов из судов; 14 — береговой склад с причалом

1.3. Плаву́честь и непото́пляемость лесотранспортных единиц

Плаву́честь круглых лесоматериалов, хлыстов или их совокупностей — сплотовных единиц — называется их способность плавать в заданном положении относительно водной поверхности в течение определенного времени.

Запасом плаву́честь лесотранспортных единиц называется их способность, впитав определенное количество влаги, сохранять допустимое для лесосплава положение относительно водной поверхности, т.е. держаться на плаву. Уменьшение запаса плаву́честь ведет к нарушению их положения относительно водной поверхности и утопу. Поэтому мероприятия, предусматривающие увеличение запаса плаву́честь или его поддержания на определенный период, чрезвычайно важны.

Запас плаву́честь зависит прежде всего от плотности древесины. Плотность древесины, при которой лесоматериалы уже не сохраняют заданного положения относительно водной поверхности и начинают тонуть, называется *критической плотностью* $\rho_{кр}$. Установлено, что плаву́честь лесоматериалов зависит от начальной плотности древесины ρ_n и интенсивности ее изменения в процессе намокания $d\rho/dt$.

Плотность древесины ρ отдельных деревьев в свежесрубленном состоянии, как и отдельных бревен, перед сброской в воду различна и колеблется в различных пределах, определяемых размахом колебания $\omega = \rho_{max} - \rho_{min}$. В любой партии лесоматериалов, характеризующейся средней плотностью $\rho_{ср}$ древесины в пределах размаха колебаний, имеется вполне определенное количество лесоматериалов, плотность древесины которых отличается от ее среднего значения, как в меньшую, так и в большую сторону. Это свидетельствует о том, что плотность близка к нормальному распределению. Для организации лесосплава без потерь от утопа необходимо знать вероятность появления в партии тех бревен, которые не имеют запаса плаву́честь. Отклонение плотности $\Delta\rho$ таких бревен от среднего ее значения $\rho_{ср}$ составляет

$$\Delta\rho = \rho_{кр} - \rho_{ср},$$

а в долях среднеквадратического отклонения σ

$$x = \Delta\rho/\sigma.$$

Древесина лиственных пород, лиственницы, хвойных тонкомерных сортиментов обладает высокой плотностью. В партиях леса этих пород в отдельные месяцы заготовки содержится большое количество бревен, не обладающих плаву́честь (т.е. имеющих плотность, превышающую критическую).

Водопоглощение древесины при намокании. Чтобы разобраться в процессе намокания лесоматериалов вследствие поглощения жидкости древесиной, необходимо знать ее микроструктуру. Древесина представляет собой сложное капиллярно-пористое тело, состоящее из древесинного вещества, образующего ее структуру, и заполнителей — воды и воздуха. Взаимное соотношение этих трех элементов и определяет плотность древесины. Количество древесинного вещества не изменяется, а количество воды и воздуха в процессе намокания изменяется. Вода, проникая в капилляры древесины, вытесняет воздух, часть которого защемляется, часть растворяется, а основная часть диффундирует через воду.

При продолжительности нахождения древесины в воде, стремящейся к бесконечности, плотность древесины достигает предельного значения $\rho_{\text{пр}}$ и в этот момент в древесине остаются только два компонента — вода и древесинное вещество. Плотность круглых лесоматериалов при намокании изменяется:

$$d\rho/dt = \xi(\rho_{\text{пр}} - \rho)/\sqrt{t},$$

где t — время нахождения древесины в воде; ξ — коэффициент интенсивности водопоглощения.

После интегрирования уравнения получим зависимость для расчета плавучести:

$$t = \frac{1}{4\xi^2} \ln^2[(\rho_{\text{пр}} - \rho_{\text{н.в}})/(\rho_{\text{пр}} - \rho)], \quad (1.1)$$

где $\rho_{\text{н.в}}$ — плотность древесины перед сброской в воду.

Расчет плавучести сплавляемых единиц (бревен и их любой совокупности) с одинаковой плотностью при $\rho = \rho_{\text{кр}}$ и партии сплавляемых единиц (бревен) или их совокупностей (пучков, плиток и т.д.) с учетом размаха колебания плотности ведется по формуле (1.1).

Способы повышения плавучести сплавляемых лесотранспортных единиц. Плавучесть лесоматериалов повышают, применяя атмосферную сушку, транспирационное обезвоживание, а также механические способы обезвоживания.

Атмосферная сушка лесоматериалов — испарение воды через боковую и торцовые поверхности бревна под воздействием метеорологических факторов, из которых наибольшее значение имеют температура и влажность окружающего воздуха.

Плотность после атмосферной сушки определяется по формуле

$$\rho = \rho_p + (\rho_{\text{н.с}} - \rho_p)e^{-2\xi_{\text{са}}\sqrt{t}}$$

где ρ_p — плотность при равновесной влажности (устойчивой предельной влажности), кг/м³, соответствующей определенным параметрам воздуха — температуре и влажности; $\rho_{\text{н.с}}$ — плотность

древесины в начале сушки, кг/м^3 ; t — продолжительность сушки, сут; $\xi_{\text{с.а}}$ — коэффициент интенсивности при сушке, определяемый по уравнению

$$\xi_{\text{с.а}} = v\sqrt{6D'}/d,$$

где D' — коэффициент влагопроводности древесины, $\text{см}^2/\text{сут}$; d — средний диаметр сортимента, см; v — поправочный коэффициент.

Правила подготовки рекомендуют атмосферную сушку бревен, окоренных пятнами, хвойных пород и малоценных сортиментов лиственных пород в течение 60 сут теплого периода года.

Достоинства атмосферной сушки: использование естественного источника теплоты; обеспечение снижения плотности древесины на 10...20 %; технологическое совмещение периода хранения с периодом сушки.

Недостатки атмосферной сушки: зависимость от метеоусловий; длительность периода сушки; снижение качества, особенно при сушке лиственной древесины; неравномерность сушки (верхние и нижние ряды высыхают по-разному и, как следствие, увеличение размаха колебания плотности ω).

Транспирационное обезвоживание — удаление влаги за счет ее испарения кроной дерева в период транспирации (испарение воды растением) при перерезанных путях подачи влаги от корневой системы.

Плотность древесины в конце транспирационной сушки определяют по уравнению

$$\rho = \rho_{\text{т}} + (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{т}})e^{-2\xi_{\text{ст}}\sqrt{t}},$$

где $\rho_{\text{т}}$ — предельная плотность при транспирационном обезвоживании, теоретически равная плотности древесины при гигроскопической влажности ($W=30\%$); $\rho_{\text{н}}$ — начальная плотность; $\xi_{\text{ст}}$ — коэффициент интенсивности обезвоживания ствола; транспирационное обезвоживание достигается в результате перерезания кольца коры, заболони и части ядра для ядровых пород, повала деревьев и оставления с кроной на лесосеке вплоть до пожелтения листьев или хвои для остальных пород.

Достижимые пределы снижения плотности при транспирационной сушке через 10—25 сут составляют: березы — 830 кг/м^3 в насаждениях I и II бонитета, 780 кг/м^3 в насаждениях III и V бонитетов; осины — в среднем 740 кг/м^3 ; ольхи — 700 кг/м^3 ; липы — 710 кг/м^3 ; лиственницы (через 30—45 сут) — $720...750 \text{ кг/м}^3$.

Достоинства транспирационного способа обезвоживания: использование естественного источника энергии; лучшее сохране-

ние качества древесины по сравнению с атмосферной сушкой; снижение плотности до величины, обеспечивающей лесосплав с минимальными потерями; повышение рейсовой нагрузки на подвижной состав на 15...20 % за счет снижения плотности древесины.

Недостатки транспирационного способа обезвоживания: зависимость от климатических условий; ограничение по срокам применения (период транспирации); большие сроки обезвоживания; повышенная водопоглощаемость сортиментов лиственных пород, заготовленных из деревьев, прошедших транспирационное обезвоживание; увеличение размаха колебания плотности в конце сушки.

Механические способы обезвоживания — это способы удаления свободной влаги при воздействии центробежных сил, а также гравитационного, электрического или других полей. Наиболее эффективен способ обезвоживания под воздействием центробежных сил, за счет вращения пачки круглых лесоматериалов в центробежном поле так, чтобы центр тяжести пачки проходил через ось вращения.

Экспериментально установлено, что время обезвоживания должно составлять 5 мин для лиственной древесины и 15...20 мин для хвойной. За этот период плотность снижается на 100...300 кг/м³.

Достоинства центробежного способа обезвоживания: высокая интенсивность процесса; сохранение качества древесины; снижение плотности до величины, обеспечивающей лесосплав без потерь минимум в течение одной навигации; возможность утилизации удаляемых в процессе обезвоживания древесных соков и смолы; сокращение размаха колебания плотности и повышение критической плотности; снижение интенсивности водопоглощения древесины некоторых пород.

Недостатки центробежного способа обезвоживания: период применения ограничивается периодом положительных температур; необходим дополнительный источник энергии.

Для повышения плавучести партии бревен применяют *отсортровку бревен с необеспеченной плавучестью*. Если отобрать бревна с необеспеченной для заданного срока лесосплава плавучестью, то партия сплавляемых единиц не будет иметь потерь от утопа. Этим способом повышается средняя плотность партии и снижается размах колебания плотности. При этом меняется закон распределения плотности: после отсортровки распределение становится *пирсоновским I типа*.

Для отсортровки определяют начальную плотность бревен, которые могут утонуть при заданной продолжительности лесосплава.

Для хвойных тонкомерных сортиментов возможно определение плотности по диаметру ядровой (спелой) древесины. Сущность

способа основана на существенной разнице как в плотности заболонной и ядровой древесины, так и в интенсивности водопоглощения этих составляющих. Чем больше процентное содержание ядровой древесины, тем дольше этот сортимент будет плавать. Плотность бревна в конце сплава $\rho_{б.к}$, обеспечивающая нахождение сортимента на плаву,

$$\rho_{б.к} = (\rho_{з.к} \Pi_з + \rho_{я.с.к} \Pi_{я.с}) / 100, \quad (1.2)$$

где $\rho_{з.к}$ и $\rho_{я.с.к}$ — плотность соответственно заболонной и ядровой (спелой) древесины в конце срока намокания, кг/м^3 ; $\Pi_з$ и $\Pi_{я.с}$ — процентное содержание соответственно заболонной и ядровой (спелой) древесины в бревне.

Процентное содержание ядровой (спелой) древесины

$$\Pi_{я.с} = [(\rho_{з.к} - \rho_{б.к}) / (\rho_{з.к} - \rho_{я.с.к})] 100. \quad (1.3)$$

Из выражения (1.3) можно определить минимальный диаметр $d_{я.с}$ ядровой (спелой) древесины, обеспечивающий нахождение сортимента на плаву при заданном сроке сплава:

$$d_{я.с} = d_{бр} \sqrt{(\rho_{з.к} - \rho_{б.к}) / (\rho_{з.к} - \rho_{я.с.к})},$$

где $d_{бр}$ — диаметр бревна.

Сокращение размаха колебания плотности может быть достигнуто:

в результате отсортировки бревен с необеспеченной плавучестью;

в результате сплотки в пучки или микропакеты, так как при сплотке уменьшается размах распределения. При этом выполнение условия

$$\rho_{к.с} \leq \rho_{б.п}, \quad (1.4)$$

где

$$\rho_{б.п} = \rho_{кр} - \omega / (2\sqrt{n-1}), \quad (1.5)$$

зависит от числа n бревен в пучке. Здесь $\rho_{к.с}$ — плотность древесины в конце сплава; $\rho_{б.п}$ — плотность древесины, при которой гарантируется сплав без утопа.

Минимальное число бревен, обеспечивающее сохранение плавучести, определяется из выражений (1.4) и (1.5):

$$n \geq \frac{0,25\omega^2}{(\rho_{кр} - \rho_{к.с})^2} + 1. \quad (1.6)$$

Снижение интенсивности водопоглощения через торцовые поверхности обеспечивает гидроизоляционное покрытие торцовых

поверхностей. Для этого применяют нефтебитум или раствор петралатума в уайт-спирите. Наиболее эффективен последний, так как он обладает лучшими гидроизоляционными свойствами и позволяет производить обработку механизированным способом (распылением).

Раствор петралатума (40 % петралатума и 60 % уайт-спирита) наносят с помощью гидропульты при температуре не ниже -10°C один или два раза. Гидропульт на базе бензиномоторной пилы имеет устройство подогрева состава и «удочку» со сменными наконечниками.

Коэффициент гидроизоляции состава m , представляющий собой отношение интенсивностей водопоглощения после и до обработки, составляет 0,15 при двукратном и 0,4 при однократном покрытиях петралатумом; 0,3 — при двукратном покрытии нефтебитумом.

Увеличение длины сплавляемых сортиментов приводит к снижению интенсивности водопоглощения, так как последняя обратно пропорциональна длине сплавляемых единиц.

Для сохранения плавучести в течение заданного срока применяют *сплотку круглых лесоматериалов в совокупности* (плитки, пучки, микропучки, пакеты и т. д.). Минимальное число бревен, обеспечивающее сохранение плавучести, определяют по формуле (1.6).

Применение *подплава* для повышения плавучести как отдельных лесоматериалов, так и их совокупностей — пучков (или других видов сплоченных единиц) — предполагает использование материалов с меньшей плотностью и водопоглощаемостью по сравнению с доставляемыми водным путем лесоматериалами.

Подплавы принято подразделять на однородные и разнородные. *Однородный подплав* — это материал, однородный по природе со сплавляемыми лесоматериалами, но с меньшими плотностью и интенсивностью водопоглощения. Например, для водной доставки березовых лесоматериалов применяют хвойные круглые лесоматериалы. *Разнородный подплав* — это материал, отличающийся по природе от доставляемых водой круглых лесоматериалов. Например, для водной доставки лесотранспортных единиц используют конструктивные решения из металла, синтетических веществ и т. д.

Процент подплава устанавливают расчетом по зависимости

$$P_{\text{пп}} = \frac{(\rho_{\text{л.в}} - \rho_{\text{п.в}})}{(\rho_{\text{л.в}} - \rho_{\text{п.п.в}})} 100,$$

где $P_{\text{пп}}$ — процент подплава; $\rho_{\text{л.в}}$ — плотность доставляемого водой (лесосплавом) леса перед выгрузкой из воды; $\rho_{\text{п.в}}$ — плотность лесотранспортной единицы, допустимая для условий лесосплава;

$\rho_{п.п.в}$ — плотность подплава в конце срока лесосплава перед выгрузкой.

В качестве разнородных подплавов применяют металлические понтоны с пенным наполнителем или без него, синтетические заполнители пор в лесотранспортных единицах.

1.4. Первоначальный плотовой лесосплав

Лесотранспортные условия первоначальных лесосплавных путей имеют ряд особенностей:

- для первоначального плотового лесосплава используют главным образом естественный габарит путей полноводного периода;
- лесотранспортные пути обладают большой извилистостью, т. е. имеют меандрическую форму русла. Для рек, русло которых легко размывается, характерно меандрирование. Малые радиусы меандра ограничивают габаритные размеры плота, в первую очередь его длину, увеличивают опасность навала плота на вогнутые берега, посадки плота на отмели выпуклых берегов; на повороте уменьшается производительность буксирного флота и снижается скорость движения плота. На низких затапливаемых берегах и спрямляющем течении половодья образуются свальные течения в сторону поймы, которые затрудняют буксировку плота на поворотах. Радиусы закругления русла на реках, используемых для первоначального плотового лесосплава, не выходят за пределы 30...50 м;
- лесосплав проводят при неустановившемся движении речного потока периода половодья. Неустановившееся движение воды в реке ведет к изменениям в распределении по длине реки уклонов, скорости и расхода воды.

Рассмотренные особенности существенно влияют на конструкцию, габаритные размеры плота и способы управления при буксировке.

Транспортные качества плотов первоначального лесосплава. Плоты для первоначального лесосплава (рис. 1.2) должны обладать гибкостью. По этому показателю различают жесткие, полужесткие и гибкие плоты.

Жесткие плоты формируют из сплоченных единиц, установленных плотно, без интервалов в продольном и поперечном направлениях. Во время буксировки жесткого плота сплоченные единицы имеют незначительное смещение относительно друг друга.

Плоты, формируемые из жестких секций с интервалами между ними по длине, относятся к *полужестким*. При буксировке таких плотов на закруглениях они принимают вид ломаной линии.

Гибкие плоты — это конструкции лежневых плотов, в которых сплоченные единицы установлены в продольном направлении с

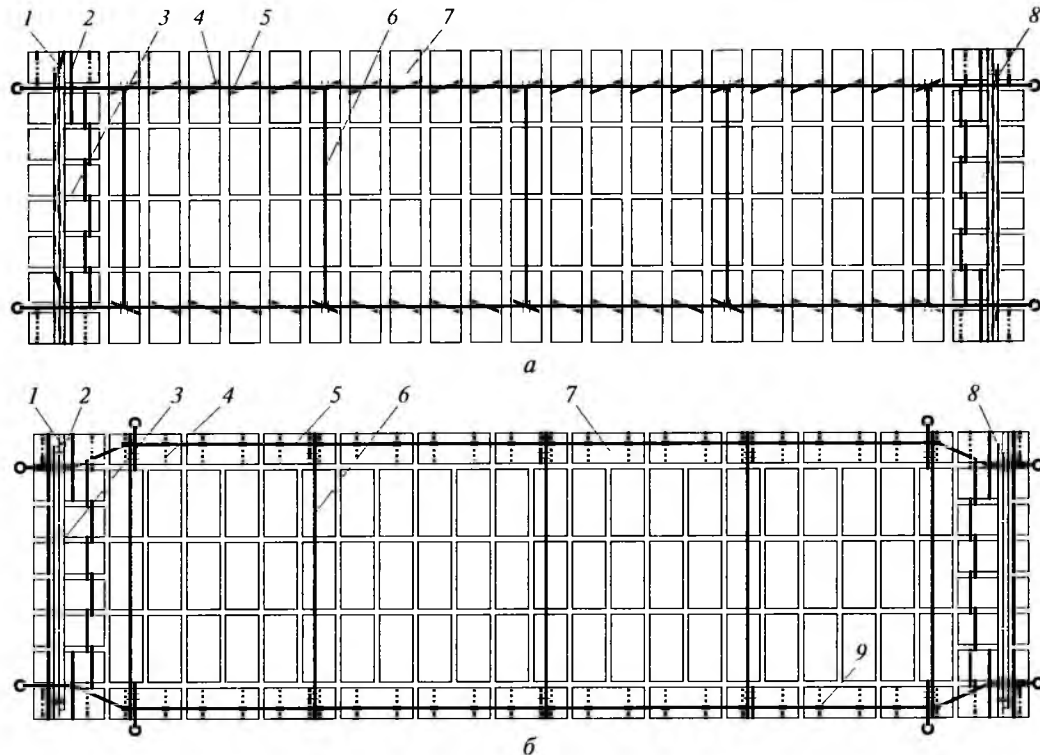


Рис. 1.2. Схема плота для первоначального лесосплава:

а — с поперечным расположением пучков; *б* — с обороткой продольными пучками; 1 — бруствер; 2 — хомут; 3 — брустверный комплект; 4 — бортокомплект; 5 — бортовой лежень; 6 — счал поверху; 7 — пучок; 8 — дуговой сжим; 9 — пластинчатый сжим

интервалами, обеспечивающими вписывание плота в габариты лесосплавного хода на поворотах реки.

Интервалы i между секциями определяют по зависимости

$$i = k_{ж.с} LB / r_0, \quad (1.7)$$

где $k_{ж.с}$ — коэффициент пропорциональности, зависящий от степени жесткости секций плота (по данным ЦНИИ лесосплава $k_{ж.с} = 0,1$ для речных плотов транзитного лесосплава и $k_{ж.с} = 0,13$ для речных плотов местного лесосплава); L и B — соответственно длина и ширина секций, м; r_0 — внутренний радиус кривизны участка реки (переката), м.

Зависимость (1.7) является весьма приближенной. Для установления более точной зависимости рассмотрим схему плота на криволинейном участке (рис. 1.3).

Отличительной чертой гибких плотов является наличие расчетных интервалов между рядами в продольном направлении. При изгибе плота на повороте на вогнутой стороне его концы рядов сближаются, а на выпуклой между концами рядов образуются постоянные интервалы.

Отношение радиуса кривизны бортового лежня выпуклого борта к радиусу кривизны вогнутого борта плота называется *показателем гибкости* λ . Величина его зависит от радиуса кривизны лесосплавного хода r_n , ширины плота B и плановых размеров сплотовочных единиц:

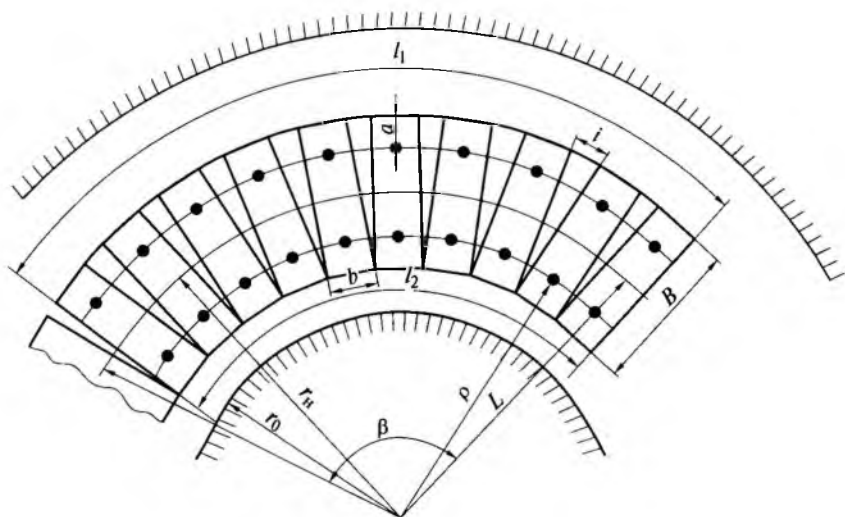


Рис. 1.3. Схема плота на криволинейном участке:

l_1 — длина бортового лежня; l_2 — длина вогнутого борта; b — ширина ряда; ρ — радиус кривизны внутреннего лежня; r_0 — радиус кривизны береговой линии

$$\lambda = (2r_n + B - 2a)/(2r_n - B),$$

где a — расстояние от борта плота до лежа, м; это расстояние принимают при поперечном расположении пучков равным половине длины, а s с продольным — половине ширины пучка.

Величину λ можно представить как отношение:

$$\lambda = l_1/l_2, \quad (1.8)$$

где l_1 — длина бортового лежа, м; l_2 — длина вогнутого борта, м.

Для жестких плотов $\lambda = 1 \dots 1,03$; для полужестких $\lambda = 1,03 \dots 1,12$; для гибких $\lambda > 1,12$.

Для установления интервалов определяют их сумму с учетом формулы (1.8):

$$i(n-1) = l_1 - l_2 = (\lambda - 1)l_2,$$

где n — число рядов в плоту на длине l_2 :

$$l_2 = \pi\beta(2r_n - B)/360.$$

Здесь β — угол лимитирующего поворота, ...°.

С достаточной для практики точностью величину n можно представить в виде $n = l_2/b$ (b — ширина ряда), а учитывая формулу (1.7), можно записать

$$i = k_{\text{ж}} l_2 b (\lambda - 1) / (l_2 - b),$$

где $k_{\text{ж}}$ — коэффициент пропорциональности, учитывающий степень жесткости рядов при изгибе плота на повороте, принимается $k_{\text{ж}} = 0,15$ и $k_{\text{ж}} = 0,25 \dots 0,30$ — для плотов, сформированных соответственно из сортиментных и хлыстовых пучков.

Габаритные размеры и другие характеристики плота для конкретных сплавных бассейнов устанавливают бассейновые правила сплава. При назначении ширины плота можно пользоваться зависимостями:

- при однорядном движении $B \leq b_0/1,5$;
- при двухрядном движении $B \leq (b_0 - B_{\text{вс}})/6$, где b_0 — ширина реки в лимитирующем створе (в период буксировки); $B_{\text{вс}}$ — ширина встречного каравана (судов или других плавсредств), идущего встречным курсом.

При назначении габаритных размеров плотов для первоначального сплава учитывают наличие на используемых для этого реках разного рода сооружений — плотин, мостовых переходов, гидроузлов и т.д. Поскольку неделимой единицей плота является секция, его габаритные размеры должны назначаться кратными габаритным размерам секций. Габаритные размеры секций плотов транзитного назначения устанавливают по путевым условиям. Например, габаритный размер секций транзитных плотов: по Северодвинскому бассейну — ширина 18...20 м, длина 80...100 м;

Волжско-Камскому бассейну — ширина 27 м, длина 115... 120 м.

Для ориентировочных расчетов длины L плота рекомендуется следующая формула:

$$L = 20,4\sqrt{W/B},$$

где W — объем плота; B — ширина плота.

Сплав сплоточными единицами применяют на реках, когда скорость течения на участке сплава не превышает 1,5 м/с, а на плесовых участках составляет не менее 0,2 м/с. При этом способе сплоточные единицы (одиночные или в спаренном виде) транспортируют без управления, «вольницей», течением воды в период стояния в реке глубин (на лимитирующих участках), достаточных для проплава единиц с заданной осадкой. Участок, по которому проводится такой сплав, должен быть хорошо оборудован бонами и не иметь препятствий для безостановочного движения.

Первоначальный сплав сплоточными единицами заканчивается у тех мест на реке, где организованы приемка и формирование из них плотов по следующим схемам.

Первая схема предполагает прием плывущих сплоточных единиц на установленные в определенных пунктах реевые боны, где плывущие сплоточные единицы задерживают и ставят в линейки будущего плота только своей сортогруппы, что облегчает в дальнейшем сведение их в секции и плоты. Число остановочных пунктов должно соответствовать дробности сортировки сплоточных единиц. Для сведения в плоты первоначально отсортированных частей плота используют патрульные и буксирные суда, обслуживающие сплав по реке. Недостатками данной схемы сплава сплоточных единиц являются значительная протяженность участков работ и разобщенность остановочных пунктов, а отсюда и сложность управления их работой. При интенсивном подходе сплоточных единиц к остановочным пунктам происходят сбой в ритме работ и пропуски в сортировке единиц.

Вторую схему применяют для приемки свободно плывущих сплоточных единиц в лесохранилище запани (поперечной или продольной). Для этого выбирают место с течением, обеспечивающим однорядное расположение сплоточных единиц в лесохранилище. При запани устанавливают сортировочную и формирующую сетки для рассортировки сплоточных единиц, ремонта и переплотки поврежденных единиц и формирования из готовых единиц секций плотов и самих плотов.

По этой схеме сплоточные единицы из лесохранилища пропускают через сортировочную сетку. При этом неповрежденные единицы проходят в формирующую сетку, где их формируют в

секции, а поврежденные сплотовые единицы отводят в ремонтные дворики или направляют на переплотку к сплотовой машине.

Секции (или линейки), сформированные как части плотов, сплавными катерами сводят в плоты, оснащают необходимым такелажом и предъявляют к буксировке в пункты назначения.

Приведенная схема сплава леса сплотовыми единицами лишена недостатков первой схемы и рекомендуется на реках с большим объемом работ.

Сплав плотов береговой сплотки за тягой. Плоты береговой сплотки формируют на водосъемных плотбищах или на льду водоемов. У незатопляемых плотбищ плоты формируют после сброски сплотовых единиц в воду в простейших формировочных устройствах. Отправку плотов с мест формирования производят за тягой буксирных судов сплавных предприятий. В составе лесосплавного флота такие суда выполняют разнообразные рейдовые работы: буксировку плотов, установку наплавных сооружений, буксировку плавучих несамоходных машин и т.д. Это в основном суда, относящиеся к группе «Р», приспособленные для плавания по мелководным путям, с тяговым усилием на гаке 17,2...37,8 кН и мощностью 110...220 кВт. Среди них можно назвать наиболее распространенные: ЛС-56А, проект 433, проект 1427, проект 1606.

Буксирные суда выбирают по измерителям флота с учетом тяговых характеристик, размеров плотов (по сопротивлению воды их движению) и скорости течения реки.

Потребное число буксирных судов m для вывода и буксировки плотов береговой сплотки определяют расчетом в зависимости от числа плотов n и числа оборотов судна a за срок буксировки:

$$m = n/a.$$

Способы остановки плотов. Способы остановки плотов зависят от многих условий: гидрологических, производственных, мощности используемых буксировщиков и наличия специальных средств для остановки.

В соответствии с этим различают следующие способы остановки плотов:

- дежурным буксиром;
- прижимом к берегу;
- мощной тормозной лебедкой;
- тормозными и станковыми средствами.

Остановку плота дежурным буксиром осуществляют следующим образом. Буксировщик, отдав свой буксирный трос, подходит к корме плота и берет на гак вспомогательный дежурный буксирный трос. Работая против течения, буксировщик тормозит плот и подводит его либо к берегу, либо к якорной стоянке.

Остановку плота прижимом к берегу широко практикуют, особенно к пологим песчаным берегам. Большое достоинство такого

способа остановки заключается в том, что он не требует специальных тормозных средств для оснащения плота. Сущность способа заключается в следующем: в местах, где необходима остановка, основной теплоход прекращает буксировку и чаще всего переходит к борту плота и вместе с другими вспомогательными теплоходами поджимает плот к берегу.

При значительных колебаниях горизонтов воды остановка плотов у берега приводит к обсушке древесины, что влечет за собой большие дополнительные трудозатраты.

Остановка плотов с помощью мощной тормозной лебедки применяется очень редко, так как требуются лебедки с большим тяговым усилием (300 кН и более) и большой тросоемкостью (500 м и более). Трос лебедки закрепляют на хвостовой части плота, затем барабаны лебедки притормаживают до полной остановки. При этом требуется быстрая и четкая работа по подаче и закреплению троса. Во многих случаях эта операция вообще неосуществима по мерам безопасности.

Способ остановки с помощью тормозных и станковых средств широко практикуют на рейдах приплыва. При этом способе сначала выбрасывают на дно реки лоты или волокушные цепи, снижающие скорость движения плотов до 0,2 м/с, а затем закрепляют плот за постоянные опорные точки или опускают якоря. Для остановки плотов в пунктах приплыва чаще всего используют волокушные цепи, которые на мягком грунте могут создавать усилия в несколько раз больше, чем плоты соответствующей массы.

На рейде обычно находится специальная лайба, имеющая на своем борту необходимое число волокушных цепей и механическую лебедку. Лайба с помощью вспомогательного катера встречает плот заранее. По команде ответственного за остановку плота цепь, предварительно закрепленная с помощью катера, выбрасывается под углом к направлению движения плота. Выборку цепей осуществляют либо непосредственно после закрепления плота за опорную плитку, либо через несколько дней после того, как плот будет подан на расформировку. В первом случае лайба остается связанной с концом цепи после выброса и начинает выбирать цепь с дальнего от плота конца. Во втором случае выборку осуществляют с ближнего конца цепи, а начало цепи находят по буйку, специально оставленному для этой цели.

1.5. Магистральный плотовый лесосплав

Плоты как лесотранспортные единицы изготавливают на складах-плотбищах или на рейдах отправления в соответствии с Правилами (техническими условиями) сплотки, формирования и ос-

настки плотов. Правила или технические условия на плоты разрабатывают для конкретного бассейна и утверждают по результатам межведомственных приемочных испытаний. На плоты, предназначенные для буксировки в пределах одного пароходства, правила согласовывают с судоходной инспекцией бассейна и утверждают.

При организации магистрального лесосплава взаимоотношения между лесосплавными организациями и пароходствами регламентируют Правила буксировки плотов. Буксировку плотов осуществляют в соответствии с Правилами плавания по внутренним водным путям и местными правилами плавания.

Пароходство совместно с судоходной инспекцией разрабатывает и утверждает порядок буксировки плотов по каждой трассе бассейна. Технология буксировки плотов зависит от транспортно-путевых, гидрологических и метеорологических условий конкретной плотовой трассы. Технологию разрабатывают и утверждают пароходства, судоходные инспекции, согласовывая с объединениями, осуществляющими плотовый лесосплав в данном бассейне. В технологии по буксировке указывают:

- конкретные участки трассы буксировки плотов;
- конструкцию, габаритные размеры и объем плотов;
- мощность буксировщиков и техническую скорость продвижения плотов по периодам навигации;
- обеспеченность средствами управления на отдельных участках;
- рекомендуемые места остановки в зависимости от уровней воды;
- места встречи плотов перед пунктами приплава в зависимости от уровней воды;
- возможное число одновременно прибывающих плотов;
- наиболее затруднительные места, требующие особого внимания при буксировке, и места, рекомендуемые для временного отстоя плотов;
- места переформирования и порядок пропуска через гидротехнические сооружения.

Для каждого бассейна существует своя конструкция плота, причем во многих бассейнах эксплуатируют одновременно несколько типов плотов. Разработанные ЦНИИ лесосплава конструкции плотов без оплотника, построенные из общих для всех конструкций элементов, предусматривают общую технологию формирования, имеют типовые узлы крепления и типовой такелаж.

Основной формировочной единицей в типовой конструкции плота является секция, от ее габаритных размеров зависят размеры формировочного такелажа. Секции плотов могут отличаться не только расположением формировочных связей, но и расположением пучков в самой секции: продольным, поперечным, смешан-

ным. Типовые конструкции секций позволяют сформировать плот любых параметров, отвечающий условиям буксировки и мощности буксировщиков в данном бассейне.

Классификация плотов по условиям плавания и конструкции. Лесоматериалы в плотях транспортируют по рекам, озерам, искусственным водохранилищам и морям. Условия плавания на различных водных путях неодинаковы.

В соответствии с условиями плавания по водным путям плоты разделяют на речные, озерные и морские.

По конструкции плоты разделяют на плоты в оплотнике, без оплотника, лежневые и полужесткие; секционные, несекционные и сигары в кильватер; с продольным, поперечным и комбинированным расположением сплотовых единиц.

По виду транспортируемых лесоматериалов плоты разделяются на хлыстовые, сортиментные и комбинированные.

Озерные и морские плоты должны быть значительно прочнее речных плотов, так как при буксировке они подвергаются воздействию волн. Морские плоты должны быть прочнее озерных.

Озерные и морские плоты, а также речные, идущие вверх против течения, всегда буксируют суда. Речные плоты, идущие вниз по течению, могут двигаться по воде двумя способами: за тягой судов или самосплавом. В соответствии с этим речные плоты подразделяют на буксируемые и самосплавные. В настоящее время самосплавные плоты применяют только на сплавных реках, но и здесь они все чаще уступают место буксируемым плотам.

Самосплав плотов может осуществляться как под управлением рабочих, находящихся на плоту, так и без управления. Без управления обычно сплавляют отдельные сплотовые единицы. Самосплавными плотами управляют при помощи тормозного такелажа (лотов, якорей и рей) или при помощи больших рулевых весел.

Самосплав плотов с использованием тормозного такелажа применяют при сплаве больших плотов по сравнительно многоводным рекам, а самосплав с использованием для управления рулей применяют при сплаве небольших однорядных плотов по мелководным рекам.

Конструктивные особенности плотов. Речные, озерные и морские условия определяют различные требования к конструкции плотов.

Речные условия плавания характеризуются наличием скоростей течения, извилистостью фарватера и ограниченностью глубин. Кроме того, в верховьях ряда рек плотовой лесосплав затрудняется кратковременным стоянием уровней (15—25 сут), в течение которого необходимо обеспечить выплав плотов в запланированном объеме. Поэтому речные плоты должны обладать хорошей управляемостью.

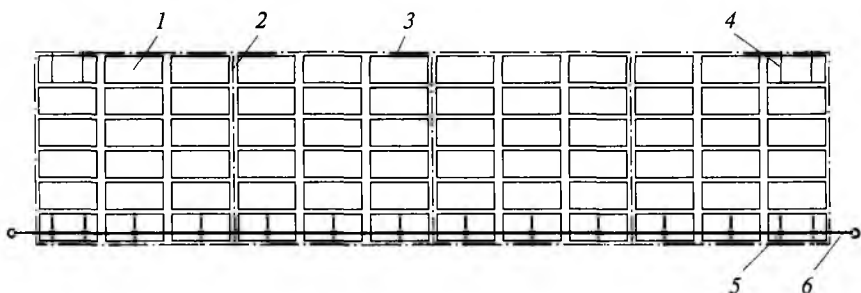


Рис. 1.4. Схема сечения речного плота ЦНИИ лесосплава в оплотнике:
1 — пучок; 2 — поперечный оплотник; 3 — бортовой оплотник; 4 — борткомплект;
5 — пластинчатый сжим; 6 — лежень

Озерные условия характеризуются большими глубинами, ширинами акваторий и суровым ветроволновым режимом, который оказывает решающее влияние на выбор конструкции плота и его систему крепления такелажем.

Морские условия характеризуются еще более тяжелыми ветроволновыми условиями, что обуславливает более прочную конструкцию морского плота по сравнению с озерным плотом.

Наибольшее распространение получили секционные плоты. Секционный плот по ширине обычно состоит из двух или четырех секций, а по длине — от двух до восьми.

Плоты по конструкции могут быть в оплотнике (рис. 1.4) и без оплотника (рис. 1.5).

Для продольного и поперечного крепления секционных плотов в оплотнике используют однобревенный оплотник из бревен диаметром 0,18...0,25 м, соединенных между собой оплотными цепями диаметром 12...16 мм и длиной 2...2,6 м. Каждую секцию по периметру обносят оплотником 3 (см. рис. 1.4), кроме того, поперечный оплотник 2 устанавливают и внутри секции.

Для озерных плотов поперечный оплотник устанавливают через каждый ряд пучков 1, а для речных — через три ряда пучков, исключая концевые ряды секций, где оплотник устанавливают после первого и второго ряда пучков от конца. В голове и хвосте плота по всей его ширине на первом и последнем рядах пучков укладывают брустверы. По бортам плота прокладывают секционные лежни с коушами на концах, лежни соединяют между собой замками-скобами. Для предупреждения выплывания пучков из-под оплотника все бортовые пучки прикрепляют к оплотнику при помощи стропов из стальных канатов, охватывающих бортовой пучок и оплотник.

У плотов в оплотнике для условий озерного плавания поперечный оплотник устанавливают через каждый ряд пучков; в головных рядах секций накладывают поперечные счалы с охватом каждого

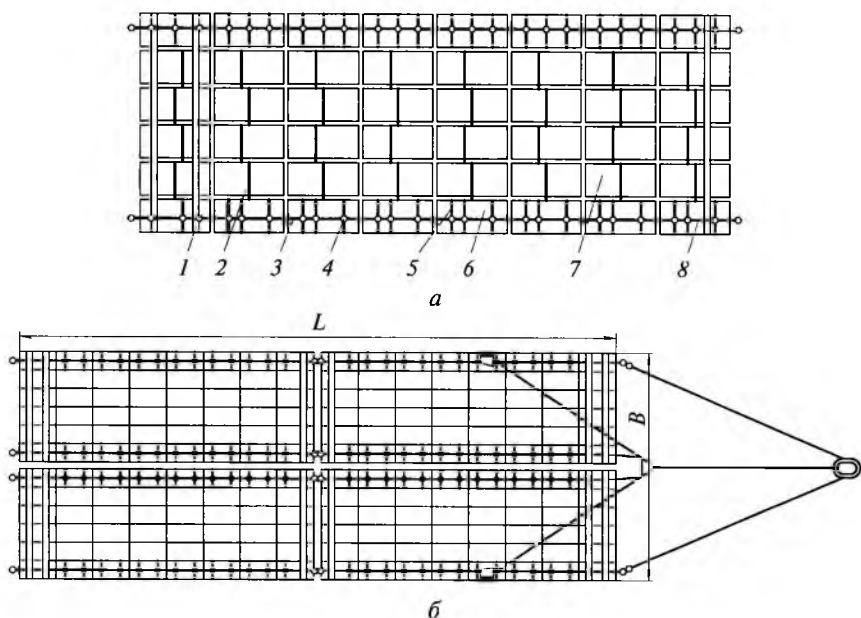


Рис. 1.5. Схема плота без оплотника для озерных условий буксировки:
а — секция; *б* — буксируемый плот; 1, 8 — брустверное крепление; 2 — поперечный счал; 3 — продольные лежни; 4 — пластинчатый сжим; 5 — бортовые комплекты; 6 — бортовой пучок; 7 — продольный (внутренний) пучок

пучка «восьмеркой». По внешнему борту плота каждый пучок прикрепляют к продольному оплотнику двумя бортовыми комплектами, а по внутреннему — одним бортовым комплектом. Бортовые комплекты и поперечные счалы также крепят к бортовому лежню при помощи пластинчатых сжимов. В последнее время получили распространение плоты без оплотника, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с плотами, оснащенными оплотником. Эти плоты при плотной укладке пучков позволяют повысить полндревесность плота более чем на 10 % по сравнению с полндревесностью плотов, имеющих оплотник. При формировании плотов без оплотника упрощаются технологические операции, снижается расход такелажа и повышается производительность труда рабочих. Исключается расход на оплотник деловой древесины.

На рис. 1.5 показана секция плота и плот без оплотника для озерных условий буксировки. Пучки, из которых формируется плот, обвязываются двумя обвязками. На бортовые пучки 6 дополнительно накладывают бортовые комплекты 5 из стального каната. В качестве продольного крепления используют бортовые лежни, укладываемые по верху пучков. Лежни крепят к бортовым комплектам пластинчатыми сжимами 4. По головным и концевым

рядом секций прокладывают брустверы, которые прикрепляют к плоту брустверными комплектами. При формировании плота свободные концы бортовых лежней и поперечных секционных счалов соединяют между собой замками-скобами.

Морские плоты обладают повышенной прочностью и волноустойчивостью, например плоты из хлыстовых пучков конструкции ЦНИИ лесосплава и плоты из хлыстовых сигар конструкции Сибирского технологического института.

Плот из хлыстовых пучков предназначен для транспортировки лесоматериалов по крупным озерам, водохранилищам и морям. Обычно плот состоит из четырех-пяти секций (16—20 пучков) в одну или две линейки (рис. 1.6). Пучки формируют из 10—15 пакетов хлыстов с раскомлевкой. Объем пучка 250...320 м³. На каждый пучок накладывают четыре обвязки 4 из стальных канатов на расстоянии 3 м от торцов и далее через 6 м. Пучковые обвязки имеют цепные наставки на одном конце и скобы на другом. По каждому пучку прокладывают по два продольных лежня, которые пластинчатыми сжимами 5 крепят к пучковым обвязкам 4. Пучки сплачивают в сплочной боновой раме, а погрузку лесоматериалов осуществляют кранами и погрузчиками. Пучки в плоту устанавливают в кильватер с интервалами до 1 м.

Транспортные качества плотов. При формировании плотов их габаритные размеры (длина L , ширина B и осадка T) устанавливают с учетом конкретных транспортно-путевых и гидрометеорологических условий в соответствии с Правилами плавания по внутренним судоходным путям.

К важнейшим характеристикам плотов относятся их прочность, полнодревесность и волноустойчивость. *Полнодревесность* плотов оценивают коэффициентом полнодревесности $k_{пл}$, который представляет собой отношение объема леса в плоту W к объему его подводной части $W_0 = LBT$, т.е.

$$k_{пл} = W/(LBT), \quad (1.9)$$

где L — длина плота; B — ширина плота; T — осадка плота.

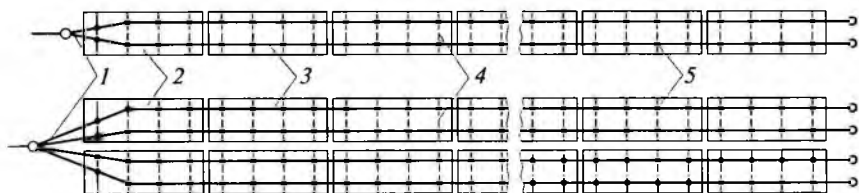


Рис. 1.6. Схема волноустойчивого плота из хлыстовых пучков для транспорта леса по оз. Байкал:

1 — вожжевые канаты; 2 — хлыстовый пучок; 3 — лежень; 4 — пучковая обвязка; 5 — пластинчатый сжим

При установленной для данного бассейна и типа плота величине $k_{пл}$ тарифную норму объема плота (плановый объем леса в плоту) определяют из формулы (1.9):

$$W = k_{пл} L B T.$$

Коэффициенты полндревесности сортиментных плотов колеблются в пределах 0,39...0,45, хлыстовых — 0,33...0,39. Для каждого пароходства установлены нормативные значения этих коэффициентов. Чем больше коэффициент полндревесности плота $k_{пл}$, тем лучше гидродинамические качества плота и экономические показатели водного транспорта леса в плотах.

Плот будет иметь наибольший коэффициент полндревесности при условии, что пучки в плоту будут одинаковой осадки и максимальной полндревесности, в поперечных рядах плотно примыкать друг к другу и иметь одинаковую ширину рядов, а в продольном направлении интервалы между рядами должны быть сведены до минимума, чтобы была обеспечена необходимая управляемость плота. За счет улучшения качества сплотночно-формировочных работ и совершенствования конструкции плотов полндревесность может быть повышена на 10...20 %.

Условия буксировки плотов по рекам, озерам, водохранилищам различны, поэтому к конструкции плота предъявляются требования по обеспечению его прочности в зависимости от конкретных условий плавания.

Под *прочностью плота* подразумевают сопротивляемость его креплений (канатного и цепного такелажа, соединительных поков, жестких связей — брустеров, хлыстового бортового крепления, оплотника и т. д.) разрушению от действия внешних сил. Прочность плота определяется его конструкцией и прочностью такелажных связей, которая в свою очередь зависит от правильного режима эксплуатации такелажа и надежности его расчета.

Наибольшим динамическим нагрузкам плот подвергается от действия волнения, ударов плота о берег, посадки на мель, ударов о плот проходящих судов и составов и т. д. В частности, при буксировке плотов по озерам и водохранилищам они подвергаются длительному воздействию ветра и волн, что приводит к соударению сплотночных единиц, резкому увеличению динамических нагрузок в сплотночном и формировочном такелаже и его постепенному разрушению. Поэтому узлы крепления такелажа плотов должны быть надежны в работе, равнопрочны соединяемым элементам такелажа, просты в изготовлении и эксплуатации.

Необходимые размеры элементов такелажа выбирают из условия

$$P_{разр} \geq k P_{max},$$

где $P_{разр}$, P_{max} — соответственно разрывное и максимально возможное усилия каната или цепи в процессе буксировки, Н; k — коэф-

коэффициент запаса прочности элементов буксировочно-формировочного такелажа, $k = 3$.

Волноустойчивость плота — это способность его конструкции противостоять выплыванию сплотовых единиц и круглых лесоматериалов без разрушения креплений плота при воздействии на него волновых нагрузок.

В правилах сплотки и формирования плотов разрешение на выход судна с плотом регламентируется допустимой скоростью (силой) ветра. Для большинства бассейнов буксировка плотов по озерам и водохранилищам разрешается при скорости ветра $8 \dots 13,8$ м/с (5—6 баллов). Эти ветры на озерах создают волну высотой в $2,5 \dots 3$ м, а на водохранилищах — $1 \dots 1,5$ м; продолжительность штормовых ветров изменяется от нескольких часов до 5 сут. Повторяемость этих ветров (5—6 баллов) колеблется в пределах $15,9 \dots 40,1$ %.

Ветровая волна, набегая на плот, обладает запасом энергии, которая пропорциональна квадрату ее высоты. Часть этой энергии при подходе волны к плоту переходит в энергию удара о голову и борт плота, а оставшаяся часть расходуется на перемещение сплотовых единиц. Наиболее опасным для плотов является встречно-бортовое волнение, при котором обычно наблюдается разрушение сплотовых единиц.

Волноустойчивость плота рекомендуется оценивать с учетом высоты волны и продолжительности ее воздействия на плот. Установлены допустимые высоты волн для плотов из хлыстовых пучков различной сплотки. Критерий волноустойчивости $k_{\text{вы}}$ плота для заданной высоты определяют по формуле

$$k_{\text{вы}} = t_{\text{п.в}} / t_{\text{х}},$$

где $t_{\text{п.в}}$ — продолжительность действия волны на плот до начала его разрушения, ч; $t_{\text{х}}$ — ходовое время буксировки судна с плотом на трассе озера или водохранилища, ч.

Для безаварийной буксировки плотов этот критерий должен быть равен или больше единицы.

Для повышения волноустойчивости плотов проводят следующие мероприятия:

- увеличивают осадку, длину и полнодревесность сплотовых единиц;
- производят обортовку плота линейками из хлыстовых пучков;
- формируют пучки с минимально достижимым коэффициентом формы поперечного сечения;
- применяют упругие обвязки и упругие вставки в обвязках сплотовых единиц;
- плотно устанавливают пучки в плотях;

- устанавливают в каждом ряду плота сплоточные единицы с одинаковыми по длине размерами и выравненными торцами;
- обеспечивают необходимое натяжение формировочного такелажа — поперечных счалов, бортовых комплектов и продольных лежней; для ликвидации слабины, создания нужного уплотнения пучков, круглых лесоматериалов (хлыстов) в пучках утягивают поперечный такелаж с усилием 20...30 кН, а продольный — 50...60 кН.

Основные элементы крепления типовой конструкции плота. Одним из важных элементов конструкции плота является его формировочный такелаж, так как прочность плота наряду с прочностью сплоточных единиц обеспечивается формировочным такелажем. ЦНИИ лесосплава разработал ОСТ 21-7—80 «Такелаж из стальных канатов, замки, сжимы, захваты клиновые для формирования плотов», предусматривающий унификацию и механизированное изготовление формировочного такелажа.

В современных плотах для крепления формировочного такелажа применяют следующие основные узлы.

Оплотник — расположенные в одну линию круглые лесоматериалы или сплоточные единицы, которые соединяются между собой оплотными цепями. Оплотник разделяется на продольный и поперечный. Для его изготовления используют хвойные сортаменты без гнили, надломов и трещин, длиной 4...6,5 м и диаметром не менее 18 см. Для пропуска цепей в оплотнике просверливают отверстия диаметром 60...75 мм на расстоянии 25...30 см от торцов. В качестве оплотных цепей используют цепи диаметром 12...16 мм.

Бруствер — жесткая связь из отдельных круглых лесоматериалов, хлыстов или пакетов из них, накладываемая на головные и хвост-

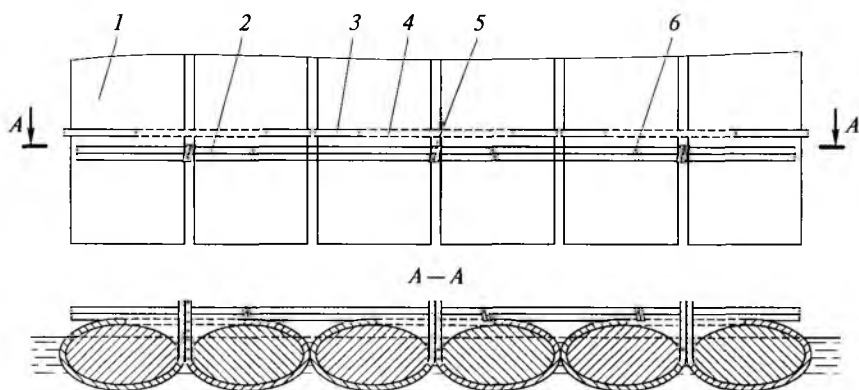


Рис. 1.7. Крепление бруствера к пучкам:

1 — пучок; 2 — бруствер; 3 — канатная часть брустверного комплекта; 4 — цепная наставка; 5 — крепление комплекта к брустверу; 6 — продольный жгут

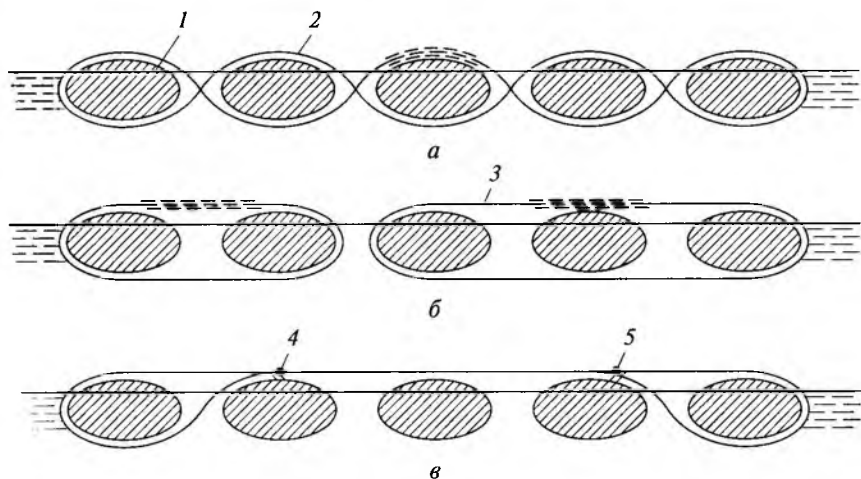


Рис. 1.8. Виды поперечного крепления плота:

а — счал «восьмерка»; *б* — счал в обхват; *в* — счал поверху; 1 — пучок; 2 — секционный счал; 3 — цепная наставка; 4 — соединение счала сжимом; 5 — дуговой сжим

говые ряды сплочных единиц плота для придания ему дополнительной прочности и волноустойчивости. Бруствер, изготовленный из сортиментов, в сечении состоит из трех бревен диаметром в верхнем отрубе не менее 20 см. Бревна в бруствере укладывают с разгонкой стыков. Для прочности и жесткости бруствера каждый стык должен располагаться между двумя жгутами, которые изготавливают из четырех ниток проволоки диаметром 6 мм или трех ниток проволоки диаметром 8 мм. Затяжку жгутов производят встречной скруткой.

Бруствер к пучкам крепят брустверными комплектами с охватом бруствера 2 (рис. 1.7) в 1,5 об. и каждой пары пучков 1 по периметру. Брустверные комплекты состоят из бортовых комплектов, при этом цепную наставку комплекта первого пучка после охвата бруствера соединяют с рычажным замком комплекта второго пучка, цепную наставку которого, лежащую вдоль бруствера, соединяют с рычажным замком первого комплекта. В отдельных случаях бортовые пучки прикрепляют к брустверу дополнительными бортовыми комплектами.

Секционный счал «восьмерка» (рис. 1.8, *а*) используют для поперечного крепления пучков 1 в ряду. Счал обычно состоит из двух полусчалов, один из которых пропускают под пучком, а второй укладывают сверху; далее меняют положение счала при охвате каждого последующего пучка: верхний делают нижним, а нижний — верхним, образуя, таким образом, счал «восьмерку». Счал соединяют рычажным замком с цепной наставкой.

Счал в обхват (рис. 1.8, б) также используют для поперечного крепления рядов секции; счал заводят под пучки всего ряда, охватывая их в одну петлю. Концы счала выводят на средний пучок и после предварительной утяжки соединяют сжимами.

Счал поверху (рис. 1.8, в) обеспечивает прочность секции плота в поперечном направлении, его прокладывают поверху всех пучков ряда с охватом бортовых пучков, концы счала соединяют рычажным замком с цепной наставкой.

Штыковой узел (рис. 1.9, а) предназначен для соединения борт-комплекта или счала с лежнем.

Трехпластинчатый сжим (рис. 1.9, б) предназначен для соединения канатной части поперечного формировочного такелажа с продольным. Эти сжимы устанавливают на утянутые бортовые или брустверные комплекты, а также на поперечные счалы до утяжки продольных лежней. Канатную часть поперечных формировочных связей закладывают между нижней и средней пластинами сжима, а продольных — между средней и верхней пластинами. После натяжения лежня закручивают гайки сжима гайковертами.

Сдвоенный сжим (рис. 1.9, в) предназначен для соединения параллельно расположенных ветвей канатов и состоит из корпуса 5, вкладыша 7, двух дугообразных скоб 4 и гаек 6. Ветви канатов формировочного такелажа укладывают между вкладышем и корпусом и предварительно фиксируют гайками. После натяжения формировочного такелажа гайки довинчивают.

Клиновый захват (рис. 1.10) дает возможность присоединять к продольному лежню или счалу в любом месте формировочный такелаж или буксир, при этом присоединяемый такелаж может проходить параллельно лежню или счалу или пересекать его под острым углом. Канат удерживается в захвате силами трения между клином 3, захватом и прижимной планкой. Клиновый захват прост в установке, может быть присоединен к канату под нагрузкой, обладает большой удерживающей силой (196 кН) и сравнительно малой массой (13,5 кг).

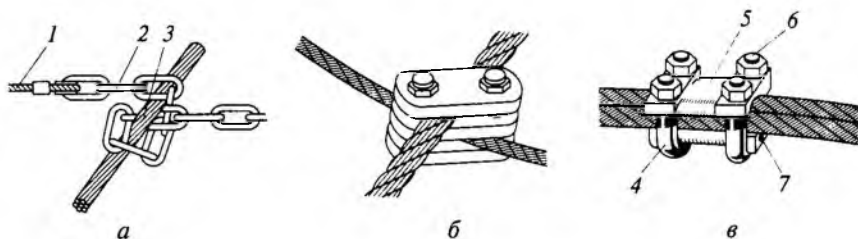


Рис. 1.9. Виды соединения формировочных связей:

а — штыковым узлом; б — пластинчатым сжимом; в — сдвоенным сжимом; 1 — канатная часть комплекта или счала; 2 — цепная наставка; 3 — лежень; 4 — дугообразная скоба; 5 — корпус; 6 — гайка; 7 — вкладыш

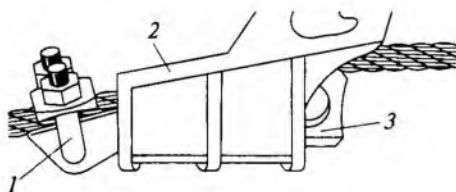


Рис. 1.10. Клиновый захват:

1 — дуговой сжим; 2 — обойма; 3 — клин

Конструкции элементов формировочного такелажа. *Лежень* — формировочный канат (КФ), прокладываемый вдоль плота по рядам пучков и служащий для соединения связей плота с вожжевыми и буксирными канатами.

Диаметры формировочных канатов определяются максимальными усилиями, возникающими при буксировке плотов ($d = 12 \dots 32$ мм).

Формировочные комплекты К и КР предназначены для использования в качестве бортовых и брустверных креплений, секционных, плотовых счалов и полусчалов. Длина комплектов определяется габаритными размерами пучка и плота, способом крепления такелажа и конструкцией плота. По ГОСТу длина канатной части комплекта изменяется в пределах $4 \dots 42$ м с градацией через 1 или 2 м в зависимости от длины цепной наставки.

Прочность цепной наставки комплекта составляет 80 % прочности каната, поскольку при эксплуатации такелажа прочность каната снижается гораздо быстрее, чем прочность цепи. Исходя из этого диаметры канатов принимают в пределах $12 \dots 22,5$ мм.

Формировочные комплекты бывают с рычажным замком КР (рис. 1.11) и такелажными скобами. Конструкция скобы полностью исключает возможность ее утери. Скобы выпускают для канатов диаметром $12 \dots 16$ и $19 \dots 22$ мм.

Пластинчатые сжимы типа СПК (см. рис. 1.9, б) выпускают четырех типоразмеров. Предназначены они для соединения под

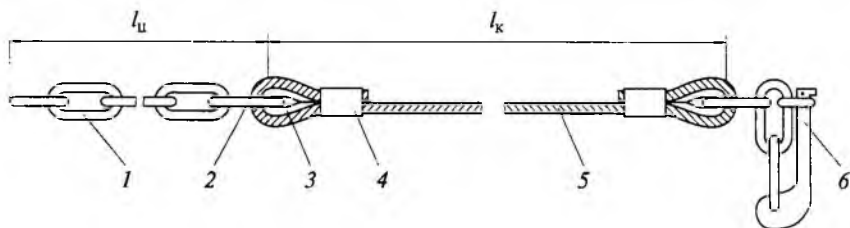


Рис. 1.11. Формировочный комплект:

1 — цепная наставка; 2 — концевое звено; 3 — коуш; 4 — гильзовый сжим; 5 — стальной канат; 6 — рычажный замок КР; $l_{\text{ц}}$ и $l_{\text{к}}$ — длина цепной и канатной части соответственно

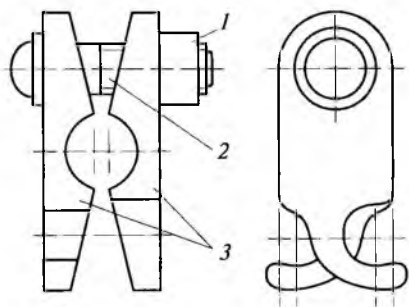


Рис. 1.12. Пластиновый сжим типа СПЦ:

1 — гайка; 2 — болт; 3 — пластины

прямым углом канатов поперечного и продольного формовочного такелажа с диаметрами 12...20 и 15...30 мм. Этот сжим исключает возможность самораскрытия в процессе буксировки плотов.

Пластиновые сжимы типа СПЦ (рис. 1.12) используют для соединения под прямым углом каната и цепи. В отличие от сжима типа СПК сжим типа СПЦ имеет меньшую удерживающую силу, затрудняет применение

гайковерта; есть вероятность потери деталей, но зато он обладает меньшими массой и стоимостью.

В концевые петли канатов 1 для обеспечения их прочности закладывают *коуши* 3 (рис. 1.13). Для стальных канатов рекомендуется применять коуши, соответствующие им по форме и сечению. Свободный конец петли прикрепляют к канату заплеткой, путем опрессовки алюминиевых обойм, скрутки стальных патрубков и использования сдвоенных сжимов. Прочность заделки принимается от прочности стальных канатов диаметром 12...30 мм: для заплетки — 82...92 %, опрессовки алюминиевыми обоймами и для хомутовых сжимов — 92...95 %.

Стандартом принята заделка коушей для канатов диаметром до 18 мм одной гильзой, а канатов диаметром 18...32 мм — двумя гильзовыми сжимами 2.

Расчет прочности такелажа и отдельных элементов плота. При расчете лежней бортовые и средние лежни в процессе буксировки

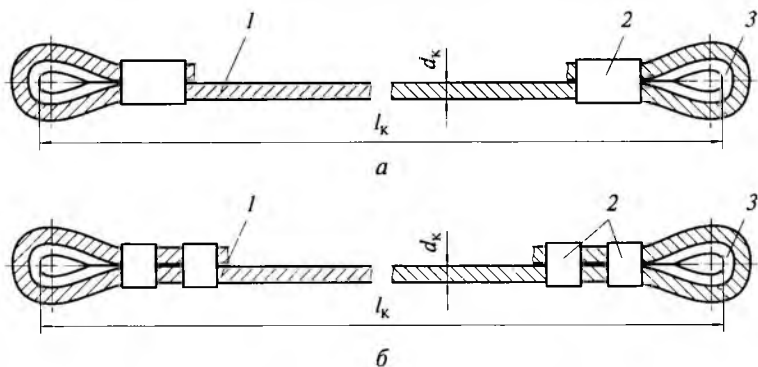


Рис. 1.13. Формировочный канат:

а — диаметром 12...17,5 мм; б — диаметром 18...32 мм; 1 — стальной канат; 2 — гильзовый сжим; 3 — коуш; l_k и d_k — соответственно длина и диаметр каната

плота работают неравномерно: на средние лежни приходится 80 % усилия, воспринимаемого бортовым лежнем. Разрывное сопротивление R_n , Н, бортового лежня определяют по формуле

$$R_n = K_3 R / (m + 0,8n),$$

где K_3 — коэффициент запаса прочности, $K_3 = 3 \dots 4$; R — сопротивление движению плота, Н; m — число бортовых лежней, шт.; n — число средних лежней, шт.

Расчетное усилие в лежне обычно принимают равным силе тяги на гаке буксировщика. Усилие, воспринимаемое головными растяжками, зависит от силы тяги на гаке, а воспринимаемое хвостовыми растяжками — от усилий, приложенных к плоту при его остановке.

Усилие в головных растяжках P_r , Н, определяют по формуле

$$P_r = 0,3 F_T / (2 \cos \alpha), \quad (1.10)$$

где F_T — сила тяги на гаке буксировщика, Н; α — угол между растяжкой и осью плота, ...°.

Усилие в хвостовых растяжках P_x , Н, рассчитывают по формуле

$$P_x = 0,3 R / (2 \cos \alpha), \quad (1.11)$$

где R — сопротивление движению плота при остановке, Н.

Сечение растяжек подбирают по разрывному усилию, значение которого получают увеличением в 3 раза ($K_3 = 3$) усилий, полученных по формулам (1.10) и (1.11).

Максимальное усилие в поперечных счалах P_c , Н, сортиментных и хлыстовых плотов при их буксировке на спокойной воде находят по формуле

$$P_c = 5,3 v l_c^2 n_p,$$

где v — скорость движения плота относительно воды, м/с; l_c — длина счала по ширине одной секции, м; n_p — число рядов пучков между счалами по длине секций, шт.

Разрывное усилие в поперечном счале $P_{c.p}$, Н:

$$P_{c.p} = K_3 P_c,$$

где K_3 — коэффициент запаса прочности, $K_3 = 3$.

Разрывное усилие в бортовом комплекте сортиментных плотов на спокойной воде и на волнении рассчитывают по соотношению

$$P_{б.р} = \frac{R}{2 n_6 \cos \alpha},$$

где n_6 — число одновременно работающих бортовых комплектов, шт., принимается в пределах 20 ... 40 % от общего числа комплектов

по борту плота; α — угол между борткомплексом и лежнем, ...°, $\alpha = 80^\circ$.

В случае соединения лежней и борткомплектов при помощи пластинчатых сжимов натяжение, передаваемое с лежня на борткомплект, определяется держащей силой сжима. При этом часть сопротивления плота, передаваемого на один борткомплект:

$$R_6 = R/(2n_6).$$

Максимальное усилие в борткомплекте сортиментных плотов при их буксировке на волне можно определить по зависимости

$$P_6 = (K + K_1)Gg, \quad (1.12)$$

где K — коэффициент пропорциональности натяжения борткомплекта пучка; K_1 — коэффициент, учитывающий дополнительное натяжение в борткомплекте от действия сил инерции при качке плота в период волнения, G — масса пучка, приходящаяся на один борткомплект, кг; g — ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с².

Коэффициент пропорциональности натяжения борткомплекта пучка

$$K = 0,025/(C - 0,7),$$

где C — коэффициент формы пучка.

Коэффициент K_1 устанавливают по следующим формулам:

- для борткомплектов, установленных на отдельном пучке:

$$K_1 = 0,122 C^2[(0,3C + 0,5)/(C^2 + 0,5)];$$

- борткомплектов, соединенных «в обхват»:

$$K_1 = 0,061(0,35C + 0,5)[(C^2 - 1)/(5C^2 + 1)];$$

- борткомплектов, соединенных «восьмеркой»:

$$K_1 = 0,49 C^2[(0,3C + 0,5)/(5C^2 + 0,5)] + 0,017 C^3/(C^2 + 1).$$

Максимальные усилия, возникающие в борткомплекте хлыстовых плотов при волнении, определяют по формуле

$$P_6 = 0,5P_{\text{л}}, \quad (1.13)$$

где $P_{\text{л}}$ — максимальное натяжение в бортовых лежнях плота, Н.

Сечения борткомплектов подбирают из условия

$$P_{6,p} = K_3 P_6.$$

Значение натяжения P_6 рассчитывают по формулам (1.12) и (1.13).

1.6. Сопротивление воды движению плотов

Для построения диспетчерских графиков движения пучковых плотов по водным магистралям необходимо знать сопротивление воды движению плотов R . Сопротивление воды движению пучковых плотов при их продольном расположении и отношении ширины плота B к его осадке T больше десяти, т.е. $B/T \geq 10$, можно определить по формуле

$$R = C_R \frac{\rho v^2}{2} BT, \quad (1.14)$$

где C_R — коэффициент сопротивления плота, $(\text{Н} \cdot \text{с}^2)/\text{м}^4$; ρ — плотность воды, $\text{кг}/\text{м}^3$; v — скорость движения плота относительно воды, $\text{м}/\text{с}$.

Значение коэффициента C_R устанавливают по зависимости

$$C_R = C_{R0}(1 + \chi_c + \chi_m + \chi_b),$$

где C_{R0} — коэффициент сопротивления плота в случае его буксировки на длинном буксирном канате по гладкой глубокой воде; χ_c , χ_m и χ_b — коэффициенты, выражающие увеличение сопротивления плота при его транспортировке соответственно на коротком буксирном канате, по мелководью и по взволнованной поверхности воды.

В случае буксировки плотов по каналам коэффициент C_R можно вычислить по соотношению

$$C_R = C_{R0}(1 + \chi_c + \chi_k),$$

где χ_k — коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления плота при его движении в канале с ограниченной шириной B_k и глубиной H .

Коэффициент сопротивления C_{R0} находят по следующим формулам:

- для сортиментных плотов

$$C_{R0}^c = 1,82 + 0,007 \frac{L}{T}; \quad (1.15)$$

- хлыстовых плотов

$$C_{R0}^x = 1,63 + 0,0125 \frac{L}{T}, \quad (1.16)$$

где L — длина плота, м.

Коэффициент χ_c рассчитывают по формуле

$$\chi_c = \frac{1,504\delta\sqrt{C_R}}{\frac{L_k}{\sqrt{BT}}} \left(1 + \frac{0,376\delta\sqrt{C_R}}{\frac{L_k}{\sqrt{BT}}} \right),$$

где L_k — длина буксирного каната, м; $\delta = 1 - \frac{\frac{L_k}{\sqrt{BT}}}{\frac{L_{k,o}}{\sqrt{BT}}}$ — поправочный

множитель. Здесь $L_{k,o}$ — оптимальная длина буксирного каната при транспортировке плота по спокойной воде, зависящая от мощности буксирного судна N , кВт:

N , кВт	До 100	220	331	441	588	883
$L_{k,o}$, м.....	80 ... 150	200	230	270	300	350

При упрощенных расчетах величину χ_c можно находить по соотношению

$$\chi_c = \frac{0,98}{e^{0,1 \frac{L_k}{\sqrt{BT}}}}.$$

Коэффициент χ_m вычисляют по формуле

$$\chi_m = \frac{K \left(\frac{\bar{H}}{\bar{H} - 1} \right)^2 - 1}{1 + \frac{C_1}{C_2} \frac{L}{T}},$$

где $\bar{H}$ — относительная глубина судового хода, $\bar{H} = H/T$; C_1 и C_2 — эмпирические коэффициенты, для сортиментных плотов $C_1 = 1,82$ и $C_2 = 0,007$, для хлыстовых плотов $C_1 = 1,63$ и $C_2 = 0,0125$; K — эмпирический коэффициент, зависящий от относительной глубины судового хода $\bar{H}$:

$\bar{H}$	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8
K	0,47	0,58	0,63	0,66	0,68	0,70	0,72	0,73	0,74

При ориентировочных расчетах коэффициент χ_m следует рассчитывать по формуле

$$\chi_m = \frac{1,48}{\bar{H}^2}.$$

Значения коэффициента χ_b при встречном волнении

Высота волны h_b , м	Коэффициент χ_b при скорости движения плота v , м/с								
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
0,8	0,22	0,17	0,13	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
1,1	0,52	0,40	0,28	0,23	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09
1,3	0,86	0,65	0,46	0,36	0,28	0,24	0,20	0,18	0,16
1,6	1,72	1,16	0,88	0,64	0,50	0,43	0,35	0,32	0,30
1,9	2,86	1,94	1,38	1,07	0,83	0,71	0,58	0,54	0,51

Значение коэффициента χ_b устанавливают по табл. 1.1.

Значение коэффициента χ_k можно вычислить по формуле

$$\chi_k = \left[1 + \frac{0,4}{\left(\frac{B_k}{B} \right)^2} \right] \left[1 + \frac{K \left(\frac{\bar{H}}{\bar{H} - 1} \right)^2 - 1}{1 + \frac{C_1}{C_2} \frac{L}{T}} \right] - 1.$$

При расчете транспортных характеристик плотов обычно определяют и приведенное сопротивление плота r , представляющее собой отношение сопротивления воды движению плота к квадрату скорости его перемещения относительно воды, т.е. $r = R/v^2$, [Н·с²/м²].

Приведенное сопротивление плота в случае его буксировки на длинном канате по гладкой глубокой воде при плотности воды $\rho = 10^3$ кг/м³ можно получить из формул (1.14) — (1.16):

- для сортиментных плотов

$$r_0^e = (910T + 3,5L)B;$$

- хлыстовых плотов

$$r_0^x = (815T + 6,25L)B.$$

В случае буксировки плота в штилевых условиях скорость его движения v относительно воды находят по формуле

$$v = \sqrt{\frac{F_r + P_i}{r_0(1 + \chi_c + \chi_m)}},$$

где F_r — сила тяги буксира на гаке, Н, которая соответствует работе его двигателей на эксплуатационном режиме, т.е. на режиме

работы двигателей в течение длительного периода времени; данные о величине силы F_r обычно приводятся в паспортных данных буксиров; P_i — проекция силы тяжести плота на направление его движения, Н:

$$P_i = 9,81 \cdot 10^3 \bar{\rho}_g W_{\text{пл}},$$

где $\bar{\rho}_g = \rho_g / \rho$ — относительная плотность лесоматериалов; ρ_g — плотность леса (древесины), кг/м³; ρ — плотность воды, кг/м³; $W_{\text{пл}}$ — объем лесоматериалов в плоту, м³.

При транспортировке плотов по каналам скорость движения плота определяют по соотношению

$$v = \sqrt{\frac{F_r + P_i}{r_0(1 + \chi_c + \chi_k)}}.$$

Если буксировка плотов производится в условиях ветроволнового режима, то скорость движения плота рассчитывают по формуле

$$v = \sqrt{\frac{F_r^{\text{вл}} + P_i + P_v}{r_0(1 + \chi_c + \chi_m + \chi_v)}}, \quad (1.17)$$

где $F_r^{\text{вл}}$ — сила тяги буксира на гаке в условиях ветроволнового режима, Н; P_v — проекция силы воздействия ветра на направление движения плота, Н; величина этой силы рассчитывается по формуле

$$P_v = \zeta_v \frac{\rho_{\text{возд}} v_v^2}{2} BL,$$

где ζ_v — коэффициент сопротивления надводной поверхности плота, для сортиментных плотов $\zeta_v = 0,012$, для хлыстовых плотов $\zeta_v = 0,015$; $\rho_{\text{возд}}$ — плотность воздуха, $\rho_{\text{возд}} = 1,225$ кг/м³; v_v — расчетная скорость ветра, м/с.

В этой формуле положительное значение P_v соответствует попутному ветру, а отрицательное — встречному.

Величину χ_v устанавливают по табл. 1.1, при этом скорость плота принимают равной v .

При буксировке плота при наличии ветроволнового режима необходимо соблюдать условие: $F_r^{\text{вл}} < F_r$. При отсутствии данных о зависимости тяги от скорости движения буксира этим условием можно пренебречь, поскольку в характерном для буксировки плотов диапазоне изменения скорости $v = 0,4 \dots 0,8$ м/с тяга буксира незначительно отличается от ее значения на швартовых.

После определения скорости буксировки плота вычисляют ходовое время транспортировки t , r , по рассматриваемому участку с помощью формулы

$$t = \frac{l}{3,6(v + v_{\text{теч}})},$$

где l — длина участка буксировки плота, км; $v_{\text{теч}}$ — скорость течения, м/с.

При решении вопроса о практической целесообразности учета влияния струй от движителей буксира, мелководья и волнения на значение сопротивления движению плота можно ориентироваться на следующие данные: коэффициенты χ_c , χ_m и χ_b имеют значения менее 0,6 при длине буксирного каната $L_k > 28\sqrt{BT}$, глубине воды $H > 5T$ и высоте волны $h_b \geq 0,6$ м, т.е. при силе ветра менее трех баллов.

При определении типа буксира надо исходить из следующих соображений: проект судна следует устанавливать исходя из обеспечения необходимого тягового усилия F_r , которое в свою очередь позволит получить нужную скорость транспортировки плота v заданного объема $W_{\text{пл}}$.

1.7. Судовые перевозки лесоматериалов

В судах перевозят следующие лесные грузы: круглый лес, пиломатериалы, заготовки для мебельного производства, дома или комплектующие изделия для домостроения, древесно-стружечные и древесно-волокнистые плиты, фанеру, шпон, технологическую щепу, целлюлозу, бумагу, технический картон и т.д.

Для перевозки лесных грузов используют сухогрузные суда, которые подразделяют на самоходные, несамоходные и секционные составы. В настоящее время получили наибольшее распространение крупнотоннажные суда грузоподъемностью 2 000...5 300 т и секционные составы грузоподъемностью до 7 500 т. На международных перевозках лесных грузов применяют морские суда грузоподъемностью 3 000...20 000 т.

По условиям плавания (ветроволнового режима) суда подразделяются на пять разрядов: М — морские, О — озерные, Р — речные, Л — лесосплавные; М-СП — смешанного плавания. Судалесовозы смешанного плавания (река — море) служат для бесперевалочной перевозки лесных грузов как по речным, так и по морским путям.

Суда для перевозки грузов по внутренним водным путям классифицируют по грузоподъемности и конструкции. Для определе-

ния судочасовых норм погрузки и выгрузки суда подразделяют по грузоподъемности на четыре группы: первая — до 500 т; вторая — 501 ... 1 900 т; третья — 1 901 ... 3 000 т и четвертая от 3 001 т и более, а по конструкции на четыре типа: I — площадки; II — открытые; III — полуоткрытые и IV — закрытые.

Отнесение судна к тому или иному типу проводят исходя из значения коэффициента вертикальной проницаемости и по наименьшим размерам люков. Коэффициент вертикальной проницаемости представляет собой отношение площади просветов люков к площади трюмов (табл. 1.2).

Для перевозки лесных грузов целесообразно использовать открытые суда, а также баржи-площадки и только в исключительных случаях полуоткрытые суда. Суда, на которых перевозят лесные грузы, имеют разную «раскрытость палубы»: у грузовых теплоходов она изменяется в пределах 37 ... 60 % общей площади палубы, а у секционных составов достигает 97 %, что обеспечивает быструю погрузку лесоматериалов. Вместимость трюмов у крупных лесовозов достигает 4 500 м³.

В соответствии с действующими правилами технического надзору Речного Регистра подлежат самоходные суда мощностью 37 кВт и более. Технический надзор за такими судами осуществляют инспекции Речного Регистра бассейновых управлений судоходства.

Суда для перевозки лесных грузов также подразделяют на лесовозы, лесовозы-пакетовозы и щеповозы.

Самоходные суда. Для перевозки лесоматериалов наибольшее распространение получили сухогрузные теплоходы с вместимостью трюмов более 3 000 м³, эти суда более экономичны по сравнению с сухогрузами малой грузоподъемности.

Секционные составы. Секционный состав ССО-7500 состоит из двух грузовых секций грузоподъемностью 3 750 т каждая и тепло-

Таблица 1.2

Классификация судов по конструкции

Тип судна	Коэффициент вертикальной проницаемости	Наименьшие размеры люков, м	
		Длина	Ширина
I (площадка)	1,0	—	—
II (открытое)	0,6 и выше	9 500	6 240
III (полуоткрытое)	От 0,3 до 0,6 включительно	9 500	5 980
IV (закрытое)	До 0,3 включительно	7 010	2 800

хода-толкача мощностью 985 кВт, габаритная длина состава с толкачем — 236 м.

Трюмы грузовых секций не имеют поперечных перегородок, что облегчает погрузку лесоматериалов.

Сборный состав из четырех секций (баржи) ПСО-3000 проекта Р-29 и толкача мощностью 1 460 кВт имеет суммарную габаритную длину 418,5 м (без толкача — 373 м) и грузоподъемность 12 000 т. В трюмах баржи отсутствуют перегородки, это отвечает требованиям погрузки и размещения леса. Секции состава взаимозаменяемы и могут располагаться как в кильватер, так и в две нитки.

За рубежом также широко применяют несамоходные баржи, оборудованные кранами для погрузки и разгрузки лесоматериалов.

Например, в Британской Колумбии (Канада) при перевозке лесоматериалов вместо сигарообразных плотов широко используют самозагружающиеся и саморазгружающиеся баржи длиной 138 м, шириной 29,5 м и вместимостью 12 000 м³. Такие баржи буксируют суда мощностью 2 700 кВт со скоростью 14,8 км/ч, разгружают их в течение 40 мин. На барже установлено два крана грузоподъемностью 55 т со стрелой 35 м, эти краны загружают баржу за 24...26 ч; каждый кран оснащен грейфером (захватный диаметр грейфера — 3,7 м).

Баржи разгружают методом кренования, для этого на правом боку баржи имеется балластная система в виде специальной емкости (танка), которая наполняется водой для обеспечения устойчивости и плавного перехода баржи от нагруженного к разгруженному положению. Суда загружают пакетами объемом 23 м³.

Аналогичные технологии судовых перевозок лесоматериалов применяют и в Швеции, но погрузку и выгрузку пакетов леса производят кранами.

Несамоходные суда. К несамоходным относят сухогрузные суда «корытообразного» типа и баржи-площадки вместимостью 1 800...4 500 м³.

Металлические открытые трюмные баржи с двойным дном и бортами имеют грузоподъемность до 3 000 т и объемы трюмов 3 240...3 480 м³ и предназначены как для буксировки, так и толкания.

Металлические баржи-площадки грузоподъемностью 1 000...2 800 т используют для перевозки лесных грузов на магистральных речных путях способом толкания или буксировки. Баржи обычно оборудованы устройством для саморазгрузки: на палубе предусмотрен настил из наклонных деревянных брусьев или в корпусе судна имеются цистерны для кренования.

Как указывалось ранее, для транспортировки лесоматериалов зарубежные страны используют морские крупнотоннажные суда водоизмещением до 20 тыс. т.

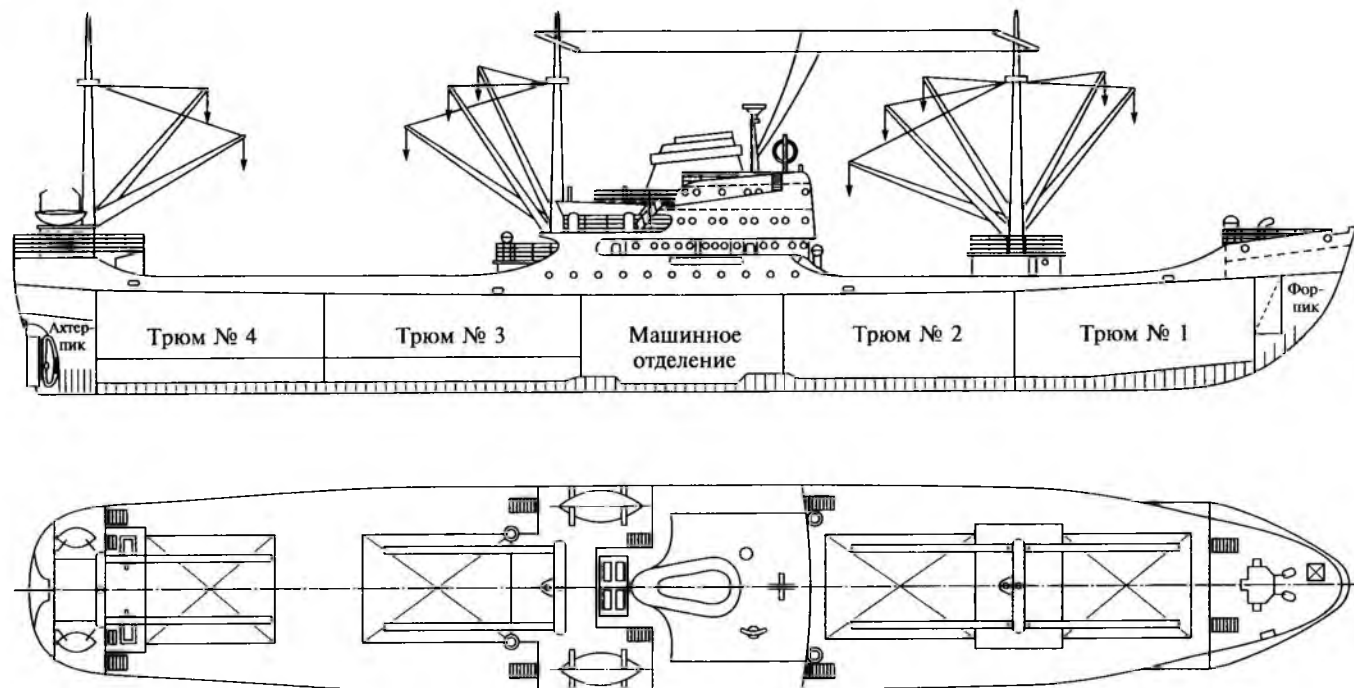


Рис. 1.14. Схема лесовоза «Беломорсклес» проекта В-45

Все морские суда для перевозки лесных грузов оборудованы грузовыми устройствами: кранами, легкими и тяжеловесными стрелами, а также грузовыми лебедками. Скорость таких судов при полной загрузке изменяется в пределах 20...25 км/ч.

В качестве примера представлена схема лесовоза «Беломорсклес» проекта В-45 (рис. 1.14), имеющего следующие характеристики:

Наибольшая длина судна $L_{\text{нб}}$, м	123,9
Ширина судна B , м	16,74
Осадка порожнего судна t_0 , м	2,92
Осадка в полном грузу по летнюю грузовую марку T , м	7
Водоизмещение судна в полном грузу по летнюю грузовую марку в морской воде D , т	9 530
Общая вместимость трюмов W_t , м ³	7 558
Скорость судна в полном грузу v , км/ч	25,3
Мощность главных двигателей N , кВт	4 010
Дедвейт судна DW , т	6 036
Грузовое устройство:	
стрелы легкие грузоподъемностью G , кН	98
стрелы тяжелые грузоподъемностью G , кН	147...490,5
вылет стрелы l , м	6,5
общее число стрел, шт.	10

Технология и механизация погрузки лесоматериалов в суда. Погрузка лесоматериалов в суда регламентируется судовыми нормами, в тоннах в час, которые зависят от типа и грузоподъемности судна, рода груза и вида упаковки, а также грузооборота причала. В случае поступления леса в плотях при погрузке круглых лесоматериалов из однорядной шети бревен (щеть — бревна, установленные в определенном порядке) чаще всего используют плавучий кран КПЛ-5-30 грузоподъемностью 5 т со сменными стропами. При этом целесообразно иметь два погрузочных дворика к каждому крану для бревен длиной 4,5 и 6,5 м. Производительность крана достигает 140 м³/ч, сменная производительность причала, оснащенного двумя кранами, — 1 400...1 600 м³. Причал обслуживает 22 чел.

Для погрузки из однорядной шети разработан специальный грейфер проекта № 2685А с размахом челюстей 5 900 мм и вместимостью 4,2 м³. Производительность крана КПЛ-5-30 с этим грейфером составляет 500 м³ древесины в смену.

При наличии кранов грузоподъемностью 10 т до погрузки щеть уплотняют машинами: МШ-3, станком Вологодской сплавной конторы, специальным устройством ЦНИИ лесосплава ЛР-63-1 или Р-4, оборудованным лопастным нагнетателем непрерывного действия и бункером, из которого производится захват бревен грейфером крана. Объем захватываемой пачки 9...11 м³, производительность крана 200 м³/ч и 1 000...1 200 м³ в смену. Погрузка леса производится с помощью самоотцепляющихся строп.

Численность бригады на погрузке составляет 10 чел.: 2 чел. — на подаче леса, 4 чел. — на установке щети, 2 чел. — на застропке и 2 чел. — на кране.

Когда на погрузке применяют 16-тонные краны совместно с устройством Р-4, продолжительность цикла погрузки составляет 130 с, средний объем захватываемой грейфером пачки 10 м^3 и производительность $250 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Если на рейд поступает лес в пучках, масса которых превышает грузоподъемность крана, то с пучков снимают обвязки и создают многорядную или однорядную щеть, а затем краном с грейфером ведут погрузку. Производительность крана КПЛ-5-30 с грейфером проекта № 2103Б составляет $100...120 \text{ м}^3/\text{ч}$. Для предотвращения утопа при роспуске пучков используют устройство ЛР-63-1. Обслуживает кран и устройство бригада из 6 чел.: 1 чел. — на кране, 2 чел. — на подаче пучков, 2 чел. — на снятии обвязок, 1 чел. — на судне.

Погрузку лесоматериалов в суда целыми пучками применяют при грузоподъемности кранов более 15 т. В случае поступления леса в плотках на рейде расформируют плоты, подают пучки в погрузочные дворики, производят застропку пучков со снятием обвязок, перемещают и укладывают лесоматериалы в судне. При погрузке применяют самоотцепляющиеся стропы. Бригада состоит из 10 чел.: 2 чел. — на расформировке плота, 3 чел. — на подаче пучков, 2 чел. — на застропке, 1 чел. — на снятии обвязок, 2 чел. — на кране. Если средний объем пучка 18 м^3 , то производительность крана «Ганц» грузоподъемностью 16 т на погрузке барж-площадок составляет $1\,600 \text{ м}^3$ в смену.

При погрузке лесоматериалов в суда с берега используют плавучие краны КПЛ-5-30 и КПЛ-10-30, которые перемещаются вдоль берега по всему фронту погрузки. Из отдаленных штабелей пачки бревен подвозят сплотно-транспортными агрегатами В-43.

Погрузочный пункт с одним краном КПЛ-5-30 и двумя агрегатами В-43 обслуживает бригада из 12 чел., в том числе 1 чел. — крановщик, 1 чел. — моторист, 2 чел. — трактористы, 6 чел. — строповщики, 2 чел. — укладчики в судне; производительность линии не менее 600 м^3 в смену.

Производительность крана КПЛ-5-30 с грейфером вместимостью $4,8 \text{ м}^3$ при погрузке по варианту автолесовоз — судно составляет $450...600 \text{ м}^3$ древесины в смену.

При расположении берегового склада на большом расстоянии от воды и грузообороте $250...300 \text{ тыс. м}^3$ перспективна система машин: два консольно-козловых крана ККЛ-16, один порталый или плавучий кран грузоподъемностью 16 т и четыре автопоезда на базе КраЗ-255Л; производительность системы составляет $1\,200 \text{ м}^3$ древесины в смену.

В перспективе получают развитие пакетные перевозки лесоматериалов, позволяющие повысить производительность труда на погрузочно-разгрузочных работах на 30...40 %.

На погрузочно-разгрузочных операциях в морских портах, кроме того, применяется следующее оборудование: порталный кран грузоподъемностью 5...40 т; мостовые краны — 7,5...10 т; консольно-козловые краны — 10 т; контейнерные краны типа RTG — 41 т; контейнерные перегружатели — 45 т; автопогрузчики — 2,0...12 т; лесопогрузчики — 8...9 т; погрузчики зарубежных фирм Kalmar, Valmet, Volvo, Hyster грузоподъемностью 1,5...25,0 т; гусеничные краны грузоподъемностью 25,0 т и технологический транспорт.

В последнее время на погрузочно-разгрузочных операциях с лесными грузами широко применяют лесоперегружатели немецкой фирмы Terex-Fuchs и, в частности, перегружатель MHL-464. Это погрузочное устройство имеет допустимый вылет стрелы до 16 м, что позволяет вести разгрузку вагонов или автомобилей без перегрузки на причал прямо в трюм судна. Производительность этого агрегата на погрузке леса в суда до 160 м³/ч.

На погрузке лесоматериалов в суда может быть использован шведский погрузчик Liberr lightronic, обладающий высокой маневренностью и большой производительностью, в зависимости от расстояния перемещения груза его производительность изменяется в пределах 150...170 м³/ч.

Способы укладки лесоматериалов в суда. Погрузочно-разгрузочные работы при обработке судов регламентируются Правилами перевозок грузов и другими нормативными документами.

В случае погрузки в суда круглых лесоматериалов россыпью соблюдают следующие правила:

- в трюмах лес укладывают штабелями вдоль судна, а поперек — только в свободных местах между штабелями и в местах установки оградительных стоек;
- на бортовых потопчинах палубы лесоматериалы размещают вдоль судна, а выше комингсов люков — поперек судна в два ряда с уклоном к диаметральной плоскости, при этом не допускается, чтобы бревна выступали за пределы бортов;
- для обеспечения видимости при судовождении на палубе разных судов лес укладывают с уклоном от кормы к носу;
- на баржах-площадках для удобства их разгрузки лесоматериалы размещают поперек судна штабелями на бревнах-подкладках, уложенных вдоль баржи.

Пакеты лесоматериалов с полужесткими стропами укладывают в суда следующим образом:

- пакеты лесоматериалов длиной 4,5...6,0 м размещают в трюмах судов в клетку, в свободных местах разрешается размещение пакетов в любом направлении;

- короткомерные сортаменты в начале погрузки укладывают в трюмах как вдоль, так и поперек судна, но в каждом следующем ярусе пакеты лесоматериалов располагают параллельно нижележащим пакетам;

- при загрузке трюмов длинномерными и короткомерными сортаментами вначале укладывают короткомерные пакеты, а затем — длинномерные;

- на палубе длинномерные пакеты располагают уступами с их понижением от кормы к носу, высота же штабеля в корме определяется высотой ходовой рубки и ограничительных огней;

- смешанная погрузка пакетов леса и россыпью в один и тот же трюм допускается в исключительных случаях, при этом вначале укладывают лес россыпью, а затем на выравненную поверхность грузят пакеты.

Пакеты лесоматериалов в гибких стропях (цилиндрические) размещают в трюмах вдоль судна в виде многоярусных штабелей. На палубах озерных и речных судов пакеты укладывают поперек судна с понижением по высоте от кормы к носу. На палубах судов смешанного плавания пакеты размещают вдоль судна и опирают на боковые стойки, которые устанавливаются в гнезда.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение лесосплава. Какие имеются виды лесосплава?
2. От чего зависит плавучесть круглых лесоматериалов?
3. Какими способами повышают плавучесть?
4. Как определить интервал между секциями гибкого плота?
5. Какими условиями определяется конструкция гибкого плота?
6. Какими характеристиками оценивают транспортные качества плотов?
7. Как влияет глубина судового хода и длина буксирного каната на сопротивление движению плота?
8. Как определить скорость движения плота относительно воды?
9. Какие основные типы судов применяют для перевозки лесных грузов?
10. Что представляют собой единые судочасовые нормы и для каких целей они предназначены?
11. Перечислите основные технологические схемы погрузки лесоматериалов в суда и применяемое при этом оборудование.
12. Каковы основные требования к укладке лесоматериалов в суда?
13. Перечислите основные виды лесопродукции, перевозимые в судах.
14. Каковы основные достоинства водного транспорта леса?
15. Каковы основные недостатки водного транспорта леса?
16. Перечислите основные транспортно-технологические схемы водного транспорта леса.
17. Напишите уравнение изменения плотности круглых лесоматериалов при лесосплаве.

18. Каким образом можно достигнуть уменьшения размаха колебаний плотности круглых лесоматериалов?

19. Для чего применяют подплав?

20. В каких пределах находится значение показателя гибкости плотов для жестких, полужестких и гибких плотов?

21. Перечислите способы остановки плотов.

22. Каковы основные отличия первоначального плотового лесосплава от магистрального?

23. Какими мероприятиями повышают волноустойчивость плотов?

24. Какие элементы крепления применяют в современных плотях?

ЛЕСОСПЛАВНЫЕ ПУТИ, ГИДРОДИНАМИКА ПОТОКА

2.1. Реки, речные системы и бассейны

Общие определения и характеристики. *Рекой* называют постоянный водоток, текущий в разработанном им русле и питающийся стоком атмосферных осадков с площади своего бассейна.

Реку, впадающую в океан, море или крупное озеро, называют *главной рекой*. Реки, впадающие в главную реку, считаются *притоками первого порядка*; реки, впадающие в эти притоки, — *притоками второго порядка* и т.д. Главная река с ее притоками (всех порядков) образует *речную систему*. В принципе, в качестве главной реки может рассматриваться любая река, замыкающая определенную речную систему.

Начало реки называется *истоком*. На реках, начинающихся в болотах, за исток принимается место, где появляется поток с постоянным руслом. Истоком реки, начинающейся из озера, считается створ в месте выхода реки. За исток некоторых рек принимается место слияния двух рек другого названия.

Устьем реки называется место впадения ее в море, озеро или другую реку. Если река в нижнем течении делится на ряд протоков, за ее устье принимается устье самого крупного рукава.

Длиной реки считается ее протяжение от истока до устья, измеренное по стрежню реки с учетом всех извилин. По стрежню же реки размечают и ее километраж, отсчитываемый обычно от устья реки.

Степень извилистости реки или ее участка оценивают коэффициентом извилистости, равным отношению истинной длины рассматриваемого участка к длине прямой, соединяющей концы этого участка.

Питание реки водой осуществляется за счет стока в нее поверхностных осадков и поступления грунтовых вод. Часть земной поверхности, включая толщу почвогрунтов, с которой происходит сток воды в отдельную реку или речную систему, называется ее *бассейном*, или *водосбором*.

Границы бассейнов отдельных рек или речных систем ограничиваются замкнутыми линиями — *водоразделами*, проходящими по самым повышенным точкам бассейна. Все осадки, выпадающие

в пределах площади, ограниченной водоразделом, будут стекать в данную реку или речную систему. Положение линии водораздела устанавливают по крупномасштабным топографическим картам с горизонталями, а при отсутствии их — приблизительно по середине между истоками рек, относящихся к разным речным системам.

Площадь водосбора — это один из основных исходных параметров в большинстве гидрологических расчетов. Различают полную площадь водосбора реки или речной системы в целом; частные водосборы, относящиеся к отдельным частям бассейна, — например к отдельным рекам, входящим в рассматриваемую речную систему; площадь водосбора в створе реки. Понятно, что чем ниже по течению расположен створ, тем больше для него будет площадь водосбора. Значение площади водосбора определяют планиметрированием площади, ограниченной водораздельной линией или тяготеющей к данному створу реки.

Часто возникает необходимость знать площади водосбора в большом числе створов реки. В этом случае строят график нарастания площади водосбора F .

На линии главной реки разбивают километраж и фиксируют места впадения в нее всех притоков первого порядка. Затем полную площадь водосбора, ограниченную водораздельной линией, делят на частные водосборы (рис. 2.1); на рис. 2.1, *а* — это площадь ΔF_1 , примыкающая к верхнему бесприточному участку главной реки, ΔF_2 и ΔF_4 — частные водосборы двух притоков, а ΔF_3 и ΔF_5 — водо-

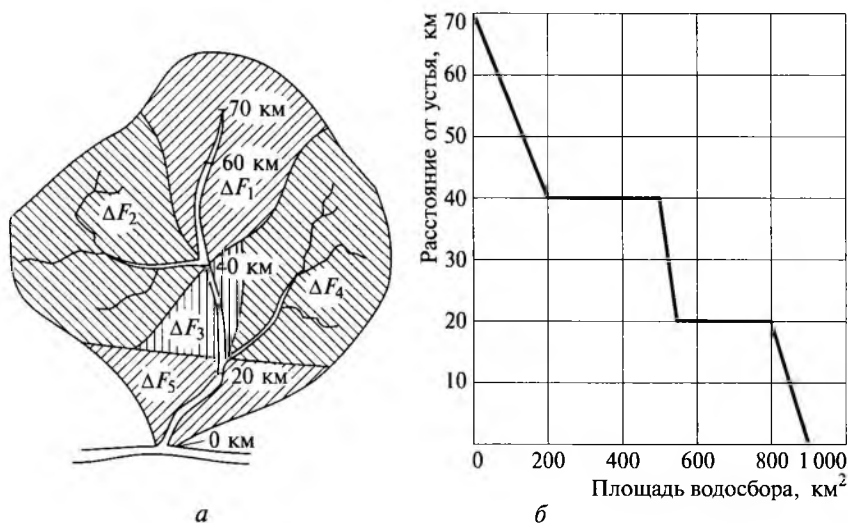


Рис. 2.1. Определение площади водосбора:

а — бассейн с частными водосборами; *б* — график нарастания площади водосбора

сборные площади, примыкающие непосредственно к главной реке (между впадением в нее притоков). Положим, что в результате планиметрирования частных водосборов с учетом масштаба карты оказалось: $\Delta F_1 = 200 \text{ км}^2$; $\Delta F_2 = 300 \text{ км}^2$; $\Delta F_3 = 50 \text{ км}^2$; $\Delta F_4 = 250 \text{ км}^2$ и $\Delta F_5 = 100 \text{ км}^2$. В истоке реки условно считают $F = 0$. В пределах бесприточного участка нарастание водосборной площади предполагается равномерным — от 0 до 200 км^2 . Приток, впадающий на 40-м км до устья, увеличивает водосборную площадь на величину ΔF_2 , т.е. доводит ее до 500 км^2 . На следующем бесприточном участке реки (от 20 до 40 км от устья) водосборная площадь постепенно увеличивается на величину ΔF_3 и т.д.

Имея график нарастания площади водосбора по длине реки (рис. 2.1, б), можно определить площадь водосбора в любом створе реки уже без дополнительного планиметрирования.

Иногда строят двухсторонний график нарастания площади водосбора — отдельно для каждого берега. В этом случае площадь водосбора в створе реки F определяют как сумму площадей водосбора с правого $F_{\text{пр}}$ и левого $F_{\text{лев}}$ берегов:

$$F = F_{\text{пр}} + F_{\text{лев}}.$$

Для полной характеристики речного бассейна устанавливают некоторые его показатели, к важнейшим из которых относятся следующие:

- *средняя ширина бассейна*, равная отношению площади бассейна к его длине, взятой по наибольшему протяжению;
- *коэффициент асимметрии бассейна*, характеризующий неравномерность нарастания водосборной площади по правому и левому берегам:

$$a = \frac{F_{\text{лев}} - F_{\text{пр}}}{F};$$

- *средняя густота речной сети* — отношение суммарной длины $\sum L_i$ всех рек в бассейне к его площади:

$$D = \frac{\sum L_i}{F};$$

- *коэффициенты озерности $f_{\text{оз}}$, заболоченности $f_{\text{б}}$ и лесистости $f_{\text{л}}$ бассейна*, определяемые как отношение площади озер $F_{\text{оз}}$, болот $F_{\text{б}}$ и лесов $F_{\text{л}}$ в пределах бассейна к общей площади бассейна F ; эти коэффициенты выражаются обычно в процентах:

$$f_{\text{оз}} = \frac{F_{\text{оз}}}{F} 100; \quad f_{\text{б}} = \frac{F_{\text{б}}}{F} 100; \quad f_{\text{л}} = \frac{F_{\text{л}}}{F} 100.$$

Речное русло, его элементы и законы формирования. Реки протекают по вытянутым в длину понижениям земной поверхности, называемым *речными долинами*.

Форма поперечного профиля речной долины зависит от геологического строения ее склонов, общего рельефа местности, геологического возраста долины и некоторых других факторов. Степень заполнения долины речным потоком меняется вследствие сезонных и многолетних колебаний стока.

Наиболее пониженная часть дна долины, занятая речным потоком, называется *руслом реки*. Часть русла, которая всегда, даже при самых малых расходах воды, заполнена потоком, представляет собой *меженное русло*. Часть долины, заполняемая потоком только при паводках (ежегодно или хотя бы раз в несколько лет), называется *поймой реки*.

Линии перелома поперечного профиля долины от русла к пойме называются *бровками реки*, а линии пересечения водной поверхности с берегами — *урезами воды*. Расстояние между урезами воды в поперечном профиле, называемое *шириной реки по зеркалу воды*, меняется в зависимости от уровня.

Часть поперечного сечения русла, заполненная в данное время водой, называется *живым сечением*. Площадь живого сечения ω подсчитывают по поперечному профилю, построенному на основании промеров глубин.

Средняя глубина в поперечном сечении реки $h_{\text{ср}}$ при данном уровне воды определяется по формуле

$$h_{\text{ср}} = \frac{\omega}{B},$$

где B — ширина реки по зеркалу воды при данном уровне.

Для естественных рек ширина по зеркалу воды обычно во много раз превышает среднюю глубину. В этих условиях разница между длиной смоченного периметра χ и шириной по зеркалу воды B становится относительно все меньше и в конце концов оказывается в пределах точности расчетов. Поэтому в гидрологических расчетах для «широких рек» (условно — при $B > 10h_{\text{ср}}$) считают $\chi \cong B$, и, следовательно,

$$R \cong h_{\text{ср}},$$

где R — гидравлический радиус, $R = \omega/\chi$.

Важнейшей характеристикой реки является ее *уклон* — падение уровня воды на единицу длины:

$$I = \frac{\Delta H}{L},$$

где ΔH — разность отметок уровней воды в двух точках реки, м;
 L — расстояние между этими точками, исчисленное по стрежню реки, м.

Уклоны реки выражают десятичной дробью в процентах, реже в промиллях. Иногда уклон характеризуют километрическим падением, т.е. падением уровня воды в сантиметрах на 1 км реки.

Уклоны рек зависят от рельефа района, в котором они протекают. Но в пределах одного географического района, как правило на малых реках, уклоны больше, чем на крупных.

Русловые формы. В зависимости от характера русла и в значительной степени от его уклона на реке различают плёсовые участки, перекаты, пороги и водопады (рис. 2.2).

Плёт представляет собой сравнительно глубокий участок реки с малым уклоном и небольшой скоростью течения.

Перека́том называют участок реки с малыми глубинами и увеличенными по сравнению с примыкающими к нему плёсами уклоном и скоростью течения. Русло реки на перекате сложено из легко размываемых грунтов и подвержено постоянным деформациям.

Поро́ги имеют малые глубины, значительные уклоны и скорости течения. Образуются пороги при пересечении рекой скальных выступов или каменных гряд, вследствие чего русло в пороге в отличие от перека́тов обладает большой устойчивостью.

Водопа́ды возникают в местах, где скальные породы, выходящие на поверхность ложа реки, образуют более или менее значительный вертикальный уступ.

Формирование русла равнинных участков рек происходит под влиянием эрозионной (размывающей) деятельности потока. Процесс формирования русла прекращается, как только достигается равновесие между размывающей силой потока и способностью данной формы русла сопротивляться размыву. Любое нарушение этого равновесия (прохождение паводка, искусственное изменение формы русла, появление препятствия, влияющего на скоростное поле) влечет за собой новое переформирование. Следовательно,

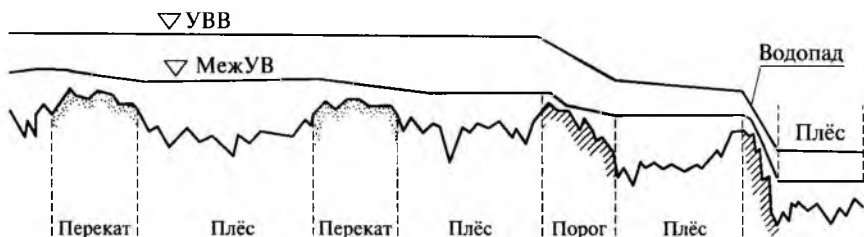


Рис. 2.2. Продольный профиль разных русловых форм:

УВВ — уровень высоких вод; МежУВ — меженный уровень воды (самый низкий уровень)

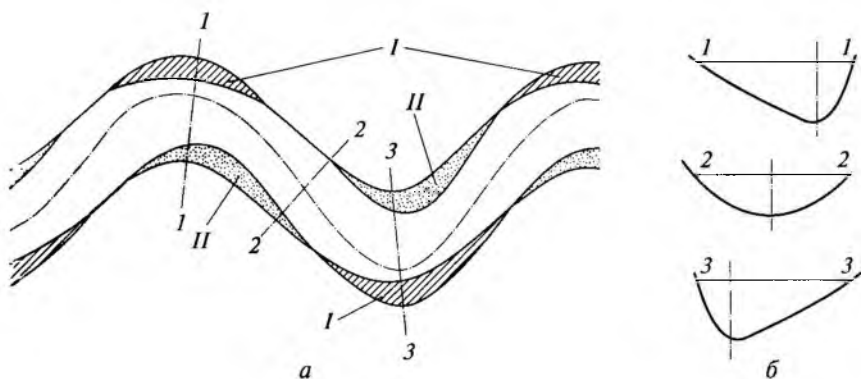


Рис. 2.3. Извилистое русло и его деформации:

а — русло реки; *б* — поперечный профиль русла; 1—1, 2—2, 3—3 — поперечные сечения русла реки; I — участок размыва; II — отложения наносов

форма и размеры устойчивого русла зависят от таких основных руслоформирующих факторов, как расход воды потока, его уклон и характер наносов, слагающих ложе реки. Связь между размерами устойчивого речного русла и этими факторами может быть математически выражена в виде так называемых морфометрических зависимостей.

Русло реки, протекающей в размываемых грунтах, всегда имеет извилистое в плане очертание, являющееся естественной устойчивой формой реки (рис. 2.3, *а*). На рис. 2.3, *б* изображены характерные поперечные профили русла — в местах наибольшей кривизны извилин и на прямолинейном участке; пунктиром с точкой обозначено положение линии наибольших глубин или стрежня русла; цифрами обозначены характерные точки профилей русла. Из рис. 2.3, *б* видно, что на закруглениях русло несимметрично, причем наибольшие глубины располагаются у вогнутого берега; на переходном прямолинейном участке русло имеет меньшие глубины и близкую к параболической форму поперечного сечения; стрежень реки переходит от одного берега к другому, приближаясь к вогнутым берегам и удаляясь от выпуклых.

Устьевые участки равнинных рек также подвержены переформированию русла.

При одновременности прохождения паводка по магистральной реке и ее притоку устье притока может оказываться в подпоре. В этот период на подпертых участках происходит снижение скоростей, вызывающее интенсивное отложение наносов и, следовательно, обмеление русла.

Процессы формирования русла предгорных участков рек подчиняются тем же законам. Однако вследствие больших скоростей

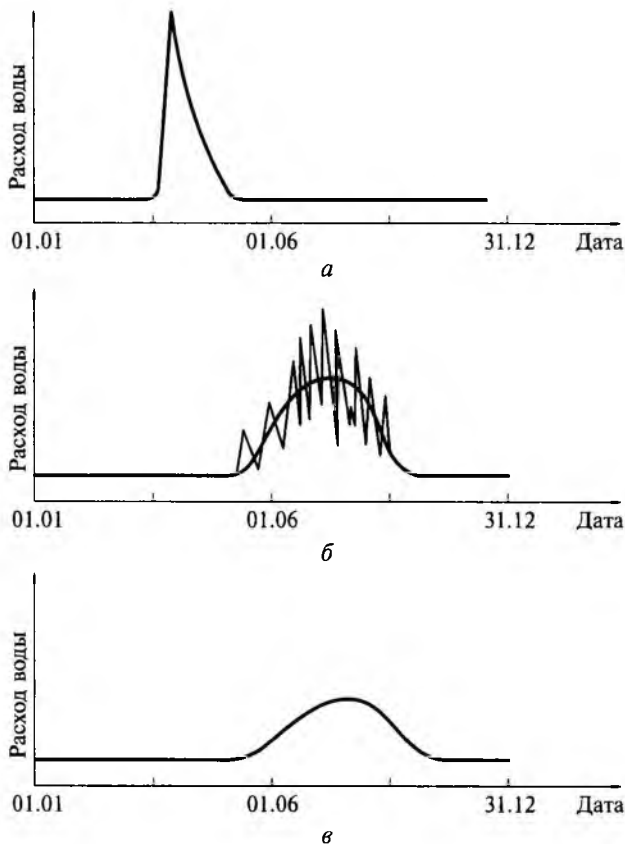


Рис. 2.4. Схематические гидрографы рек с разным типом питания:

а — снеговое; *б* — дождевое; *в* — ледниковое

течения и значительного количества влекомых потоком наносов все русловые процессы проходят здесь более интенсивно.

Режим реки зависит от того, за счет каких источников питания создается ее сток и как он распределяется в течение года. Возможны следующие виды питания рек.

Снеговое — за счет таяния снегов. Для этого вида питания характерно сравнительно короткое (до 2 мес) весеннее половодье, за которое река пропускает до 70 % всего годового стока. Этот тип питания является преобладающим — бассейны рек со снеговым питанием занимают свыше 70 % всей территории страны.

Дождевое — от периодических дождей в определенное время года или от краткосрочных ливней.

Ледниковое — от таяния ледников и вечных снегов в горах.

Грунтовое — за счет грунтовых или подземных вод, аккумулярованных в подземном бассейне реки. В чистом виде почти не

встречается, но в период зимней или летней межени питает все реки, давая в среднем 15...30 % объема годового стока.

Годовые графики изменения расходов воды (гидрографы) для рек с снеговым, дождевым и ледниковым питанием схематично показаны на рис. 2.4.

2.2. Режим уровней и расходов воды

Уровнем воды называется возвышение поверхности воды над некоторой условной плоскостью. В пунктах наблюдения за уровнями воды (на водомерных постах) эту условную плоскость называют *нулем графика*. В тех случаях когда нуль графика связан с высотной съемкой реки, уровни воды получают в отметках (абсолютных или условных).

Уровни воды в реках постоянно изменяются. Различают сезонные, многолетние и случайные колебания уровней. *Сезонные колебания* определяются неравномерностью стока реки в течение года; *многолетние* — изменением объема стока за год; *случайные* — образованием ледяных или бревенных заторов, подпором от сооружений, нагоном воды или другими подобными причинами.

По данным ежедневных измерений уровней на водомерном посту составляют годовой график колебания уровней (рис. 2.5). Если уровни воды даются над нулем графика, они обозначаются буквой *H*; если же они переведены в отметки съемки реки, то на оси ординат ставится знак *z*.

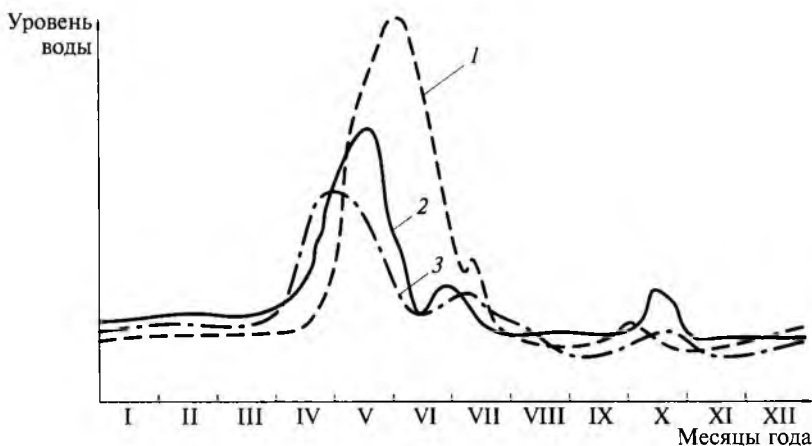


Рис. 2.5. Годовой график колебания уровней воды, совмещенный за три года:

1 — 2002 г.; 2 — 2003 г.; 3 — 2004 г.

На графике показаны колебания уровней в створе реки за три года. Из-за колебаний объема стока и климатических условий этих лет графики могут быть различными, но в целом сохраняют свой характер. Время, в течение которого река покрыта льдом, называют *периодом ледостава*. Период открытого русла, продолжающийся от вскрытия до замерзания реки, называется *навигационным*.

Наибольшая разность уровней в створе реки называется *амплитудой колебания уровней*; различают годовую амплитуду и многолетнюю, для которой наивысший и наинизший уровни выбирают за ряд лет. Амплитуда уровней на разных реках меняется от 1...2 до 20...25 м. В пределах одной реки амплитуда колебания уровней обычно уменьшается от истока к устью.

Уровни воды, а следовательно, и форма графика колебания уровней полностью зависят от *расходов воды*, проходящих в данный момент через рассматриваемый створ реки.

Расходы и уровни воды в любом створе реки связаны функциональной зависимостью $Q = f(H)$. Имея кривую расхода воды в створе реки и зная уровень, можно определить расход воды или наоборот. Таким образом, если имеется годовой график колебания уровней в створе, можно для каждого среднесуточного уровня H найти по кривой расхода среднесуточный расход воды Q , а по этим данным построить годовой график колебания расходов воды $Q = f(t)$, называемый *гидрографом* (рис. 2.6).

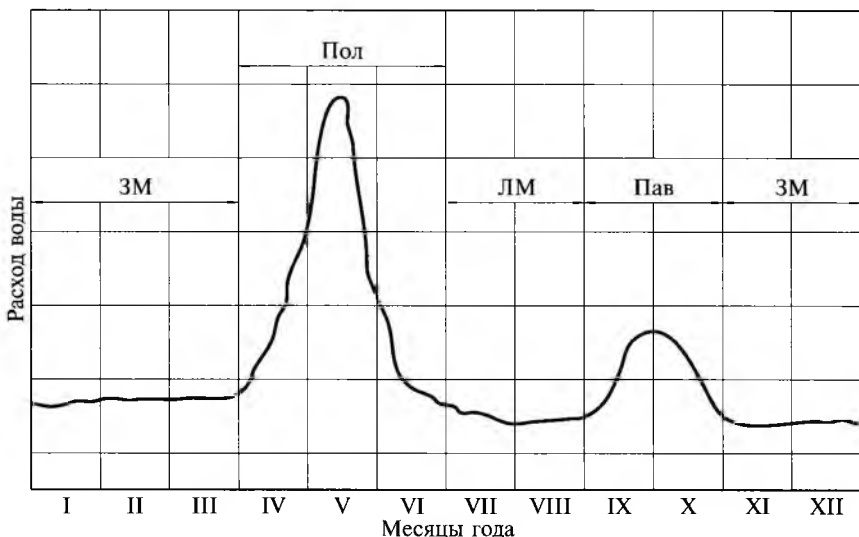


Рис. 2.6. Гидрограф с показанием фаз водного режима:

Пол — половодье; Пав — паводок; ЗМ — зимняя межень; ЛМ — летняя межень

Поскольку связь между уровнями и расходами воды прямая и однозначная, форма гидрографа будет подобна форме графика колебания уровней.

Фазы водного режима и факторы, его определяющие. В водном режиме рек можно выделить четыре основные характерные фазы (см. рис. 2.6).

Половодье — период наибольшей в году водности, характеризующийся высоким и длительным подъемом уровня, происходящим за счет главного источника питания.

Паводки — быстрые, сравнительно кратковременные подъемы воды с почти таким же быстрым спадом, возникающие нерегулярно, а в отдельные годы вообще отсутствующие.

Межень — период внутригодового цикла с самой низкой водностью и преимущественно грунтовым питанием. Различают летнюю межень — от конца половодья до начала осеннего паводка (или при его отсутствии до ледостава) и зимнюю — от ледостава до начала половодья.

Время наступления каждой из основных фаз водного режима, их продолжительность, а также характер изменения уровней и расходов воды при переходе от одной фазы к другой зависит от многих факторов. Основными из них являются тип питания реки, климатические условия, а также площадь и характер бассейна. Особенно важно отметить роль озер и болот на поверхности бассейна.

Задерживая воду в период половодий и паводков и частично ее аккумулируя, они выравнивают сток в течение года — за счет уменьшения расходов и уровней воды в многоводные периоды и увеличения их в межень.

Уравнение водного баланса. Вся вода земного шара находится в постоянном движении, в процессе которого она переходит из одного состояния в другое. Одной из основных причин движения воды является солнечная энергия, благодаря которой происходит испарение с поверхностей морей, океанов и в меньших объемах с суши.

Испарившаяся вода с поверхностей морей и океанов, поднимаясь в атмосферу, частично конденсируется в виде атмосферных осадков и вновь возвращается в океан, образуя малый круговорот воды в природе. Остальная часть пара переносится воздушными течениями, конденсируется и выпадает в виде осадков. Часть этих осадков возвращается в атмосферу в виде испарений, часть просачивается в почву, а остальная стекает по земной поверхности в русла оврагов, балок и рек, создавая поверхностный сток. Просочившаяся в почву вода расходуется на транспирацию и испарение, а некоторая часть, проникая за пределы почвенного покрова и поступая в подземные воды, попадает также в русла рек. Таким образом, сток рек складывается из поверхностного и подземного.

Реки несут свои воды в моря и океаны. Этим завершается большой круговорот воды в природе.

Многолетние наблюдения показывают, что между переносом влаги с океанов и морей на сушу и количеством воды, стекающей в моря и океаны с суши, имеется некоторое равновесие, которое можно выразить уравнением водного баланса для отдельного речного бассейна в следующем виде:

$$X = Z + Y = \Delta W,$$

где X — атмосферные осадки, выпавшие на водосбор, мм; Z — суммарное испарение с водосборной площади, мм; Y — слой речного стока в замыкающем створе, мм; ΔW — изменение запаса подземных вод в бассейне, мм.

Для среднего многолетнего периода, включающего засушливые и влажные годы, изменение запаса подземных вод ΔW уравнивается и принимается равным нулю. Тогда уравнение водного баланса речного бассейна для среднемноголетних условий принимает вид

$$X_0 = Y_0 + Z_0,$$

где X_0 — норма атмосферных осадков, мм; Y_0 — норма стока, мм; Z_0 — норма испарения с поверхности бассейна, мм.

Речной сток — это перемещение воды в процессе ее кругооборота в природе в форме стекания по речному руслу. В более узком смысле сток — это количество воды, протекающее по речному руслу за какой-либо период времени.

Речной сток зависит от комплекса физико-географических факторов, включающих в себя климатические условия, географические характеристики бассейна почвы (растительный покров, рельеф, озера, болота), его форму и размеры. Во всем этом комплексе решающим оказывается климат.

Средний годовой сток, как это следует из уравнения водного баланса речного бассейна, равен разности осадков и испарения на территории бассейна, т.е. зависит только от климатических условий.

Сезонный и месячный стоки (внутригодовое распределение стока) зависят также и от рельефа, почвенно-геологических условий, растительного покрова и гидрографических особенностей бассейна.

Легкопроницаемые почвогрунты (пески, галька) способствуют фильтрации талых и дождевых вод в подземный бассейн и таким образом замедляют их сток в реку. Такое же влияние и лесного покрова, замедляющего таяние снега и снижающего максимальные расходы половодья. Чем больше уклон речной долины и круче ее склоны, тем быстрее протекают процессы паводкового стока, следовательно, возрастает неравномерность в распределении сто-

ка — максимальные расходы увеличиваются, а минимальные уменьшаются. С увеличением площади бассейна сток с него становится обычно более равномерным в течение года.

Характеристики речного стока. При изучении режима рек и проведении гидрологических расчетов используются следующие характеристики речного стока.

Расход воды Q характеризует среднесекундный сток в рассматриваемом створе реки. Средний расход воды за какой-либо период определяют по зависимости

$$Q_{\text{ср}} = \frac{\sum Q_i}{T},$$

где $\sum Q_i$ — сумма всех среднесуточных расходов воды за рассматриваемый период (за месяц, за год); T — число суток в этом периоде.

В гидрологических расчетах используют среднегодовые расходы воды $Q_{\text{год}}$, среднемесячные расходы воды $Q_{\text{мес}}$, средненавигационные расходы воды $Q_{\text{нав}}$ и некоторые другие.

Объем стока V — объем воды, м^3 , протекающей через рассматриваемый створ реки за определенный период времени:

$$V = Q_{\text{ср}} T.$$

В интегральной форме выражение для объема стока за период от даты T_1 до даты T_2 можно записать в виде

$$V_{T_1-T_2} = \int_{T_1}^{T_2} Q dT.$$

Если теперь обратиться к гидрографу, то можно увидеть, что объем стока за период T_1-T_2 численно равен площади гидрографа в данном периоде. Это важное положение используется при расчетах регулирования стока (рис. 2.7).

Модуль стока M — расход воды, л/с, поступающий в реку с 1 км^2 площади бассейна. Таким образом, в отличие от расхода воды или объема стока модуль стока не связан с конкретным створом реки, а характеризует сток с бассейна в целом. При не очень большом протяжении реки модуль стока может считаться постоянным для всех ее створов.

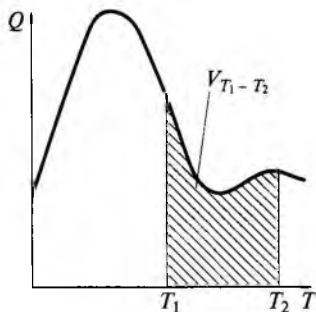


Рис. 2.7. Определение объема стока Q по гидрографу

Модуль годового стока определяют по формуле

$$M = Q/F,$$

где Q — среднегодовой расход воды в этом створе, м³/с; F — площадь водосбора в створе реки, км².

Постоянство модулей стока для створов реки, расположенных друг от друга на небольшом расстоянии, позволяет получить важную для расчетов зависимость. Предположим, что в двух створах реки расходы воды и площади водосбора соответственно Q_1 , F_1 и Q_2 , F_2 . Для этих створов

$$M = \frac{Q_1}{F_1} = \frac{Q_2}{F_2}.$$

Отсюда по известному расходу в одном створе реки расход воды в другом створе определится по формуле

$$Q_2 = Q_1 \frac{F_2}{F_1}.$$

Слой стока h — высота слоя воды, мм, которая получилась бы при равномерном распределении по всей площади бассейна F объема стока V за соответствующий период времени T :

$$h = \frac{V}{F} = \frac{V}{1000F}.$$

Норма стока — наиболее вероятное среднее значение любой из характеристик стока за многолетний период. Норму стока Q_0 можно определить по формуле

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{gi}}{n},$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{gi}$ — сумма годовых значений стока Q_g ; n — число лет наблюдений, при увеличении которого полученное значение нормы стока существенно не меняется.

Модульный коэффициент K — отношение какого-либо члена гидрологического ряда к среднему арифметическому этого ряда:

$$K = Q/Q_{cp} = V/V_{cp} = M/M_{cp} = h/h_{cp}. \quad (2.1)$$

Коэффициент стока η характеризует отношение объема стока к объему осадков X за один и тот же период:

$$\eta = V/X.$$

Определение нормы стока. Для получения средней характеристики стока необходимо, чтобы период наблюдений охватывал не менее двух полных циклов колебания стока, включающих в себя все его величины — от наименьших до наибольших. Таким образом, норма стока оказывается тем точнее, чем больше число лет наблюдений n .

Среднеквадратическая ошибка при определении нормы стока вычисляется по формуле

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - V_0)^2}{n - 1}}, \quad (2.2)$$

где V_i — каждый член ряда характеристик стока за многолетний период ($Q_{\text{год}}$, $M_{\text{год}}$, $V_{\text{год}}$, $h_{\text{год}}$); V_0 — норма стока, вычисленная для этого ряда; n — число членов ряда, т.е. число лет наблюдений.

Требуется, чтобы среднеквадратическая ошибка нормы стока не превышала 5 %.

Из формулы (2.2) видно, что кроме числа лет наблюдений n на величину σ_V влияют разности $(V_i - V_0)$, характеризующие отклонение стока отдельных лет от нормы. Степень неравномерности стока зависит от географической зоны, в которой протекает река. Точность нормы стока обеспечивается при числе членов ряда $n = 30 - 40$ лет.

Особый интерес представляет норма стока, выраженная через среднемноголетний модуль стока M_0 . Поскольку модуль стока зависит от географического положения бассейна реки, среднемноголетние его значения, полученные для разных бассейнов, можно нанести на карту. Проведя по этим отметкам линии равных значений модуля, получим так называемую *карту изолиний* среднемноголетнего модуля стока M_0 .

Карта изолиний M_0 имеет важное значение при расчетах стока малоизученных рек. Если известна площадь водосбора реки F , то, отыскав реку на карте изолиний и примерно представив себе границы ее бассейна, определяют для центра этой площади величину M_0 (в нужных случаях интерполируя между изолиниями). Тогда среднемноголетний расход воды реки или ее створа установим по формуле

$$Q_0 = M_0 F.$$

Колебания годового стока. Основной причиной колебаний годового стока является изменчивость климатических факторов — осадков, испарения, температуры воздуха и т.д. Все они взаимосвязаны, но в то же время каждый из них зависит от многих других причин, которые имеют случайный характер и поэтому учесть результат их взаимодействия невозможно.

Для целей проектирования нужны данные об элементах гидрологического режима с заданной вероятностью их превышения. Таким образом, на основе данных за сравнительно короткий предшествующий период нужно установить характеристики стока, который будет наблюдаться в будущем — быть может один раз в сто лет.

Общее решение этой задачи возможно только с применением методов математической статистики и теории вероятности.

Частота и обеспеченность гидрологических элементов. Для характеристики гидрологических элементов (расходов воды, уровней и т. д.) используют понятия математической статистики — частоту (повторяемость) и обеспеченность (продолжительность).

Частота показывает, во скольких случаях за рассматриваемый период величина гидрологического элемента находилась в определенном интервале. *Обеспеченность* показывает, во скольких случаях наблюдались значения гидрологического элемента, превышающие определенное его значение или равные ему. В более широком понимании обеспеченность можно определить как вероятность превышения данной величины.

Частота и обеспеченность могут выражаться числом случаев, но в гидрологических расчетах их чаще определяют в процентах от общего числа членов гидрологического ряда.

Графически изменение частоты и обеспеченности изображается кривой частоты (рис. 2.8, *а*) и кривой обеспеченности (рис. 2.8, *б*). Обе эти кривые могут строиться для любых меняющихся гидрологических величин — среднегодовых расходов воды или модулей стока, максимальных уровней или расходов воды, для модульных коэффициентов и т. д. Из двух этих кривых большее значение для практических гидрологических расчетов имеет кривая обеспеченности, с помощью которой можно сделать вывод: чем больше абсолютная величина какого-либо гидрологического эле-

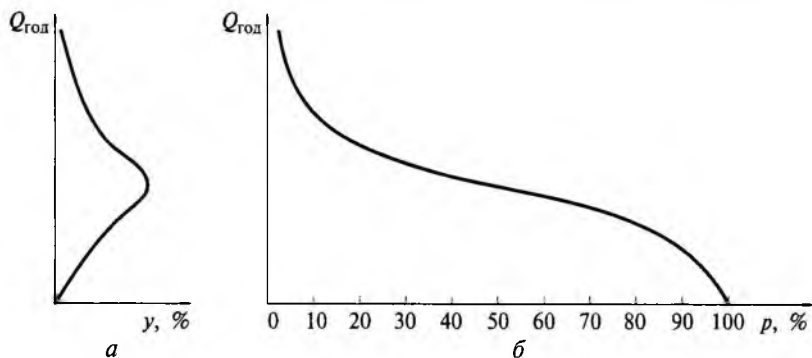


Рис 2.8. Кривые частоты y (*а*) и обеспеченности p (*б*) гидрологических элементов

мента, тем меньше процент его обеспеченности, и наоборот. Поэтому годы, для которых обеспеченность стока (т. е. среднегодовой расход воды Q_r) меньше 50 %, принято считать многоводными, а годы с обеспеченностью Q_r больше 50 % — маловодными годами. Год с обеспеченностью стока 50 % считается годом средней водности.

В Технических указаниях по проектированию лесосплавных предприятий уточнено понятие расчетных лет, для которых проводятся гидрологические расчеты стока. Расчетным многоводным годом считается год с обеспеченностью по стоку за многолетний период 10 %, расчетным маловодным годом — год с обеспеченностью 90 %.

Обеспеченность водности года иногда характеризуют ее средней повторяемостью. Для многоводных лет она показывает, как часто в среднем можно ожидать наступления лет данной или большей водности, а для маловодных — данной или меньшей водности. Например, многоводный год со среднегодовым расходом воды 5%-ной обеспеченности имеет среднюю повторяемость 5 раз в 100 лет или, что то же самое, один раз в 20 лет; средняя повторяемость маловодного года 90%-ной обеспеченности — 10 раз в 100 лет или один раз в 10 лет, так как только один раз в 10 лет можно ждать таких или меньших расходов воды.

Кривая обеспеченности позволяет определить среднегодовой расход воды (или другой гидрологический элемент, для которого она построена) любой заданной обеспеченности.

В гидрологии используют два способа построения кривых обеспеченности: один — при наличии гидрологического ряда значений изучаемого элемента за длительный период наблюдений (эмпирическая кривая) и другой — при недостаточности или отсутствии данных наблюдений (теоретическая кривая обеспеченности).

Эмпирическая кривая обеспеченности. При наличии не менее чем 30 членов гидрологического ряда можно получить эмпирическую кривую обеспеченности. Обеспеченность (в процентах) каждого члена убывающего гидрологического ряда, т. е. ряда, в котором члены расставлены таким образом, что их значение все уменьшается, может быть определена по формуле

$$p = \frac{m - 0,3}{n + 0,4},$$

где m — порядковый номер члена убывающего ряда; n — общее число членов этого ряда.

Вычислив обеспеченность каждого члена ряда и зная ее значение, можно построить кривую обеспеченности, подобную показанной на рис. 2.8.

Эмпирические кривые имеют два недостатка. Во-первых, наблюдения за 30—40 лет имеются далеко не на всех реках, но даже и при этом сроке нет уверенности, что в него попали самые маловодные и самые многоводные годы. Во-вторых, для таких, например, гидрологических элементов, как максимальные расходы воды, расчетная обеспеченность снижается до 1 %. Получение такого значения потребовало бы увеличения срока наблюдений до 75 лет. Поэтому при недостаточном сроке наблюдений за гидрологическим режимом прибегают к построению теоретических кривых обеспеченности.

Теоретические кривые обеспеченности. Установлено, что случайные колебания фазово-однородных гидрологических величин, к которым, в частности, относятся годовой и максимальный сток, лучше всего описываются кривой распределения Пирсона III рода. Интегральное выражение этой кривой распределения является кривой обеспеченности. Внешний вид этих кривых соответствует показанным на рис. 2.8; верхняя ветвь кривой обеспеченности при самых малых значениях p уходит в бесконечность.

В результате интегрирования уравнения кривой распределения Пирсона получены таблицы, пользуясь которыми можно построить кривую обеспеченности, если известны три ее параметра: среднее арифметическое членов ряда, коэффициент вариации и коэффициент асимметрии.

Среднее арифметическое членов ряда при построении кривой обеспеченности среднегодовых расходов воды определяют по формуле

$$Q_{г.ср} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{гi}}{n},$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{гi}$ — сумма среднегодовых расходов воды всех членов ряда; n — число членов ряда, т.е. лет наблюдений.

При отсутствии данных наблюдений принимается $Q_{г.ср} = Q_0$, поскольку среднегодовой расход воды может быть найден при помощи карты изолиний M_0 .

Коэффициент вариации C_v характеризует изменчивость стока или степень колебания его относительно среднего значения в данном ряду. Величина C_v зависит от климатических условий района расположения реки, ее типа питания и гидрографических особенностей бассейна и меняется в широких пределах — 0,05 ... 1,5. На большинстве лесосплавных рек $C_v = 0,15 ... 0,40$.

При наличии данных наблюдений за стоком реки не менее чем за 10—15 лет коэффициент вариации годового стока можно вычислить по формуле

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (2.3)$$

где K_i — модульный коэффициент годового стока, вычисляемый для каждого члена ряда по формуле (2.1); n — число членов ряда.

При отсутствии наблюдений за стоком или при слишком коротком их периоде коэффициент вариации годового стока можно найти по эмпирической формуле Д. Л. Соколовского:

$$C_v = a - 0,063 \lg (F + 1),$$

где a — численный параметр, определяемый по специальной карте изолиний в зависимости от географического положения реки и меняющийся для лесной зоны в пределах 0,45 ... 0,55; F — площадь водосбора в рассматриваемом створе реки, км².

Известны и другие эмпирические зависимости для определения величины C_v . Коэффициент асимметрии C_s характеризует степень несимметричности расположения членов ряда относительно их среднего арифметического значения. Чем меньшая часть членов ряда превышает величину $Q_{г.ср}$, тем больше коэффициент асимметрии C_s .

Для вычисления коэффициента асимметрии имеется формула, аналогичная формуле (2.3), но она дает надежные результаты только при числе членов ряда $n > 100$. Поэтому в практических расчетах годового стока обычно пользуются приближенной зависимостью

$$C_s = 2C_v,$$

принимая для рек с очень большой озерностью бассейна $C_s \geq 3C_v$.

Ординату кривой обеспеченности модульных коэффициентов для заданного процента обеспеченности p найдем по формуле

$$K_{p\%} = \Phi_{p\%} C_v + 1,$$

где $\Phi_{p\%}$ — параметр Фостера — Рыбкина, взятый для соответствующих значений C_s и p , %.

Среднегодовой расход воды заданного процента обеспеченности

$$Q_{гp\%} = K_{p\%} Q_{г.ср}.$$

Вычислив ряд среднегодовых расходов воды с разной обеспеченностью, можно построить кривую обеспеченности.

Способы расчета модульных коэффициентов. Для решения многих водохозяйственных задач необходимо знать распределение стока по сезонам или месяцам года. Внутригодовое распределение стока выражают в виде модульных коэффициентов месячного

стока, представляющих собой отношения среднемесячных расходов $Q_{м.ср}$ к среднегодовому $Q_{г.ср}$:

$$K_m = \frac{Q_{м.ср}}{Q_{г.ср}}. \quad (2.4)$$

Внутригодовое распределение стока различно для лет разной водности, поэтому в практических расчетах определяют модульные коэффициенты месячного стока для трех характерных лет: многоводного года 10%-ной обеспеченности, среднего по водности — 50%-ной обеспеченности и маловодного — 90%-ной обеспеченности.

Модульные коэффициенты месячного стока можно установить по фактическим значениям среднемесячных расходов воды при наличии данных наблюдений не менее чем за 30 лет по реке-аналогу или по типовым таблицам распределения месячного стока, которые составлены для разных бассейнов рек.

Среднемесячные расходы воды определяют исходя из формулы (2.4):

$$Q_{м.ср} = K_m Q_{г.ср}.$$

При проектировании плотин, мостов, запаней и проведении работ по укреплению берегов необходимо знать максимальные расходы воды. В зависимости от типа питания реки за расчетный максимальный расход может быть принят максимальный расход воды весеннего половодья или осеннего паводка. Расчетная обеспеченность этих расходов определяется классом капитальности гидросооружений и регламентируется соответствующими нормативными документами. Например, лесосплавные плотины III класса капитальности рассчитывают на пропуск максимального расхода воды 2%-ной обеспеченности, а IV класса — 5%-ной обеспеченности, берегоукрепительные сооружения не должны разрушаться при скоростях течения, соответствующих максимальному расходу воды 10%-ной обеспеченности.

Способ определения величины Q_{max} зависит от степени изученности реки и от различия между максимальными расходами весеннего половодья и паводка.

Если имеются данные наблюдений за период 30 лет и более, то строят эмпирическую кривую обеспеченности Q_{max} , а при меньшем периоде — теоретическую кривую. В расчетах принимают для весеннего половодья $C_s = 2C_v$, а для дождевых паводков $C_s = (3 \dots 4)C_v$.

Поскольку наблюдения за режимом рек ведут на водомерных постах, то обычно кривую обеспеченности строят для этих створов, а максимальные расходы воды в створах расположения сооружений рассчитывают по соотношению

$$Q_{\max 2} = Q_{\max 1} \left(\frac{F_2}{F_1} \right)^{0,8},$$

где $Q_{\max 1}$ и $Q_{\max 2}$ — максимальные расходы воды в створах водомерного поста и сооружения, м³/с; F_1 и F_2 — площади водосбора в этих створах, км².

Для равнинных рек максимальный расход воды весеннего половодья заданной обеспеченности p , %, вычисляют по формуле

$$Q_{\max p\%} = \frac{K_0 h_{p\%} F \mu}{(F + 1)^n} \delta_1 \delta_2,$$

где K_0 — коэффициент дружности половодья, м³/(с · мм); $h_{p\%}$ — слой стока расчетной обеспеченности, мм; F — площадь водосбора в расчетном створе, км²; μ — коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимального расхода воды половодья; n — показатель степени, характеризующий уменьшение дружности половодья в зависимости от площади водосбора; δ_1 — коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода на реках, зарегулированных озерами; δ_2 — то же, в залесенных и заболоченных бассейнах.

Значения параметров n и K_0 определяются в зависимости от природной зоны и категории рельефа. В табл. 2.1 приведены значения этих параметров для зоны тундры и лесной зоны.

Значение коэффициента μ устанавливают в зависимости от природной зоны и процента обеспеченности. В табл. 2.2 приведены значения этого коэффициента для зоны тундры и лесной зоны.

Таблица 2.1

Значения параметров n и K_0 для зоны тундры и лесной зоны

Район	n	K_0 при категории рельефа		
		I	II	III
Европейская территория России	0,17	0,010	0,008	0,006
Западная Сибирь	0,25	0,015	0,013	0,010

Примечание. I категория — реки, расположенные в пределах холмистых и платообразных возвышенностей — Среднерусская, Струго-Красненская, Судомская возвышенности, Среднесибирское плоскогорье и др.; II категория — реки, в бассейнах которых холмистые возвышенности чередуются с понижениями между ними; III категория — реки, большая часть бассейнов которых располагается в пределах плоских низменностей — Молого-Шекснинская, Мещерская, Белорусское полесье, Приднестровская, Васюганская и др.

Значения коэффициента μ для зоны тундры и лесной зоны

Район	Обеспеченность p , %				
	1	3	5	10	25
Европейская территория России	1,00	0,95	0,92	0,88	0,80
Восточная и Западная Сибирь	1,00	0,98	0,96	0,94	0,89

Параметр $h_{p\%}$ вычисляют по формуле

$$h_{p\%} = K_{p\%} h_0,$$

где $K_{p\%}$ — модульный коэффициент стока половодья расчетной обеспеченности, $K_{p\%} = \Phi_{p\%} C_v + 1$, здесь $\Phi_{p\%}$ — параметр Фостера — Рыбкина; зная величины $p\%$ и C_s , в расчетах принимают $C_s = C_v$; h_0 — средний многолетний слой стока половодья, мм, определяемый по рекам-аналогам или по картам изолиний слоя стока половодья.

Коэффициент стока δ_1 рассчитывают (при $h_0 > 100$ мм) по формуле

$$\delta_1 = \frac{1}{1 + 0,2 f_{оз}},$$

где $f_{оз}$ — степень озерности бассейна реки, %.

Коэффициент δ_2 определяют по формуле

$$\delta_2 = 1 - 0,81 \lg (0,05 f_{л} + 0,1 f_{б} + 1),$$

где $f_{л}$ — степень лесистости бассейна реки, %; $f_{б}$ — степень заболоченности бассейна реки, %.

В ответственных расчетах определение максимальных расходов воды следует проводить в соответствии с указаниями нормативных документов.

2.3. Классификация водных путей

Водные пути принято разделять на морские и внутренние.

К *морским водным путям*, кроме океанов и морей, относят морские каналы, служащие для подхода к портам с моря, а также доступные для морских судов устья рек.

К *внутренним водным путям* относят озера и реки в свободном состоянии, т.е. не прегражденные плотинами; озера и реки, зарегулированные плотинами со специальными отверстиями для пропуска судов и плотов; судоходные и лесосплавные каналы.

Внутренние водные пути подразделяют на судоходные и лесосплавные. К *судоходным* относят водные пути, по которым обеспечено безопасное движение судов и буксируемых плотов в течение всей навигации или части ее. К *лесосплавным* относят внутренние водные пути, используемые для лесосплава. Однако, поскольку плотовой лесосплав проводится и по судоходным рекам, под лесосплавными путями часто понимают только несудоходные и временно судоходные водные пути, по которым проводится первоначальный лесосплав.

Внутренние водные пути в зависимости от глубины судового хода и размеров наибольших типовых судов и плотов, допускаемых к плаванию по ним, разделяют на семь классов. В табл. 2.3 приведены выдержки из классификации водных путей. В рамках этой классификации лесосплавные реки относят к V, VI и VII классам внутренних водных путей.

Лесосплавные реки имеют свою специальную классификацию. По этой классификации их делят на три типа: равнинные, полугорные и горные; на пять категорий — в зависимости от величины реки и на три группы — по устроенности пути.

Таблица 2.3

Классификация внутренних водных путей

Классы внутренних водных путей	Гарантируемая глубина судового хода, м	Глубина судового хода, используемая флотом, в среднем за навигацию, м	Ширина плотов, м
I — водные сверхмагистральные пути	Более 2,0	Более 3,0	100 и более
II — водные магистральные пути	1,6 ... 2,0	2,41 ... 3,0	До 100
III — водные магистральные пути	1,1 ... 2,0	1,66 ... 2,4	Более 85
IV — водные пути местного значения	0,8 ... 1,4	1,36 ... 1,65	Более 55
V — водные пути местного значения	0,6 ... 1,1	1,01 ... 1,35	Более 40
VI — малые реки	0,45 ... 0,8	0,75 ... 1,0	Более 30
VII — малые реки	Менее 0,6	Менее 0,75	Более 14

К *равнинным* относят реки, протекающие по равнинной или незначительно всхолмленной местности и имеющие малые уклоны и сравнительно небольшие скорости течения в период лесосплава — до 1,25 м/с.

К *полугорным* относят реки, протекающие по холмистой местности и имеющие значительные уклоны, резко увеличивающиеся на отдельных участках реки. Средние скорости течения в период лесосплава на них составляют 1,25... 2 м/с со значительным повышением на отдельных участках.

К *горным* относят реки, протекающие в местности с резко выраженным крутым уклоном и имеющие свои истоки в горах. Характерными особенностями горных рек являются высокие летние паводки, происходящие от интенсивного таяния снега и ледников в горах, порожистость, большое число протоков. Скорость течения этих рек превышает 2 м/с.

Каждый из этих типов рек делится на пять категорий. В основу деления на категории положена ширина реки (табл. 2.4).

Реки каждой категории, за исключением равнинных и полугорных рек V категории, делят по степени их устроенности на три группы (А, Б и В).

Группа А — реки, на которых выборочно проведены только простейшие мелиоративные работы в наиболее трудных для лесосплава местах, но имеющие подводные препятствия, затопляемые берега, извилистое русло, быстромелеющие перекаты.

Группа Б — реки, сплавной ход которых улучшен на большей части своего протяжения очисткой русла, прорытием спрямлений, ограждением протоков и низких затопляемых берегов, регулированием порогов и перекатов и т. п.

Таблица 2.4

Категории лесосплавных рек

Номер категории	Категория рек	Ширина рек, м	
		равнинных и полугорных	горных
I	Очень малые реки (ручьи)	До 6	До 6
II	Малые реки	6... 13	6... 15
III	Средние реки	13... 25	15... 45
IV	Большие реки	25... 55	45... 100
V	Крупные реки (в частности, судоходные и временно судоходные)	Более 55	Более 100

Группа В — реки, имеющие лесосплавные плотины для регулирования стока и сплавной ход которых улучшен выправительными и наплавными сооружениями.

Основные характеристики лесосплавных путей. Основными показателями, характеризующими водный путь, являются его габариты и скорости течения. Под *габаритами водного пути* понимают основные размеры судового или лесосплавного хода, а именно его глубина, ширина и радиусы закруглений, а также подмостовые габариты и габариты судоходных шлюзов, плотоходов и других лесопропускных отверстий.

Лесосплавной ход — это полоса водного пути с достаточными для лесосплава габаритами. Полосу водного пути, в пределах которой соответствующие габариты обеспечивают условия для судоходства, называют *судовым ходом*.

Вид лесосплава и габаритные размеры транспортных единиц (осадка, высота, ширина и длина) зависят от габаритов водного пути.

Осадкой плавающей транспортной единицы называют глубину погружения в воду наинизшей ее точки.

Глубина лесосплавного и судового ходов. При заданной минимальной глубине водного пути $h_{\min}$ предельную осадку транспортных единиц T можно определить по формуле

$$T = h_{\min} - Z,$$

где Z — донный запас, который должен быть обеспечен под транспортной единицей; при плотовом лесосплаве он зависит от осадки плотов: при $T < 1,5$ м $Z = 0,20$ м, при $T = 1,5 \dots 3,0$ м $Z = 0,25$ м.

На лесосплавных реках минимальная допустимая глубина называется *минимальной глубиной лесосплавного хода* или *минимальной лесосплавной глубиной* $h_{\text{спл}}$; ее вычисляют по формуле

$$h_{\text{спл}} = T + Z.$$

Для судов нормативный донный запас дифференцирован в зависимости от осадки судна, вида водного пути и грунтов дна, но при $T < 3,0$ м он также оказывается в пределах $Z = 0,10 \dots 0,25$ м.

Ширина лесосплавного и судового ходов. Ширина лесосплавного хода b_0 при лесосплаве в сплотовых единицах должна быть

$$b_0 \geq C + \sqrt{l^2 + B^2}, \quad (2.5)$$

где C — запас, равный $2 \dots 3$ м; l — длина сплотовой единицы, м; B — ширина сплотовой единицы, м.

При плотовом лесосплаве и одностороннем движении ширина судового хода должна быть

$$b_0 \geq 2B_{\text{пл}}, \quad (2.6)$$

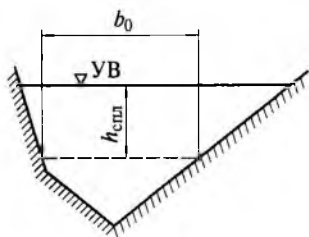


Рис. 2.9. Определение ширины лесосплавного хода в створе реки:

УВ — уровень воды

а при двухстороннем движении

$$b_0 \geq 2,6B_{\text{пл}} + B_6,$$

где $B_{\text{пл}}$ — наибольшая ширина плота, м; B_6 — ширина буксирного судна или вожа, идущего вверх по течению, м.

Зависимости (2.5) и (2.6) позволяют определить минимальную ширину лесосплавного хода. Фактическая его ширина в створе реки оказывается обычно большей и находится вписыванием габарита минимальной глубины лесосплавного хода $h_{\text{спл}}$ в поперечный профиль реки (рис. 2.9).

Наименьшая ширина лесосплавного хода, ограничивающая пределы использования его на рассматриваемом участке реки, называется *сжатой шириной лесосплавного хода* b_c . Определяется она по плану реки с нанесенными сооружениями (рис. 2.10) или приближенно по формуле

$$b_c = \varepsilon b,$$

где ε — коэффициент использования для лесосплава ширины реки в сжатом сечении; b — ширина реки в рассматриваемом створе, м.

Статистической обработкой данных, полученных по большому числу рек, установлено, что коэффициент ε уменьшается с увеличением ширины реки:

b , м	10	20	40	60	80	100	150	200
ε	0,70	0,60	0,50	0,42	0,37	0,33	0,28	0,25

Радиусы кривизны судового и лесосплавного ходов. Радиус кривизны судового хода, обеспечивающий беспрепятственное движение транспортных единиц, определяет наибольшую длину l_{max} , м, судна

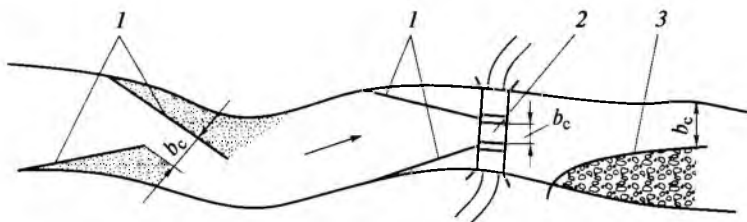


Рис. 2.10. Примеры образования сжатой ширины лесосплавного хода b_c :
1 — боны; 2 — мостовой пролет; 3 — дамба

или жестко счаленной секции плота, а именно

$$l_{\max} = \left(\frac{1}{6} \dots \frac{1}{5} \right) R,$$

где R — радиус кривизны судового хода по его оси, м.

При устройстве пути для пропуска транспортных единиц заданной длины $l_{\max}$ радиус кривизны судового хода определяют по формуле

$$R \geq (5 \dots 6) l_{\max}.$$

Подмостовые габариты. Подмостовым габаритом называется перпендикулярное направлению течения очертание границ пространства в пролете моста, которое должно оставаться свободным для беспрепятственного пропуска судов и для лесосплава (рис. 2.11). Подмостовые габариты назначают в зависимости от класса внутреннего водного пути.

Например, для несудоходных лесосплавных рек при движении транспортных единиц вниз по течению: при плотовом лесосплаве высота габаритов $H = 3,5$ м и $h = 1$ м, ширина габаритов $B = 20$ м и $b = 0,5B$.

Высота габаритов H и h отсчитывается от расчетного судоходного или лесосплавного уровня воды. Для судоходных рек расчетный судоходный уровень воды определяют по наблюдениям за многолетний период.

Скорости потока и движения лесных материалов. В потоке различают скорости течения воды: средние по живому сечению, средние поверхностные, максимальные поверхностные и др. Для расчетов, связанных с перемещением транспортных единиц, принимается средняя поверхностная скорость течения в пределах судового или лесосплавного ходов. Эта скорость называется эксплуатационной и обозначается v_3 .

Различают три скорости перемещения транспортных единиц: техническую, путевую и коммерческую.

Технической скоростью v_t называют среднюю скорость движения между двумя пунктами за вычетом всех остановок, по каким бы то ни было причинам. Эту скорость для транспорта за тягой определяют по следующим зависимостям:

- по течению

$$v_t = v_0 + v_3;$$

- против течения

$$v_t = v_0 - v_3;$$

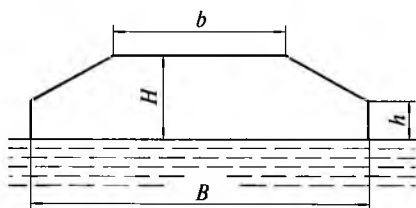


Рис. 2.11. Схема подмостового габарита

- при отсутствии течения

$$v_t = v_0,$$

где v_0 — скорость движения плота или судна относительно воды; v_3 — эксплуатационная скорость течения.

Путевой скоростью называют среднюю скорость движения транспортных единиц с учетом необходимых стоянок в пути. Под *коммерческой скоростью* понимают среднюю скорость движения с учетом как остановок в пути, так и стоянок в пунктах отправления и назначения. Понятиями путевой и коммерческой скоростей пользуются только применительно к плотовому лесосплаву и судовым перевозкам.

2.4. Лесопропускная способность рек

Лесопропускная способность реки характеризуется количеством леса, которое может быть пропущено за известный промежуток времени (за час, сутки или сезон) без образования заторов.

Лесопропускная способность реки — величина переменная, зависящая от габаритов лесосплавного хода и скоростей течения, которые в свою очередь зависят от величины стока в данный период и характера русла.

Определение лесопропускной способности реки включает в себя следующие этапы: сначала реку делят на расчетные участки с примерно однообразными шириной, характером русла и режимами стока; затем на каждом из расчетных участков выбирают один или несколько неблагоприятных для лесосплава створов — с малой шириной лесосплавного хода, недостаточными скоростями течения или с быстрым спадом глубин (пороги, перекаты); по всем этим створам определяют лесопропускную способность, после чего за расчетный створ участка принимают створ с наименьшей лесопропускной способностью; лесопропускная способность расчетного участка в целом принимается по его расчетному створу.

Лесопропускную способность реки определяют для гидрологических условий расчетного маловодного года 80...90%-ной обеспеченности (в зависимости от категории объекта, т.е. от годового объема лесосплава).

Лесопропускная способность в створе реки при лесосплаве в сплоточных единицах или плотовом. *Суточная лесопропускная способность* определяется по формуле

$$N_{\text{сут}} = \frac{T}{t} W, \quad (2.7)$$

где T — продолжительность рабочего времени в течение суток; t — интервал времени между плывущими сплоточными единицами

или плотами (в пунктах отправления); W — объем сплотовочной единицы или плота.

При лесосплаве плотов по судоходным рекам интервалы назначают в соответствии с правилами лесосплава по отдельным бассейнам. На лесосплавных реках интервалы t устанавливают в зависимости от состояния лесосплавного пути и условий его эксплуатации, а также в зависимости от типа и объема транспортных единиц. Например, при лесосплаве сплотовочных единиц интервалы t назначают от 4 мин в верховьях рек до 1 мин в низовьях.

Иногда отправляют одновременно из одного пункта две-три сплотовочные единицы и более. В этих случаях под величиной W в формуле (2.7) следует понимать объем всех сплотовочных единиц, отправляемых одновременно.

Сплотовочные единицы очень малого объема (например, микропучки объемом $1 \dots 5 \text{ м}^3$) могут двигаться без соблюдения интервалов, подобно отдельным бревнам. В этом случае и лесопропускная способность реки определяется так же, как при молевом лесосплаве.

Сезонную лесопропускную способность в створе реки подсчитывают как сумму лесопропускной способности за интервалы времени, соответствующие стоянию высоких, средних и низких уровней — в пределах общего периода лесосплава. Таким образом, сезонную лесопропускную способность в створе реки определяют по формуле

$$N_{\text{сез}} = N_{\text{сут1}} \Delta T_1 + N_{\text{сут2}} \Delta T_2 + N_{\text{сут3}} \Delta T_3,$$

где $N_{\text{сут1}}$, $N_{\text{сут2}}$, $N_{\text{сут3}}$ — среднесуточная лесопропускная способность за интервалы времени ΔT_1 , ΔT_2 и ΔT_3 , определяемая для средних (для каждого интервала) значений ширины реки по зеркалу b и поверхностной скорости течения $v_{\text{пов}}$.

Для определения лесопропускной способности нужно иметь по каждому расчетному створу поперечный профиль русла, кривую зависимости $v = f(H)$ и график колебаний уровней воды $H = f(T)$, построенный для расчетного маловодного года 80...90%-ной обеспеченности. На рис. 2.12 показаны построения для расчета сезонной лесопропускной способности $N_{\text{сез}}$.

Определение средней поверхностной скорости производится по формуле $v_{\text{пов}} = 1,25v$.

При малой амплитуде уровней, а следовательно, и малом изменении значений b и $v_{\text{пов}}$ в период лесосплава сезонную лесопропускную способность можно определить по среднесуточной лесопропускной способности $N_{\text{сут}}$, найденной из средних для всего периода лесосплава T значений b и $v_{\text{пов}}$. В этом случае

$$N_{\text{сез}} = N_{\text{сут}} T.$$

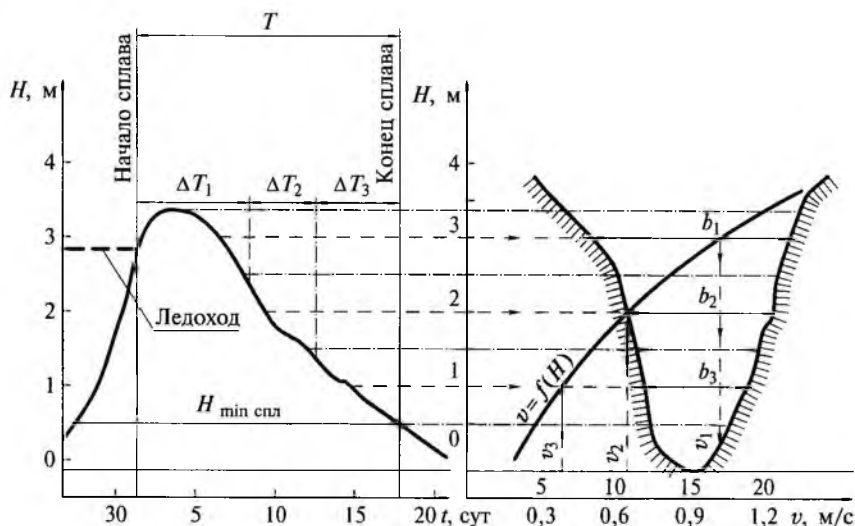


Рис. 2.12. Схема к расчету сезонной лесопропускной способности в створе реки:

H — уровень воды; $H_{\min \text{ спл}}$ — минимальный уровень сплава; T — продолжительность сплава; $\Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_3$ — интервалы времени; b_1, b_2, b_3 — средние значения ширины реки для каждого интервала; v_1, v_2, v_3 — средние поверхностные скорости течения

Дефицит лесопропускной способности и пути его устранения. Для решения вопроса о возможности при данном техническом состоянии реки обеспечить лесосплав в планируемом объеме строят совмещенный график сезонной лесопропускной способности и проектного грузопотока (рис. 2.13).

Линия графика сезонной лесопропускной способности $N_{\text{сез}} = t(L)$ изменяется скачками на границах расчетных участков. График нарастания грузопотока $N_{\text{груз}} = f(L)$ также меняется скачкообразно в пунктах выхода грузопотока в реку — у складов лесовозных дорог и в устьях притоков, используемых для лесосплава.

На тех участках реки, где $N_{\text{сез}} > N_{\text{груз}}$, лесосплав в планируемом объеме обеспечен. Там же, где $N_{\text{сез}} < N_{\text{груз}}$, существующая лесопропускная способность реки недостаточна. Здесь наблюдается дефицит лесопропускной способности

$$D = N_{\text{груз}} - N_{\text{сез}}.$$

График, приведенный на рис. 2.13, иногда называют *графиком дефицита лесопропускной способности реки*. Для устранения дефицита лесопропускной способности можно использовать два пути:

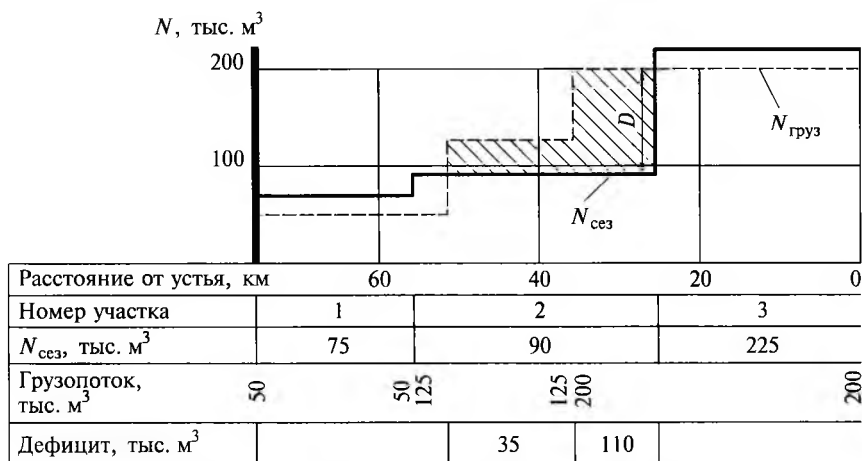


Рис. 2.13. График сезонной лесопропускной способности реки

1) провести организационные мероприятия, улучшающие организацию лесосплава (например, повышение сменности работы на лесосплаве) и 2) провести технические мероприятия для повышения сезонной лесопропускной способности реки за счет уширения лесосплавного хода, повышения скоростей движения леса и prolongation сплавного периода. Второй путь наиболее эффективен и позволяет повысить лесопропускную способность в 1,5—2 раза и более.

2.5. Мелиорация лесосплавных путей

Мелиорация лесосплавных путей позволяет решать следующие практические задачи:

- осваивать для транспортировки лесоматериалов новые реки;
- повышать производительность труда на лесосплавных операциях, так как перевод реки в более высокую группу устроенности увеличивает производительность труда в 1,5—2,5 раза;
- увеличивать лесопропускную способность реки до требуемой величины в случае повышения объемов транспортировки леса;
- ликвидировать потери лесоматериалов при их проплаве по водным путям;
- осуществлять экономически обоснованный переход от молевого к плотовому транспорту леса или к перевозкам лесной продукции в судах;
- проводить комплекс мероприятий по охране водных объектов от загрязнения и предотвращения других неблагоприятных последствий для окружающей среды.

Мелиоративные работы также проводятся в случае изменения естественного режима реки для нужд водного хозяйства, например при образовании водохранилищ или при переброске части стока реки из одного бассейна в другой.

Основные методы улучшения лесосплавных путей. В лесосплавной практике применяются четыре основных метода улучшения лесосплавных путей: регулирование русла, регулирование стока, регулирование уровней воды и замена части протяжения естественного русла искусственными лесосплавными путями. Содержание этих методов заключается в следующем.

Регулирование русла состоит в искусственном изменении формы, размеров, шероховатости и скоростного режима естественного русла, при которых создается удобная и устойчивая лесосплавная трасса с нужным направлением скоростей течения и режимом движения насосов. При регулировании русла в случае постоянного (неизменного) расхода воды увеличивают глубины, ширины и радиусы закругления лесосплавного хода, что обуславливает возрастание сплавопропускной способности реки и улучшение условий проведения лесотранспортных работ.

При регулировании русла выполняют следующие работы:

- расчистка русла и берегов реки (руслоочистительные работы);
- выправление русла специальными выправительными сооружениями путем берегоукрепления и спрямления небольших излучен реки (русловыправительные работы);
- углубление русла механическими средствами (дноуглубительные работы), которое часто производится в комплексе с русловыправительными работами;
- ограждение русла стационарными и наплавными направляющими сооружениями (руслооградительные работы).

Регулирование русла проводится в первую очередь и предшествует другим методам улучшения лесосплавных путей.

Регулирование стока заключается в перераспределении естественного стока во времени, при котором на расчетном участке реки улучшаются условия проведения лесосплава и увеличивается период проведения лесосплавных операций.

Регулирование стока осуществляют изменением подачи воды из водохранилищ, образуемых плотинами, которые располагают выше по течению от улучшаемого участка реки.

Регулирование стока достигают за счет уменьшения стока реки в многоводный период (обычно весной) и его увеличения в маловодный.

Регулирование стока — весьма эффективный способ повышения лесопропускной способности реки, но он имеет ряд недостатков: плотина — это дорогостоящее сооружение; образование водохранилищ обуславливает затопление земель, ухудшает условия дви-

жения лесоматериалов по водохранилищу из-за малых скоростей течения и затрудняет продвижение рыбы через плотину.

Регулирование уровней воды — это поддержание с помощью плотины практически постоянных уровней воды в верхнем бьефе сооружения, т.е. на участке реки выше по течению створа сооружения, в целях обеспечения на улучшаемом протяжении реки необходимых ширин, глубин и нужного скоростного решения.

Регулирование уровней применяется для увеличения акваторий рейдов и лесохранилищ, чтобы не допустить обсыхания леса на берегах, водосъема плотов зимней сплотки и штабелей лесоматериалов, для подтопления порогов, создания благоприятных условий забора воды и леса в лотки и каналы на рейдах приплава лесоперерабатывающих предприятий и т.д.

Создание искусственных лесосплавных путей заключается в создании лесосплавных лотков в деревянном, бетонном или металлическом исполнениях, а также каналов, проложенных в естественных грунтах. Каналы могут иметь покрытие в виде железобетонных плит или каменной отмостки.

Лесосплавные лотки и каналы устраивают для пропуска леса в обход затруднительных для лесосплава участков рек — порогов и водопадов, для пропуска леса через плотины, спрямления больших излучин рек, направления грузопотока лесоматериалов из одного речного бассейна в другой, в качестве путей внутрибиржевого или внутризаводского транспорта и т.д.

Чаще всего лесосплавные пути улучшают комплексно с использованием перечисленных методов мелиорации рек.

Простейшие и сложные мелиоративные работы. Все мелиоративные работы подразделяют на две группы: простейшие и сложные.

К *простейшим* мелиоративным работам относятся:

- расчистка русла реки и берегов от деревьев, кустарника, пней, топляков, крупных камней, остатков гидротехнических сооружений;
- срезка отдельных земляных образований: небольших островов, выступающих мысов и кос, вызывающих искривление или сужение лесосплавной трассы;
- спрямление небольших излучин одиночными прокопами;
- углубление перекатов в небольших объемах;
- закрытие второстепенных рукавов и протоков стационарными сооружениями простейшего типа;
- строительство временных лесосплавных плотин.

Все эти мероприятия обычно не изменяют естественный режим реки.

Сложные мелиоративные работы включают в себя:

- проведение русловыправительных, дноуглубительных, берегоукрепительных работ и работ по спрямлению речного русла в больших объемах;

- строительство постоянных лесосплавных плотин для регулирования стока и уровней воды, строительство лотков и каналов.

Этот комплекс мелиоративных мероприятий существенно изменяет уровенный и скоростной режимы реки, а также плановое очертание лесосплавного пути.

Простейшие мелиоративные работы ежегодно выполняют на основании лесосплавного обследования реки и ведомости объемов работ за счет средств на подготовительные работы, относимые затем на себестоимость проведения лесосплава.

Для реализации сложных мелиоративных работ необходима техническая документация, утверждаемая вышестоящей организацией, и капитальные вложения.

Простейшие мелиоративные работы выполняют рабочие сплавных организаций, а сложные — мелиоративно-строительных участков, причем эти работы увязывают с общим планом освоения лесного массива.

Виды регулирования стока. Введем понятие о *цикле регулирования стока* — полном периоде, в течение которого происходит наполнение и опорожнение водохранилища. По длительности цикла регулирования различают многолетнее, сезонное, суточное, многосуточное и смешанное регулирование стока.

При *многолетнем регулировании* перераспределение стока происходит за ряд лет, причем за счет многоводных лет увеличивает-ся сток в маловодные годы.

В случае *сезонного регулирования* стока его перераспределение производится в течение одного или нескольких сезонов года. Если сезонное регулирование охватывает весь гидрологический год, то такое регулирование называют годовым.

При *суточном регулировании* стока его перераспределение происходит в течение суток, а при многосуточном — в течение нескольких суток.

В случае *смешанного регулирования* стока сочетают различные виды регулирования. Например, водохранилище сезонного регулирования одновременно может быть использовано для суточного регулирования стока.

В зависимости от режима потока на улучшаемом участке реки возможны два вида дополнительного питания:

- непрерывное дополнительное питание в течение всего периода регулирования, при этом в нижнем бьефе плотины устанавливается режим движения потока с постоянными ширинами, глубинами, радиусами закругления и скоростями течения. Такой вид питания создается при многолетнем и сезонном регулировании, условия проведения лесосплава весьма благоприятные;

- дополнительное питание в виде кратковременных пропусков воды из водохранилища. При этом на улучшаемом участке реки

наблюдается неустановившийся режим потока и необходимые условия для лесосплава обеспечиваются только в течение нескольких часов. Такой режим движения потока возникает при суточном или многосуточном регулировании стока.

Топографические характеристики водохранилищ. Водохранилище характеризуется площадью водной поверхности или площадью его зеркала Ω и объемом W . В зависимости от характера речной долины эти величины меняются с изменением отметок Z подпорного уровня воды в нем. Зависимости $\Omega = f_2(Z)$ и $Q = f_1(Z)$ называют *кривой площадей зеркала водохранилища* и *кривой его объемов*.

Для построения кривых $\Omega = f_2(Z)$ и $W = f_1(Z)$ используют план участка реки в горизонталях. Площади зеркала водохранилищ устанавливают для разных отметок Z путем планиметрирования площадей Ω , ограниченных соответствующей горизонталью и створом плотины. По этим данным и строят кривую площадей $\Omega = f_2(Z)$.

Для построения кривой объемов вычисляют объем слоя водохранилища между двумя смежными горизонталями Z_n и Z_{n+1} , с достаточной для практики точностью эту величину рассчитывают по формуле

$$\Delta W_{n, n+1} = \frac{1}{2} (\Omega_n + \Omega_{n+1}) \Delta Z_{n, n+1},$$

где Ω_n и Ω_{n+1} — площади зеркала водохранилищ для горизонталей Z_n и Z_{n+1} ; $\Delta Z_{n, n+1}$ — высота слоя воды в водохранилище, равная сечению горизонталей, $\Delta Z_{n, n+1} = Z_{n+1} - Z_n$.

Суммируя эти объемы слоев от наинизшей точки водохранилища, можно получить для любой отметки Z объем водохранилища. Например, для отметки Z_{n+1} объем водохранилища

$$W_{n+1} = W_n + \Delta W_{n, n+1},$$

где W_n — объем водохранилища при отметке Z_n .

По полученным данным строят кривую объемов водохранилища $W = f_1(Z)$.

Основные параметры водохранилищ для регулирования стока. С топографическими характеристиками водохранилищ непосредственно связаны и его основные параметры, к которым относят расчетные уровни воды и отвечающие им объемы водохранилищ.

Наивысший уровень воды водохранилища при нормальных условиях его эксплуатации называют *нормальным подпорным уровнем* ∇ НПУ, а соответствующий ему объем *полным объемом воды водохранилища* W_n . Уровень воды в водохранилище при

половодье или в паводок может быть больше $\nabla\text{НПУ}$, при этом в водохранилище устанавливается *форсированный подпорный уровень* $\nabla\text{ФПУ}$ или *подпорный уровень высоких вод* $\nabla\text{ПУВВ}$. Объем воды в водохранилище выше $\nabla\text{НПУ}$ для регулирования стока не используется.

Наинизший уровень воды в водохранилище, до которого оно срабатывается в период регулирования стока, называют *уровнем мертвого объема* $\nabla\text{УМО}$. Объем воды в водохранилище при этой отметке уровней в нем называется *мертвым объемом* W_m , этот объем для регулирования стока не используется. По окончании периода регулирования или при производстве ремонтных работ на плотине водохранилище может быть полностью слито, т.е. уровень воды в нем будет ниже $\nabla\text{УМО}$.

Следовательно, для регулирования стока используют объем воды в водохранилище между отметками $\nabla\text{НПУ}$ и $\nabla\text{УМО}$, т.е. сливная призма водохранилища, высота которой $h_{\text{сл}} = \nabla\text{НПУ} - \nabla\text{УМО}$. Объем сливной призмы и является полезным объемом воды в водохранилище W_0 .

Полный объем воды в водохранилище равен сумме полезного и мертвого объемов:

$$W_n = W_m + W_0.$$

Величина W_n определяет $\nabla\text{НПУ}$, а следовательно, и высоту плотины. Поэтому предварительно надо установить параметры W_m и W_0 .

Полезный объем водохранилища W_0 устанавливают расчетом в зависимости от вида регулирования стока.

Мертвый объем водохранилища W_m определяют по кривой объемов $W=f_1(Z)$ по предварительно установленной отметке уровня мертвого объема $\nabla\text{УМО}$. Эта отметка должна обеспечивать пропуск через плотину расчетного зарегулированного расхода воды Q_3 в период регулирования стока, а также пропуск через плотину при $\nabla\text{УМО}$ лесоматериалов.

При пропуске через плотину зарегулированного расхода воды Q_3 и возвышении отметки порога плотины $\nabla_{\text{пор}}$ над дном реки не более чем 0,5 м глубины на пороге сооружения обычно достаточны для транспортировки лесоматериалов и $\nabla\text{УМО}$ рассчитывают по формуле

$$\nabla\text{УМО} = \nabla_{\text{зар уВ}} + \nabla Z,$$

где $\nabla_{\text{зар уВ}}$ — отметка зарегулированного уровня воды в нижнем бьефе плотины при расходе Q_3 , определяемая по кривой расходов $Q=f(Z)$; ΔZ — перепад уровней между верхним и нижним бьефами сооружения, обеспечивающий пропуск через плотину расход Q_3 при $\nabla\text{УМО}$ в водохранилище, $\Delta Z = 0,2 \dots 0,3$ м.

За расчетный зарегулированный расход воды Q_3 при сезонном регулировании стока принимают зарегулированный расход воды в конце периода дополнительного питания, а при суточном или многосуточном регулировании — наибольший расход воды пуща $Q_{\text{поп}}$ за весь период регулирования.

В случае возвышения отметки порога плотины $\nabla_{\text{пор}}$ над дном реки на величину более 0,5 м отметку $\nabla_{\text{УМО}}$ вычисляют по зависимости

$$\nabla_{\text{УМО}} = \nabla_{\text{пор}} + 1,75h_{\text{спл}},$$

где $h_{\text{спл}}$ — минимальная сплавная глубина.

Минимальный напор на пороге плотины

$$H_{\text{min}} = 1,75h_{\text{спл}}.$$

Контрольные вопросы

1. Как определяют водосборную площадь?
2. Какие показатели характеризуют речной бассейн?
3. В каком случае строят график нарастания площади водосбора?
4. Каким образом строят гидрограф?
5. Какие основные характерные фазы можно выделить в водном режиме рек?
6. Какие характеристики речного стока используют при проведении гидрологических расчетов?
7. Каковы основные причины колебания годового стока?
8. Какие понятия математической статистики используют для характеристики величины гидрологических элементов?
9. Как построить эмпирическую кривую обеспеченности?
10. Каким образом можно построить кривую обеспеченности, зная среднее арифметическое членов ряда, коэффициенты вариации и асимметрии?
11. На сколько классов разделяют внутренние водные пути?
12. По каким признакам классифицируют лесосплавные водные пути?
13. Какие основные показатели характеризуют водный путь?
14. Какие бывают скорости течения воды и скорости перемещения транспортных единиц?
15. От чего зависит лесопропускная способность реки?
16. Какие этапы включает в себя определение лесопропускной способности реки?
17. По какой формуле определяют сезонную лесопропускную способность в створе реки?
18. Какие мероприятия можно использовать для устранения дефицита лесопропускной способности?
19. Какими методами улучшают лесосплавные пути?

20. В чем отличие простейших мелиоративных работ от сложных?

21. Какие существуют виды регулирования стока?

22. Что представляют собой топографические характеристики водохранилища?

23. От каких факторов зависит полезный объем водохранилищ при сезонном и суточном (многосуточном) регулировании стока?

ЛЕСОНАПРАВЛЯЮЩИЕ И ЛЕСОЗАДЕРЖИВАЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ

3.1. Назначение, условия применения, классификация и конструктивные особенности лесонаправляющих сооружений

Общие положения. Лесонаправляющие сооружения предназначены для управления движением и предотвращения выноса плывущего леса или сплоточных единиц за пределы лесосплавного хода.

Лесоограждающие сооружения предохраняют древесину от разноса по пойме реки на участках с затопляемыми берегами. В качестве наплавных лесонаправляющих и лесоограждающих сооружений применяют деревянные или металлические боны (рис. 3.1). Боны также широко используют на рейдах при компоновке сортировочных и формировочных дворики, в лесохранилищах с затопляемыми берегами в период нахождения в запани леса для предупреждения разноса его по пойме и обсушки, для ограждения

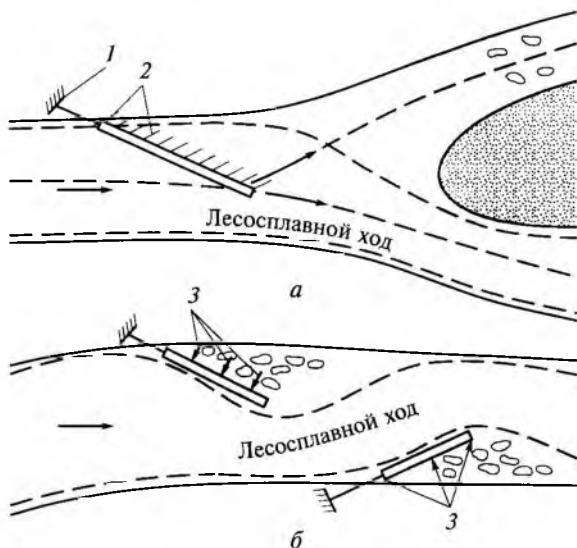


Рис. 3.1. Схемы установки боней:

а — реевый бон; *б* — бон на козловых опорах; 1 — береговая опора; 2 — рей; 3 — русловые опоры

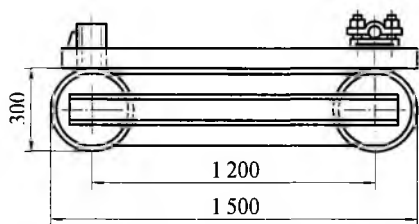


Рис. 3.2. Звено бонов из металлических понтонов

опор мостов, гидротехнических сооружений, отмелей и островов на лесосплавной трассе.

Основными достоинствами использования бонов как лесонаправляющих сооружений (по сравнению с другими мелиоративными сооружениями) являются:

- простота изготовления и невысокая стоимость;
- удобство эксплуатации и возможность быстрой перестановки при изменении формы лесосплавного хода или горизонтов воды в реке;
- практическое отсутствие влияния на режим водного потока, размыв берегов и русла реки.

Наплавные лесонаправляющие сооружения состоят из звеньев бонов, звеньевых соединений, козырьков, головных и боковых опор, специального такелажа, рей и устройств для управления реями и бонами. Лесонаправляющие сооружения классифицируют по следующим основным признакам: применяемому материалу для изготовления наплавной части бона; конструкции звеньев бона; числу и типу опор; способу управления при эксплуатации бонов.

Строительным материалом, применяемым для звеньев бонов, может быть металл (цилиндрические понтоны); древесина (круглые лесоматериалы, брус) или их сочетание. Наплавную часть металлических бонов (рис. 3.2) изготавливают в виде поплавков диаметром до 0,6 м и длиной до 5 м, которые соединяют в звенья необходимой длины. По ширине поплавки соединяют в две нитки. Поверх поплавков на подготовленное основание укладывают настил из досок. Звенья металлических бонов в продольном направлении соединяют канатом. Металлические боны применяют обычно на сортировочных и формирующих рейдах.

Звенья деревянных бонов разделяют по следующим конструктивным признакам:

- форма поперечного сечения (пакетные и плоские);
- число бревен по ширине бона (одно-, двух- и многобрененные);
- тип соединения бревен в звене бона (болтовое, нагельное, шпоночное и обвязка проволокой);
- число рядов бревен по высоте бона (одно-, двух- и трехрядные);
- тип козырьков (однобрененный, дощатый, брусчатый).

По форме поперечного сечения различают пакетные и плоские многобрененные боны.

Пакетные боны представляют собой пакет круглых лесоматериалов, скрепленных обвязками, которые во избежание скольжения рекомендуется врезать в бревна (рис. 3.3). Звенья пакетных бонов составляют из трех, четырех, пяти, семи и десяти бревен. Пакетные боны применяют для ограждения плотов и акваторий рейдов от волн, при установке продольных запаней.

Однобревенные боны применяют только для ограждения затопляемых берегов или в качестве оплотника для плотов и кошелей. Плоские боны находят преимущественное применение на лесосплаве. Звенья бонов состоят из 1—7 бревен в ряду. Они имеют длину 6,5...45 м. Рекомендуемая длина звеньев плоских бонов — до 30 м, так как при большей длине звеньев затруднены их переме-

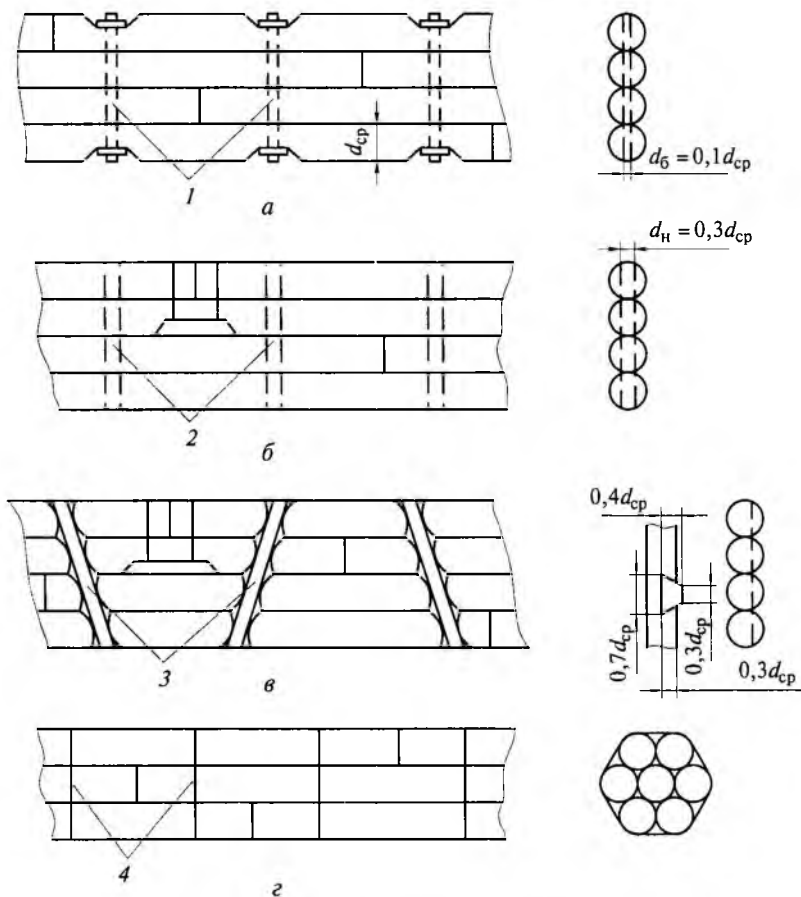


Рис. 3.3. Конструкции звеньев бонов с различными связками:
 а — болтовые; б — нагельные; в — шпоночные; г — пакетные; d_{cp} — средний диаметр бревен; d_6 — диаметр болтов; d_n — диаметр нагелей

щение, установка, выгрузка на берег для зимнего хранения и спуск на воду в навигационный период.

При эксплуатации на боны воздействуют продольные и поперечные нагрузки. Наибольшей прочностью обладают боны, при изготовлении которых соблюдены следующие правила:

- бревна в боне должны иметь одинаковую длину;
- по длине бона должно быть расположено не более одного стыка между двумя связями — болтовыми, нагельными, шпоночными;
- в многорядных бонах стыки бревен не должны совпадать в вертикальных плоскостях;
- бревна первого ряда бона должны быть расположены вершинами вверх по течению потока, что обеспечит лучшее скольжение плывущего леса вдоль бона;
- торцы бревен внутренних рядов бона в стыках должны примыкать одновременно (комлями или вершинами);
- число связей по длине каждого бревна должно быть равно числу бревен в ряду.

Порядок размещения стыков бревен по длине и ширине бона (табл. 3.1) называют *разгонкой* (рис. 3.4).

Соединение бревен в звене бона. При изготовлении плоских многобрененных звеньев бона для скрепления бревен используют различные связи: болтовые, нагельные, шпоночные. Болты и нагели располагают под углом 90° , а шпонки — под углом $60 \dots 90^\circ$.

Наиболее прочными являются боны, имеющие болтовое соединение бревен в рядах звена.

Расположение бревен в звене бона в два и более рядов по высоте придает ему большую плавучесть и прочность. Наружные

Таблица 3.1

Последовательность расположения стыков в зависимости от числа бревен по ширине бона

Число бревен по ширине бона	Последовательность номеров стыков бревен между связями	Число бревен по ширине бона	Последовательность номеров стыков бревен между связями
2	1—2	6	1—3—5—2—6—4
3	1—2—3	7	1—3—5—7—2—6—4
4	1—3—2—4	8	1—3—5—7—2—4—8—6
5	1—3—5—2—4	10	1—7—3—9—5—2—8—4—6—10

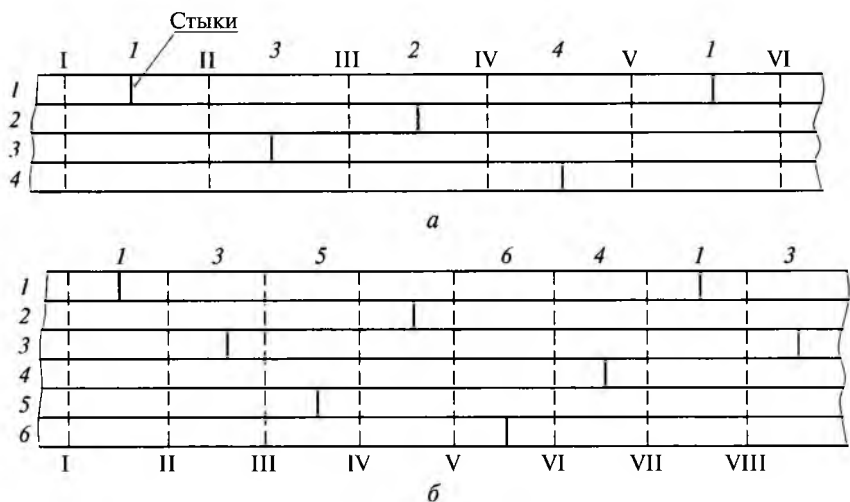


Рис. 3.4. Схема и последовательность разгонки стыков:

а — четырехбревенный бон; б — шестибревенный бон; I — VIII — связи; арабскими цифрами обозначены: по горизонтали — последовательность разгонки стыков; по вертикали — номера линий из бревен

бревна верхнего и нижнего рядов таких бонов соединяют между собой вертикальными нагелями или болтами.

Соединение звеньев бона. Необходимая рабочая длина бона образуется путем соединения его звеньев гибкими связями — цепными или канатными. При таком способе соединения каждое звено является опорным. При разрушении какого-либо звеньевого соединения вся нижерасположенная часть бона становится неработоспособной. При соединении звеньев бона канатом (лежнем) опорным элементом сооружения является канат. Такое соединение позволяет выполнять замену звена, не нарушая работы всего сооружения. Схемы соединения звеньев бонов короткой связью и лежнем приведены на рис. 3.5 и 3.6 соответственно.

Конструкция козырьков. При больших углах установки лесонаправляющих сооружений к направлению поверхностной скорости потока и при повышенных скоростях течения воды возможно подныривание под бон плывущего леса (особенно намокших бревен). Для предупреждения подныривания плывущего леса под боны их делают с козырьками (рис. 3.7), которые увеличивают осадку лобовой стороны бонов.

По числу и типу опор лесонаправляющие сооружения разделяют на многоопорные и одноопорные. *Многоопорные* боны имеют стационарные головную и боковые опоры. Их применяют в том случае, если нельзя устанавливать управляемые боны, например на тиховодных участках реки, где скорость течения менее 0,3 м/с,

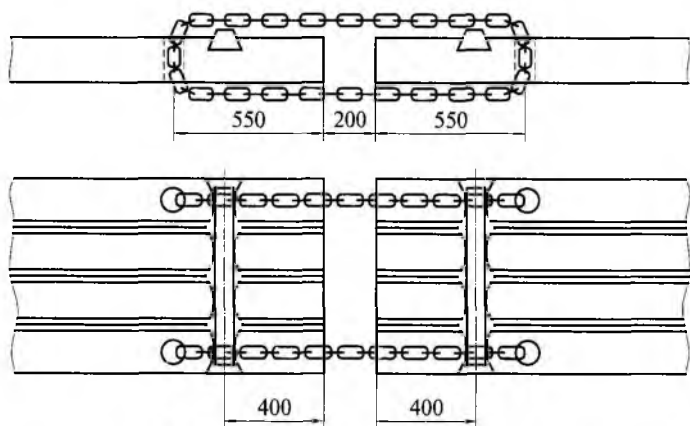


Рис. 3.5. Соединение звеньев бонов цепями

или на порожистых и других участках с глубинами менее 0,7 м. В качестве стационарных боновых опор применяют свайные, козловые и якорные конструкции. Многоопорные боны со стационарными боновыми опорами размещают вблизи или вдоль ограждаемых ими препятствий.

Одноопорные боны имеют одну стационарную головную опору и несколько боковых, называемых *реями*, которыми бон удерживается под углом к направлению течения. Такие боны называют *реевыми*.

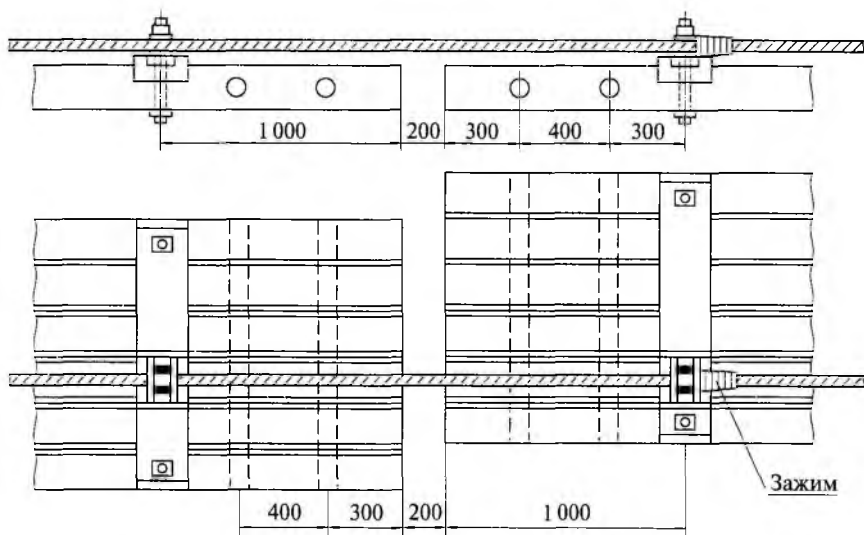


Рис. 3.6. Соединение звеньев бонов лежнями

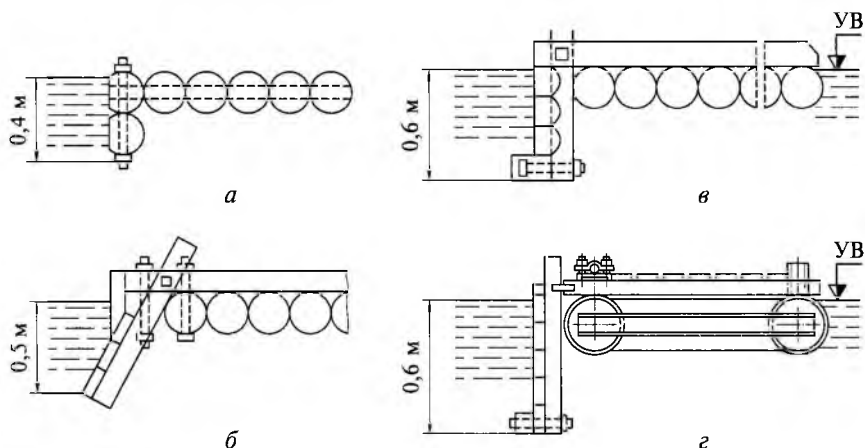


Рис. 3.7. Типы козырьков:

а — однобрусенный; *б* — дощатый; *в* — брусчатый; *г* — дощатый для бонов из металлических понтонов

Реевые боны размещают в русле реки на некотором удалении от ограждаемого препятствия для лесосплава. При этом длина бона должна быть такой, чтобы бон полностью перекрывал ограждаемые им препятствия. Такое расположение реевого бона обеспечивает безостановочное движение плавущего леса по заданной трассе (по сплавному ходу) и исключает при спаде уровней воды оседание леса за пределами сплавного хода. Реевые боны присоединяют к береговой стационарной головной опоре стальными канатами.

Способ управления боными зависит от их конструкции. Многоопорные боны со стационарными головными и боковыми опорами являются неуправляемыми. Управляемыми являются одноопорные боны с головной опорой на берегу или в русле реки и несколькими гидравлическими боковыми опорами — реями. Управление реями может быть индивидуальным, когда каждая из них управляется отдельно, или общим, когда управление всеми реями или группой их осуществляется из одного места. Для управления реями применяют лебедки с канатно-блочной системой (рис. 3.8). Совместное управление всеми реями применяют для отвода бона к берегу в целях пропуска плотов или судов, после чего бон снова устанавливают в рабочее положение. Для управления бонем применяют рейи различных конструкций, представляющие собой вертикальный щит, соединенный с бонем (рис. 3.9).

Конструкции рей. В зависимости от скоростей течения применяют балансирные, рамно-дощатые или консольно-шарнирные рейи.

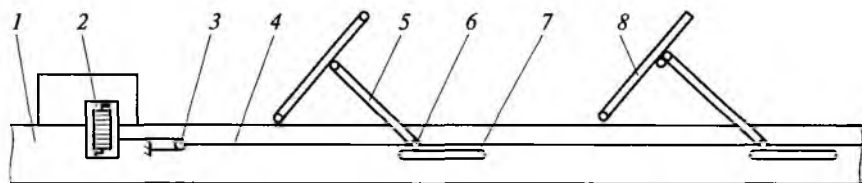


Рис. 3.8. Схема бона с центральным механизированным управлением реями:

1 — бон; 2 — лебедка; 3 — блок; 4 — канат; 5 — подкос; 6 — каток подкоса; 7 — направляющие для катков подкосов; 8 — рея

Балансирная рея состоит из вертикальных стоек, врубленных в плавающее бревно. Вертикальные стойки имеют обшивку из досок. В вертикальном положении рею 3 (рис. 3.9, а) удерживает балансир, которым является плавающая бревенчатая рама 5. Рею крепят к бону при помощи гибкой связи 2; ее удерживает под углом распорка 4. Эти рейи применяют при скоростях течения потока до 1,25 м/с.

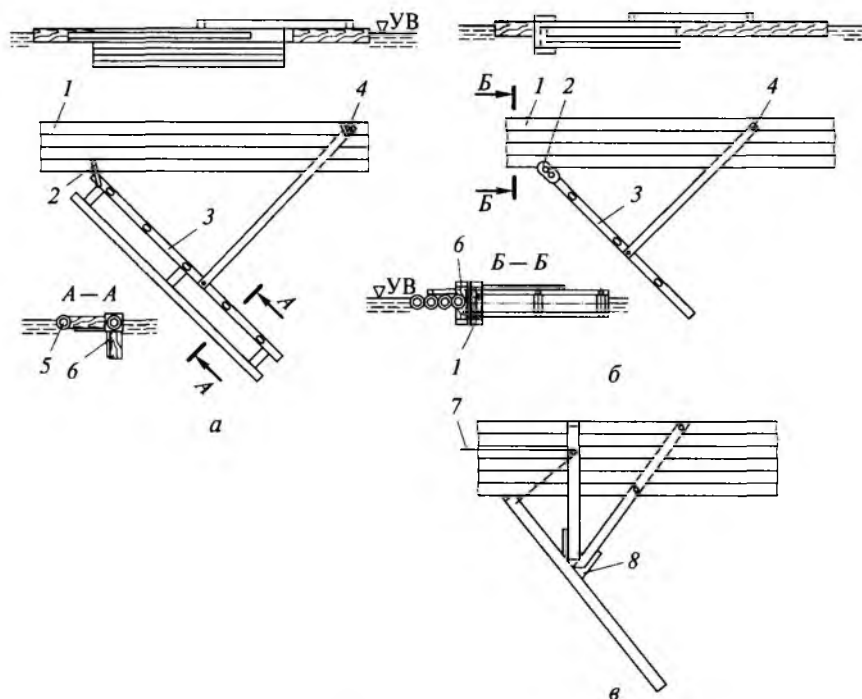


Рис. 3.9. Конструкции реи:

а — балансирная; б — рамно-дощатая; в — консольно-шарнирная; 1 — бон; 2 — гибкая связь; 3 — рея; 4 — распорка; 5 — балансирная рама; 6 — стойка; 7 — канат; 8 — шарнир

Рамно-дошатая рея состоит из вертикальной рамы, обшитой досками и закрепленной двумя гибкими связями 2 (рис. 3.9, б) к вертикальной стойке 6. Стойка врублена в бон 1 с береговой стороны. Рею 3 удерживает под углом распорка 4. Эту конструкцию применяют при скоростях течения реки 1,25 ... 1,5 м/с.

Консольно-шарнирную рею выполняют в виде рамно-дошатой или брусчатой конструкции, которую опирают шарнирно по всей высоте реи на треугольную консоль, состоящую из двух горизонтальных сходящихся в плане брусьев. Эта консоль жестко соединена с боном. Применяют такие реи при скоростях течения потока более 1,5 м/с.

Гидродинамический расчет реевого бона. На бон, установленный на реке, воздействуют поток воды, плывущий лес и ветер. Влекущую силу потока воды или ветра R , действующую на любое плавающее тело, определяют по формулам гидродинамики.

Бон или пластина, поставленные нормально к направлению потока, являются плохообтекаемыми телами. Для таких тел в качестве характерной площади принимают площадь их поперечного сечения, нормального к направлению движения. Ее называют *площадью миделя* и обозначают знаком $\otimes$.

В качестве характерной площади принимается смоченная поверхность тела F для хорошо обтекаемых тел, например судна, или пластинки, которые расположены в потоке параллельно течению потока. Тогда преобладающими являются силы трения, направленные касательно к этой поверхности и вызванные действием сил вязкости в слое воды, граничащем со смоченной поверхностью тела. Такое сопротивление называют *сопротивлением трения*.

Суммарное сопротивление для тел, значительно удлиненных в направлении движения, но плохообтекаемых, с учетом сопротивлений давления и трения определяют по зависимости

$$R = 0,5\rho v^2(\otimes\zeta + Ff).$$

Значение коэффициента сопротивления давления ζ изменяется в зависимости от формы тела. Так, для пластинки, поставленной нормально к направлению потока, $\zeta = 2,0$, а для хорошо обтекаемого тела каплевидной формы $\zeta = 0,03$. Значение коэффициента сопротивления трения f изменяется в зависимости от шероховатости поверхности тела. Для плавающего ряда бревен, расположенных нормально к направлению течения, $\zeta = 0,020 \dots 0,025$, а для гладкой пластинки — $\zeta = 0,003$.

Значения коэффициентов ζ и f зависят от критериев Рейнольдса и Фруда. При современном состоянии гидродинамики эти коэффициенты пока трудно установить теоретическим путем. Для инженерных расчетов среднее значение коэффициентов определяют постановкой специальных экспериментов. При определении опыт-

ным путем значений коэффициентов сопротивлений учитывают скорости движения, которые в условиях лесосплава имеют незначительные колебания.

На тела, плавающие на свободной поверхности жидкости, кроме сил сопротивлений давления и трения, действуют волновые сопротивления. Но эти сопротивления незначительны, и их учитывают, несколько повышая опытные значения коэффициентов сопротивления давления.

Для гидродинамического расчета реевого бона необходимо установить:

- среднюю поверхностную скорость течения v реки в пределах сплавного хода на участке размещения бона и расчетную скорость ветра $v_{\text{в}}$;
- конструкцию бона — число бревен по ширине и ширину бона b , наличие козырька и его тип, осадку бона t ;
- угол α между направлением течения и боном, при котором не происходит подныривания бревен под бон;
- длину бона L , определяемую в зависимости от намечаемой степени перекрытия боном ширины реки и допустимого угла между боном и направлением течения;
- размеры рей: осадку t_p и длину l_p (этими размерами при расчетах можно варьировать).

При расчете учитывают следующие силы (рис. 3.10).

1. Нормальную $P_{\perp\pi}$ и параллельную $P_{\parallel\pi}$ составляющие силы воздействия речного потока:

$$P_{\perp\pi} = 0,5\rho v^2 \zeta_6 t L \sin \alpha,$$

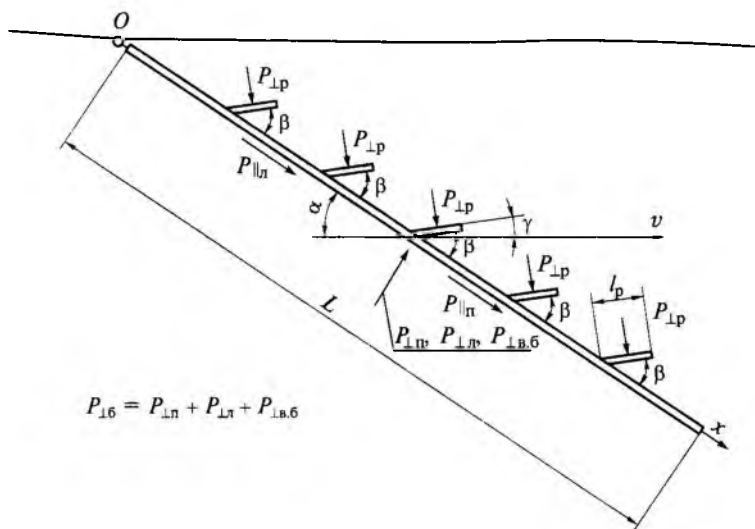


Рис. 3.10. Схема расчета реевого бона

Значения коэффициента сопротивления давления ζ_6 в зависимости от угла установки α и осадки t бона

Тип и осадка t бона, м	Значения ζ для углов α , ...°				
	10	15	20	25	30
Однорядный ($t = 0,25$ м) с числом бревен $n = 4$	0,38	0,41	0,45	0,49	0,52
Однорядный ($t = 0,25$ м) с числом бревен $n = 6$	0,43	0,47	0,51	0,55	0,59
С козырьком из одного бревна ($t = 0,40$ м)	0,44	0,48	0,55	0,67	0,74
С козырьком ($t = 0,60$ м)	0,50	0,56	0,65	0,77	0,93

$$P_{\parallel} = 0,5\rho v^2 f_6 b L \cos \alpha,$$

где ζ_6 — коэффициент сопротивления давления, зависящий от угла установки α и осадки t бона (табл. 3.2); L — длина бона, м; f_6 — коэффициент сопротивления трения; для бонов без козырька $f_6 = 0,018$, а для бонов с козырьком $f_6 = 0,025 \dots 0,030$; b — ширина бона, м.

2. Нормальную составляющую силу воздействия плавущего леса $P_{\perp}$ определяют по формуле

$$P_{\perp} = 0,5\rho v^2 f_l b_l L \sin \alpha,$$

где f_l — коэффициент сопротивления трения, зависящий от конструкции бона. Для реевого однорядного бона без козырька ($t = 0,25$ м) $f_l = 0,014$; для реевого бона с козырьком из одного бревна ($t = 0,40$ м) $f_l = 0,013$; для реевого бона с козырьком ($t = 0,50 \dots 0,60$ м) $f_l = 0,006$; b_l — ширина полосы леса, плавущего вдоль бона, м.

Параллельную составляющую силы определяют по формуле

$$P_{\parallel} = \mu(P_{\perp} + P_{\perp.л}),$$

где μ — коэффициент трения плавущего леса о бон ($\mu = 0,3 \dots 0,4$).

3. Силы перпендикулярного воздействия ветра на бон $P_{\perp.в}$ и на плавущий вдоль него лес $P_{\perp.л}$:

$$P_{\perp.в} = 0,5\rho_v v^2 f_v (b_l + b)L,$$

где ρ_v — плотность воздуха, $\rho_v = 1,3$ кг/м³; v_v — скорость ветра, м/с; f_v — коэффициент сопротивления воздуха, зависящий от его

скорости (при $v_b = 12 \dots 16$ м/с $f_b = 0,011 \dots 0,009$); b_l — ширина полосы леса, проплывающего вдоль бона, м;

$$P_{\perp \text{в.л}} = 0,5 \rho_b v_b^2 f_b b_l L.$$

При ширине полосы проплывающего леса $b_l < 2,0$ м силу $P_{\perp \text{л}}$ не учитывают, так как дополнительное давление от плывущего леса на бон не наблюдается вследствие изменения скоростного режима потока воды у бона.

При ширине полосы плывущего леса $b_l < 1$ м давление потока воды на бон даже уменьшается.

4. Сила воздействия потока на рей $P_{\perp p}$ (нормальная составляющая)

$$P_{\perp p} = 0,5 \rho v^2 \zeta_p t_p l_p \sin \gamma,$$

где ζ_p — коэффициент сопротивления давления на рей (зависит от конструкции бона, осадки рей t_p , длины рей); γ — угол атаки рей потоком, $\gamma = \beta - \alpha$, β — угол между боном и реей, оптимальное значение $\beta = 0,5(90^\circ + \alpha)$ определяется из условия обеспечения максимального момента силы $P_{\perp p}$ относительно точки опоры бона.

Расчет числа гидравлических опор. Для удержания бона под углом α к направлению потока число рей определяют из уравнения моментов относительно точки O (см. рис. 3.10):

$$P_{\perp \text{б}} = 0,5L - iP_{\perp p}(0,5l_p + 0,5L \cos \beta) = 0,$$

где $P_{\perp \text{б}}$ — суммарная нормальная составляющая сил, действующих на бон; i — число рей.

Учитывая, что $P_{\perp \text{б}} = P_{\perp \text{п}} + P_{\perp \text{л}} + P_{\perp \text{в.б}}$, число рей определяем из условия

$$i = \frac{P_{\perp \text{б}}}{P_{\perp p} \left(\cos \beta + \frac{l_p}{L} \right)},$$

расстояние между ряями $I = L/i$.

Из уравнения проекции всех сил, действующих на бон, определяем нагрузку на головную опору:

$$R_r = P_{\parallel \text{п}} + P_{\parallel \text{л}} + iP_{\perp p} \sin \beta. \quad (3.1)$$

Нагрузку на канат или на звеньевые соединения бона можно определить по формуле (3.1) с учетом внешних сил, приложенных только к части бона от его конца до рассматриваемого соединения. Сечение каната подбирают по разрывному усилию с трехкратным коэффициентом запаса прочности.

3.2. Назначение, классификация и конструктивные особенности лесозадерживающих сооружений

Наплавные лесозадерживающие сооружения предназначены для временного задержания и хранения леса.

Акваторию реки, используемую для приема и временного хранения лесоматериалов или пучков перед запанью, называют *лесохранилищем*. Скопление лесоматериалов в лесохранилище называют *запанным пыжом*.

Ограждения на воде для хранения и сортировки леса, а также плавучую преграду поперек реки при молевом сплаве леса называют *запанью*.

По назначению запани разделяют на коренные, промежуточные и вспомогательные.

Коренные запани устанавливают в конечных пунктах молевого лесосплава или лесосплава пучков. Коренные запани предназначены для задержания и хранения лесоматериалов, которые подлежат сортировке, сплотке, выгрузке на берег или погрузке в суда.

Промежуточные запани устанавливают в целях регулирования подачи леса в коренные запани или для временного задержания плывущего леса в пути, когда по каким-либо причинам на данном участке реки ниже запани лесосплав в течение определенного периода проводить нецелесообразно или нельзя.

Вспомогательные запани применяют для хранения необходимого объема леса в местах сортировки, выгрузки на берег или погрузки в суда. Такие запани устанавливают ниже коренной запани в пределах рейдов.

По расположению в русле реки различают запани:

- поперечные, перекрывающие реку по всей ее ширине, но оставляющие в живом сечении проход для рыбы;
- продольные, устанавливаемые у одного из берегов реки и перекрывающие только часть ее живого сечения по ширине.

Поперечные запани применяют на несудоходных и временно судоходных реках, на которых судоходство прекращается до установки запани или когда местом размещения запани является несудоходный рукав реки.

Продольные запани применяют в случаях, когда часть реки необходимо оставлять свободной для прохода судов или проплава плотов. В экологическом отношении эти запани предпочтительнее, так как обеспечивают свободный проход рыбы и меньше нарушают гидрологический характер водоемов.

Места размещения запаней на судоходных и временно судоходных реках должны быть согласованы с бассейновыми управлениями водных путей.

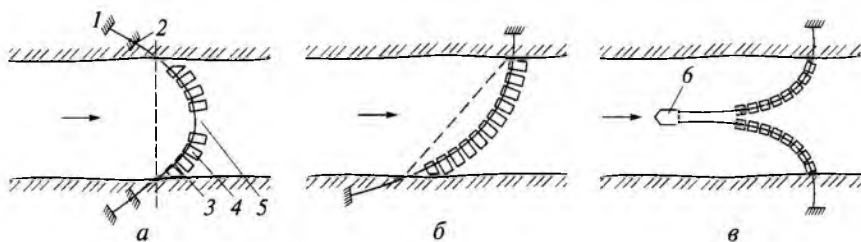


Рис. 3.11. Основные схемы поперечной запани:

a — нормальная; *б* — наклонная; *в* — шатровая; 1 — береговая опора; 2, 4 — плитки; 3 — лежень; 5 — ворота; 6 — русловая опора

Запани являются инженерными сооружениями; в проектно-расчетном отношении по ГОСТу их относят к следующим классам капитальности гидротехнических сооружений:

- коренные и промежуточные запани при объеме максимального переходящего остатка хранения в размере 200 тыс. м³ и более — к III классу; при объеме хранения менее 200 тыс. м³ — к IV классу;
- вспомогательные запани — к V классу.

По значимости все запани III класса, а также запани IV класса капитальности, устанавливаемые на судоходных реках или в устьях протоков судоходных рек, а также в непосредственной близости от нижерасположенных крупных сооружений — мостов, гидростанций и т. п., относят к I категории сооружений; все остальные запани — ко II категории.

Для каждой запани обязательно должен быть составлен проект по материалам проводимых для этого изыскательских работ. Целью проекта является установление технической возможности и экономической целесообразности строительства запани на данном участке реки, обоснование выбора ее типа, расчет прочности частей сооружения, определение стоимости строительства и др.

Потребность в применении запаней обосновывается в разработке транспортно-технологических схем лесосплава в бассейне.

Поперечные запани. Имеется несколько вариантов установки поперечных запаней: поперек реки, перпендикулярно к направлению речного потока (рис. 3.11, *a*); наклонно, под углом к потоку (рис. 3.11, *б*); в форме шатра в плане, с русловой опорой и разделением потока (рис. 3.11, *в*).

К основным конструктивным элементам поперечных запаней относят металлические канаты (лежни) — от одного до нескольких по расчету, воспринимающие нагрузки от давления пыжа на запань; плитки-поплавки и опоры — береговые и русловые.

По конструктивным особенностям поперечные запани бывают:

- лежневые — с расположением канатов запани (лежня) в одной связке над водой;

- лежнево-сетчатые — с расположением канатов запани в надводной части (верхняя ветвь лежня) и под водой (нижней ветви), удерживаемой на определенной глубине потока на подвесках из цепей или канатов.

Лежни запаней из одного или нескольких металлических канатов диаметром 25...65 мм подбирают по воспринимаемой ими нагрузке по соответствующим ГОСТам на канаты. Канаты передают нагрузку на береговые (или русловые) опоры.

Плитки-поплавки являются наплавной частью запани и служат для удержания лежня в рабочем положении и передачи на них давления пыжа и потока. Тип и конструкцию плиток-поплавков для запани подбирают в зависимости от скорости течения и других расчетных факторов. Плитки-поплавки делают деревянными (из круглого леса), а при больших нагрузках на запань — металлическими в виде понтонов специальной конструкции.

Положение лежня на плитках-понтах определяется конструкцией плиток и фиксируется соответствующим закреплением лежня против его соскальзывания при наклонах плиток в сторону пыжа.

В *лежневых запанях* при скорости течения до 0,8 м/с и ширине реки до 100 м применяют однорядные плитки, а при скорости течения до 1,25 м/с и ширине реки до 200 м — двухрядные.

В *лежнево-сетчатых запанях* при скорости течения до 2 м/с и ширине реки до 200 м применяют двухрядные, а при скоростях до

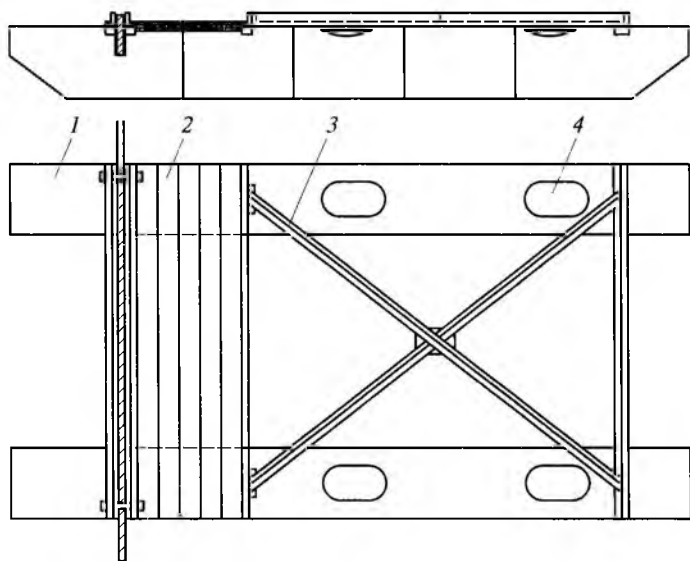


Рис. 3.12. Металлический понтон лежнево-сетчатой запани:

1 — корпус понтона; 2 — мостик; 3 — рама; 4 — горловина

2,75 м/с — трехрядные плитки. В лежнево-сетчатых запанях с длительным сроком эксплуатации применяют металлические понтоны (рис. 3.12).

Поперечные запани закрепляют в расчетных створах реки обычно за береговые опоры специальных конструкций. Запани шатрового типа удерживаются в заданном положении русловой опорой — ряжем, винтовым якорем и т. п.

Лежень, плитки-поплавки и опоры образуют надежную систему запани как гидротехнического сооружения специального назначения, рассчитанного на действие больших давлений от пыжа и потока. Кроме названных основных элементов запани, в сооружение могут входить некоторые второстепенные или вспомогательные устройства, например свайные кусты для разделения канатов лежня по опорам, прижимные гравитационные опоры и др. Для пропуска леса из запаней в них устраивают лесопропускные ворота (рис. 3.13) с мостиками над ними для рабочих и монтажа дополнительных приспособлений.

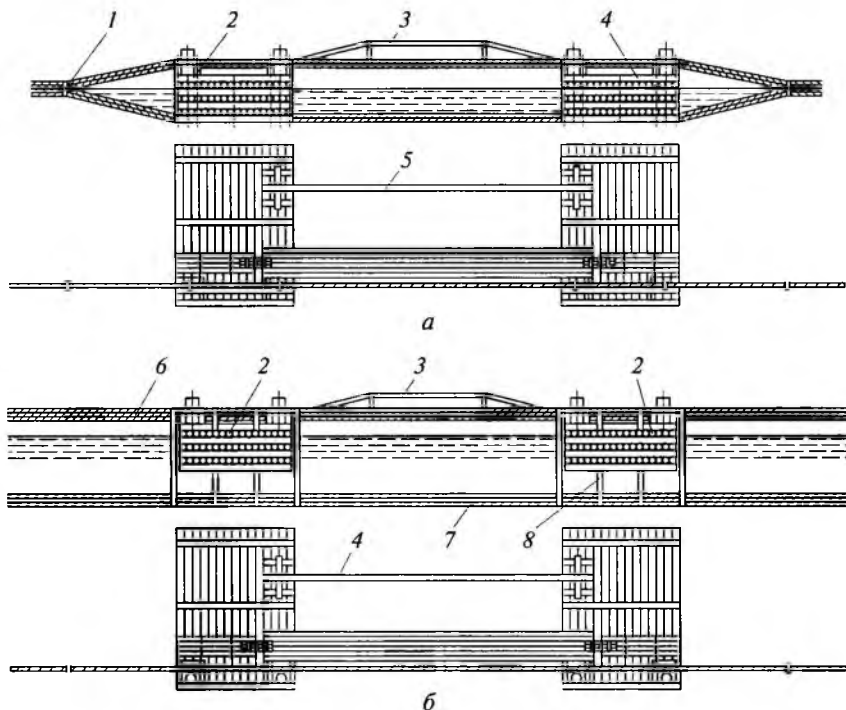


Рис. 3.13. Лесопропускные ворота на плитках:

а — лежневой запани; *б* — лежнево-сетчатой запани; 1 — сжим; 2 — левая плитка ворот; 3 — мостик; 4 — правая плитка ворот; 5 — распорка; 6 — верхняя ветвь лежня; 7 — нижняя ветвь лежня; 8 — подвеска

Продольные запани. В экологическом отношении этот вид запаней предпочтительнее по сравнению с поперечными.

Продольная запань состоит из двух основных частей: поперечной, сопрягающейся с берегом, и продольной, сопрягающейся с поперечной (в общей русловой опоре). Последняя укреплена в русле реки (параллельно берегу) в границах проектируемого лесохранилища на опорах. В зависимости от местных гидрологических, экологических и производственных условий ширина (лесохранилища) продольных запаней колеблется в пределах 40...80 м, но не более 0,5 ширины русла реки. Продольная часть монтируется из отдельных звеньев длиной 50...200 м. Общая длина их определяется исходя из потребной длины лесохранилища.

Основными конструктивными элементами продольных запаней являются канаты (лежни) поперечной и продольной частей запани, плитки-поплавки поперечной и продольной частей, наплавные опорные точки (узлы) и опоры (береговые и русловые).

Лежни (канаты) и плитки-поплавки поперечной части продольной запани выбирают исходя из тех же условий, что и в поперечных запанях. В качестве поплавков продольной части запани применяют плитки однорядные и двухрядные из разного числа бревен (до 10), пучки (7- и 10-бревенные) — в зависимости от скорости течения и давления на них со стороны пыжа.

Поперечная часть конструктивно ничем не отличается от обычной поперечной запани, примыкает к берегу, и канаты ее лежня крепят одним концом за береговые опоры, а другим за русловую (пятовую) опору, общую с продольной частью.

Продольная часть запани состоит из гибких или жестких секций длиной 50...200 м, закрепленных на наплавных опорных узлах.

Гибкие секции представляют собой поплавки — бревенные плитки, пучки или звенья бонов, закрепленные на стальном канате (секционном лежне), запрессованном на верхнем (по течению) и нижнем опорных узлах.

В продольных запанях временного типа вместо гибких секций устанавливают звенья бревенного (однорядного или двухрядного) бона.

Наплавные опорные узлы продольной части запани выполняют в виде бревенных массивов (многорядных плиток).

В гибких продольных запанях рабочим органом, воспринимающим распорное давление пыжа на звено, служит звеньевой (секционный) лежень.

В отличие от поперечных, продольные запани крепят при помощи многих опор — береговых и русловых, рассчитываемых на соответствующую нагрузку от закрепляемых на них канатов.

Типы и конструкции береговых опор не отличаются от конструкций опор для поперечных запаней.

В качестве русловых опор в продольных запанях применяют разные типы якорей — металлические и железобетонные, а также и стационарные гравитационные опоры — из каменной кладки, ряжевые и др.

Выбор места под запань. Место выбирают с учетом гидрологических, экологических и производственных условий. По традиции для этой цели назначают комиссию из представителей заинтересованных организаций.

При определении пригодности того или иного участка реки для строительства запани руководствуются следующими положениями:

- в пределах акватории для размещения пыжа в русле реки не должно быть отмелей, песчаных кос, перекатов и других препятствий, которые могут привести к обсушке сплавляемого леса;
- поперечные запани целесообразно располагать на глубоких, сужающихся участках реки, за крутыми поворотами — для уменьшения давления пыжа на запань;
- продольные запани рекомендуют устанавливать на глубоких плёсовых участках реки преимущественно у вогнутого берега;
- берега в месте расположения опор запаней должны быть достаточно высокими, не затопляемыми при максимальных паводках, а грунт берегов — устойчивым и трудно размываемым;
- при наличии разветвленного русла поперечные запани целесообразно располагать в удобной протоке;
- при выборе места под запань рейда должны учитываться условия размещения ниже запани проектируемых рейдовых сооружений и устройств;
- на нерестовых реках выбор места под запань и ее тип — поперечная, продольная — согласовывают с органами рыбоохраны.

Окончательно выбирают место под запань при разработке проекта запани на основании данных проведенных изысканий.

Изыскательские работы выполняют в целях получения материалов — гидрологических, топографических, геологических и других, необходимых для разработки проекта запани.

При определении внешних нагрузок для расчета прочности запаней, показателя расчетной обеспеченности наибольших расходов, уровней и скоростей течения воды за период работы сооружений принимают запас согласно ТУ на проектирование, а именно:

- для коренных и промежуточных запаней III класса капитальности и I класса сооружений — 2 %;
- для IV класса капитальности и I класса сооружений — 5 %;
- для вспомогательных запаней — 10 %.

Непременным условием формирования в лесохранилище пыжа из пучков является недопущение нарушения однородности их расположения при возрастании скорости течения до критической, определяемой по формуле

$$v_{\text{кр}} \leq \sqrt{\left(A_{\text{п}} - \frac{0,5 t_{\text{п}} b_3}{h_0 b} \right) g t},$$

где $t_{\text{п}}$ — осадка пыжа из пучков, м; b_3 — ширина лесохранилища (запани), м; h_0 — средняя бытовая глубина реки, м; b — ширина реки, м; $A_{\text{п}}$ — параметр, зависящий от плотности древесины в пучках ρ :

ρ , кг/м ³	600	700	800	900
$A_{\text{п}}$	0,26	0,25	0,23	0,18

Эта формула справедлива при $t_{\text{п}}/h_0 = 0,1 \dots 0,4$ для рек, характеризующихся коэффициентом Шези $C > 30$.

3.3. Расчет поперечной запани

Расчет производится при наличии материалов изысканий, к которым относятся данные о расчетной скорости течения в створе запани, глубине потока, его ширине, данные о колебаниях уровней в реке за время работы запани задание на объем переходящего остатка леса в лесохранилище W .

Определение необходимой длины лесохранилища запани. Расчет запаней для молевого лесосплава начинают с определения необходимой длины лесохранилища запани исходя из объема хранения леса в пыже W по формуле

$$L_{\text{п}} = \frac{W \rho_{\text{от}}}{\eta b_3 t_c},$$

где $\rho_{\text{от}}$ — относительная плотность древесины; η — коэффициент полндревесности пыжа, $\eta = 0,3$; b_3 — средняя ширина лесохранилища запани, м (обычно ее отождествляют с шириной створа запани, хотя это не одно и то же); t_c — толщина пыжа, усредненная по его длине, м.

Для определения толщины бревенного пыжа используют данные ЦНИИ лесосплава. Среднюю толщину пыжа определяют по формуле

$$t_c = t_c^0 \varphi \varphi_1,$$

где t_c^0 — средняя толщина пыжа при его длине, равной 700 м; φ , φ_1 — поправочные коэффициенты.

Значение коэффициента φ выбирают в зависимости от $L_{\text{п}}$:

$L_{\text{п}}$, м.....	100	200	300	400	500	600	700	800	1000	1400	2000
φ	1,2	1,14	1,10	1,06	1,04	1,02	1,0	0,98	0,96	0,94	0,92

При определении толщины запанного пыжа t_c в продольной лежнево-сетчатой запани при скоростях течения 2; 2,5; 3; 3,5 м/с необходимо величину t_c^0 умножить на коэффициент ϕ_1 , который зависит от коэффициента стеснения Ψ ($\Psi = b_3/b$):

Ψ	0,2	0,3	0,4	0,5
ϕ_1	1,9	1,45	1,2	1,1

Значения величины t_c^0 для поперечных запаней приведены в табл. 3.3 в зависимости от скорости течения и глубины.

Для продольных запаней толщина пыжа дается в зависимости от коэффициента стеснения пыжом русла реки Ψ .

Определение сил, действующих на запань от бревенного пыжа. Расчет ведут по методике, разработанной ЦНИИ лесосплава.

Бревенный пыж в запани подвергается действию водного и воздушного потоков и одновременно взаимодействует с берегами по схеме, представленной на рис. 3.14. Бревенный пыж при этом уподобляется сыпучему телу, подверженному давлению воды на подводную часть и ветра — на надводную часть пыжа.

В пыже возникает влекущая сила P_a от воздействия потока и ветра, действующая в направлении течения. Эта сила вызывает в пыже распорное усилие $P_{\perp}$, направленное нормально потоку, и силы трения $P_{\parallel}$ пыжа о берега. Силы трения уменьшают действие

Таблица 3.3

Значения средней толщины пыжа t_c^0 при длине пыжа 700 м

Скорость течения v , м/с	Глубина h , м					
	3	4	5	6	7	8
0,25	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
0,50	0,65	0,68	0,70	0,73	0,76	0,77
0,75	1,03	1,12	1,18	1,29	1,36	1,50
1,00	1,40	1,60	1,80	2,15	2,70	3,00
1,50	1,85	2,20	2,60	3,00	3,70	4,30
2,00	2,40	2,80	3,30	4,10	4,30	5,00
2,50	2,50	3,00	3,80	4,40	4,70	5,50

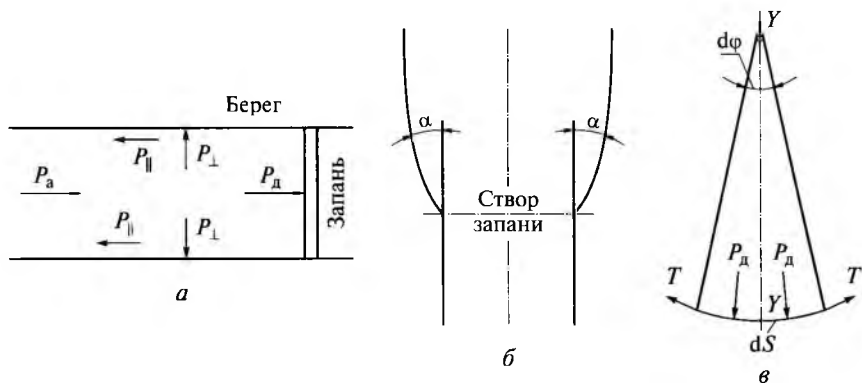


Рис. 3.14. Схемы сил, действующих на запань:

a — запань в прямоугольном русле; *б* — схема сужения в створе запани; *в* — схема к расчету сил, действующих на лежень; dS — отрезок лежня; $d\phi$ — угол дуги окружности; $Y-Y$ — ось, проходящая через середину отрезка nm ; T — натяжение лежня; α — угол сужения реки

активной силы P_a , в результате чего запань подвергается действию только силы P_d , называемой действующей силой:

$$P_d = P_a - P_{||} = P_a \left(1 - \frac{P_{||}}{P_a} \right) = \beta P_a, \quad (3.2)$$

где β — коэффициент, учитывающий взаимодействие пыжа с берегами и зависящий от скорости течения и от отношения L_p/b_3 ; L_p — расчетная длина пыжа; b_3 — ширина запани.

Исследованиями установлено, что расчетная длина пыжа L_p определяется зависимостью $L_p = (6 \dots 8)b_3$. Это означает, что для расчета силы P_d имеет значение не вся длина пыжа L_n (она может быть очень большой), а только его активная часть, равная $L_p = 8b_3$ при скорости течения $v \leq 1,15$ м/с и $L_p = 6b_3$ при $v \geq 1,20$ м/с.

Численные значения коэффициента β , полученные опытным путем, приведены в табл. 3.4.

Значения коэффициента β получены для русел с параллельными берегами. Непризматичность и извилистость русла учитывается введением коэффициента β' . Тогда формула (3.2) приобретает вид

$$P_d = \beta \beta' P_a.$$

Значения коэффициента β' принимают:

- для призматического параллельного русла $\beta' = 1,0$;
- призматического извилистого русла при расположении запани непосредственно за поворотом $\beta' = 0,8 \dots 0,9$.

Сузжающееся русло в направлении течения на участке протяженностью не менее $1/4$ ширины реки характеризуется углом су-

Значения коэффициента β

Расчетная скорость течения, м/с	L_p/b_3					
	1	2	4	6	7	8
0,5	0,61	0,51	0,31	0,23	0,21	0,20
1,0	0,76	0,65	0,48	0,40	0,38	0,35
1,5	0,81	0,70	0,55	0,48	0,45	0,42
2,0	0,86	0,78	0,68	0,60	0,57	0,55
2,5	0,87	0,80	0,70	0,64	0,62	0,60
3,0	0,88	0,83	0,74	0,68	0,64	0,62

жения α (при этом извилистость русла не учитывается), которое связано с коэффициентом β' зависимостью:

$\alpha, \dots^\circ$	5	10	20
β'	0,90	0,80	0,65

При гидравлических расчетах, связанных со стеснением реки пыжом, энергетическое состояние потока учитывают параметром кинетичности Π_k , который представляется в виде

$$\Pi_k = \frac{v^2}{gh},$$

где v — средняя бытовая скорость течения на участке расположения запани; g — ускорение свободного падения; h — средняя глубина реки на участке пыжа.

Энергетические состояния равнинных, горных и полугорных рек различают по параметру кинетичности:

- для запаней, устанавливаемых на равнинных реках в условиях сравнительно малых скоростей течения, параметр кинетичности $\Pi_k \leq 0,03$;

- для запаней, устанавливаемых на горных и полугорных реках в условиях больших скоростей, параметр кинетичности $\Pi_k > 0,03$.

По методике расчета лежневой запани, разработанной ЦНИИ лесосплава, активную силу действия пыжа на запань P_a определяют по формуле

$$P_a = b_3 L_p (\tau_{\Pi} + \tau_B),$$

где τ_{Π} — удельное давление пыжа на запань, осредненное по его расчетной длине, зависящее от скорости течения и глубины пото-

ка; τ_v — удельное давление ветра на пыж, отнесенное к единице площади пыжа и определяемое по формуле

$$\tau_v = \zeta_v \rho_v \frac{v_v^2}{2},$$

где ζ_v — коэффициент сопротивления ветра; ρ_v — плотность воздуха, равная $1,29 \text{ кг/м}^3$; v_v — скорость ветра, м/с.

Для многорядных пыжей в зависимости от скорости ветра ζ_v составляет:

v_v , м/с	8	12	16	18
ζ_v	0,020	0,015	0,010	0,009

Исследованиями, выполненными в ЦНИИ лесосплава, установлено, что удельное давление потока на пыж τ_n зависит от скорости течения потока в период формирования пыжа, средней глубины реки h и длины пыжа L_n , численные значения τ_n приведены в специальной литературе. Удельное давление пыжа можно определить по эмпирической формуле

$$\tau_n = \tau'_n \varphi_\tau,$$

где τ'_n — удельное давление потока на пыж при $L_n = 700 \text{ м}$ (табл. 3.5); φ_τ — поправочный коэффициент, зависящий от длины пыжа L_n :

L_n , м	100	300	500	700	1000	2000
φ_τ	1,75	1,30	1,05	1,00	0,80	0,57

Определение сил, действующих на запань при приеме леса в пучках. Расчет осуществляют при обеспечении однородности пыжа, которая достигается из условия $v \leq v_{кр}$. Сила P_d , действующая на запань при приеме в нее пучков, может быть определена из уравнения

$$P_d = Ab^2 v^2 n_p g,$$

где A — параметр, зависящий от относительного стеснения глубины потока пыжом; v — средняя по живому сечению скорость

Таблица 3.5

Значения удельного давления потока на пыж τ'_n , Па, при длине пыжа $L_n = 700 \text{ м}$

Скорость течения v , м/с	Глубина реки h , м					
	3	4	5	6	7	8
1,0	22	26	30	35	41	46
1,5	64	76	94	110	128	137
2,0	148	176	205	237	270	308
2,5	250	300	365	420	470	540

потока, м/с; n_p — коэффициент, учитывающий отношение расчетной длины пыжа к ширине реки.

Параметр A зависит от относительного стеснения глубины потока пыжом $t_{\text{п}}/h$:

$t_{\text{п}}/h$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
A	1,0	2,0	4,3	7,4	10,4

Коэффициент n_p учитывает отношение расчетной длины пыжа к ширине реки, зависит от v , h и $t_{\text{п}}$:

$\frac{v}{h} \frac{\sqrt{t_{\text{п}}}}{\sqrt{g}}$	0,025	0,050	0,075	0,100
n_p	7,50	5,80	4,95	4,50

В отдельных случаях поперечные запани монтируют в зимний период на льду в расчете на пропуск весеннего ледохода и приема лесоматериалов в запань вслед за ледоходом.

Для свободного пропуска льда наплавным элементам запани — металлическим понтонам или деревянным клеткам — придают обтекаемую форму лобовой части, чтобы во время пропуска льда избежать лобового удара и создания ледяного затора. Запани, смонтированные на обтекаемых наплавных элементах, должны быть лежнево-сетчатые. Нижнюю ветвь лежня с лесоприемной сеткой сбрасывают в воду уже после ледохода, потому что она предназначена только для задержания леса и улучшения устойчивости наплавной части запани в процессе формирования пыжа.

Давление льда на запань при пропуске его под наплавной частью определяют по формуле

$$P_{\text{лд}} = f_{\text{л}} G,$$

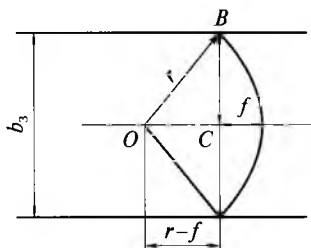
где $f_{\text{л}}$ — коэффициент трения наплавных элементов запани о ледяное поле; при металлических обтекаемых понтонах $f_{\text{л}} = 0,3$; при деревянных клетках $f_{\text{л}} = 0,4$; G — масса наплавных элементов.

Расчет лежня поперечной запани. Целью расчета является определение усилий, возникающих в лежне, передаваемых на опоры, а также диаметра и числа стальных канатов. Многочисленными опытами и наблюдениями за работой запани в лабораторных и производственных условиях установлено, что для расчета можно лежень принимать провисающим по дуге окружности, а нагрузку на лежень $P_{\text{д}}$ — направленной радиально и распределенной равномерно по лежню. Эту нагрузку принимают равной действующей нагрузке $P_{\text{д}}$, отнесенной к единице ширины реки в районе запани: $P = P_{\text{д}}/b_3$.

Для определения натяжения лежня T вырезаем из него отрезок и проектируем действующие силы на ось $Y—Y$ (см. рис. 3.14), в результате получаем уравнение

Рис. 3.15. Стрела провеса запани:

f — стрела провеса лежня; O , B , C — вершины треугольника



$$2T \sin \frac{d\varphi}{2} = P_d dS.$$

Учитывая, что при малых значениях $d\varphi$ существует равенство $\sin \varphi / 2 \cong \varphi / 2$, а также выражая dS через радиус дуги окружности r , по которой располагается лежень под нагрузкой, т.е. $dS = r d\varphi$, приходим к следующей зависимости для натяжения лежня:

$$T = P_d \frac{r}{b_3}. \quad (3.3)$$

Выразим отношение r/b_3 через отношение стрелы провеса f к ширине реки b_3 в районе запани и обозначим это отношение через $\alpha = f/b_3$.

Из треугольника OBC (рис. 3.15) находим

$$r^2 = \frac{b_3^2}{4} + (r - f)^2$$

или

$$r = \frac{b_3^2 + 4f}{8f}.$$

Разделив обе части уравнения на b_3 и учитывая значение α , будем иметь

$$\frac{r}{b_3} = \frac{1 + 4\alpha^2}{8\alpha},$$

подставляя которое в формулу (3.3), получим

$$T = P_d \frac{1 + 4\alpha^2}{8\alpha} = KP_d.$$

Значения коэффициента K в зависимости от параметров α , L/b_3 и φ_0

$\alpha = f/b_3$	L/b_3	$\varphi_0, \dots^\circ$	Коэффициент K
0,2	1,10	46	0,73
0,3	1,23	28	0,57
0,4	1,39	13	0,51
0,5	1,57	0	0,50

Примечание. L — расчетная длина лежня между точками пересечения его с урезом воды при выходе на берег.

Численные значения коэффициента K в зависимости от α , L/b_3 и угла φ_0 между касательной к лежню и берегом приведены в табл. 3.6.

Анализ данных табл. 3.6 показывает, что с увеличением α напряжение лежня уменьшается, а длина увеличивается. Из условия расхода металла наиболее экономична запань со стрелой провеса $f = 0,3b_3$. При этом длина лежня $L = 1,23b_3$ без учета длины лежня на берегах — за пределами уреза воды.

Для лежней используют канаты диаметром 30...60 мм. Число канатов i определяют по зависимости

$$i = \frac{mT}{R},$$

где m — коэффициент запаса, $m = 2, 5 \dots 3,0$; R — разрывное усилие одного каната.

Контрольные вопросы

1. Каковы преимущества бонов по сравнению с другими мелиоративными сооружениями?
2. Из чего состоят лесонаправляющие сооружения (боны)?
3. По каким конструктивным признакам разделяют звенья деревянных бонов?
4. Какие правила должны быть соблюдены при изготовлении бонов для достижения наибольшей прочности?
5. Какие связи используют для скрепления круглых лесоматериалов в боне?
6. Какие конструкции рей применяют для одноопорных бонов?
7. От чего зависит выбор конструкции рей?
8. Какие силы воздействуют на установленный в реке реевый бон?
9. Какие параметры необходимо установить для гидродинамического расчета реевого бона?

10. Как определить нормальную составляющую силы воздействия речного потока на рею и бон?

11. Как определить число рей для удержания бона под углом α к направлению потока?

12. Как определить нагрузку на головную опору реевого бона?

13. Для чего предназначены лесозадерживающие сооружения?

14. По каким признакам классифицируют запани?

15. Когда применяют поперечные запани, а когда продольные?

16. Что относят к основным конструктивным элементам запани?

17. В чем отличие поперечных запаней лежневого и лежнево-сетчатого типов?

18. Из каких частей состоит продольная запань?

19. Какие опоры применяют для крепления запаней?

20. В чем отличие влекущей силы P_a , возникающей в пыже, от силы P_d , действующей на запань?

21. По какой формуле определяют силу P_a ?

22. Как определяют удельное давление потока на пыж τ_{Π} ?

23. С какой целью делают расчет лежня поперечной запани?

24. Как определяют натяжение лежня поперечной запани?

25. По какой зависимости определяют необходимое число канатов для лежня поперечной запани?

ЛЕСОСПЛАВНЫЕ РЕЙДЫ

4.1. Назначение и классификация рейдов

Лесосплавным рейдом называется производственное предприятие (производственный участок), выполняющее на воде комплекс работ, обусловленных принятой транспортно-технологической схемой лесосплава.

Лесосплавные рейды создают в начальных, конечных и промежуточных пунктах лесосплава для выполнения работ по сортировке, плотке, формированию и переформированию транспортных единиц, погрузке в суда, разгрузке и выгрузке из воды и т.д.

Лесосплавной рейд включает в себя акваторию, необходимую для производства сплавных работ на воде, и береговую территорию с соответствующими сооружениями и оборудованием для выполнения работ на берегу.

Акватории рейдов оборудуют лесозадерживающими, лесонаправляющими и другими наплавными сооружениями для приема и переработки поступающих транспортных единиц. Рейды оснащают комплексом специальных плавучих машин и лесосплавным флотом.

Обычно на береговой территории рейд имеет вспомогательные производства и службы: ремонтно-механические мастерские, такежные базы, энергетическое хозяйство, узел связи и др.

На лесосплавных рейдах при необходимости оборудуют затоны для отстоя и ремонта плавучих машин и судов лесосплавного флота, а также площадки для строительства наплавных и других сооружений.

В зависимости от назначения, состава и характера работ установлена следующая классификация рейдов:

- сортировочно-сплотно-формировочные;
- формировочные;
- переформировочные;
- рейды приплава;
- лесные порты.

Сортировочно-сплотно-формировочные рейды предназначены для задержания, сортировки и плотки круглых лесоматериалов, формирования сплоточных единиц в плоты и подачи их на букси-

ровку. В составе этих рейдов могут выделяться участки акватории для организации погрузки и отправки леса (россыпью или пучками) в судах.

На сортировочно-сплотно-формировочных рейдах выполняют следующие работы:

- прием лесоматериалов в лесохранилища;
- разборка пыжа и подача лесоматериалов в сортировочные устройства;
- сортировка лесоматериалов на воде и подача их к сплоточным машинам;
- сплотка лесоматериалов;
- сортировка сплоточных единиц для формирования из них плотоединиц;
- формирование секций плота и целых плотов;
- отправка готовых плотов в транзитный или местный сплав;
- переработка некондиционных лесоматериалов на стандартные короткомерные сортименты, технологическую щепу и дрова.

В состав подготовительных и вспомогательных работ рассматриваемого рейда входят:

- строительство, ремонт, установка и разборка наплавных сооружений и рейдового оборудования;
- ремонт такелажа и изготовление такелажных комплектов и соединительных элементов;
- дноуглубительные и руслоочистительные работы на акватории рейда, включая подъем древесины, затонувшей на акватории рейда;
- установка на рабочее место наплавных рейдовых сооружений и уборка их на зимний отстой.

Формировочные рейды предназначены для приема сплоточных единиц, линеек или секций, поступающих с сортировочно-сплоточных рейдов или береговых складов с межнавигационной сплоткой, формирования из них плотов и сдачи на буксировку.

Переформировочные рейды организуют на пути следования плотов:

- при необходимости расформирования целых плотов на части в целях проводки через шлюзы гидроузлов (эти рейды носят название *пришлюзовых*);
- в случаях, когда требуется изменить габариты плота в соответствии с изменившимися путевыми условиями.

Рейды приплава, или выгрузочные, являются конечными пунктами лесосплава.

Рейды приплава создают у всех лесополучателей. Технологический процесс этих рейдов увязан с технологическим процессом лесополучателя. При поступлении леса в плотах на рейде организуют их прием, расчалку на секции и линейки и подачу к выгрузочным устройствам. Для приема и выгрузки леса, прибывающего

в судах, устанавливают соответствующие грузоподъемные механизмы и оборудование.

Лесные порты создают как специализированные предприятия в условиях использования смешанного транспорта — железнодорожного и водного, речного и морского — на магистральных реках, водохранилищах и озерах, а также на морях для перегрузки лесоматериалов с одного вида транспорта на другой. В лесных портах производят приемку, погрузку-разгрузку вагонов с лесом, прием плотов, их роспуск, сортировку и погрузку леса в морские суда или суда «река — море» и другие работы по профилю порта. На акватории порта устанавливают необходимые наплавные и причальные сооружения. Для выполнения погрузочно-выгрузочных работ с лесом лесной участок порта оснащают плавучими, портальными и другими кранами, штабелерами, перегружателями, лесоукладчиками, торцевателями и другим оборудованием.

Наиболее крупными и сложными являются сортировочно-сплотно-формировочные рейды. Они обладают развитой системой наплавных сооружений и оснащены комплексом специальных машин.

Все лесосплавные рейды и лесные порты в зависимости от навигационного грузооборота разделяют на четыре категории. К первой категории относят рейды с навигационным грузооборотом свыше 3,5 млн м³; ко второй — 3,5...1,0 млн м³; к третьей — 1...300 тыс. м³; к четвертой — менее 300 тыс. м³.

4.2. Производственные объекты лесосплавного рейда

Состав производственных объектов. В состав сортировочно-сплотно-формировочных рейдов входят:

- лесохранилища для приема круглых лесоматериалов или пучков;
- сортировочные устройства, обеспечивающие рассортировку лесоматериалов;
- участки расположения сплотночных машин;
- формировочные устройства для сортировки сплотночных единиц и формирования из них секций и целых плотов;
- лесостоянки, оборудованные причальными устройствами для отстоя плотов перед их отбуксировкой;
- участки для погрузки леса в суда (в случаях когда часть лесоматериалов отправляется с рейдов в судах).

Рейдовые сооружения включают в себя:

- запани — коренные и вспомогательные (поперечные и продольные, лежневые или лежнево-сетчатые), при которых создают

лесоохранилища для приема и временного хранения круглых лесоматериалов или пучков;

- сортировочные устройства в виде коридоров и дворики из наплавных лесонаправляющих сооружений для рассортировки лесоматериалов по установленным признакам;

- формировочные устройства из наплавных сооружений в виде коридоров и дворики для рассортировки готовых сплочных единиц и формирования из них секций (частей плота);

- волнозащитные сооружения — стационарные и наплавные — в виде опоясок акваторий рейдов со стороны действия ветра и волн — на озерах и водохранилищах;

- опорные устройства — береговые и русловые — для удержания на плаву запаней, сортировочного и формировочного устройств, машин, причалов, плотов;

- аварийные лесоуловительные сооружения в виде лесозадерживающих и лесонаправляющих устройств для перехвата выплывающих с рейда отдельных бревен и поврежденных транспортных единиц.

Рейдовые сооружения состоят обычно из типовых конструкций. Выбор их делают по соответствующим альбомам рейдовых сооружений, разработанным проектными и исследовательскими организациями.

Лесоохранилища рейдов и особенности их расположения. Лесоохранилищем называют часть акватории рейда перед запанью, приспособленную для временного или длительного хранения лесоматериалов.

Лесоохранилища обычно располагают на глубоких местах со спокойным течением, удобных для хранения лесоматериалов в течение определенного периода.

Круглые лесоматериалы, поступающие на рейды, располагаются на акватории лесоохранилищ беспорядочно в один или несколько

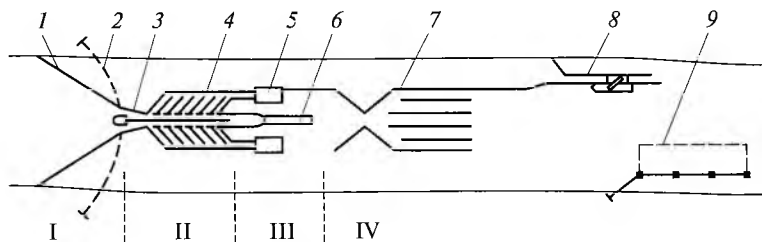


Рис. 4.1. Схема компоновки рейда:

1 — направляющий бон; 2 — запань; 3 — место установки бревен в поперечную шель; 4 — сортировочное устройство; 5 — сплочная машина; 6 — установка по переработке некондиционных лесоматериалов; 7 — устройство по сортировке пучков и набору секций (лент); 8 — участок погрузки леса в суда; 9 — формировочный пункт; I — головной участок; II — сортировочный участок; III — сплочный участок; IV — сортировочно-формировочный участок

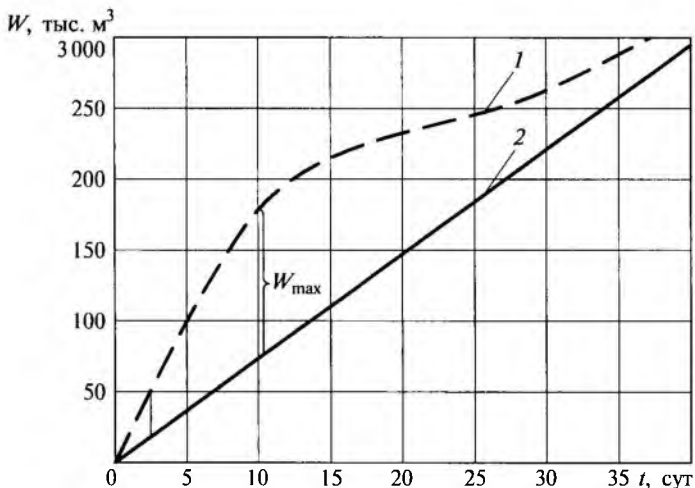


Рис. 4.2. Совмещенный график поступления и переработки лесоматериалов на рейде:

1 — поступление лесоматериалов; 2 — переработка лесоматериалов; $W_{\max}$ — максимальный переходящий остаток круглых лесоматериалов

ко рядов, образуя пыж. Лесоматериалы, поступающие в лесохранилище в сплоточных единицах — «вольницей», также располагаются на поверхности воды беспорядочно, но в один ряд по высоте.

При расположении рейда на несудоходной части реки или в устье сплавного притока судоходной реки лесохранилище образуется перед коренной поперечной запанью (рис. 4.1).

Вместимость лесохранилища рейда рассчитывают на переходящий остаток лесоматериалов. Максимальный переходящий остаток лесоматериалов $W_{\max}$ в лесохранилище определяют по графику поступления и переработки их на рейде (рис. 4.2). Величина $W_{\max}$ представляет собой наибольшую за время работы рейда разницу в кубических метрах между нарастающим итогом поступления и переработки лесоматериалов на рейде.

По величине $W_{\max}$ и известной ширине лесохранилища b определяют его потребную длину L_{π} по формуле

$$L_{\pi} = \frac{W_{\max}}{bt_c \rho},$$

где t_c — средняя толщина пыжа на длине L_{π} ; ρ — плотность пыжа.

Выпуск леса из лесохранилища производят путем разборки образовавшихся в них пыжей.

Разборку пыжей в лесохранилищах производят при помощи специальных машин — пыжеразборщиков или лебедек, лесосплав-

ных катеров, тракторов и др. При разборке пыжа в нем, прежде всего, пробивают продольный коридор, по которому поступающие сверху лесоматериалы могут свободно проходить к воротам запани. Береговые части пыжа разбирают в последнюю очередь.

К числу специальных машин относят катера-пыжеразборщики типа Т-117 и Т-135 и навесное грейферное устройство с поплавком (ЛС-15, ЛС-17 и др.) на катерах типа КС-100А или других.

Пыжеразборщик Т-117 — это малогабаритный лесосплавной катер, используемый для разборки нетяжелых пыжей и подачи бревен к лесопропускным воротам запани; применяется он и на других рейдовых работах.

Пыжеразборщик Т-135 — среднегабаритный лесосплавной катер, предназначенный для разборки многорядных пыжей и тех же работ, что и Т-117.

Разборку пыжа катер-пыжеразборщик начинает со стороны ворот запани, сначала разбирая коридор шириной 15...25 м: вклиниваясь в пыж носовой частью по направлению естественного расположения бревен, катер расшатывает и раздвигает кромку пыжа до тех пор, пока от пыжа не отделится некоторая его часть, которую катер выталкивает к воротам запани. Эта операция повторяется несколько раз.

Если при разборке многорядного пыжа методом расталкивания корпусом работа становится затруднительной и неэффективной, то используют кормовую лебедку катера. Для этого катер закрепляют на боковой части пыжа, и разборку ведут при помощи канатов лебедки, которыми ошлаговываются бревна очередной отделяемой части пыжа. Отделение происходит включением лебедки на рабочий ход с усилием до 78,5 кН.

Разборка с использованием навесного грейферного устройства с поплавком (рис. 4.3) заключается в следующем. На носовую часть судна (типа КС-100А или другого с кормовой лебедкой) навешивают грейферное устройство ЛС-15, ЛС-17 в виде двухчелюстного захвата на поплавок. Поплавок с судном соединяют при помощи стрелы, шарнирно укрепленной на носовой части судна. Перед началом работы канат лебедки закрепляют на неподвижной кромке пыжа или на донной опоре. После этого судно, разматывая канат, с ходу заталкивает поплавок с грейферным захватом на ту часть пыжа, которая подлежит отделению. Сжатием челюстей грейфера производят захват части бревен пыжа, после чего лебедку включают на рабочий ход; при этом ее канат выбирается, происходят подвижка судна и навесного оборудования и отделение части пыжа от его основного массива. На свободной акватории челюсти грейферного захвата раскрывают, освобождая отделенную часть пыжа, и она уносится течением реки в сторону лесопропускных ворот запани. Затем операцию повторяют.

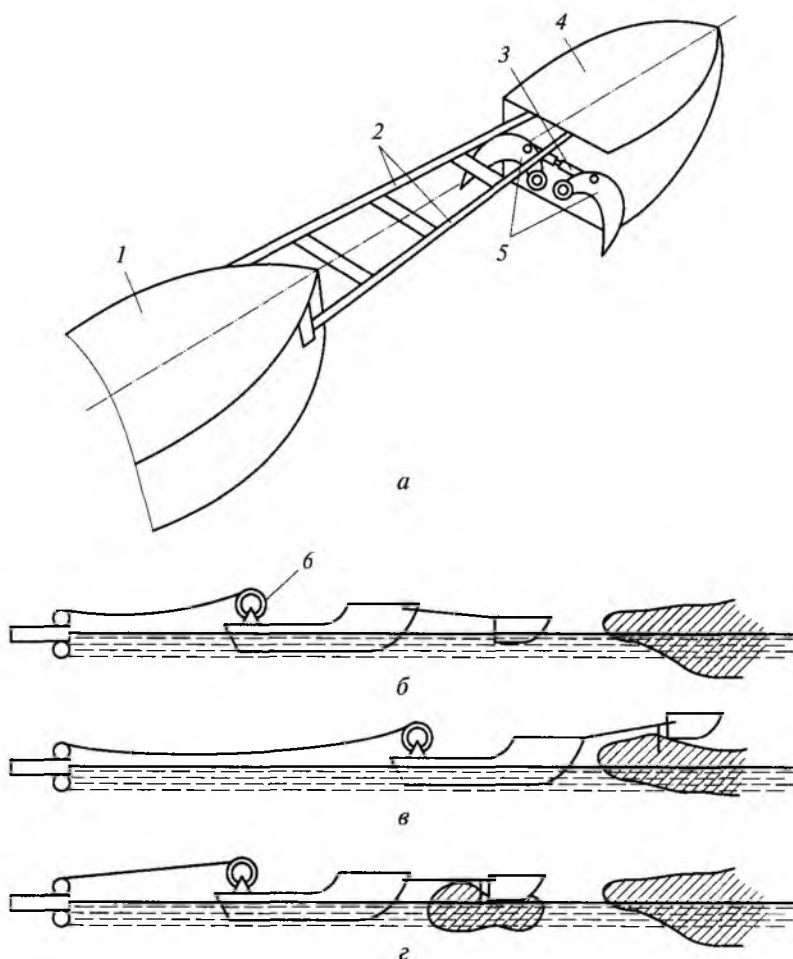


Рис. 4.3. Технологическая схема разборки пыжа при помощи агрегата ЛС-15:

а — агрегат ЛС-15; *б–г* — этапы разборки: *б* — судно, разматывая трос лебедки, с ходу подходит к пыжу; *в* — судно наталкивает поплавок на пыж; *г* — судно, выбирая канат лебедки, сталкивает зажатую челюстями партию бревен; 1 — судно; 2 — соединительные стрелы; 3 — гидроцилиндр; 4 — поплавок; 5 — челюсти захвата бревен; б — кормовая лебедка

Подача лесоматериалов к воротам запани. В большинстве случаев транспортировка лесоматериалов на участке кромка пыжа — ворота запани осуществляется силой течения воды. При недостаточных скоростях течения (менее 0,2 м/с) и встречном ветре или приливном течении для этого применяют другие способы транспортировки (в основном при помощи различных механизмов).

Если расстояние от пыжа до ворот запани незначительно (не более 0,5 км), то лесоматериалы к воротам запани принудительно транспортируют теми же механизмами, при помощи которых проводилась разборка пыжа, — пыжеразборщиками, лебедками, катерами.

В отдельных случаях для этого могут быть использованы потокообразователи (гидравлические ускорители) — специальные механизмы для создания искусственного течения. В непосредственной близости у ворот запани целесообразно ставить барабанные ускорители.

Пропуск лесоматериалов через ворота запани. Через ворота запани лесоматериалы пропускают с использованием силы течения, если оно достаточно, или путем принудительной подачи, если течение недостаточно или отсутствует.

Для пропуска лесоматериалов на воротах запани ставят звено или бригаду рабочих. Они направляют в ворота бревна, плывущие по течению, и пропускают их в сортировочное или бункерное устройство рейда.

Для облегчения пропуска применяют механизмы типа ускорителей — гидравлические, барабанные и др.

Пропускная способность запанных ворот в кубических метрах за час работы может быть определена по формуле

$$W_{\text{в}} = 3\,600 b q v_{\text{л}} \beta,$$

где b — ширина ворот, м; для сортировочно-сплоточных рейдов рекомендуется $b = 12 \dots 16$ м; q — объем лесоматериалов, м^3 , размещающихся на 1 м^2 акватории при плотном их расположении в один ряд, $q = 0,87d$, $\text{м}^3/\text{м}^2$, где d — средний диаметр в верхнем отрезе, м, для пропускаемой партии бревен; $v_{\text{л}}$ — скорость движения лесоматериалов в воротах, м/с; β — коэффициент заполнения поверхности воды лесоматериалами в воротах запани.

Величина β зависит от скорости движения лесоматериалов в воротах:

$v_{\text{л}}$, м/с	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
β	0,40	0,35	0,26	0,16	0,12

При скорости $v_{\text{л}} > 0,6$ м/с значение β определяют по формуле

$$\beta = \frac{0,07}{v_{\text{л}}}.$$

На высокомеханизированных сортировочно-сплоточных рейдах для пропуска лесоматериалов через ворота запани рекомендуют применять машину ЦЛР-172.

4.3. Сортировка круглых лесоматериалов и пучков

Для сортировки лесоматериалы подают из лесохранилища в сортировочное устройство через ворота запани и устанавливают на воде в один ряд по высоте. Такое расположение называют *щетью*. В зависимости от характера расположения лесоматериалов по отношению к направлению движения различают:

- косую щеть, когда бревна располагают под углом к направлению движения;
- поперечную щеть, когда бревна располагают перпендикулярно к направлению движения;
- продольную щеть, когда бревна располагают по направлению движения;
- беспорядочную щеть, когда бревна располагают хаотично.

Подачу лесоматериалов через ворота запани ведут косой щетью, что определяется формой подхода леса к воротам. Затем ее разворачивают в поперечную или продольную щеть в зависимости от типа сортировочного устройства. Сортировочные устройства наиболее производительны работают при перемещении лесоматериалов по сортировочным коридорам поперечной щетью.

Однорядное расположение бревен на плаву создает необходимые условия для осмотра и сортировки их в сортировочном устройстве.

Сортировка лесоматериалов производится в процессе их движения по сортировочному устройству. Сортировку ведут по установленным признакам (маркам), каковыми являются сортимент, порода, длина, а в отдельных случаях — диаметр и сорт древесины. Отбирают лесоматериалы по этим признакам в сортировочных двориках, при этом каждой марке отводят свой дворик. Из сортировочных двориков лес направляют на следующую операцию, обусловленную назначением рейда, — на сплотку, выгрузку на берег, погрузку в суда.

Основные принципы сортировки лесоматериалов установлены ГОСТ 2292—74, требования которого распространяются также на водный транспорт лесоматериалов. Лесосплавные предприятия-отправители обязаны рассортировывать и спланировать в пучки или грузить в суда лесоматериалы с рассортировкой по сортиментам, породам — отдельно хвойные и лиственные, и длинам, т.е. с определенной степенью дробности деления. К примеру, хвойные лесоматериалы, предназначенные для выработки экспортных пиломатериалов, должны рассортировываться по породам: ель и пихта — вместе; сосна, кедр, лиственница — отдельно. Лесоматериалы для целлюлозно-бумажного производства рассортировывают по породам: еловые и пихтовые — вместе; сосновые и лиственные — отдельно.

При транспортировке лесоматериалов лиственных пород и лиственницы в плотках допускается приплот к ним хвойной древесины в установленном объеме.

Сортировка по длинам обусловлена техническими требованиями к сплотке или укладке лесоматериалов в суда. Эти требования направлены на повышение прочности и полнодревесности сплоченных единиц и плотов, а также на более полное использование грузоподъемности лесовозных судов.

Другие признаки сортировки определяются договорными условиями между рейдами-отправителями и потребителями лесоматериалов.

По числу групп сортировки n устанавливают число сортировочных дворигов m . При этом $m \geq n + Z$, где Z — дополнительное число дворигов, назначаемое с учетом потребности в их дублировании. Так, дублирующие дворники необходимы при большом процентном содержании той или иной группы в общей массе сортировки — за смену, сутки, сезон и большом ее сменном объеме. Их число определяется пропускной способностью сортировочного двора, нормой выработки рабочего-сортировщика и условиями производства сортировочных работ. Особенно ухудшаются условия сортировки при повышенных скоростях течения, когда сортировщик не успевает отбирать все бревна сортимента, и вынужден пропускать часть их вниз по течению. В этом случае для отбора этих пропущенных бревен необходимо иметь дублирующие сортировочные дворники.

Типы сортировочных устройств лесосплавных рейдов. Сортировочные устройства лесосплавных рейдов подразделяют на коридорного и веерного типа и комбинированные. Наибольшее распространение имеют сортировочные устройства коридорного типа.

Сортировочное устройство коридорного типа состоит из сортировочного коридора, сортировочных дворигов и подводящих коридоров, по которым отсортированные лесоматериалы подают к сплоченным или другим машинам. В зависимости от ширины акватории сортировочное устройство этого типа может быть с односторонним или двухсторонним расположением сортировочных дворигов. В сортировочный коридор лесоматериалы поступают из лесохранилища через ворота запани.

Лесопропускные ворота запани в большинстве случаев образуют удалением из ее средней части нескольких плиток и перекрытием полученного отверстия мостиком, образующим ворота шириной 12 м и более. Для этого мостики делают пролетом до 18 м. В последнем случае их изготавливают в виде сегментных или шпренгельных ферм на специальных понтонах — деревянных или металлических.

Через один сортировочный коридор практически пропускают и сортируют в смену до 4000 м³ лесоматериалов; если сменный

объем сортировки превышает 4 000 м³ в смену, то сортировочных коридоров должно быть два и более. При этом каждый из них примыкает к отдельным воротам запани.

Сортировочный коридор является наиболее ответственной частью сортировочных устройств, называемой часто главным сортировочным коридором. Наибольшее распространение получили сортировочные коридоры, образованные из трехрядных шестибревенных бонов, со сплошным дощатым настилом по ним.

Иногда вместо трехрядных бонов устанавливают металлические понтоны.

Лесоматериалы из сортировочного коридора через боковые сортировочные ворота поступают в сортировочные дворики. При небольшой (до 8 марок) дробности сортировки сортировочные дворики целесообразно располагать параллельно сортировочному коридору; такие дворики имеют большую емкость и более удобны при больших скоростях течения.

Сортировочное устройство веерного типа состоит из одного примыкающего к воротам запани сортировочного узла, образованного бонами и мостиками, с радиально отходящими от него сортировочными двориками. В веерных устройствах сортировку леса производят последовательно: в узле, примыкающем к воротам запани, общий поток лесоматериалов разделяют на два-три потока, а затем каждый из них сортируют на установленное число марок по сортировочным дворикам устройства.

Сортировочные устройства веерного типа имеют ограниченное применение — в основном при работе на малых скоростях и при небольшом сменном объеме работ.

Комбинированные сортировочные устройства сочетают принципы коридорного и веерного сортировочных устройств.

В основе комбинированного устройства лежит коридорная система, у которой часть сортировочных двориков делается в виде веерного сортировочного узла. В этом случае через одни боковые ворота сортировочного коридора отбирают две-три группы бревен, имеющих малое процентное содержание в общем объеме сортируемых лесоматериалов. За боковыми воротами устраивают веерный узел, от которого отходят два-три сортировочных дворика. В эти дворики рабочий-сортировщик распределяет отобранные через боковые ворота марки лесоматериалов.

Комбинированные сортировочные устройства позволяют более полно использовать труд рабочих-сортировщиков и повысить производительность их труда.

Имеется множество вариантов компоновки сортировочных устройств. Объясняется это большим разнообразием местных условий: дробностью сортировки, размерами акваторий, глубинами, скоростями течения, составом рейдовых работ и т. д.

При выборе типа сортировочного устройства надлежит руководствоваться следующими соображениями:

- веерные концентрированные сортировочные устройства применяют при малом числе групп (марок) сортировки (до 6) на озерах или при скоростях течения не более 0,3 м/с и сменном объеме сортировки до 1 000 м³;

- коридорные сортировочные устройства применяют как в речных, так и в озерных условиях при различном сменном объеме переработки и процентном содержании групп сортировки, обеспечивающем нормальную загрузку рабочих-сортировщиков;

- комбинированные сортировочные устройства применяют в тех же условиях, что и коридорные, но при наличии среди сортируемых лесоматериалов групп сортировки с малым процентным содержанием, отбираемых в сортировочных узлах.

В сортировочных устройствах предусматривается возможность отбора, пропуска, хранения в сортировочной системе некондиционных лесоматериалов и сплавного мусора в целях их последующей переработки.

Сортировочные устройства komponуются из наплавных сооружений (бонов, понтонов) и соединительных элементов (мостиков, переходных панелей, связей жесткости — распорок и др.). Конструкции всех этих элементов, как правило, применяют типовые, рекомендованные научно-исследовательскими и проектными организациями.

Требования к компоновке сортировочных устройств. Компоновка сортировочных устройств рейда является весьма ответственной задачей, так как допущенные недостатки могут отрицательно отразиться на всей последующей работе рейда. Рассмотрим требования, которые необходимо соблюдать при компоновке сортировочного устройства коридорного типа.

Общую компоновку сортировочного устройства определяют следующие показатели:

- сезонная и суточная пропускная способность по периодам навигации;

- дробность сортировки и число сортировочных двори́ков;
- характеристика акватории рейда — конфигурация, ширина, длина, глубина, колебание уровня воды, скоростной режим, геологическая характеристика.

Число главных сортировочных коридоров принимают исходя из максимального сменного задания за навигацию, которое устанавливается производственным планом и обычно соответствует наиболее благоприятным периодам работ для данного рейда — оптимальным скоростям течения, наибольшей осадке сплотовных единиц.

Для рейдов, работающих в условиях подпора, число главных коридоров определяется сменным заданием рейда в течение нави-

гации и пропускной способностью коридора при оснащении его техническими средствами для принудительного перемещения лесоматериалов.

Как показала практика и расчеты, пропускная способность одного главного сортировочного коридора, работающего в условиях естественных скоростей течения, ограничивается 4 000 м³ в смену. При этом имеется в виду не только пропуск лесоматериалов по главному коридору, но и пропуск с одновременной сортировкой их по дворикам.

Выбрав нужное число главных сортировочных коридоров и сортировочных двориков, приступают к компоновке схемы сортировочного устройства с учетом характеристики акватории рейда. При этом всегда возникает много трудностей из-за неизбежных противоречий между требованиями производства и реальными условиями рейда: ограниченные габариты акватории, ее конфигурация, наличие мелей и других препятствий в русле, высокие или малые скорости течения и т. п.

От того, как будут решены эти противоречия, зависит успех работы рейда.

При решении этих вопросов следует не только исходить из естественных возможностей рейда, но и прибегать к мелиоративно-строительным работам на рейде, улучшающим условия сортировки и сплотки. К таким работам относят дноуглубление в зоне оседания наносов в период весеннего паводка, укрепление подверженного разрушению берега, расширение и углубление выходов для сплотночных единиц на пути их следования в формировочные системы и ряд других мероприятий.

При компоновке рейда нужно стремиться к компактности расположения сортировочного устройства, так как всякое увеличение пути продвижения лесоматериалов по ней требует дополнительных эксплуатационных и капитальных затрат. Наиболее благоприятные в этом отношении результаты получаются при компоновке двухсторонних сортировочных сеток. Если при многокоридорной системе ширина отведенной акватории не позволяет вписать двухстороннюю сетку у каждого главного сортировочного коридора, то становится неизбежным развитие сортировочной системы в длину.

При компоновке сортировочных устройств для сортиментов с малым процентным содержанием следует применять дворики комбинированной конструкции — сдвоенные, стросенные, т. е. сортировочные узлы, рассчитанные на обслуживание одним рабочим. Располагать такие дворики целесообразно в конце главных коридоров.

Схемы сортировки пучков и формирования секций плотов. До постановки в секцию плота пучки или другие сплотночные единицы сортируются по назначению и в основном по сортиментам на лесосплавных рейдах отправления.

На рис. 4.4 показаны схемы сортировочно-формировочных устройств.

Схема, показанная на рис. 4.4, а, применяется для участков рейдов при скорости течения менее 0,2 м/с; на рис. 4.4, б — в речных условиях при скорости течения 0,2...0,5 м/с; на рис. 4.4, в (сортировочная сетка конструкции Зайцева) — в речных условиях при скорости течения 0,6...1 м/с; на рис. 4.4, г — при скорости течения более 1 м/с.

Во всех приведенных схемах процесс сортировки пучков механизирован либо с помощью специальных машин (см. рис. 4.4, г), либо с помощью речного потока (см. рис. 4.4, б и в), либо с помощью потокообразователей (см. рис. 4.4, а), а труд рабочих значительно облегчен.

В сортировочных устройствах конструкции Зайцева и им подобных большое значение имеют направляющие элементы в виде бонов и плиток, рабочие грани которых ставят под углом α к направлению течения из расчета свободного перемещения сплоточных единиц. Сплоточные единицы могут двигаться вдоль всех опорных плиток до последнего дворика, так как каждая опорная плитка, своей лицевой гранью составляющая угол $\alpha = 0,524$ рад (30°) с направлением течения, прикрывает следующую опорную плитку. Сортировщики, находящиеся на опорных плитках, направляют пучок в соответствующий по сортименту формировочный дворик. При скоростях течения более 1 м/с применяют коридорную систему, но поперечный ряд пучков формируют в зоне сниженных скоростей непосредственно за опорной плиткой с большой осадкой.

В сортировочно-формировочных устройствах секцию плота формируют либо в оплотнике, либо без оплотника. Здесь накладывают такелаж, достаточный, чтобы сформировать секцию как транспортную единицу, а на секциях без оплотника, кроме того, накладывают такелаж общеплотового назначения.

Отсортированные пучки в формировочном дворике устанавливают в секцию. В формировочном дворике осуществляют полный набор секции, наложение и утягивание такелажа, соединение сжигмов и замков. Наложение такелажа осуществляют вручную, утягивание его — лебедкой с помощью гаеквертов. Большая часть производственных механизированных операций включает в себя элементы ручного труда, поэтому общая степень механизации труда остается низкой.

Практика показывает, что затраты труда при выполнении работ на отдельных операциях могут быть снижены в несколько раз только за счет совершенствования технологии. Например, для наложения бортового комплекта на свободноплавающий пучок требуется примерно 2 чел.-мин.

Для устранения непроизводительных затрат труда на данной операции нужно организовать навешивание бортовых комплектов

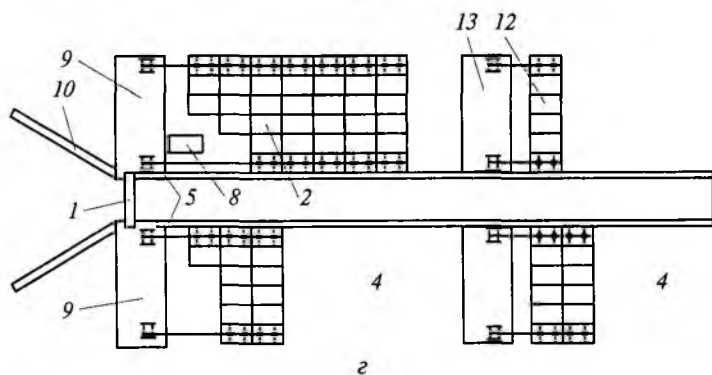
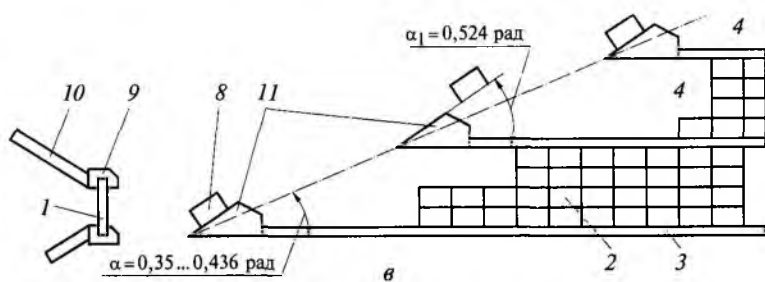
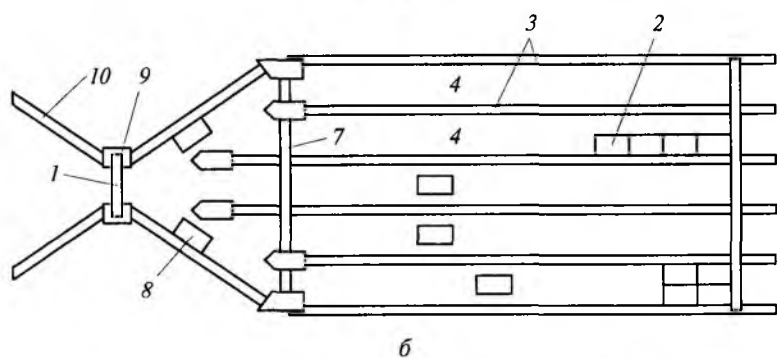
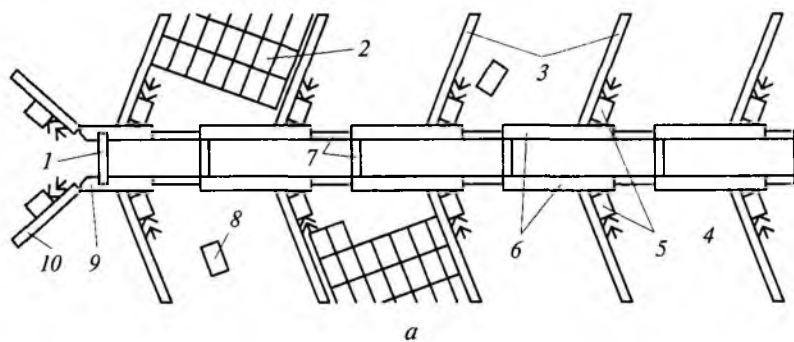


Рис. 4.4. Схемы сортировочно-формировочных устройств:

a — при скоростях течения $v < 0,2$ м/с; *б* — при скоростях течения $v = 0,2 \dots 0,5$ м/с; *в* — при скоростях течения $v = 0,6 \dots 1$ м/с; *г* — при скоростях течения $v > 1$ м/с; 1 — мостики на воротах бункера; 2 — секции плота; 3 — боны формировочных дворики; 4 — формировочные дворики; 5 — потокообразователи; 6 — понтоны главного коридора; 7 — переходные мостики; 8 — сортируемые пучки; 9 — понтоны ворог бункера формировочных дворики; 10 — направляющие боны; 11 — опорная плитка Зайцева; 12 — формируемый поперечный ряд пучков; 13 — опорная плитка с большой осадкой



до установки пучка в поперечный ряд. Лучше всего это делать при выходе пучка из боковых ворот главного коридора. Навешивание бортовых комплектов на пучки непосредственно около боковых ворот позволяет полностью механизировать эту операцию и исключить тяжелую и опасную работу, связанную с переноской бортовых комплектов от места выгрузки на бортовые пучки секции.

Сортировку пучков с помощью гидравлических ускорителей осуществляют по следующей схеме. По коридору с определенными интервалами с помощью естественного или искусственного течения продвигаются пучки. В момент нахождения пучка против сортировочного окна включают гидравлический ускоритель, и пучок выталкивается в сортировочный дворик. Отдельные элементы процесса выталкивания — время, путь, скорость — могут быть определены теоретически.

4.4. Слотка леса

Слоткой называют процесс соединения лесоматериалов в сплоточные единицы.

Сплоточная единица — это лесоматериалы, соединенные между собой в определенном порядке и форме. Их классифицируют по форме и условиям плавания.

По форме сплоточные единицы делятся на плоские, сигары и пучки, а по условиям плавания — на речные, озерные и морские.

Плоскими называют сплоточные единицы прямоугольной формы, состоящие из одного или нескольких рядов бревен. К ним относят плитки, кошмы, клетки, обрубы, ерши. Из-за трудоемкости изготовления они имеют ограниченное применение. В них частично сплавляют короткомерные сортименты, спецсортименты и сортименты лиственных пород. Кроме того, их применяют при сплаве леса по рекам с малыми глубинами.

Сигары — длинные, многорядные сплоточные единицы сигарообразной формы, имеющие продольное и поперечное крепление.

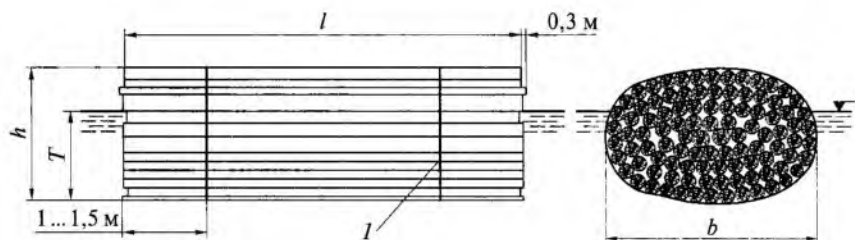


Рис. 4.5. Пучок из сортиментных бревен:

l — пучковая обвязка; l — наибольшая длина бревен; b — ширина пучка; h — высота пучка; T — осадка пучка

Сигары бывают сортиментные и хлыстовые. Известны различные конструкции сигар для буксировки леса по крупным озерам и морям.

Пучки — сплоточные единицы цилиндрической формы из параллельно расположенных круглых лесоматериалов, соединенных пучковыми обвязками. Они являются самыми простыми в конструктивном отношении, самыми дешевыми в изготовлении и позволяют широко применять механизмы при сплотке. Несмотря на простоту конструкции, пучки являются прочными сплоточными единицами, пригодными для транспортировки в составе плота на большие расстояния по рекам, каналам, водохранилищам и озерам. Сплотка пучков может производиться на суше и на воде. В пункте выгрузки пучки легко разделяют на отдельные бревна или пачки.

Пучки применяют двух типов: из сортиментных бревен (рис. 4.5) и из хлыстовых пачек (пакетов) — рис. 4.6. Пучки на воде практически имеют форму, близкую к цилиндру эллиптического сечения. При сплотке сортиментных пучков обязательными являются следующие основные требования. Бревна в пучках укладывают ровно и плотно, без перекосов и отдельно выступающих бревен, комлями в разные стороны. До 30 % бревен в пучке разрешается сплавивать короче основной длины на 0,5 м. Общая длина пучка может превышать наибольшую длину бревен l на 0,3 м. Коэффици-

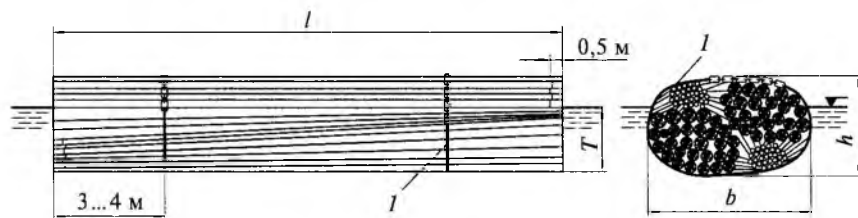


Рис. 4.6. Пучок из хлыстовых пачек:

l — комплект; остальные обозначения см. на рис. 4.5

коэффициент формы пучков установлен: для озерно-водохранилищных плотов транзитного лесосплава не более 1,5, а местного — не более 1,75; для речных плотов — не более 2—3.

На каждый пучок накладывают две обвязки на расстоянии 1...1,5 м от торцов так, чтобы все бревна располагались под обеими обвязками. В зависимости от объема пучков в качестве обвязок применяют проволоку диаметром 5,5...8 мм или равнопрочные комплекты из цепей калибром не менее 6...8 мм. Пучки из бревен лиственных пород сплавляют с подплавом бревен хвойных пород в количестве 25...30 % общего объема пучка. В качестве подплава используют также перелетованную древесину. При сплаве на небольшие расстояния сплотка может проводиться без подплава.

При сплотке хлыстовых пучков обязательными являются следующие основные требования. Объем пачек хлыстов должен составлять 20...40 м³, длина хлыстов, уложенных комлями в одну или обе стороны, — 11...30 м. Торцы комлей в пачке нужно располагать в одной плоскости с отклонением не более 0,5...1 м, а вершины не должны выступать за торцы комлей. Каждая пачка должна иметь две-три проволочные обвязки или обвязки из проволочных цепных комплектов, или два стропа, рассчитанные на подъем за них пачки. Каждый хлыст в пачке располагают не меньше чем под две обвязки. Пучки сплавляют из двух, четырех, шести или двенадцати пачек хлыстов примерно одинаковой длины. При этом объем пучков колеблется в следующих пределах: пучки из двух пачек — 0...80 м³, из четырех — 80...120, из шести — 120...160 и из двенадцати — 240...320 м³. Число сплавляемых в пучок пачек зависит от их объема и допускаемой осадки пучка. Пачки в пучок укладывают вразнокомелицу — комлевыми торцами в плоскости торцов пучка.

Расстояние между торцами раскомлеванных пачек равняется установленной длине пучка (13...30 м). Отклонение длины отдельных пачек от длины пучка допускается не более 2 м. Коэффициент формы хлыстовых пучков летней сплотки установлен не более 2, зимней сплотки — не более 2,5.

Пучки из лиственных пород и лиственницы для транзитного лесосплава сплавляют с подплавом хлыстов из хвойных пород в количестве 25...40 % объема пучка. Для местного лесосплава допускается сплавлять хлыстовые пучки из лиственных пород и лиственницы без подплава.

На каждый пучок в зависимости от условий плавания устанавливают две, три или четыре пучковые обвязки (комплекты), состоящие из стального каната, цепной наставки и рычажного замка (или скобы) с обязательным расположением концевых комплектов на расстоянии 3...4 м от торцов пучка. Комплекты в зависимости от объема пучка утягивают с усилием 20; 30 или 60 кН. Двухпач-

ковые пучки иногда обвязывают проволокой диаметром 8 мм или комплектами из цепей калибром 8 мм.

Рабочую длину обвязки $l_{об}$ (комплекта) сортиментного и хлыстового пучков определяют по зависимости).

$$l_{об} = (1,8C + 1,3)h,$$

где C — коэффициент формы пучка, $C = b/h$; b , h — ширина и высота пучка, м; $h = T/\eta$ (здесь T — осадка пучка, м; η — коэффициент связи между высотой и осадкой пучка, $\eta = \xi_0 \rho_d$; ξ_0 — коэффициент, зависящий от плотности древесины ρ_d).

Коэффициенты ξ_0 и η зависят от плотности древесины:

ρ_d , т/м ³	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ_0	1,0	0,965	0,940	0,932	0,937	1,0
η	0,50	0,580	0,665	0,750	0,845	1,0

Транспортные качества пучков характеризуются плавучестью, продольной остойчивостью, волноустойчивостью, прочностью и полнодревесностью.

Плавучесть зависит от плотности древесины в пучке и характеризуется способностью пучка держаться на поверхности воды. Запас плавучести

$$Z_n = (\rho - \rho_d)\omega,$$

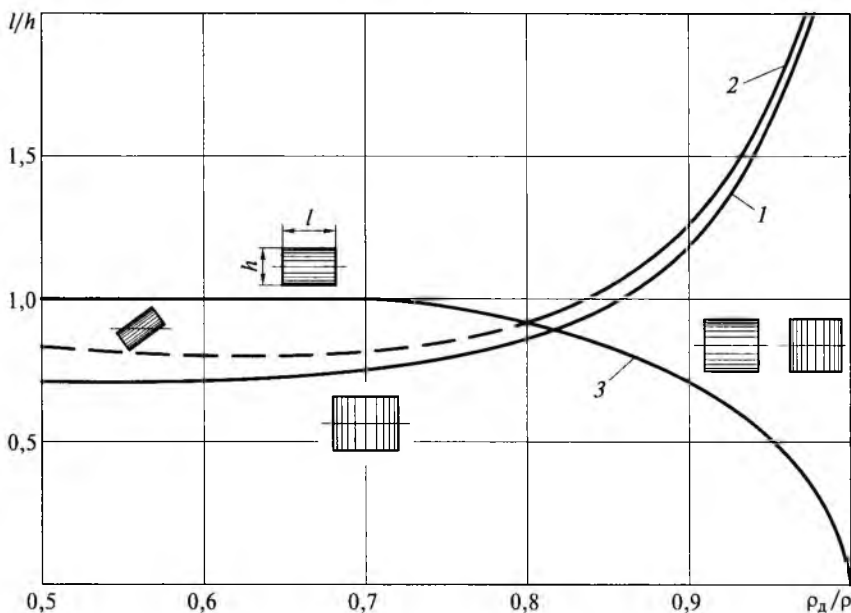


Рис. 4.7. Критерии продольной остойчивости пучка:

1 — $K_{кр1}$; 2 — $K_{кр2}$; 3 — $K_{кр3}$

где ρ и ρ_d — плотности воды и древесины, кг/м³; ω — объем леса в пучке, м³, определяемый по формуле

$$\omega = 0,785 Ch^2 l K,$$

где l — длина пучка, м; K — коэффициент полнодревесности пучка.

Продольная остойчивость плавающего пучка характеризуется положением его продольной оси относительно поверхности воды, которое зависит от отношений длины пучка к его высоте l/h и плотности древесины к плотности воды ρ_d/ρ (рис. 4.7). Продольная остойчивость пучка для трех возможных положений его продольной оси относительно поверхности воды определяется тремя критериями остойчивости $K_{кр}$:

- продольная ось пучка горизонтальна:

$$K_{кр1} = \frac{1}{2\sqrt{\frac{2\rho_d}{\rho}\left(1 - \frac{\rho_d}{\rho}\right)}};$$

- продольная ось пучка вертикальна:

$$K_{кр2} = \frac{1}{\sqrt{2\left(\frac{6\rho_d}{\rho} - \frac{5\rho_d}{\rho^2} - 1\right)}};$$

- продольная ось пучка наклонна:

$$K_{кр3} = \sin \varphi,$$

где связь между переменной φ и ρ_d/ρ определяется уравнением

$$\frac{\rho_d}{\rho} = \frac{\varphi - \sin \varphi \cos \varphi}{\pi}.$$

При $l/h > K_{кр3} > K_{кр2}$ при любых углах дифферента φ плавающий пучок будет остойчивым и его продольная ось будет параллельна поверхности воды. При $l/h < K_{кр1} < K_{кр3}$ продольная ось пучка будет перпендикулярна поверхности воды. При $l/h > K_{кр1}$ и $l/h < K_{кр3}$, а также при $l/h > K_{кр1}$ и $l/h < K_{кр2}$ продольная ось пучка будет наклонна к поверхности воды. При $l/h < K_{кр1}$ и $l/h > K_{кр2}$ для пучка существует два остойчивых положения — продольная ось параллельна или перпендикулярна поверхности воды.

Волноустойчивость — способность пучка противостоять выплыванию отдельных бревен или хлыстов из пучка при надлежащей прочности обвязок. Волноустойчивость пучков зависит от коэффициента формы пучка (оптимальным для озерно-водохранилищных

плотов является коэффициент $C = 1,35 \dots 1,50$); массы пучка — чем больше масса, тем он более волноустойчив в пределах $h \leq 0,8l$; длины лесоматериалов — чем длиннее бревна или хлысты и чем меньше они разнятся по длине, тем больше волноустойчивость пучка.

Прочность пучка — способность его обвязок обеспечивать сохранение формы пучка под действием сил распора бревен — характеризуется прочностью обвязок, площадь сечения $S_{об}$ которых определяется из отношения

$$S_{об} = \frac{P_{разр}}{[\sigma]},$$

где $P_{разр}$ — разрывное усилие обвязки, $P_{разр} \geq kP_{об}$; k — коэффициент запаса прочности обвязки; $P_{об}$ — усилие в обвязке пучка; $[\sigma]$ — допускаемое напряжение.

При двух обвязках на пучке усилие $P_{об}$ определяется по формуле

$$P_{об} = \frac{0,2(\rho - \rho_d)\rho_d K l h^2}{\rho} \left(\frac{1}{C-1} + 1 + 4 \frac{\rho_d}{\rho} \right).$$

Полнодревесность пучка характеризуется коэффициентом полнодревесности, являющимся отношением объема леса в пучке к его геометрическому объему.

Коэффициент полнодревесности пучков определяют по формуле

$$K = \frac{S_n l_{ср}}{S_o l},$$

где S_n , S_o — соответственно площадь сечения пучка, занятая лесом, и его общая площадь, m^2 ; $l_{ср}$, l — средняя длина бревен в пучке и его длина, m .

Отношение S_n/S_o называют *коэффициентом полноты сечения пучка*, отражающим плотность укладки бревен (хлыстов) в пучке и правильность его геометрической формы. Его можно увеличить ликвидацией пустот в верхней части пучков, устранением перекосов бревен (хлыстов) и их равномерной раскомлевкой. Отношение $l_{ср}/l$ называется *коэффициентом полноты по длине пучка*, отражающим качество торцовки бревен (хлыстов) в пучке. Кроме торцовки бревен (хлыстов) в сплоченных машинах и установках, этот коэффициент может быть значительно увеличен сплоткой в один пучок бревен одной длины или с небольшой разницей по длине, при сплотке хлыстов — предварительной

торцовкой пачек перед погрузкой (сплоткой) в пучки, опиливанием выступающих за торцы вершинных частей отдельных хлыстов.

Коэффициент полндревесности сортиментных пучков зависит от диаметра бревен:

Диаметр бревен, см.....	16	20	26	30
Коэффициент полндревесности сортиментных пучков	0,58	0,60	0,66	0,70

Средний коэффициент полндревесности сортиментных пучков принят равным 0,64.

Анализ фактических коэффициентов полндревесности сортиментных пучков для озер и водохранилищ показал, что в большинстве своем коэффициент полндревесности сортиментных пучков не превышает 0,6. К основным причинам таких низких коэффициентов полндревесности пучков можно отнести неровную торцовку бревен в пучках, сплотку в один пучок бревен различной длины, пустоты в надводной части пучков, перекосы бревен в пучках, недостаточную раскомлевку бревен в пучке, неровную обрубку сучьев. Эти же причины влияют на полндревесность и хлыстовых пучков.

Полндревесность пучка оказывает влияние и на волноустойчивость. Чем меньше усилие сжатия пучка при сплотке, тем больше изменится его форма при транспортировке. С увеличением коэффициента формы пучка волноустойчивость резко падает. Установлено, что максимально волноустойчивыми следует считать пучки с коэффициентом формы, близким единице, при возможно наибольшем коэффициенте полндревесности.

Классификация сплотовых машин и устройств. Классификация сплотовых машин и устройств для формирования пучков из круглых лесоматериалов проведена по двум основным признакам: способам подачи лесоматериалов в сплотовое устройство и способам сплотки пучка (рис. 4.8). Выбор сплотового устройства и машины в целом связан с решением многих взаимосвязанных задач на лесосплавном рейде и на сплотовой машине:

- выбором способа подачи древесины к машине (продольной или поперечной щетью);
- удовлетворением требования в части формы и необходимой прочности сплотовых единиц в зависимости от условий буксировки плотов (речные, озерные);
- обеспечением максимальной осадки плотов по условиям глубин транзитного пути;
- обеспечением достаточной акватории на рейде для размещения сплотового оборудования;
- обеспечением сплотки древесины в сжатые сроки;

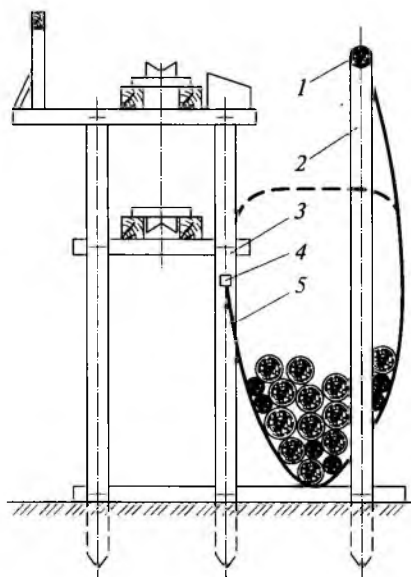


Рис. 4.8. Классификация сплоточных машин и устройств для сжатия пучков из круглых лесоматериалов

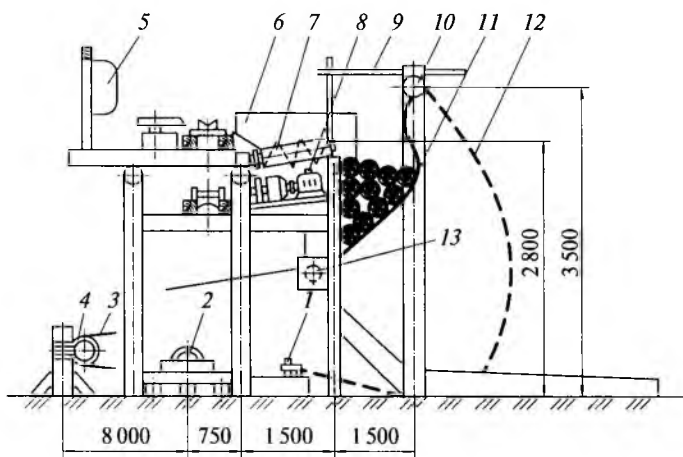
- обеспечением механизации всех операций на сплотке пучка (выравнивание торцов пучка, обвязка пучка, учет лесоматериалов);
- уменьшением габаритных размеров сплоточных машин и соответственно массы машины.

Береговая сплотка лесоматериалов и формирование плотов. В зависимости от конкретных условий складов производится береговая сплотка по одной из следующих технологических схем:

- сплотка лесоматериалов в лесонакопителях сортировочного конвейера (рис. 4.9), доставка и установка готовых пучков в плот тракторным агрегатом типа В-43. В период навигации пучки из лесонакопителей забирают тракторным агрегатом и сбрасывают на воду, где их устанавливают в секцию плота;
- образование пучка на тракторном агрегате с последующей доставкой его на плотбище либо непосредственно на воду;
- сплотка сортиментов в лесонакопителях сортировочного конвейера, укладка пучков в штабель в межнавигационный период и сброска их на воду в навигацию. Сортировка пучков и формирование плотов производится на воде;
- в межнавигационный период сортименты из лесонакопителей сортировочного конвейера укладывают в посортиментные штабеля. В период навигации сортименты из штабелей и лесонакопителей подают в сплоточное устройство, из которого пучки по специальным устройствам (слипам) сбрасывают на воду и устанавливают в линейки;



a



б

Рис. 4.9. Сплотка лесоматериалов в лесонакопителях сортировочного конвейера:

a — в тросовом нерегулируемом накопителе: 1 — замок; 2 — эстакада; 3 — свая; 4 — прогон; 5 — формирующий трос; *б* — в тросовом автоматизированном формирующем устройстве: 1 — блок; 2 — канат лебедки; 3 — лебедка; 4 — замок; 5 — пульт управления; 6 — стенка; 7 — шнек; 8 — привод шнеков; 9 — датчик; 10 — прогон; 11 — свая; 12 — ограничитель; 13 — направляющий блок

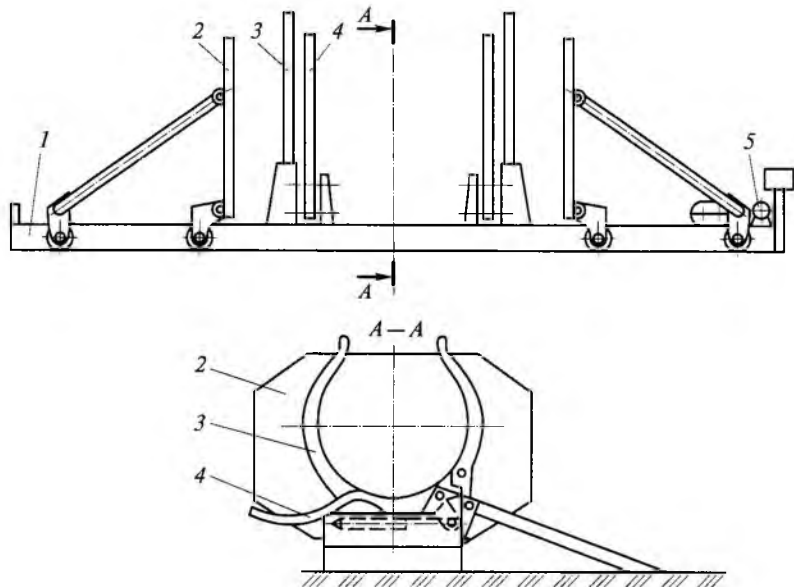


Рис. 4.10. Схема плоточного устройства ЛВ-126:

1 — металлическая рама; 2 — торцующий щит на каретке; 3 — загрузочная челюсть; 4 — выгрузочная челюсть; 5 — привод кареток

- в межнавигационный период лесоматериалы, рассортированные по длине на две-три группы, укладывают в штабель с последующей сброской их на воду.

При сплотке круглых лесоматериалов в торцующем или торцующе-формировочном устройстве, удаленном от поточной линии разделки и сортировки (рис. 4.10), пачки леса из накопителя сортировочной линии забирают транспортно-штабелевочным агрегатом с челюстным захватом и загружают в торцующе-формировочное устройство, в котором осуществляются выравнивание торцов, поперечное сжатие и обвязка. Затем агрегат захватывает пучок, перевозит и укладывает в плот.

Наиболее распространенный технологический процесс не затопляемых половодьем береговых складов базируется на использовании в качестве подъемно-транспортного оборудования консольно-козловых и башенных кранов грузоподъемностью 5...10 т, пролетом (вылетом) стрелы 32 (35) м. В межнавигационный период рассортированные по накопителям круглые лесоматериалы сплавивают в пучки в стропах крана и укладывают посортиментно в штабеля. В навигационный период лесоматериалы текущей раскряжевки сплавивают в пучки в стропах крана и сбрасывают непосредственно на воду. Сбрасывают пучки на воду из штабелей межнавигационного хранения кранами. Сортировка пучков и

формирование секций плотов осуществляют на воде в сортировочно-формировочной сетке.

Особенностью, отличающей сплотку хлыстов от сплотки круглых лесоматериалов, является место образования пучков. Если при сплотке круглых лесоматериалов пучки образуются в лесонакопителях, то при сплотке хлыстов это происходит на автопоездах, где пучки обвязывают катанкой или цепными комплектами. После этого их укладывают в плоты или штабели в процессе их разгрузки. Число и состав операций, затраты труда на их выполнение в этом процессе соответствуют таковым в процессе сплотки круглых лесоматериалов в накопителях. При этом сплотка и забор пучков с лесовозных автомобилей с прицепами производят следующими способами и механизмами.

Сплотку и обвязку пучков производят на лесовозном автомобиле с прицепом и совмещают во времени с погрузкой на него хлыстов. По прибытии лесовоза с пачкой хлыстов на плотбище агрегат В-43Б или В-53 на колесном шасси вплотную подходит к лесовозному автомобилю с прицепом (рис. 4.11), пучок обносится стальными канатами, а затем лебедкой перемещается на агрегат. Готовые пучки эти же агрегаты перемещают по складу и подъемом шарнирной рамы агрегата укладывают в плот.

Сплотку хлыстов в пучки по другой схеме производят на лесовозных автомобилях с прицепами в следующей последовательности. Первый лесовозный автомобиль подходит к плоту вплотную, два агрегата В-43Б или В-53 подходят к этому автомобилю с другой

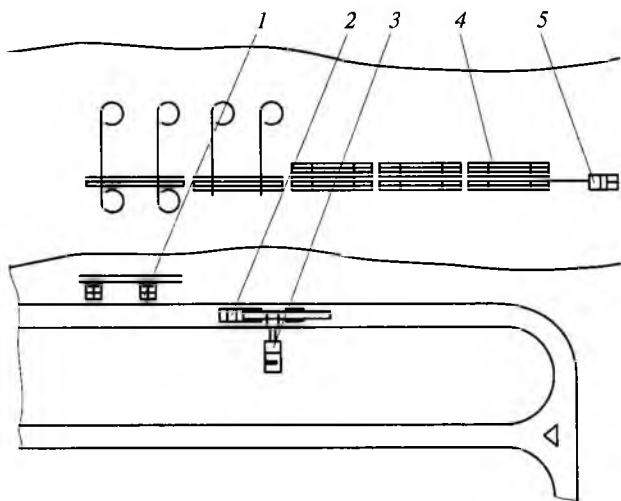


Рис. 4.11. Береговая сплотка хлыстов и формирование плотов на берегу:
1 — сплотно-транспортный агрегат; 2 — лесовоз; 3 — толкатель; 4 — формируемый плот; 5 — трактор

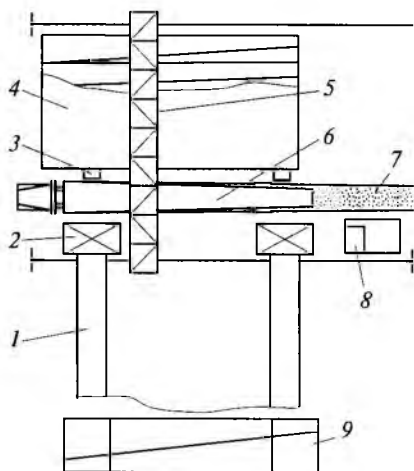


Рис. 4.12. Технологическая схема береговой сплотки хлыстов на незатопляемых (горных) складах на базе установки ЛР-162:

1 — рельсовые пути; 2 — формировочное устройство с грузовой тележкой; 3 — лебедка Л-71; 4 — межнавигационный запас хлыстов; 5 — козловой кран ЛТ-62; 6 — лесовоз; 7 — лесовозная дорога; 8 — операторская; 9 — пучок

стороны и стальными канатами перегружают пучки на агрегаты. Первый лесовозный автомобиль уходит, а на его место с противоположной стороны подходит другой лесовозный автомобиль. Агрегаты перегружают на себя второй пучок. В канатных петлях производят сжатие и затем обвязку укрупненного пучка специальными комплектами.

На рис. 4.12 приведена технологическая схема береговой сплотки хлыстов на базе установки ЛР-162.

Для механизации береговой сплотки используют следующие машины: *сплоточно-транспортные агрегаты* (СТА) для сплотки и транспортировки пучков; *сплоточно-транспортно-штабелечные агрегаты* (СТША) для сплотки, транспортировки и штабелевки пучков; *краны* для формирования пучков в сплоточных устройствах, их перемещения и укладки.

Ранние агрегаты типа СТА создавались путем агрегатирования некоторых типов трелевочных тракторов с санными или колесными прицепами без управления. Позднее на смену им пришли агрегаты В-43, В-43Б, В-53 и другие на базе гусеничных и колесных тракторов с управляемыми прицепами.

Агрегат В-43Б создан на базе трелевочного трактора ТТ-4 (рис. 4.13). Его рабочая часть представляет собой полуприцеп с гидравлическим управлением. Полуприцеп выполнен в виде саней — зимний вариант или тележки — летний вариант. В зимнем варианте полозья загнуты кверху и образуют стойки для формирования пучка. Полозья соединены горизонтальной осью, на которой они свободно поворачиваются. К оси приварены две изогнутые балки, образующие дышло прицепа. Сани и дышло вместе образуют шарнирную раму агрегата. На дышле установлены два гидроцилиндра, при помощи которых осуществляется поворот саней на горизонтальной оси для сброса пучка. С внутренней

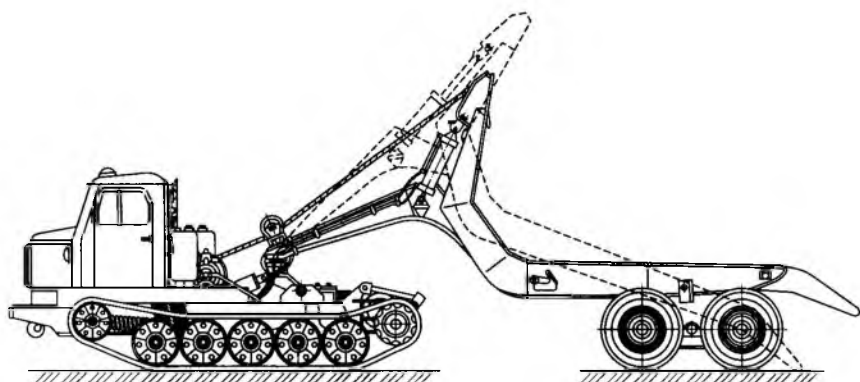


Рис. 4.13. Универсальный сплотно-транспортный агрегат В-43Б (летний вариант)

стороны задней части полозьев установлены крючья-фиксаторы для захвата готового пучка из накопителя и удержания его на агрегате в процессе транспортировки. В передней части полозьев с наружной стороны расположены крюки для закрепления концов канатных петель. Съем концов канатов с крюков осуществляется при помощи приводных сбрасывателей. Управляют фиксаторами и сбрасывателями при помощи отдельных гидроцилиндров, установленных внутри полозьев.

Для работы в бесснежный период санный полуприцеп устанавливают на колесное шасси, состоящее из рамы, балансирных тележек и колес. Сани крепят к раме шасси стяжными болтами. Для подъема пучка канатами на верхнюю площадку рамы приварены направляющие балки. Подъем пучка производят лебедкой трактора путем навивания формировочного каната.

Управление всеми механизмами агрегата производится оператором из кабины трактора.

Технические характеристики агрегата В-43Б

Базовая машина	Трактор ТТ-4
Объем транспортируемого пучка, м ³	До 30
Скорость, км/ч	До 9,75
Масса (без тягача), т:	
зимой	4,1
летом	7,3

Агрегат обслуживают оператор (тракторист) и один рабочий — в зимний период, двое рабочих — в летний период.

Агрегат В-51 является модификацией агрегата В-43Б, его применяют в основном на плотбищах при расстоянии отвозки пучков до 800 м. При больших расстояниях применение экономически нецелесообразно — из-за недостаточной производительности

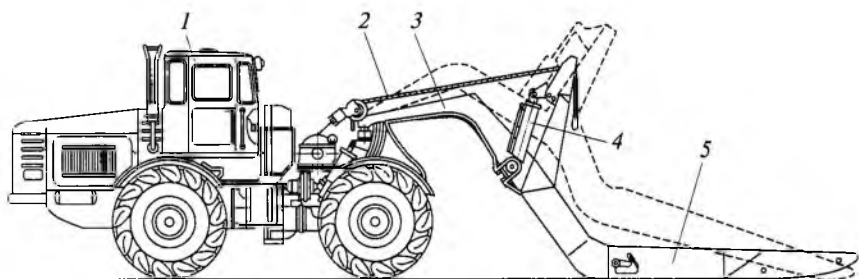


Рис. 4.14. Сплоточно-транспортный агрегат В-53:

1 — колесный трактор; 2 — канат лебедки; 3 — дышло прицепа; 4 — гидроцилиндр; 5 — полуприцеп

вследствие малой скорости передвижения (как с грузом, так и порожняком). Поэтому потребовалось создание сплотно-транспортных агрегатов на базе колесных машин. Примером является агрегат В-53 (рис. 4.14), созданный в объединении «Вычегдалесо-сплав» на базе колесного трактора К-703. Агрегат имеет полуприцеп, не отличающийся от полуприцепа агрегата В-43Б, с дышлом и сцепным устройством. Сцепное устройство агрегата выполнено в виде шарового пальца к дышлу полуприцепа. На раме трактора установлена лебедка с тяговым усилием 120 кН. Привод лебедки выполнен от вала отбора мощности через фрикционную разобщительную муфту. Управление лебедкой пневматическое.

Агрегат В-53 рассчитан на формирование и транспортировку пучков объемом до 30 м³. Транспортная скорость агрегата составляет 2,9... 31,7 км/ч. Масса полуприцепа: летом — 8,8 т; зимой — 5,5 т. Обслуживающий персонал: 2 чел. — зимой; 3 чел. — летом.

Агрегат В-53 так же, как и В-43Б, универсален: в бесснежный период работает на колесном шасси, при достаточном снежном покрове — на полозьях. Благодаря высокой скорости движения его применение более эффективно при больших расстояниях транспортировки пучков.

Агрегат может быть исполнен с активным шасси для работы на труднопроходимых участках пути, способным развивать дополнительное тяговое усилие до 68,6 кН. В этой модификации агрегат имеет индекс В-53А.

Рассмотренные марки СТА позволяют механизировать процесс береговой сплотки как на затопляемых, так и на незатопляемых площадях, включая операции сортирования пучков, их транспортировку и сброску на отведенное место, но с укладкой только в один ряд по высоте. Такая укладка осуществляется на затопляемых площадях, но неприемлема на площадях незатопляемых, где в целях уменьшения грузовой работы и приближения грузоединиц к месту перевалки на воду (в плот, судно) их приходится в меж-

навигационный период штабелевать в несколько (2—3 и более) рядов. Такая технология встречается на незатопляемых береговых складах круглогодичного действия.

Для этих целей созданы СТША как машины многоцелевого назначения, выполняющие весь комплекс работ по береговой сплотке — захват пучков из накопителей и утягивание, отвозку к местам укладки в плоты, штабелевку пучков в зимний период, захват из штабелей, отвозку и сброс пучков на воду в навигационный период.

Примерами таких механизмов являются агрегаты ЛР-163 и -164, ЛТ-84 и некоторые другие. Агрегат ЛТ-84 (рис. 4.15) рассчитан на грузоподъемность 12 т и состоит из колесного трактора К-703 и полуприцепа, соединенного с трактором шарнирным устройством, позволяющим раме полуприцепа поворачиваться относительно рамы трактора в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях. На раме полуприцепа смонтировано навесное оборудование, состоящее из поворотной рамы и челюстного захвата, который может перемещаться вдоль поворотной рамы.

Агрегаты ЛР-163 и ЛР-164 рассчитаны на грузоподъемность 16 т. Агрегат ЛР-163 создан на базе колесного трактора К-703, а агрегат ЛР-164 — на базе гусеничного трактора ТТ-4. Каждый агрегат включает в себя базовый трактор, полуприцеп и опорно-сцепное устройство. Полуприцеп — колесный, соединен с трактором дышлом.

Агрегат ЛР-163 имеет широкий диапазон скоростей, что позволяет эффективно использовать его на транспортировке пучков на значительные расстояния.

Агрегат ЛР-164 обладает хорошей проходимостью, но имеет низкие скорости. поэтому его следует использовать на плотбищах с незначительными (до 400 м) расстояниями перевозки пучков.

Основными отличиями СТША от СТА являются челюстной трехзвенный (с челюстями) захват и способность подъема пучков

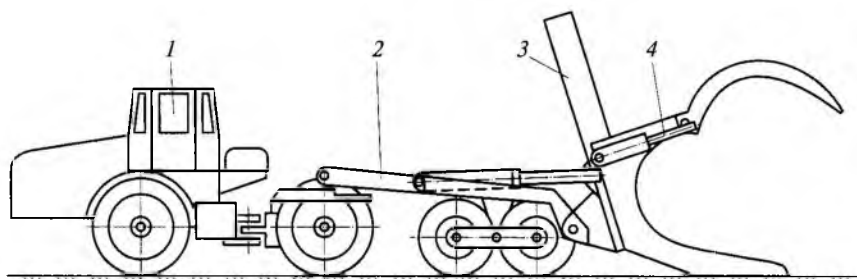


Рис. 4.15. Сплоточно-транспортно-штабелевочный агрегат ЛТ-84:

1 — колесный трактор; 2 — полуприцеп; 3 — поворотная рама; 4 — челюстной захват

на высоту до 2,5 м. Благодаря этому агрегаты могут выполнять многие операции при береговой сплотке: формирование пучка из беспрокладочных штабелей, укладку пучков в двухъярусный штабель, забор готовых пучков из лесонакопителей и штабелей, отвозку пучков и укладку в плот. Управляют челюстным захватом при помощи гидравлического привода из кабины оператора. Конструкция челюстного захвата обеспечивает необходимое сжатие и качественное формирование пучка в нем. Управляет агрегатом один оператор.

Скорости движения агрегатов: ЛР-163 с грузом — 18 км/ч; без груза — 31,5 км/ч; ЛР-164 с грузом — 6 км/ч; без груза — 10 км/ч.

Агрегаты ЛР-165 и ЛР-166 относят к СТША. Базой агрегата ЛР-166 является колесный трактор К-703, а агрегата ЛР-165 — гусеничный трактор ТТ-4 (ТТ-4М); оба агрегата грузоподъемностью не более 25 т. Агрегаты имеют колесный полуприцеп с челюстным захватом, имеющим максимальную площадь зева $8,3 \text{ м}^2$. Челюстной захват обеспечивает забор и сжатие пучка (пачки) круглых лесоматериалов на полуприцепе объемом до 30 м^3 . Агрегаты могут быть использованы на сплотке и транспортировке пучков из полухлыстов при максимальной их длине 11 м.

Береговая сплотка хлыстовых пучков отличается от сплотки сортиментных пучков и технологией, и техникой.

Для механизации сплотки хлыстовых пучков используют установку с индексом ЛР-162 (см. рис. 4.12). Установка включает в себя формировочное устройство, две лебедки Л-71Б, две грузовые тележки и рельсовый путь по склону берега к воде — для спуска пучков на воду.

Формировочное устройство образовано тремя соединенными между собой металлическими люльками. Каждая люлька имеет основание, неподвижную и поворотную стойки. Привод поворота стоек гидравлический. На верхних концах крайних поворотных стоек установлен механизм подачи обвязок на хлыстовый пучок. Тележки для спуска пучка грузоподъемностью 30 т каждая установлены на стальных двухребордных колесах. Тележки имеют с внешней стороны откидные стойки, удерживающие пучок от преждевременного скатывания в воду и освобождающие его при сбросе в воду. Тележки крепятся к грузовым спускным канатам лебедок. Формировочное устройство рассчитано на сплотку хлыстового пучка объемом до 60 м^3 из двух-трех хлыстовых пачек примерно одинаковой длины, уложенных вразнокомелицу.

Хлыстовые пачки доставляют к устройству ЛР-162 лесовозным транспортом. Здесь их разгружают краном-перегрузателем или другой грузоподъемной машиной в устройство ЛР-162 таким образом, чтобы вершины одной пачки не выходили за комли другой. После укладки пачек из них образуется пучок, который обвязы-

вают обязательными комплектами. Благодаря криволинейной форме люлек в поперечном сечении получается пучок овальной формы. Готовый пучок спускают на тележках на воду при помощи лебедок Л-71Б. После сброса пучка тележки теми же лебедками возвращают в исходное положение. Производительность сплотки на установке ЛР-162 по опытным данным составляет в среднем 630...650 м³ в смену. Эксплуатация установки ЛР-162 по сравнению со сплоткой трелевочными тракторами более экономична и менее трудоемка.

Иркутским филиалом ЦНИИМЭ разработана схема приводохранилищного склада-плотбища, обеспечивающая 95%-ную механизацию производственных операций и поставку хлыстов потребителям в едином транспортном пакете. Схема базируется на колесном транспортно-штабелевочном агрегате с челюстным захватом (индекс ЛТ-165) грузоподъемностью 30 т. В нее, кроме того, вписываются механизмы учета (индекс ЦЛС-115), обвязки (индекс ЛВ-177) и отрезки вершин в хлыстовом пакете (индекс ЦЛС-98).

Транспортно-штабелевочный агрегат ЛТ-165 грузоподъемностью 30 т создан на базе колесного трактора К-703 в составе тормозного колесного полуприцепа с навесным технологическим оборудованием; агрегат снабжен челюстным захватом с площадью зева до 4,5 м². Управление челюстным захватом от гидропривода осуществляют из будки оператора.

Агрегат предназначен для выполнения ряда складских операций: разгрузки пакетов хлыстов с лесовозного транспорта, укладки их в штабеля или на разделочную площадку, забора пачек хлыстов из штабелей и транспортировки их к месту сброски на воду или укладки в плот на водосъемном плотбище и других работ. Агрегат рассчитан на перевозку лесоматериалов длиной 4...30 м, укладку пачек в двухъярусные штабеля на высоту до 5,3 м. Паспортная производительность агрегата в смену составляет на разгрузке лесовозных автопоездов с укладкой пакетов в двухъярусный штабель — 1 200 м³; на транспортных работах (расстояние до 300 м) — 625 м³. Хлыстовый пучок формируют агрегатом на водосъемном плотбище путем плотной укладки заданного числа хлыстовых пакетов вразнокомелицу. После формирования хлыстовый пучок обвязывают пучковыми обвязками — цепными или канатными. Агрегат может быть использован на сплотке хлыстовых пучков в комплексе с устройством ЛР-162.

Основные технические характеристики рассмотренных агрегатов приведены в табл. 4.1.

Поточные линии для береговой сплотки. Поточные линии для береговой сплотки сортиментов и хлыстов включают в себя комплекс оборудования. Более сложными являются поточные линии для сплотки сортиментных пучков.

**Основные технические характеристики агрегатов для береговой сплотки
круглых лесоматериалов**

Показатель	Марка агрегата							
	В-43Б	В-53	ЛТ-84	ЛР-163	ЛР-164	ЛР-166	ЛР-165	ЛТ-165
Базовый тягач	ТТ-4Б	К-703	К-703	К-703	ТТ-4	К-703	ТТ-4	К-703
Грузоподъемность, т	24	25	12,5	16	16	25	25	25
Масса агрегата, т	21,2	21,9	24,5	21,7	22,0	23,5	22,5	30,5
Максимальный объем сплавиваемого пучка, м ³	30	30	15	20	20	30	30	До 40
Высота подъема пучка, м	—	—	2,4	2,5	2,5	1,35	1,35	3,3
Максимальная длина сплавиваемых бревен, м	8,5	8,5	11	11	11	11	11	30

Поточные линии для береговой сплотки сортиментных пучков komponуют с одной или двумя раскрывеочными установками, работающими с жесткой или гибкой связью на один сортировочный конвейер. В случае жесткой связи объект обработки передается с одной операции на другую непосредственно, при этом две машины должны работать в одном рабочем ритме, иначе при остановке одной из них останавливается и другая. В поточных линиях с гибкой связью роль гибкой связи выполняют буферные площадки и магазины, допускающие накопление некоторого межнавигационного запаса лесоматериалов у машин, когда они работают в разном ритме или одна из них простаивает.

Поточные линии с одной раскрывеочной установкой имеют наибольшее распространение. Такая линия включает в себя разгрузочную эстакаду, оснащенную разгрузочно-растаскивающей уста-

новой РРУ-10М, раскряжевочную установку ПЛХ-ЗАС или ЛО-15С, продольный сортировочный конвейер, оборудованный средствами автоматизации для рассортировки получаемых при раскряжке сортиментов, консольно-козловый кран, конвейер и бункер для сбора отходов от раскряжки.

Поточная линия работает следующим образом. Хлысты, поступающие автотранспортом по лесовозной дороге, подают разгрузочно-растаскивающей установкой РРУ-10М под манипулятор ЛО-13С, который перекладывает хлысты поштучно на подающий транспортер раскряжевочной установки. Получаемые от разделки сортименты всех длин сбрасывают на сортировочный транспортер. Отходы от раскряжки хлыста сбрасывают на конвейер и далее в бункер отходов.

В межнавигационный период рассортированные материалы забирают из накопителей, сплавляют сплотно-транспортными агрегатами и отвозят к месту укладки в плот, если плотбище затопляемое, и в штабель, если плотбище незатопляемое. В навигационный период пучки из штабелей грузят теми же агрегатами в суда или на воду.

Сменная производительность линии определяется по формуле

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{Tf q_x}{t_{\text{ц}}},$$

где T — продолжительность смены, мин; f — коэффициент использования рабочего времени, $f = 0,7 \dots 0,8$; q_x — средний объем хлыста, м^3 ; $t_{\text{ц}}$ — средняя продолжительность обработки одного хлыста, мин.

Обслуживает поточную линию бригада из 9 чел.

К недостаткам линии относят отсутствие буферного устройства, позволяющего иметь запас сортиментов между раскряжевочной установкой и сортировочным транспортером; подачу сортиментов в лесонакопители без раскомлевки. В результате пучок получается нецилиндрическим; происходит неполная загрузка сортировочного конвейера, обеспечивающего производительность до 300 м^3 в смену.

Поточная линия ЛР-140 является разновидностью предыдущей поточной линии, выполненной на базе одной раскряжевочной установки ПЛХ-ЗАС или ЛО-15С и имеющей буферное устройство. Оно предусмотрено перед сортировочным конвейером, в котором установлен буферный магазин типа ЛТ-80 для приема длинномерных сортиментов и отдельный продольный конвейер с накопителями для короткомерной и некондиционной древесины. Сменная производительность линии составляет 150 м^3 при среднем объеме хлыста $0,3 \text{ м}^3$. Линия эксплуатируется на нижних складах лесовозных дорог с береговой сплоткой в пучки объемом $6 \dots 12 \text{ м}^3$.

Поточные линии на базе двух раскряжевочных установок предназначены для повышения степени загрузки сортировочного конвейера и обеспечения разворота (раскомлевки) бревен в целях получения цилиндрических пучков и пачек. Примером является линия ЦЛР-160 для береговых складов с грузооборотом 150 тыс. м³.

Линия ЦЛР-160 с гибкой связью выполнена на базе двух раскряжевочных установок типа ПЛХ-ЗАС или ЛО-15С, работающих на один сортировочный конвейер; независимая и бесперебойная работа двух раскряжевочных установок на один сортировочный конвейер обеспечивается включением между ними буферного магазина. Благодаря встречной работе раскряжевочных установок на один сортировочный конвейер автоматически обеспечивается раскомлевка бревен в накопительных устройствах.

Поточная линия ЦЛР-160 предназначена для раскряжевки хлыстов, сортировки, учета и формирования пучков круглых лесоматериалов непосредственно в лесонакопителях сортировочного конвейера. Линию применяют как для береговой сплотки, так и на лесоперевалочных базах и биржах сырья лесоперерабатывающих предприятий, получающих лес хлыстами.

Принципиальная схема компоновки оборудования в линии показана на рис. 4.16. Хлысты для разделки разгружают на эстакады и подают к раскряжевочным установкам 7. Полученные от раскряжевки длинномерные сортименты сбрасываются в буферные магазины 5 типа ЛТ-80, а короткомерные отрезки и фаутные бревна — на выносной конвейер 6. Буферные магазины разгружают поочередно по команде оператора. Из магазинов сортименты поступают на один сортировочный транспортер 1. Конвейер оборудован автоматическими бревносбрасывателями 3 и имеет устройства адресации и посортиментного учета. Управление автоматикой производится из операторской 4. Вдоль конвейера расположены накопительно-формировочные 2 и торцевыравнивающие устройства типа ЛР-146. В них из сбрасываемых сортиментов формируют пачки или пучки объемом до 15 м³.

Сменная производительность поточной линии ЦЛР-160 составляет 300 м³ в смену, установленная мощность поточной линии — 116 кВт. Обслуживает линию бригада из 13 чел. Поточная линия ЦЛР-160 встречается на практике и в несколько измененных вариантах, например с одним буферным магазином ЛТ-80 вместо двух. В настоящее время береговую сплотку хлыстовых пучков производят с применением разных механизмов, в том числе и малоприспособленных для этого, например лебедок, трелевочных тракторов и др.

В простейшем случае для сплотки однопакетных и двухпакетных хлыстовых пучков на затопляемом плотбище применяют трелевочные трактора ТДТ-55 или ТТ-4 (в паре). Сплотку ведут непосред-

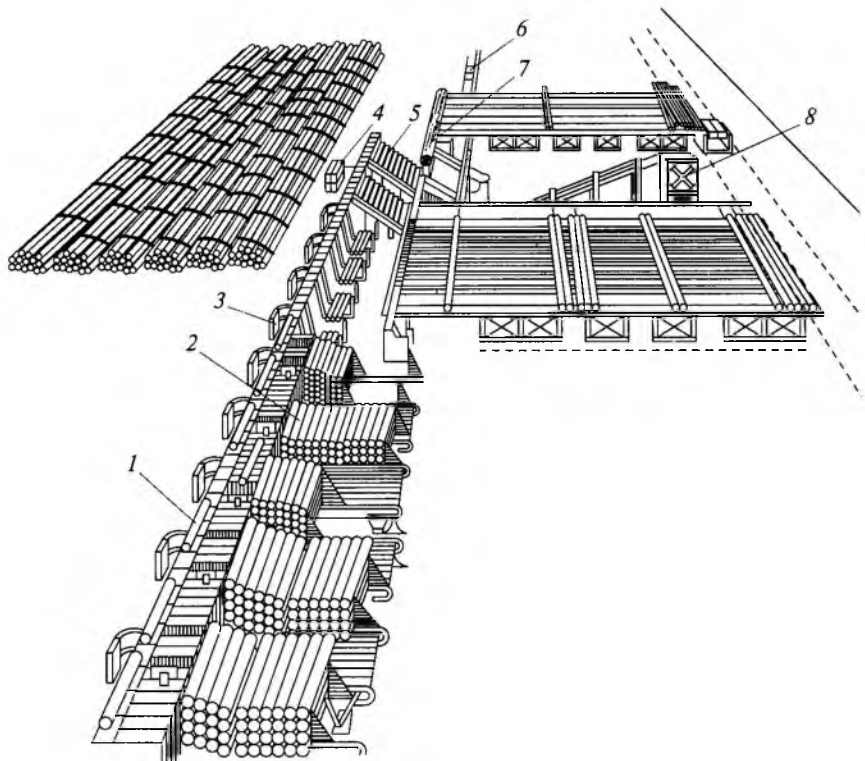


Рис. 4.16. Поточная линия ЦЛР-160:

1 — сортировочный транспортер; 2 — накопительно-формировочное устройство ЛР-146; 3 — бревносбрасыватель ЛР-142; 4 — операторская; 5 — буферный магазин; 6 — выносной транспортер для некондиционных лесоматериалов; 7 — раскрывочная установка с эстакадой; 8 — бункер для отходов

ственно на месте формирования водосъемного плота (или его секции). Для сплотки пакеты сталкивают с подвижного состава и укладывают в плот вразнокомелицу. Перед сброской каждый пакет увязывают в трех местах: по концам и в середине — проволочными или цепными обвязками. При соединении в пучок двух пакетов и более их еще связывают вместе двумя-тремя обвязочными комплектами. Перед связыванием пакеты тракторами плотно прижимают один к другому для придания пучку заданной формы.

4.5. Технология формирования плотов

На практике применяют четыре схемы формирования плотов. Выбор той или иной схемы формирования плотов определяется наличием акваторий водной поверхности с необходимыми разме-

рами, глубинами и скоростями течения ниже сортировочно-сплотночных устройств и дробностью сортировки лесоматериалов на рейде.

Первая схема: сплотночная единица — плот. Схема применима в случае формирования плота из сплотночных единиц, прибывающих на рейд вольницей, без их сортировки, с тем, чтобы сортировка была произведена ниже на сортировочно-формировочных устройствах. Если же акватория ниже сплотночных машин, используемая для формирования плотов, имеет достаточный по длине и ширине габарит для размещения нескольких плотов по числу групп определенных сортиментов, поставляемых потребителям, то эта схема вполне рациональна, так как уменьшает транспортные работы при формировании плота. При наличии таких акваторий на магистральной реке ниже устья реки со сплавом «вольницей» схема сплотночная единица — плот тоже вполне применима.

Вторая схема: сплотночная единица — секция плота — плот. Схему используют на рейдах, в сортировочно-формировочных устройствах, в которых формируют секции, а далее — секционные плоты. В этом случае акватория под сортировочно-формировочные устройства должна разместить ниже сплотночных машин одновременно все формируемые секции. Сформированные секции буксирными катерами рейда доставляют на причалы, где из них составляют плоты.

Третья схема: сплотночная единица — линейка — плот. Сортировочно-формировочные устройства при этой схеме занимают меньшие по ширине размеры акватории, нежели при работах по первой и второй схемам, располагаются ниже сплотночных машин. Ширину формировочных дворики принимают равной ширине одной или двух сплотночных единиц, с небольшим запасом. Длина линеек не превышает длины будущего плота, реже — его четверти. Линейки одного и того же сортимента подают на причалы, где формируют плот.

Четвертая схема: сплотночная единица — линейка — секция — плот. Эту схему используют, когда на рейде формируют секционные плоты, а размеры акватории не позволяют разместить на ней сортировочно-формировочные устройства для секций. Технология формирования частей плота — секций и линеек — сводится к следующему: формирование секции состоит в подаче поступающих от сплотночных машин пучков в формировочные дворики по сортировочному коридору. До начала формирования секции в данном дворике нижнюю по течению его часть перекрывают боном. Затем устанавливают поперечный оплотник, закрепляя временно его концы к бонам дворика. Вдоль бонов дворика устанавливают по обе стороны продольный оплотник, соединяя его оплотными цепями. Заранее набранный ряд пучков одной длины заводят в оплотник и устанавливают в дворике, заполняя дворик по всей

ширине. После этого сразу же оплотными цепями скрепляют первый ряд поперечного оплотника с продольным оплотником и устанавливают второй ряд поперечного оплотника, скрепляемого оплотными цепями с продольным. После установки второго ряда пучков секцию стравливают вниз, а продольный оплотник наращивают, скрепляя его бревна оплотными цепями. По мере изготовления секции в зависимости от конструкции плота ее крепят промежуточным поперечным оплотником или канатными счалами. После установки крайнего поперечного оплотника накладывают продольные лежни, продергивая его через оплотные цепи.

Могут быть и другие конструкции креплений. Готовую секцию катером-буксировщиком отводят на формировочный причал, где и формируют плот. Размеры секций плотов имеют длину 50...100 м и ширину 9...27 м. Пучки, составляющие секцию, должны иметь одинаковую ширину и осадку.

Формирование линеек из пучков, подаваемых от сплотовочных машин, производят следующим образом. Пучки, перемещаемые по сортировочному коридору течениями или другими побудителями движения (ускорителями), скользят по начальной поверхности опорной плитки (в сортировочно-формировочном устройстве Зайцева), и их либо хватают крюком и разворачивают в дворик за данной опорной плиткой, либо пропускают дальше на грань следующей опорной плитки. Пучок, подлежащий к установке в линейку под данной опорной плиткой, устанавливают под лежень, закрепленный одним концом на опорной плитке, и «приклевыывают», т.е. прикрепляют к лежню в двух точках. По мере накопления пучков под лежнем он стравливается, оставляя место для следующих пучков. Длина ленты зависит от типа формируемых плотов и составляет 50...500 м.

Формирование плотов производят под опорными плитками или бонами, установленными ниже сортировочно-формировочных устройств, закрепленными за донные и береговые опоры. Акватории, отводимые для формирования плотов, должны иметь достаточную ширину и минимальную скорость течения.

Технология формирования состоит в следующем: шлюзуемый плот буксирным катером заводят в дворик. В момент захода головной части плота в дворик с барабанов на головных плитках снимают концы и, пропустив их через ролики, закрепляют на головных пучках плота. По мере движения плота внутри двора бортовые лежни, разматываясь с барабанов, прокладываются по борту плота. По мере прохода в головной части двора следующей секции лежни верхней и нижней секций соединяют замками, а после этого утягивают лебедкой, выбирая слабины канатов шлюзуемой единицы к середине, утягивают поперечные крепления при помощи переносного блока, который крепится за цепи, проложенные вдоль бонов.

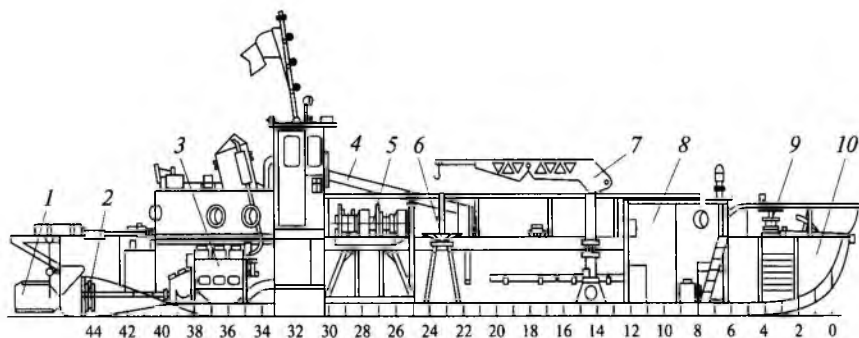


Рис. 4.17. Такелажница-формировщик ЛФ-38:

1 — руль; 2 — гребной винт; 3 — двигатель; 4 — выносная балка; 5 — лебедка; 6 — вьюшка; 7 — кран; 8 — дежурное помещение; 9 — якорное устройство; 10 — форпик

Для механизации работ по формированию плотов, их ремонту, перевозке такелажа и рабочих бригад целесообразно использовать такелажницу-формировщик ЛФ-38 (рис. 4.17) и судно-формировщик ЛФ-1. В качестве базового судна для такелажницы-формировщика ЛФ-38 принят грузовой катер Т-101М (водоизмещение 30,3 т, осадка 0,60 м, скорость хода 4,58 м/с (16,5 км/ч) и тяговое усилие на швартовых 8,3 кН). Судно ЛФ-38 имеет две однобарабанные лебедки с гидроприводом, гидравлический подъемный кран, две выносные балки, вьюшку, направляющие ролики и канатную оснастку. Это судно с бригадой формировщиков выполняет следующие работы: погрузку, доставку, выгрузку и разноску такелажа по плоту; установку и утяжку бортовых комплектов; установку брустверов; раскладку и утяжку бортовых продольных лежней, утяжку поперечных счалов и другие работы.

Формировщик ЛФ-1 спроектирован на базе судна ЛС-56Б (водоизмещение судна 39,8 т, осадка 0,86 м; скорость хода 5,5 м/с (19,7 км/ч) и тяговое усилие на швартовых 30 кН). В грузовом трюме ЛФ-1 установлены подъемный кран с гидроприводом грузоподъемностью 0,5 т, электролебедка для утяжки такелажа с усилием 48 кН, электроприводное разбухтовочное и бухтонамоточное устройство, выносная балка для раскладки лежней и бортовые роульсы. Судно-формировщик ЛФ-1 может быть использовано на погрузке, перемещении и разгрузке формировочного такелажа, перевозке рабочих, натаскивании бруствера, утяжке такелажа, буксировке линеек и секций в пределах рейда и т.д.

На формировании плотов при отсутствии специализированных катеров-формировщиков применяют катера КС-100А, оборудованные лебедкой для утяжки такелажа (переносные мотолебедки МЛ-2000М или ручные лебедки с тяговым усилием не менее 10 кН).

Производительность сортировочно-формировочных устройств рейда ограничивается пропускной способностью их главных ворот в смену:

$$N = 3\,600 v_n W / (nr),$$

где t — продолжительность смены, ч; v_n — скорость движения сплоточных единиц, м/с; W — объем сплоточной единицы, м³; n — коэффициент, учитывающий разрывы между сплоточными единицами, $n = 1,5 \dots 2,0$; r — размер сплоточной единицы по диагонали, м; nr — расстояние между центрами сплоточных единиц, м.

Формирование хлыстовых плотов на воде проводят по различным технологическим схемам.

При этом используют кран грузоподъемностью не менее 10 т или трактор ТДТ-55; катер-формировщик; рейдовый буксирный катер для транспортировки секций к формировочным причалам, например ВМК-130; наплавные сооружения — формировочные дворики, боны, плитки, донные опоры, выюшку для раскладки лежней и электроинструмент.

Для сброски пучков на воду и набора пучков в ряд секции применяют кран или трактор ТДТ-55.

По мере набора необходимого числа пучков по ширине секции прокладывают поперечный формировочный такелаж и производят установку бортовых и брустверных комплектов. Далее катер транспортирует пучки к формировочному бону, где и формируют секции; здесь катер-формировщик прокладывает бортовые лежни и производит утяжку продольного и поперечного такелажа. Сформированную секцию выводят рейдовым буксирным катером к формировочному приколу, где завершают работу по формированию плота: соединяют концы бортовых лежней и поперечных секционных счалов скобами.

На формировании хлыстовых плотов по этой схеме занята бригада рабочих численностью 6—8 чел. Комплексная сменная производительность труда зависит от объема пучка и конструкции плота и колеблется в пределах 1 000... 1 600 м³.

4.6. Рейды приплава

Классификация рейдов приплава и требования к акватории. Каждое предприятие, получающее лес по водным путям, имеет свой *рейд приплава*, т.е. водную акваторию и территорию берега, специально оборудованные для приемки и выгрузки леса из воды на берег либо перегрузки на другие виды транспорта.

Рейды приплава можно классифицировать:

- по виду транспортируемых материалов: круглые лесоматериалы, хлысты, технологическая щепа;
- по виду водного транспорта леса: плотового лесосплава, в сплотивных единицах, в судах;
- по целевому назначению: выгрузочные, расформировочные, сортировочно-выгрузочные, расформировочно-выгрузочные.

Классификация по целевому назначению тесно связана с видом водного транспорта леса, используемым для доставки древесины, и типом лесопромышленного предприятия, при котором организован лесосплавной рейд.

Акватория рейда приплава должна:

- быть достаточной для размещения максимального расчетного объема переходящих остатков леса, определяемых совмещенным графиком прибытия и выгрузки леса;
- иметь глубину и ширину в соответствии с осадкой и габаритными размерами поступающих плотов и секций в течение всего периода выгрузки;
- иметь устойчивые берега, незаносимые русла и постоянный русловый режим;
- иметь скорости течения в период рейдовых работ в пределах 0,3...0,8 м/с;
- иметь защиту от действия господствующих ветров и волн;
- обеспечивать беспрепятственное движение судов и плотов по водному пути в районе расположения рейда.

Береговая площадь, используемая на рейдах приплава для выгрузки и укладки древесины, должна быть удобной для работы выгрузочных и транспортирующих машин и механизмов, достаточной для размещения выгружаемой древесины, и иметь необходимые добавочные площади для производства последующих операций с древесиной.

Технологический процесс и оборудование рейдов приплава. Расформировочно-выгрузочные рейды приплава организуют при поступлении древесины в плоты.

Из-за отдаленности месторасположения участков могут организовывать два самостоятельных рейда: расформировочный и выгрузочный.

Расформировочно-выгрузочный рейд предназначен для приемки плотов на лесостоянки, расформирования плотов на секции и подачи их к местам расформирования секций на пучки, подачи пучков к местам выгрузки. В соответствии с этим акватория рейда приплава имеет плотостоянки, расформировочный и выгрузочный участки.

Общая площадь лесостоянки должна быть достаточной для одновременного отстоя на ней переходящего запаса плотов, определяемого из графика поступления и выгрузки леса.

$$L_d \geq \frac{n_{пл}}{m_{пл}}(L + l),$$

где $n_{пл}$ — максимальный переходящий запас плотов на лесостоянке; $m_{пл}$ — число плотов по ширине плотостоянки; L — длина плота, м; l — интервал между плотами по длине; обычно $l = (0,3 \dots 0,4)L$.

Ширина лесостоянки при размещении на ней $m_{пл}$ плотов по ширине составит

$$B_d = B_{пл}[m_{пл} + a(m_{пл} - 1)],$$

где $B_{пл}$ — ширина плота, м; a — интервал между плотами по ширине, м.

Расформировочный участок предназначен для расформирования, т.е. расчленения секций или целых плотов. При расформировании с плота снимают формировочный такелаж и убирают такие крепления, как брустверы, оплотник и т.п. Снятый такелаж отвозят на такелажные склады для подготовки его к возврату на сортировочно-сплоточные рейды, а жесткие крепления из бревен (брустверы, оплотник и т.п.) доставляют к пунктам расчалки и выгрузки. Если переходящий запас невелик (1—2 плота), то расформирование плотов может производиться прямо на плотостоянке.

Технология работы выгрузочных участков непосредственно связана со способом выгрузки и с типом применяемого оборудования.

Выгрузку лесоматериалов портальными кранами осуществляют по различным технологическим схемам. Если древесина после выгрузки рассортировывается, то применяют продольные транспортеры с устройствами для роспуска пучков.

На рис. 4.18, а показана технологическая схема выгрузки лесоматериалов из судов и погрузки их в железнодорожные вагоны.

Вариант работы «судно — вагон». Выгружают круглые лесоматериалы из судов в речных портах кранами грузоподъемностью 10 т, оснащенными грейферами емкостью 7,2 м³.

В разработанной технологии железнодорожные вагоны загружают, как правило, на тыловых железнодорожных путях. Судно б разгружают портальными кранами 1 (см. рис. 4.18, а).

Каждый кран, выгружая определенную партию лесоматериалов грейфером 2, передает груз в торцевальную машину 3, а крановщик второго (тылового) крана 4, управляющий из кабины работой торцевальной машины, торцует пачку и передает в один из загружаемых полувагонов. На обслуживании каждой механизированной установки, состоящей из двух портальных кранов и торцевальной

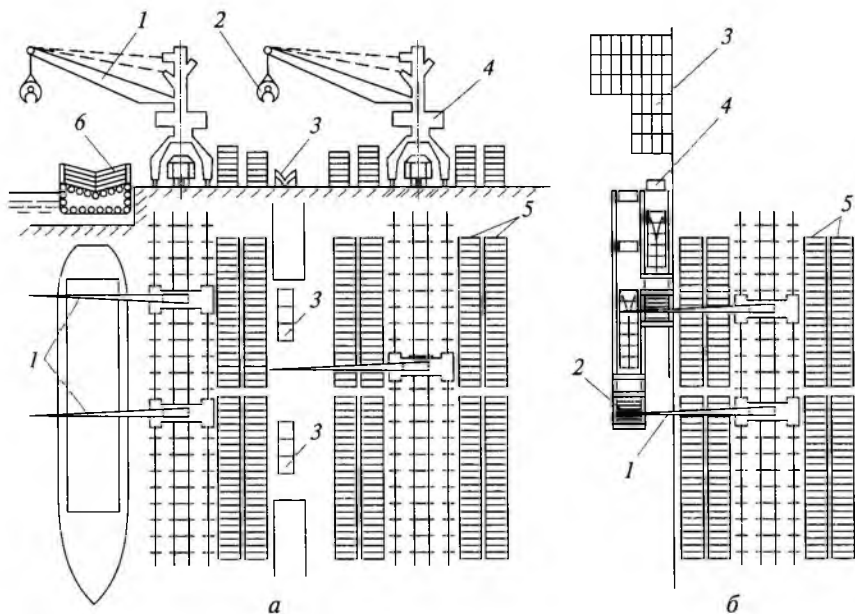


Рис. 4.18. Выгрузочные рейды с применением порталных кранов:

а — при поставках круглых лесоматериалов в судах: 1 — порталные краны; 2 — грейфер для лесных материалов; 3 — торцевальные машины; 4 — тыловой кран; 5 — штабеля бревен; 6 — судно; *б* — при поставках круглых лесоматериалов в плотках: 1 — прикормонный кран; 2 — выгрузочный дворик; 3 — секция плотка; 4 — пучки; 5 — штабеля бревен

машины, занято трое портовых рабочих (один на судне — сигнальщик и два на загрузке полувагонов).

При поставках круглых лесоматериалов в плотках и выгрузке целыми пучками (рис. 4.18, *б*) перед кранами устраивают выгрузочный дворик 2, куда заводят пучки 4. Здесь их либо обносят стропами, либо захватывают грейферами и выгружают на берег. Обвязочный материал с пучков снимают или на воде (после захвата пучка), или на берегу (после укладки пучка). При выгрузке кранами грузоподъемностью меньшей, чем масса пучка, применяют машины для грейферной выгрузки лесоматериалов. В этой машине крупные пучки распускают в уплотненную многорядную щель, откуда лесоматериалы захватывает грейфер в соответствии с грузоподъемностью крана.

Из расформированной секции 3 крупные пучки 4 поступают в машину для грейферной выгрузки, придаваемую к каждому выгрузочному крану. Такая машина марки ЛР-63-1 (рис. 4.19) представляет собой плавучую машину катамаранного типа, состоящую из двух симметричных понтонов 9, соединенных передним 15 и задним 14 мостами. На переднем мосту расположен привод 5

штанги 7. Привод имеет две звездочки, расположенные на концах переднего моста, через которые переброшены цепи 6 подъема штанги. Один конец каждой цепи крепится в цепном ящике 4, а второй — к одному из концов штанги. К средней части штанги на расстоянии 3 м одна от другой присоединяют одним концом две поддерживающие цепи 8, идущие на звездочки 12 лебедки 13 подъема пучка. Другие концы этих цепей крепят в цепном ящике 3. На балках переднего и заднего мостов, обращенных внутрь устройства, установлены рельсовые пути 11, на которых располагают ходовые тележки щитов уравнивателя 10. Тележки связаны трособлочной системой с лебедками уравнивателя, размещенными в фундаментах заднего моста. К каждому щиту крепится переходная площадка. В центре переднего моста установлен отсекаль.

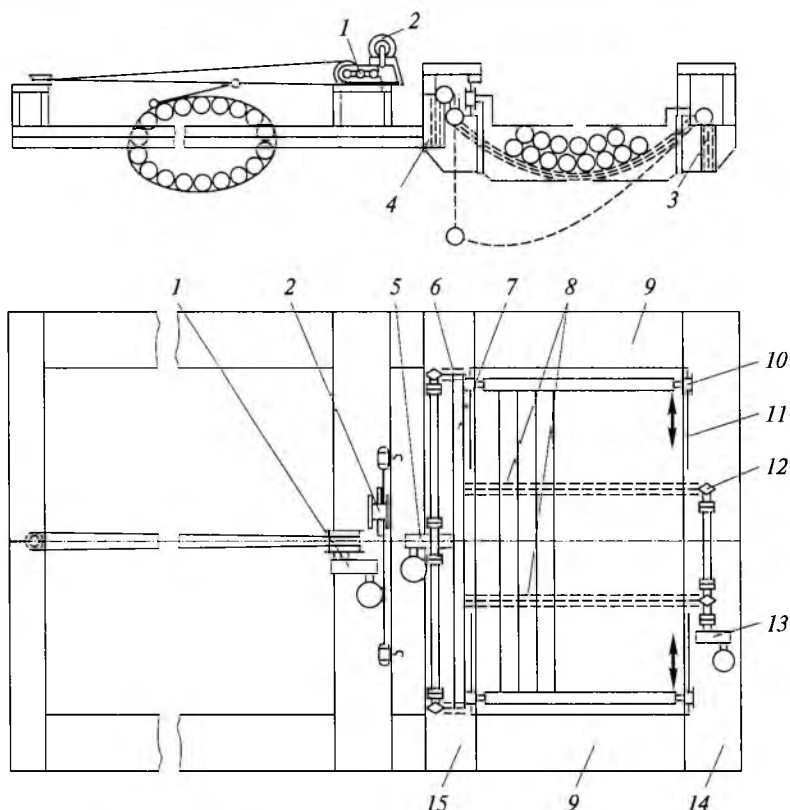


Рис. 4.19. Машина для грейферной выгрузки ЛР-63-1:

1 — механизм подачи пучков; 2 — приспособление для снятия обвязок; 3, 4 — цепные ящики; 5 — привод штанги; 6 — цепи подъема штанги; 7 — штанга; 8 — поддерживающие цепи; 9 — понтоны; 10 — ходовые тележки щитов уравнивателя; 11 — рельсовые пути; 12 — звездочка; 13 — лебедка подъема пучка; 14 — задний мост; 15 — передний мост

Кроме перечисленных механизмов к устройству относятся механизм подачи пучков 1 и приспособление для снятия пучковых обвязок 2, устанавливаемые на переходном мостике подводящего коридора.

Устройство подключается к силовому щиту крана или береговой сети и питается трехфазным переменным током. Силовой щит располагают на одном из понтонов или на переднем мосту, пульт управления размещен в ферме переднего моста.

Управляют отсекателем и механизмом подачи пучков также и с выносного пульта, располагаемого рядом с механизмом подачи пучков.

Для освещения зоны работы под передним мостом смонтированы подмостовые светильники, а в заднем мосту — прожектор, который может быть перенесен в любое место. Устройство оборудовано леерами, трапами и другими приспособлениями для безопасной работы обслуживающего персонала.

Технические характеристики устройства ЛР-63-1

Габаритные размеры, м:

длина.....	9,1
ширина	12,36
высота над горизонтом воды	3,55
осадка	1,0
Ширина коридора по щитам (максимальная), м.....	8,5
Масса, т	23,3
Установленная мощность, кВт	30,0
Потребляемая мощность, кВт	17,0
Габаритные размеры пучка (максимальные), м:	
длина.....	8,3
ширина	5,5
осадка	3,5
Объем пучка, м ³	До 35

Вариант работы «судно — склад». Выгрузка лесоматериалов из судов на склад производится аналогично выгрузке по варианту работы «судно — вагон». Сортименты из трюма (палубы) судна подают прикордонными кранами в штабель. Пачку, поднятую грейфером, имеющую перекошенные или сильновыступающие бревна, опускают в торцевальную машину. После оторцовки пачку подают краном в штабель.

Концы штабелей крепят «клетками» из связанных проволокой пачек. Пространство между пачками, уложенными в клетку, заполняют круглыми лесоматериалами. Сортименты следует укладывать в штабеля с разделением каждой вагонной отправки прокладками диаметром 18...20 см с соблюдением при этом мер техники безопасности.

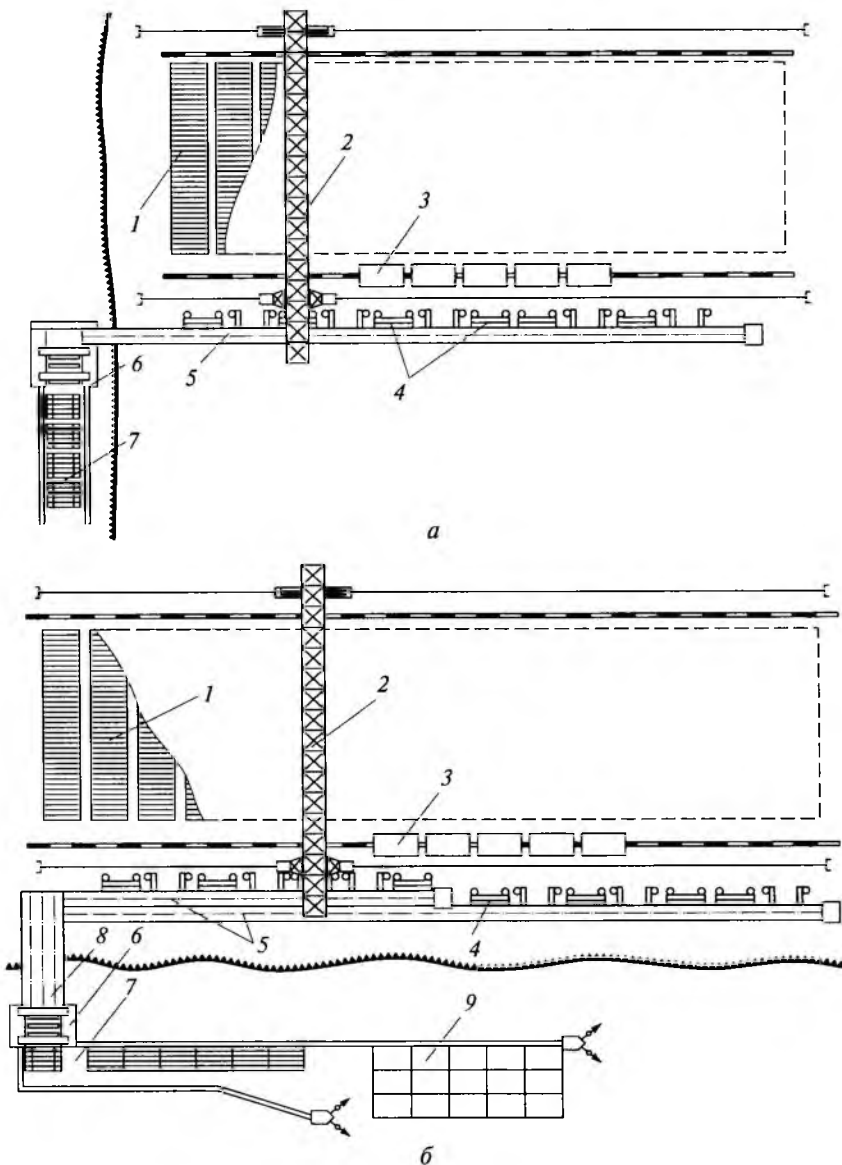


Рис. 4.20. Технологические схемы лесоперевалочных работ с использованием кранов и транспортеров:

а — с полной сортировкой на берегу и использованием козлового крана; *б* — с полной сортировкой на берегу и использованием козлового крана и поперечного транспортера для выгрузки; 1 — штабеля; 2 — консольно-козловой кран; 3 — отгрузочный путь; 4 — карманы-накопители; 5 — продольный сортировочный транспортер; 6 — размолевочная машина; 7 — подводящий коридор для пучков; 8 — поперечный транспортер; 9 — секции плота

Технологические схемы для пакетированных лесоматериалов отличаются от уже описанных схем только тем, что операции осуществляют с пакетами, в результате чего процессы застропки и погрузки упрощаются.

Расформировочно-выгрузочные рейды с применением продольных и поперечных транспортеров. В настоящее время лесоматериалы из воды выгружают продольными транспортерами, лебедками и кранами. Наиболее распространенными являются технологические схемы работы кранов в комплексе с продольными транспортерами (рис. 4.20).

Технологический процесс, в котором в комплекс лесоперевалочного оборудования входит продольный сортировочный транспортер 5 и один консольно-козловый кран 2, заключается в следующем.

Секции плота подают к причальному бону выгрузочного участка. Отсюда сплоточные единицы по одной подают в размолевочную машину 6. После размолевки пучков бревна подают на продольный транспортер.

На рис. 4.20, б представлен технологический процесс, в комплекс оборудования которого входят один поперечный 8, два продольных 5 транспортера и один консольно-козловой кран 2.

Технологический процесс по этой схеме заключается в следующем: секции плота 9 буксируют к причальному бону выгрузочного участка, отсюда сплоточные единицы по одной подают в размолевочную машину 6 и после размолевки бревна также по одному поступают на поперечный транспортер, который при помощи специального устройства распределяет бревна на два продольных сортировочных транспортера.

Расформировочно-выгрузочные рейды на лесоперевалочных базах при поступлении хлыстов. Пример технологической схемы расформировочно-выгрузочного рейда на лесоперевалочных базах показан на рис. 4.21, а.

Рейд должен иметь плотостоянки для приема, отстоя транзитных плотов и расформировки их на секции для последующей подачи к расформировочно-выгрузочному участку. Здесь секцию 1 расформировывают на отдельные хлыстовые пучки 2, а такелаж собирают и сбуксовывают специальными агрегатами. Пучок распускают на хлыстовые пачки 3, которые подают к месту забора их грейфером мостового крана 4. Кран забирает пачку хлыстов и подает ее либо на лесовозный автомобиль 8, либо в технологический запас хлыстов 5. Лесовозный автомобиль отвозит пачку хлыстов к месту разделки на поточной линии или к участку складирования в зимний запас. На участке создания зимнего запаса хлыстов обычно используют кран 7 (КСКЗО-42 с двумя консолями), создающий три штабеля хлыстов 6 на полной длине своего передвижения. В зимний период кран КСКЗО-42 забирает пачку

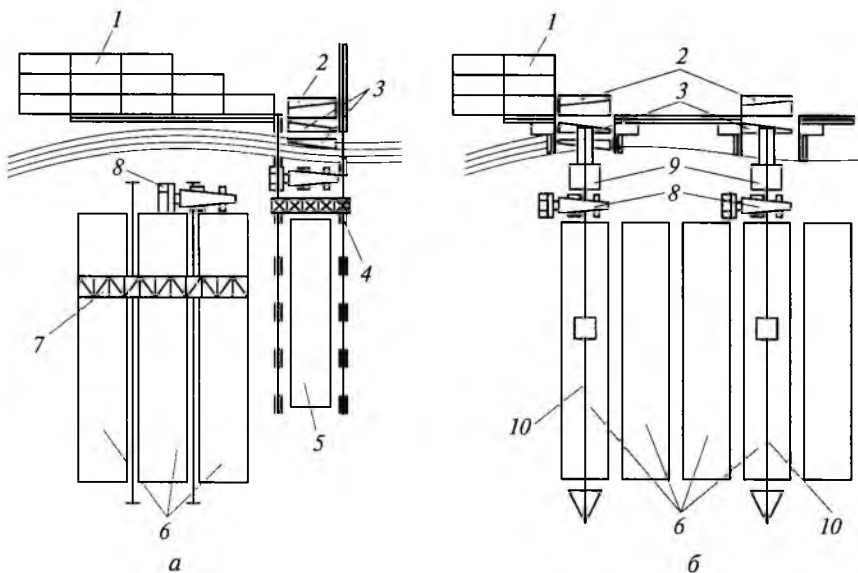


Рис. 4.21. Расформировочно-выгрузочный рейд на лесоперевалочных базах при поступлении хлыстов:

а — рейд на базе выгрузочного крана К-305Н и крана КСК30-42; *б* — рейд на базе кабельных кранов КК-20 пролетом 575 м и грузоподъемностью 20 т; 1 — секция плота; 2 — хлыстовой пучок; 3 — хлыстовая пачка; 4 — мостовой кран К-305Н; 5 — технологический запас хлыстов; 6 — штабеля хлыстов для зимнего запаса; 7 — кран КСК30-42 с двумя консолями; 8 — лесовозный автомобиль; 9 — башня кабельного крана; 10 — кабельный кран КК-20

хлыстов из штабеля, грузит на лесовозный автомобиль, который подает древесину к местам разделки.

На рис. 4.21, *б* показана технологическая схема с использованием кабельного крана КК-20 пролетом 575 м производства Германии. Технология работ мало отличается от предыдущей, за исключением того, что как выгрузку пачек, так и создание зимнего запаса хлыстов производят одним кабельным краном 10. Применение кабельных кранов грузоподъемностью 20 т не всегда соответствует массе (объему) пачки хлыстов, поэтому появляется необходимость размолевки хлыстовых пакетов, что усложняет работу и приводит к потере древесины из-за ее утопа.

Для определения протяженности подкрановых путей и необходимой площадки для создания зимних запасов хлыстов в табл. 4.2 приведены характеристики наиболее часто применяющихся штабелей хлыстов и способов их формирования в соответствии с действующим руководством по созданию запасов хлыстов.

На одной площадке лесопромышленного комплекса концентрируется большое количество перерабатываемой древесины, исчисляемой несколькими миллионами кубометров, а суточный

Характеристики штабелей хлыстов и способов формирования

Штабель	Механизм, применяемый для укладки хлыстов	Высота штабеля, м	Полнодревесность штабеля	Удельная емкость штабеля, м ³ /м ²
Плотный с укладкой комлями в одну сторону	Лесопогрузчики перекидного типа	2	0,23	0,4 ... 0,5
Многорядные пачковые, комлями в одну сторону	Кабельные краны типа КК-20	3	0,25	0,75 ... 1,0
Многорядные пачковые, комлями в разные стороны	Козловые краны типа К-305 и мостовые (со стропами)	7	0,32	2,25 ... 3,0
Многорядные плотные, комлями в разные стороны	Козловые краны типов ЛТ-69, ККЛ-32 (с грейферами)	Расчетная 10 (максимальная)	0,29	3,0 ... 3,5

грузооборот рейда достигает 25 тыс. м³ древесины и более. Примером такого рейда является рейд Братского лесопромышленного комплекса (ЛПК) (рис. 4.22). Рейд является расформировочно-выгрузочным и состоит из плотостоянки, где осуществляется расформирование плотов на секции и полусекции, и расформировочно-выгрузочного рейда, на котором производится расформирование секций на пучки и пачки и подача их к выгрузочным мостовым кранам. Рейд располагается в юго-западной части водохранилища, в 25 км от створа плотины Братской ГЭС и огражден от воздействия ветровой волны специальным молом. Расформировочно-выгрузочный рейд имеет в своем составе крупные участки. Проектный грузооборот рейда 3 150 тыс. м³. Приплав древесины на рейд производят в транзитных секционных плотках размером 360 × 27 м. Объем плота 6 000 ... 9 000 м³ в зависимости от объема сплотивных единиц.

Плотостоянка оборудована наплавными причалами для приема и отстоя транзитных плотов, для расчалки их на секции и полу-

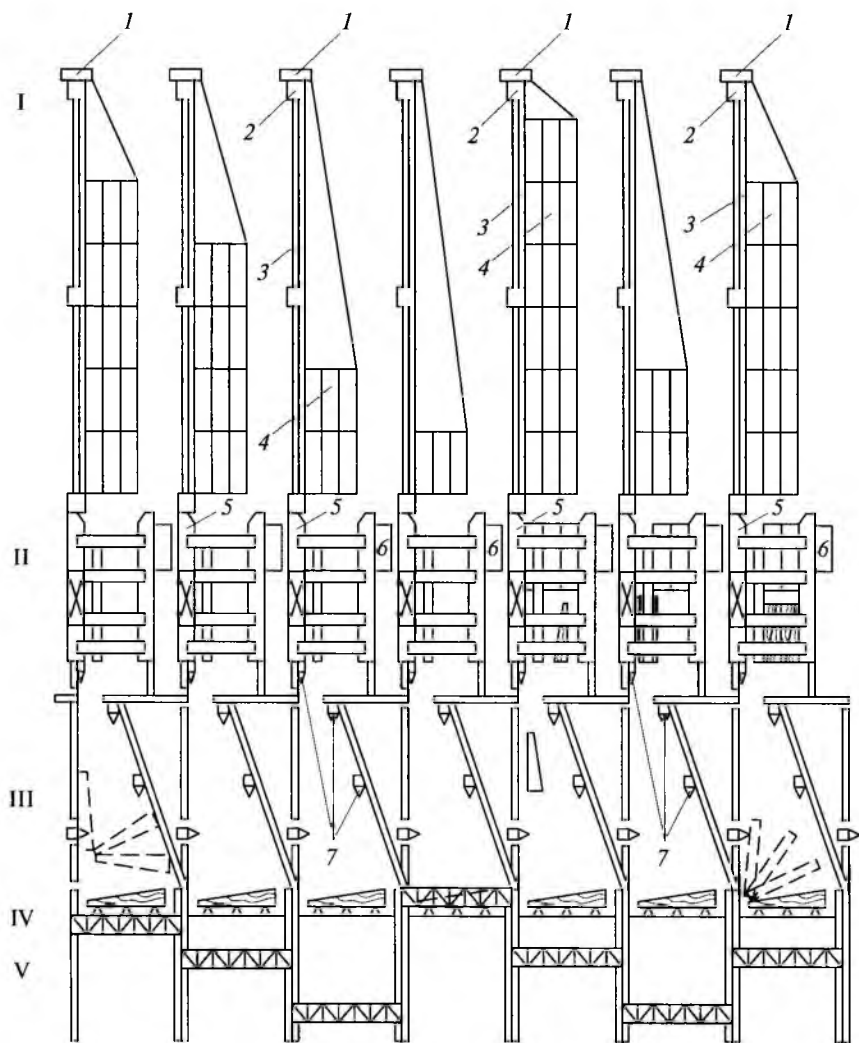


Рис. 4.22. Расформировочно-выгрузочный рейд приплав крупного лесопромышленного комплекса при поступлении древесины в хлыстовых плотах (Братский ЛПК):

1 — тормозные лебедки; 2 — опорные понтоны причалов; 3 — понтоны-боны причалов; 4 — полусекции размером 120×14 м; 5 — расформировочно-делительные машины РДМ-1500; 6 — понтоны для хранения такелажа; 7 — потокообразователи; I — причалы для приема полусекций; II — расформировочно-делительные машины РДМ-1500 с тормозными лебедками; III — разворотные камеры с системой потокообразователей; IV — выгрузочные дворики; V — мостовые краны

секции и для отправки последних за тягой рейдового флота на выгрузочный участок рейда.

Расформировочно-выгрузочный рейд расположен вдоль набережной промышленной площадки. Весь рейд состоит из семи однотипных поточных линий. Каждая поточная линия имеет свой причал I, состоящий из опорных понтонов 2 и понтонов-бонов 3, к которому подают полусекцию 4 размерами 120×14 м из укрупненных хлыстовых пучков. На опорном понтоне установлена тормозная лебедка 1 для торможения секций при подаче в расформировочно-делительную машину 5. Последняя предназначена для размещения механизмов продвижения полусекций, для механизированного снятия обвязочного и формировочного такелажа с полусекций, для разделения пучков на пачки, переплотки аварийных пачек и для подачи отдельных хлыстовых пачек в разворотную камеру III. Разворотная камера имеет систему потокообразователей 7 для подачи хлыстовых пачек в выгрузочные дворики IV и разворота пачки в случае необходимости. Пачки в выгрузочный дворик должны подаваться в строго определенном положении (комлями в одну сторону). Выгрузка древесины на промышленную площадку Братского лесопромышленного комплекса запроектирована при помощи мостовых кранов грузоподъемностью 30 т, снабженных грейферными захватами. Мостовые краны располагаются на причальной стенке, вдоль которой размещают наплавные сооружения выгрузочного рейда.

Технологический процесс работы расформировочно-выгрузочного рейда (одной поточной линии) состоит в следующем. Прибуксированные с плотостоянки за тягой рейдового флота полусекции 4 устанавливают к понтонам-бонам причалов 3. Работа на каждой поточной линии начинается с продвижения секции в направлении к машине РДМ-1500 при помощи специальных лебедок, входящих в комплект машины. Одна лебедка мощностью 11 кВт (тормозная) 1 установлена в верхнем конце (относительно стенки набережной) причала, а две другие — электролебедки мощностью 11 кВт каждая — на переднем мосту РДМ-1500. В процессе продвижения полусекции бортовые лежни полусекции наматывают на барабаны двух электролебедок. Управляет работой тормозной лебедки и электролебедками рабочий с дистанционного пульта, размещенного на левом понтоне машины РДМ-1500.

Поступающие в машину РДМ-1500 полусекции подвергают расчалке, для чего специальными механизированными средствами, установленными на машине, производят снятие скрепляющих такелаж замков и поперечных счалов и продвигают пучки в направлении развалочной камеры, где пучки объемом 100 или 50 м^3 разделяют соответственно на четыре или две пачки объемом 25 м^3 . Снятые грузоподъемными средствами и сбухтованные продольные лежни, а также весь остальной эксплуатационный такелаж уклады-

вают на специальный понтон для хранения, а в дальнейшем перегружают на самоходную такелажницу для доставки в район расположения такелажной базы, где и выгружают для соответствующей обработки и отправки в адрес рейдов поставщиков древесины.

Обслуживание машины РДМ-1500 осуществляет один оператор и двое рабочих. Подготовленная пачка специальным устройством выталкивается из машины РДМ-1500 в разворотную камеру, предназначенную для разворота пачек в положение, параллельное линии причальной набережной. В разворотную камеру пачки поступают попеременно то комлевой, то вершинной частью, и, таким образом, условия разворота будут зависеть от того, какое положение примут пачки при фиксировании их у стенки, а это зависит от запроектированной технологической схемы разделки хлыстов на раскряжевочных площадках. На выгрузочном участке рейда Братского ЛПК хлыстовая пачка разворачивается комлевой частью только влево от оси движения.

После разворота пачку продвигают к выгрузочному дворику, где и фиксируют у стенки комлевой частью к борту левого понтона дворика. Продвижение, разворот и установка (фиксирование) пачки в выгрузочном дворику у стенки осуществляют с помощью системы потокообразователей, размещаемых в определенном порядке в разворотной камере.

В конструктивном отношении рейд Братского ЛПК является первым примером полного отказа от использования дерева при строительстве наплавных сооружений и перехода на создание рейдовых устройств в металлическом исполнении, как более долговечных и совершенных. Для возможности захвата хлыстовых пачек грейферами мостовых кранов стенка набережной обустроена ограничителями. Управляет всем процессом движения, разворота и подачи хлыстовых пачек к месту выгрузки их кранами один оператор с пульта дистанционного управления. В верхней части разворотной камеры установлены ворота пролетом в свету 7 м для подачи пучков из машины РДМ-1500 в указанную камеру.

Сооружения выгрузочного участка фронта закреплены за донные железобетонные опоры при помощи цепных шейм диаметром цепного железа 15 мм.

Рассматриваемые конструктивная и технологическая схемы выгрузочного участка рейда лесного порта обеспечивают компактное расположение наплавных сооружений выгрузочного фронта и требуют минимальной площади для их размещения. Так, вдоль набережной наплавные сооружения размещаются по длине на 231 м, а в глубь акватории на 247 м. Таким образом, общая площадь выгрузочного участка рейда, обеспечивающая выполнение всех операций от приемки полусекции на рейдовые причалы до подачи отдельных хлыстовых пачек к выгрузочным агрегатам, составляет 6 га.

Применение высокопроизводительных мостовых кранов с грейферными захватами потребовало отдельной подачи целых хлыстовых пачек под выгрузочные агрегаты параллельно кордонной линии и комлями в одну сторону, что при поступающих хлыстовых пачках комлями в разные стороны потребовало разворота пачек на воде на $1,57$ рад (90°) независимо от того, как осуществляется движение хлыстовой пачки — вершинной или комлевой частью вперед. При этом разворот пачки будет происходить по ходу часовой стрелки при поступлении пачек в разворотную камеру вершинной частью вперед и против хода часовой стрелки — при продвижении пачек комлевой частью вперед.

Технологические особенности использования поперечных транспортеров. Поперечные транспортеры довольно часто применяют на лесосплавных рейдах для выгрузки древесины из воды, а также как узел в составе механизированных поточных линий разделки, окорки, погрузки древесины. Сменная фактическая производительность поперечных транспортеров при выгрузке бревен из воды $500 \dots 1\,000 \text{ м}^3$.

Чаще всего бревна на транспортер подают по нескольку штук, иногда непрерывной шетью и при наличии специальных требований — по одному на крюк. Угол наклона загрузочной части поперечного транспортера в основном (в 60% случаев) менее $0,524$ рад (30°), но имеются транспортеры с углами наклона более $0,524$ рад. Шаг между крючьями транспортера $1 \dots 2$ м, скорость движения $0,4 \dots 0,8$ м/с. В конструктивном отношении чаще всего применяют транспортеры с верхней несущей цепью.

Хотя поперечные транспортеры более сложны по конструкции, однако использование их на выгрузке древесины из воды более прогрессивно по сравнению с продольными, так как уменьшаются трудозатраты и производственные площади для складов сырья. Поперечные транспортеры являются основным механизмом при выгрузке балансового долготья¹ на целлюлозно-бумажных комбинатах. Балансовое долготье либо выгружают непосредственно из воды поперечным транспортером по указанной ранее схеме, либо выгрузочным краном подают на береговой поперечный транспортер. С поперечного транспортера древесина попадает на слешер², а затем уже в виде коротья — в окороч-

¹ Балансовое долготье — длинные круглые лесоматериалы (бревна), используемые при производстве целлюлозы и бумаги.

² Слешер — многопильный станок, имеющий несколько круглых пил, установленных на станине в определенных местах постоянно, и все они участвуют в распиловке бревна при поперечном надвигании его на пилы. В слешерах лесоматериалы распиливают на отрезки (коротье), равные расстоянию между плоскостями смежных пил. Слешеры применяют для разделки балансового долготья на целлюлозно-бумажных комбинатах.

ные барабаны¹. Окоренное балансовое коротье по транспортерам попадает в цеха для переработки или в кучи для зимнего запаса.

Сменную производительность поперечных транспортеров определяют по формуле

$$П_3 = \frac{3600Tq}{t_0} k_1 k_2,$$

где T — продолжительность смены, ч; q — средневзвешенный объем бревна, м³; t_0 — продолжительность цикла захвата бревна, с; $t_0 = l/v_{ц}$; l — расстояние между двумя соседними крюками поперечного транспортера, м; $v_{ц}$ — скорость движения цепей транспортера, м/с; k_1 — коэффициент загрузки транспортера; k_2 — коэффициент использования рабочего времени.

Как видно из формулы, производительность поперечного транспортера зависит от коэффициента загрузки k_1 , который, как показывает практика, меняется в широких пределах и зависит в большей степени от способа подачи древесины.

Технологические расчеты рейда. Технологические расчеты рейда производят по гидрологическим характеристикам за период работы рейда для года 50%-ной обеспеченности среднегодовых расходов.

1. *Технологические расчеты сортировочно-сплотнового рейда.* Ширину b_v лесопропускных ворот запани определяют исходя из пропуска через них сменного объема переработки рейда по формуле

$$b_v = N_{см} / (3600 v_{л} q \beta t),$$

где $N_{см}$ — максимальный объем переработки леса в смену, м³; $v_{л}$ — скорость движения бревен, м/с, $v_{л} = 0,8 v_6$; v_6 — поверхностная скорость воды до установки рейдовых сооружений, м/с; q — количество леса, плотно размещаемого на 1 м² водной поверхности, м³/м², $q = 0,875 d_{ср}$; $d_{ср}$ — средний диаметр сплаваемых бревен, м; β — коэффициент заполнения лесом акватории в воротах; t — продолжительность смены, ч. Коэффициент β зависит от $v_{л}$:

$v_{л}$, м/с	0,3	0,4	0,5	0,6
β	0,35	0,26	0,16	0,12

При $v_{л} > 0,6$ м/с коэффициент β определяют по формуле $\beta = 0,07/v_{л}$.

Если по расчету окажется, что $b_v < 12$ м, то принимают $b_v = 12$ м, а если $b_v > 12$ м, то предусматривают двое ворот шириной по 12 м.

¹ Окорочные барабаны применяют для окорки (удаления коры) коротких лесоматериалов за счет трения, соударения их между собой и об элементы машины путем их активного перебивания.

Ширину главного сортировочного и коллекторного коридоров определяют по наибольшей длине бревен. Практически главный коридор делают шириной 7...9 м.

Пропускную способность (в смену) главного сортировочного и подводящего коридоров при движении леса поперечной шестью определяют по формуле

$$N_k = \frac{3600v_{\text{л}}q_0t}{nd_{\text{ср}}},$$

где $v_{\text{л}}$ — скорость движения леса в коридоре, равная 0,8 v_6 , м/с; q_0 — объем среднего бревна, м³; t — продолжительность смены, ч; n — коэффициент неплотности шети в зависимости от скорости течения ($n = 1,5$ при $v = 0,4$ м/с и $n = 2,5$ при $v = 2,5$ м/с); $d_{\text{ср}}$ — средний диаметр бревен, м.

Рассчитанная лесопропускная способность должна быть более сменного объема переработки рейда. Если N_k окажется меньше сменного объема переработки рейда, то принимают два главных коридора. Число главных коридоров может определять и число ворот запани. Минимальную полезную площадь $\omega_{\text{с.д}}$ сортировочных дворигов определяют по формуле

$$\omega_{\text{с.д}} = W_{\text{л}}/(\beta q),$$

где $W_{\text{л}}$ — минимальный запас леса в сортировочном дворике, принимаемый равным объему двух пучков наибольших за навигацию объемов при коридорном типе и объему четырех-пяти пучков при веерном типе сортировочных устройств; β — коэффициент заполнения площади дворика плавающими бревнами, определяемый по табл. 4.3; q — объем леса, плотно размещаемого на 1 м² водной поверхности в один ряд, $q = 0,785d_{\text{ср}}$.

Длину подводящих коридоров и сортировочных дворигов при расположении в них бревен поперечной шестью в один ряд в объеме двух пучков рассчитывают по формуле

$$L = 2W_{\text{п}}nd_{\text{ср}}\eta/q_0,$$

где $W_{\text{п}}$ — наибольший объем пучка за навигацию, м³; n — коэффициент неплотности шети, при $v_{\text{л}} = 0,4$ м/с $n = 1,5$, а при $v_{\text{л}} = 0,85$ м/с $n = 2,5$; η — коэффициент, устанавливающий количество партий бревен, при коридорной сетке $\eta = 2...3$, а при веерной $\eta = 4...5$; $d_{\text{ср}}$ — средний диаметр бревен, м; q_0 — средний объем бревна, м³.

Число сортировочных дворигов определяют исходя из числа групп сортиментов, процентного содержания леса в каждой группе, сменной выработки и равномерной загрузки сортировщиков. Число сортировочных ворот укрупненно определяют делением сменного объема сортировки на среднюю норму выработки сор-

Значения коэффициента заполнения площади дворика

Характер шети	Значения коэффициента β при v_d , м/с	
	0,3	0,6
Беспорядочная	0,45	0,50
Поперечная	0,70	0,80
Продольная	0,55	0,60

тировщиков, взятую по единым нормам для средней толщины бревен. Для групп лесоматериалов, превышающих по объему норму выработки сортировщика, назначают по два дворика и более. Далее определяют число комбинированных узлов исходя из сменного объема групп сортиментов и нормы выработки сортировщиков. После этого для групп леса, превышающих по объему норму выработки сортировщиков, назначают по два дворика. Дополнительно назначают 2—4 запасных дворика.

2. *Технологические расчеты сортировочно-формировочного рейда.* Лесопропускную способность головного узла сортировочно-формировочного устройства определяют по формуле

$$N_{\text{см}} = 3\,600 v_d W_{\text{п}} t / (nr),$$

где v_d — скорость движения пучка, м/с; $W_{\text{п}}$ — средний объем пучка, м³; t — продолжительность смены, ч; n — коэффициент, учитывающий интервал между пучками, $n = 1,5 \dots 2$; r — размер пучка по диагонали, м.

Рассчитанная пропускная способность должна быть не менее сменной производительности сортировочно-сплоточного участка.

Число формировочных двориков принимают равным числу одновременно формируемых секций, линеек или плотов. Ширину формировочного дворика принимают на 1,0...1,5 м больше наибольшей ширины секции или плота. Длину формировочного дворика принимают в 1,2—1,3 раза больше длины секции или плота.

В случае формирования в формировочных двориках секций или линеек сплотку плотов производят у причалов, число $n_{\text{пр}}$ которых рассчитывают по формуле

$$n_{\text{пр}} = W_{\text{сут}} \eta / W_{\text{пл}},$$

где $W_{\text{сут}}$ — наибольший суточный объем поступления леса на формировочный участок, м³; η — коэффициент, учитывающий

неравномерное поступление секций и буксировщиков на участок, $\eta = 1,3$; $W_{\text{пл}}$ — наименьший объем плота за навигацию, м^3 .

Длину причала устанавливают по наибольшей длине плота.

Расчет креплений сооружений рейда. Расчет креплений сооружений рейда производят по наибольшим значениям гидрологических характеристик в многолетнем ряду за период работы рейда для года 5%-ной обеспеченности при навигационном объеме переработки более 1 млн м^3 и 10%-ной обеспеченности при объеме менее 1 млн м^3 . Расчет выполняют для сортировочно-сплоточного участка отдельно от формирующего.

1. *Расчет креплений сортировочного устройства.* На сортировочное устройство действуют влекущие силы воды R_1 и ветра R_2 . При установке гасителей скоростей течения учитывают дополнительную влекущую силу воды $\sum R_3$, действующую на гасители. В результате на сортировочное устройство действует сила

$$R_c = R_1 + R_2 + \sum R_3.$$

Влекущая сила воды R_1 , действующая на заполненное лесом сортировочное устройство с площадью Ω :

$$R_1 = f_c \Omega \rho v^2 / 2,$$

где f_c — расчетный коэффициент сопротивления воды, $f_c = 0,010 \dots 0,014$; ρ — плотность воды, $\text{кг}/\text{м}^3$; v — поверхностная скорость потока, $\text{м}/\text{с}$.

Общую площадь сортировочного устройства в плане вычисляют по формуле

$$\Omega = n \omega \psi_{\text{п}},$$

где n — число сортировочных дворики; ω — площадь одного двора, м^2 ; $\psi_{\text{п}}$ — коэффициент, учитывающий площадь, занятую наплавными сооружениями, $\psi_{\text{п}} = 1,3 \dots 1,5$.

Влекущую силу ветра, действующую на сортировочное устройство, заполненное лесом, вычисляют по формуле

$$R_2 = f_{\text{в}} \Omega \frac{\rho_{\text{в}} v_{\text{в}}^2}{2},$$

где $f_{\text{в}}$ — расчетный коэффициент сопротивления ветра, $f_{\text{в}} = 0,007 \dots 0,012$; $\rho_{\text{в}}$ — плотность воздуха, $\rho_{\text{в}} = 1,3 \text{ кг}/\text{м}^3$; $v_{\text{в}}$ — скорость ветра.

При определении силы R_2 направление ветра считают совпадающим с направлением скорости течения воды. Влекущую силу воды, действующую на одну группу гасителей из трех пластин, определяют по формуле

$$R_3 = f_{\text{г}} h l \frac{\rho v_{\text{п}}^2}{2}, \quad (4.1)$$

Значения коэффициента ζ

$v, \text{ м/с}$	Значение ζ для расстояния $L, \text{ м}$	
	2...10	15...20
0,8	0,75	1,0
1,0	0,64	0,9
1,2	0,53	0,76
1,4	0,46	0,65

где f_r — расчетный коэффициент сопротивления воды, для групп гасителей из трех пластин с расстоянием между ними 3 м $f_r = 3,8$ (для одиночной пластины гасителя $f_r = 1,75$); h и l — высота и длина пластины гасителя; ρ — плотность воды, кг/м^3 ; v_n — скорость течения на подходе к группе гасителей для первой (головной) группы гасителей, $v_n = v_6\beta$; v_6 — бытовая поверхностная скорость, м/с ; β — коэффициент, учитывающий снижение скорости в коридоре вследствие сопротивления сетки, $\beta \cong 0,85$, для последующих групп гасителей, установленных ниже обычно на расстоянии 15...20 м одна от другой, $v_n = \zeta v_{n-1}$; ζ — коэффициент, учитывающий снижение скорости на расстоянии $L = 15...20$ м ниже гасителя (табл. 4.4).

Число опор, необходимых для удержания сортировочного устройства, определяется по формуле

$$i = R/F_1,$$

где F_1 — удерживающая сила одной опоры.

2. *Расчет креплений формировочного устройства.* На формировочное устройство действует сила давления R_{ϕ} , складывающаяся из влекущей силы воды $R_{1\phi}$ и ветра $R_{2\phi}$. Влекущую силу воды $R_{1\phi}$, действующую на формировочное устройство — бон с прикрепленной к нему секцией или линейкой плота, определяют по формуле

$$R_{1\phi} = [f(L_6nd + F_{\text{см}}) + \zeta\omega] \frac{\rho v^2}{2}, \quad (4.2)$$

где f — расчетный коэффициент трения, равный 0,009; L_6 — длина бона, м; n — число бревен в боне по ширине; d — диаметр бревен в боне, м; $F_{\text{см}}$ — смоченная поверхность трения секции или линейки плота, $F_{\text{см}} = L_c(B_c + 2T_c)$; L_c , B_c , T_c — соответственно длина, ширина и осадка секции, линейки, м; ζ — коэффициент ло-

бового давления; ω — погруженная в воду площадь поперечного сечения секции, линейки, плота, $\omega = B_c T_c$; ρ — плотность воды, кг/м³; v — скорость течения, м/с.

Значения коэффициента ζ зависят от отношения B_c/T_c :

B_c/T_c	1	10	20	40	60	100	200
ζ	1,1	1,4	1,55	1,72	1,80	1,88	1,96

Силу воздействия ветра $R_{2\phi}$ на формировочное устройство определяют по формуле

$$R_{2\phi} = f(F_6 + F_c) \frac{\rho_v v_v^2}{2},$$

где f — расчетный коэффициент сопротивления трения, $f = 0,009$; F_6 и F_c — площади бона и секции в плане, $F_6 = L_6 n d$; $F_c = L_c B_c$; обозначения L_6 , n , d , L_c и B_c те же, что и в формуле (4.2); ρ_v — плотность воздуха, кг/м³; v_v — скорость ветра, м/с.

Число опор, необходимых для удержания формировочного устройства, определяют по формуле (4.1). Тип опор выбирают по нагрузке, приходящейся на опору и условиям ее работы.

Кроме крепления сортировочных и формировочных устройств от воздействия воды и ветра в продольном направлении производят их крепление от смещения в поперечном направлении от действия боковых ветров, а также крепление от низовых ветров.

Контрольные вопросы

1. Где и для чего создают лесосплавные рейды?
2. Что входит в состав рейда?
3. Какая классификация рейдов установлена в зависимости от их назначения, состава и характера работ?
4. Какие работы выполняют на сортировочно-сплотно-формировочных рейдах?
5. В каких случаях создают лесные порты?
6. Какие участки (части) входят в состав сортировочно-сплотно-формировочных рейдов?
7. Какие сооружения используют на рейдах?
8. Как определить потребную длину лесохранилища?
9. Какие машины используют при разборке пня в лесохранилище?
10. Как определить лесопропускную способность ворот запани?
11. На каком участке рейда сортируют круглые лесоматериалы?
12. Какие типы сортировочных устройств используют на рейдах?
13. Какие требования необходимо соблюдать при компоновке сортировочного устройства коридорного типа?
14. Какие схемы сортировочно-формировочных устройств для сортировки пучков и формирования секций плотов распространены на рейдах?

15. Каковы основные признаки классификации сплотовых машин и устройств для формирования пучков из круглых лесоматериалов?

16. Какие схемы береговой сплотки лесоматериалов и формирования плотов используют в настоящее время?

17. В чем отличие сплотки хлыстов от сплотки круглых лесоматериалов (сортиментов)?

18. Какие машины используют для механизации береговой сплотки?

19. Какие поточные линии для береговой сплотки получили наибольшее распространение?

20. Какое оборудование используют в поточных линиях для береговой сплотки хлыстов и сортиментов?

21. Какие основные схемы формирования плотов применяют на практике?

22. Какие механизмы применяют при формировании плотов?

23. По каким признакам классифицируются рейды приплава?

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕСОСПЛАВНЫХ ОБЪЕКТОВ

5.1. Требования к проектированию лесосплавных объектов

Проектирование новых и реконструкция действующих лесосплавных предприятий, а также их отдельных частей производится в соответствии с Инструкцией по разработке проектов и смет для промышленного строительства с учетом специфических особенностей лесосплава.

Проектируемые лесосплавные предприятия должны обеспечивать народному хозяйству бесперебойную поставку лесоматериалов в установленные сроки без потерь и с высокими технико-экономическими показателями. Очередность строительства и ввода в эксплуатацию лесосплавных предприятий устанавливаются в зависимости от последовательности освоения лесных массивов. Освоение лесов, тяготеющих к сплавной магистрали, должно назначаться с учетом ее возможной лесопропускной способности.

Производственную мощность предприятий по лесосплаву определяют с учетом планируемых объемов лесозаготовки и лесопропускной способности рек, а мощность лесосплавных рейдов и лесных портов, обеспечивающих переброску лесных грузов с одного вида транспорта на другой, определяют с учетом планируемых объемов лесозаготовок и лесосплава по рассматриваемому району.

При расчетах ввода в эксплуатацию мощностей вновь строящихся или реконструируемых лесосплавных предприятий следует руководствоваться нормами продолжительности строительства предприятий.

При разработке проектно-сметной документации на всех стадиях проектирования необходимо руководствоваться законами Российской Федерации, указами Президента Российской Федерации, документами Федерального Собрания Российской Федерации, Правительства Российской Федерации, а также нормативными актами и документами по проектированию и строительству:

- государственными стандартами по проектированию и строительству;
- нормами технологического и строительного проектирования;

- каталогами на оборудование;
- общероссийскими и территориальными строительными каталогами типовых сборных железобетонных, металлических, деревянных и асбестоцементных конструкций и изделий.

При проектировании лесосплавных предприятий должны обеспечиваться:

- коренное улучшение лесосплавных путей и рейдовых акваторий с приведением их в требуемое техническое состояние;
- реализация достижений науки, техники и передового отечественного и зарубежного опыта с тем, чтобы построенные и реконструированные предприятия ко времени ввода их в действие были технически передовыми и обеспечивали выпуск продукции высокого качества в соответствии с научно обоснованными нормативами по затратам труда, сырья, материалов и топливно-энергетических ресурсов, утвержденных по отраслям народного хозяйства;
- высокий технико-экономический уровень проектируемых объектов, повышение производительности труда и сокращение расхода материальных ресурсов при их строительстве и эксплуатации, а также снижение доли строительно-монтажных работ и стоимости строительства;
- широкое использование высокоэффективных процессов производства, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов и дальнейшего сокращения ручного труда;
- использование наиболее экономичных транспортных схем завоза сырья, топлива, материалов;
- рациональное использование земель, охрана окружающей природной среды.

В рабочих проектах должны быть приведены данные о соответствии принятых технологий, оборудования, строительных решений, организации производства и труда новейшим достижениям отечественной и зарубежной науки и техники, а также решения по рациональному использованию трудовых, материальных и энергетических ресурсов в строительстве с указанием удельных показателей их расхода на единицу создаваемой мощности.

При проектировании отдельных сооружений и устройств лесосплавных предприятий должны широко применяться типовые проекты и типовые строительные конструкции высокой заводской готовности, а также использоваться для строительства местные материалы.

Сооружения и устройства должны соответствовать установленным нормам прочности, устойчивости и долговечности с учетом сроков их действия.

Объекты строительства на лесосплаве в зависимости от их народно-хозяйственного значения и объема производства подразделяют на четыре категории (табл. 5.1).

Классификация объектов строительства на лесосплаве по категориям

Категория объекта строительства	Лесосплавные пути		Лесосплавные рейды и лесные порты	
	Характеристика	Навигационный объем лесосплава, млн м ³	Характеристика	Навигационный грузооборот рейда или лесного порта, млн м ³
I	Реки, по которым возможен плотовой сплав и перевозка леса в судах в течение всего навигационного периода или плотовой лесосплав и перевозка леса в судах возможны только в полноводный период	Более 3,5	Коренные и промежуточные запани, формировочные рейды с береговой сплоткой, сортировочно-сплоточно-формировочные рейды и переформировочные рейды, рейды приплава и лесные порты на реках, водохранилищах и озерах	Более 3,5
II	Реки, по которым в полноводный период возможен плотовой лесосплав и перевозка леса в судах	1 ... 3,5	Коренные и промежуточные запани, формировочные рейды с береговой сплоткой, сортировочно-сплоточно-формировочные и переформировочные рейды приплава и лесные порты на реках, водохранилищах и озерах	1 ... 3,5
III	Реки, по которым в полноводный период возможен плотовой лесосплав	0,3 ... 1	То же	0,3 ... 1
IV	Реки, по которым в полноводный период возможен плотовой лесосплав	Менее 0,3	»	Менее 0,3

Примечания: 1. Навигационный объем сплава для отдельно взятой реки принимают по выходному створу (магистральные реки или их участки, притоки).

2. Лесные порты на морях по категориям объектов строительства на лесосплаве не классифицируют.

В составе основного производства лесосплавного предприятия в зависимости от назначения могут применяться постоянные и временные гидротехнические сооружения. К *постоянным* относят гидротехнические сооружения, используемые в течение всего периода эксплуатации объекта, к *временным* — гидротехнические сооружения, используемые в период строительства объекта или ремонта постоянных сооружений.

Постоянные гидротехнические сооружения в зависимости от их назначения подразделяют на основные и второстепенные:

к *основным* относят гидротехнические сооружения, прекращение работы которых в случае аварии или ремонта влечет за собой прекращение или значительное сокращение судоходства, лесосплава или деятельности лесного порта;

второстепенным — гидротехнические сооружения, разрушение которых не влечет за собой указанных последствий для основных сооружений.

Разделение сооружений на основные и второстепенные представлено в табл. 5.2.

Класс капитальности гидротехнических сооружений лесосплавного назначения принимают в зависимости от категории объекта (табл. 5.3).

Временные гидротехнические сооружения лесосплавного назначения относятся к IV классу. Класс временных сооружений при надлежащем обосновании допускается повышать, если авария

Таблица 5.2

Основные и второстепенные сооружения

Лесосплавные пути	Лесосплавные рейды и лесные порты в речных условиях	Лесные порты в условиях водохранилищ и озер
<i>Основные сооружения</i>		
Промежуточные поперечные и продольные запани. Лесосплавные плотины, бревноспуски и дамбы	Коренные запани, обоновка лесохранилищ, лесопроводы, вспомогательные запани, сортировочно-сплотно-формировочные устройства, формировочные причалы, конструкции для механизации продвижения древесины на тиховодных рейдах	Гидротехнические сооружения порта, механизированные причалы, крановые опоры и сооружения при наличии на них подъемных и транспортных механизмов

Лесосплавные пути	Лесосплавные рейды и лесные порты в речных условиях	Лесные порты в условиях водохранилищ и озер
Лесосплавные каналы и лотки, головные и сбросные сооружения при них	Рейдовые плотины	Волнозащитные, оградительные и берегоукрепительные сооружения, повреждение которых приостанавливает нормальную работу других основных сооружений
Оградительные сооружения, обеспечивающие сохранность отстоя лесосплавного флота, наплавных сооружений и др.	Механизированные причалы лесных грузов	—
Второстепенные сооружения		
Береговая и русловая обоновка лесосплавного хода и промежуточных лесохранилищ, резервные запаны	Лесонаправляющие сооружения, русловыпрямительные и берегоукрепительные сооружения, ледозащитные сооружения, струенаправляющие дамбы	Берегоукрепительные сооружения, частичное разрушение которых не нарушает работы основных сооружений

Таблица 5.3

Классы капитальности сооружений

Сооружения	Класс капитальности в зависимости от категории объектов строительства			
	I	II	III	IV
Основные сооружения				
1. Наплавные гидротехнические сооружения				
Коренные и промежуточные запаны при объеме переходящего остатка леса свыше 200 тыс. м ³ с обоновкой лесохранилища	III	III	III	—

Сооружения	Класс капитальности в зависимости от категории объектов строительства			
	I	II	III	IV
Коренные и промежуточные запани при объеме переходящего остатка леса менее 200 тыс. м ³ с обоновкой лесохранилища	—	IV	IV	IV
Рейдовые сооружения (сортировочно-сплотно-формировочные устройства)	III	III	IV	IV
Плавучие волноломы, а также сооружения и устройства плотбищ на озерах и водохранилищах	III	III	IV	IV
2. Гидротехнические сооружения				
Лесосплавные плотины (деревянные, земляные, бетонные и железобетонные)	III	III	IV	IV
Отдельные специальные сооружения для пропуска леса (плотоходы и бревноспуски)	III	III	IV	IV
Лесосплавные каналы и лотки с головными и сбросными сооружениями при них с суточной пропускной способностью более 5000 м ³	III	III	III	III
То же, с пропускной способностью менее 5000 м ³	IV	IV	IV	IV
Постоянные сооружения лесных портов на реках, водохранилищах и озерах:				
оградительные	III	III	III	IV
причальные	III	III	III	III
Дамбы обвалования населенных пунктов	III	III	III	III
Второстепенные сооружения				
1. Наплавные гидротехнические сооружения				
Береговая и русловая обоновка лесосплавной трассы и промежуточных лесохранилищ, лесопроводы, вспомогательные и резервные запани	IV	IV	IV	IV

Сооружения	Класс капитальности в зависимости от категории объектов строительства			
	I	II	III	IV
2. Гидротехнические сооружения				
Регуляционные сооружения из грунта с хворостяными и каменными креплениями, из железобетонных тюфяков или бетонных плит, сооружения с использованием ряжевых и свайных конструкций	IV	IV	IV	IV
Струенаправляющие, разделительные дамбы, берегоукрепительные сооружения, ремонтные заграждения и др.	IV	IV	IV	IV
Механизированные причалы по неосновным грунтам, оградительные и ледозащитные сооружения второстепенного значения и др.	IV	IV	IV	IV

этого сооружения может вызвать последствия катастрофического характера для строительной площадки, населенных пунктов, сооружений и предприятий или значительную задержку возведения основных сооружений объектов I, II и III классов.

Класс отдельных основных сооружений допускается повышать или понижать против установленного (см. табл. 5.3) в случаях, указанных в Строительных нормах и правилах по проектированию гидротехнических сооружений (речных).

Все запани III и IV классов, располагаемые на судоходных реках или в устьях притоков судоходных рек, а также в непосредственной близости от нижерасположенных крупных сооружений (мостов, гидростанций), относятся к I категории сооружений.

Кроме сооружений основного производства в состав проекта лесосплавных предприятий входят объекты обслуживающего и вспомогательного назначения:

- ремонтное и судоремонтное хозяйства, судоверфи и запани;
- подъездные и хозяйственные дороги;
- энергетическое хозяйство;
- устройства слаботочного хозяйства;
- такелажные базы и склады;
- склады горючего и смазочных материалов;

- разгрузочно-погрузочные пристани;
- гаражное хозяйство;
- санитарно-технические сооружения и инженерные сети.

Кроме категории и класса капитальности объектов строительства при разработке лесосплавных мероприятий необходимо использовать нормативные показатели обеспеченности уровней расхода и скоростей течения. В табл. 5.4 приведены количественные показатели обеспеченности различных объектов проектирования.

При определении внешних нагрузок для расчета прочности лесосплавных сооружений расчетные значения наибольших расходов воды за период работы сооружений принимают согласно табл. 5.5.

Таблица 5.4

Обеспеченность объектов проектирования

Объекты проектирования	Нормативный показатель	Показатель обеспеченности, %
1. Береговые склады с механизированной сплоткой леса независимо от ее объема	Максимальные уровни весеннего половодья и летних паводков вероятностью превышения за многолетний период	5
2. Береговые склады межнавигационного хранения леса для складов с единовременным хранением, тыс. м ³ : до 100 более 100		10 5
3. Водосъемные плотбища (снятие плотов паводком, планировка и углубление плотбищ)	Минимальный уровень за период вывода плотов с плотбища обеспеченностью в многолетнем ряду	95
4. Габариты лесосплавной трассы на участках плотбищ, подходах к ним и на транзите в период прохождения первоначального плотового лесосплава		95

Объекты проектирования	Нормативный показатель	Показатель обеспеченности, %
5. Расчет лесопропускной способности для естественного незарегулированного состояния рек	Маловодный год, выбранный по стоку за период лесосплава обеспеченностью в зависимости от категории объекта лесосплавного строительства для рек с навигационным объемом сплава, тыс. м ³ : более 3 500 3 500 ... 1 000 1 000 ... 300 300 ... 80	95 90 85 80
6. Путевые мероприятия (выплав, дноуглубление и простейшие строительно-мелиоративные работы) по улучшению затруднительных участков на лесосплавных реках	Минимальный уровень воды за период лесосплава обеспеченностью в многолетнем ряду в зависимости от категории объекта лесосплавного строительства	См. пп. 4 и 5
7. Дноуглубительные работы для целей лесосплава на судоходных и временно судоходных реках	Проектный горизонт воды за многолетний период обеспеченностью в зависимости от класса внутренних водных путей: I II III IV V, VI VII	95 ... 99 95 ... 97 90 ... 95 85 ... 95 95 80
8. Трассирование обонки лесосплавного пути для лесосплава «вольницей» в периоды:	Максимальный уровень воды за период лесосплава обеспеченностью в многолетнем ряду в зависимости	

Объекты проектирования	Нормативный показатель	Показатель обеспеченности, %
половодья или летних паводков (на высоких горизонтах) в меженный период для ограждения участков с недостаточными глубинами	от категории объекта строительства для рек с навигационным объемом лесосплава, тыс. м ³ : более 3 500 3 500 ... 1 000 1 000 ... 300 менее 300	5 10 15 20
	Наинизший уровень воды за период лесосплава в маловодном году обеспеченностью в зависимости от категории объекта строительства	См. п. 5
9. Берегоукрепительные сооружения (одерновка, мощение и другие покрытия откосов) на лесосплавных реках в местах размещения складов, поселков, рейдов и т. п.	Скорость течения, соответствующая максимальному расходу воды за навигационный период, вероятностью превышения в многолетнем ряду	10
10. Обеспечение необходимыми глубинами размещения лесосплавных рейдов и подходов к ним	Уровень воды за период работы рейда обеспеченностью в многолетнем ряду	90
11. Расчет вместимости лесохранилищ	Расчетный год по водности за период эксплуатации лесохранилища обеспеченностью в многолетнем ряду:	
	для лесосплавных рейдов I, II и III категорий для лесосплавных рейдов IV категории	50 30

Объекты проектирования	Нормативный показатель	Показатель обеспеченности, %
12. Трассирование обоновки лесохранилищ для предупреждения: выноса леса в обход запани разноса леса по пойме обсушка леса на отмелях	Уровень воды и скорость течения, соответствующие максимальному расходу за время эксплуатации лесохранилища, вероятностью превышения в многолетнем ряду Максимальные уровни воды за время эксплуатации лесохранилища вероятностью превышения в многолетнем ряду Уровень воды за период эксплуатации лесохранилища обеспеченностью в многолетнем ряду: для лесосплавных рейдов I, II и III категорий для лесосплавных рейдов IV категории	По проценту, принятому для расчета запани согласно табл. 5.5 10 50 30
13. Определение трудозатрат и количества оборудования	Расчет потребности рабочих и оборудования производится по году	50

Примечание. Расчетная обеспеченность в процентах уровней, расходов воды или годов по водности (стоку) за принятые периоды лесосплавных работ указывает число лет из ста, в течение которых будет обеспечен соответствующий нормативный показатель.

Расчетная обеспеченность максимальных расходов воды

Лесосплавные сооружения	Категория объектов строительства	Класс сооружений	Расчетная обеспеченность наибольших расходов воды в многолетнем ряду за период работы сооружений, %
Лесонаправляющие и ограждающие сооружения	I, II III IV	IV IV IV	5 10 10
Лесонаправляющие и ограждающие сооружения временного назначения	I — IV	IV	10
Коренные и промежуточные лесозадерживающие сооружения (запаны) при объеме максимального переходящего остатка леса, тыс. м ³ : 200 и более менее 200	I II	III IV	2 5
Располагаемые на судоходных реках или в устьях протоков судоходных рек, а также вблизи мостов, ГЭС и крупных сооружений	I	IV — VI	1 — 2
Вспомогательные поперечные и продольные запаны	II — IV	IV	10
Рейдовые устройства	I, II III IV	III IV IV	5 10 10
Рейдовые устройства временного назначения с периодом эксплуатации не более двух навигаций	I — V	V	10

5.2. Проектирование береговых складов и плотбищ

Требования к береговым складам и плотбищам. К береговым складам относят, как правило, незатопляемые лесные склады в пунктах примыкания лесовозных дорог к водным путям транспор-

та (к судоходным и лесосплавным путям с плотовым сплавом). В условиях примыкания берегового склада к водным путям должны быть предусмотрены специальные лесоспуски бревен и пучков, площадки для плотбищ и рейды для формирования плотов. При проектировании береговых складов, производящих отгрузку леса в суда, предусматриваются причалы в количестве, обеспечивающем выполнение норм времени по погрузке судов.

Сортировка круглых лесоматериалов на береговых складах, примыкающих к водным путям с плотовым лесосплавом, должна производиться в соответствии с местными техническими условиями на сплотку, формировку и поставку лесоматериалов потребителю.

Площадка для раскряжевки, сортировки, сплотки и хранения леса, расположенная у водного пути, должна удовлетворять следующим требованиям:

- быть незатапливаемой и располагаться у прямолинейного участка водного пути с крутыми откосами;
- поверхность площадки должна быть ровной, без значительных рытвин, холмов и оврагов, с уклоном в сторону реки не более 7° ;
- берег на участке склада и подходах к нему, как правило, не должен размываться водой;
- площадка для хранения лесоматериалов должна обеспечивать удобство примыкания лесовозной дороги к складу и выполнения работ по раскряжевке, сортировке, сплотке, штабелевке и последующей сброске леса с берега на воду.

Число участков сброски леса на воду или длина фронта сброски должны обеспечивать проектируемую интенсивность подачи, определяемую продолжительностью лесосплава и лесопропускной способностью реки.

Необходимая глубина в зависимости от вида лесосплава должна быть обеспечена на рейде и на нижележащем участке реки в течение всего навигационного периода.

Участки склада для хранения леса допускается размещать и на затапливаемом берегу при соблюдении следующих условий:

- глубина затопления площадки не должна превышать одной трети высоты штабеля при прохождении паводка обеспеченностью 5 % при грузообороте склада более 100 тыс. м^3 и обеспеченностью 1 % при грузообороте до 100 тыс. м^3 ;
- площадка склада с расположенными на ней штабелями леса и необходимыми сооружениями должна быть защищена от воздействия ледохода или возможно искусственное ее ограждение путем устройства специальных ледозащитных сооружений.

Береговые склады, примыкающие к судоходным или временно судоходным водным путям, должны располагаться на участках с глубинами на подходах к фронту погрузки не менее осадки груженных судов с донным запасом.

Плотбища проектируют как составную часть береговых складов, примыкающих к водным путям с плотовым лесосплавом или лесосплавом отдельных сплоточных единиц. Их выбирают на затапливаемых берегах рек или на льду озер и водохранилищ.

Площадки, используемые под плотбища, должны удовлетворять следующим требованиям:

- глубина затопления и длительность стояния расчетного уровня воды на плотбищах должны обеспечивать всплытие сплоточных единиц или плотов и их вывод на лесосплавной путь при расчетных уровнях, принимаемых по нормативным показателям;

- отметку дна плотбища определяют исходя из расчетного уровня воды, наибольшей осадки пучков и донного запаса;

- площадка не должна затапливаться в период ледообразования, если отметка дна плотбища ниже отметки горизонта воды в период ледообразования, то рекомендуется устройство площадки с отметкой выше горизонта ледообразования, где укладывают часть плотов, подлежащих выводу при наивысших горизонтах воды;

- площадки должны иметь естественный выход или обеспечивать возможность устройства искусственного выхода с плотбища;

- открытые плотбища должны быть защищены от ледохода или иметь возможность ограждения их искусственными лесозащитными сооружениями;

- должна обеспечиваться возможность формирования плотов на плотбище или вблизи на воде у причалов, в местах вывода секций с плотбищ.

Площадки, используемые под неводосъемные плотбища, должны удовлетворять следующим требованиям:

- возвышение бровки плотбища над минимальным уровнем воды в период спуска сплоточных единиц должно быть не более 5 м;

- береговые откосы должны иметь достаточную устойчивость к размыву;

- поверхность плотбища должна быть ровной и иметь плотный грунт (уклон площадки в сторону реки допускается до 10°);

- глубина реки на участке вдоль плотбища в период сброски сплоточных единиц должна быть не менее осадки сплоточной единицы с донным запасом, равным 0,5 м;

- необходим естественный или искусственно спланированный откос берега под углом до 25° или специальный съезд к воде.

Участок размещения берегового склада леса для навигационной формирования плотов на воде должен удовлетворять следующим требованиям:

- площадка склада должна быть незатопляемой;

- глубины в реке за период сплотки должны обеспечивать проплав плотов запроектированной осадки;

- ширина и длина участка реки должны быть достаточными для размещения всех рейдовых сооружений;

- лесопропускная способность на лимитирующих участках реки должна быть достаточной для проплава всего транзитного грузопотока с учетом объема производства проектируемого берегового склада.

Обоснование выбора основных параметров береговых складов и плотбищ. Береговые склады размещают в пунктах примыкания лесовозных дорог к водным путям; они служат для хранения, транспортировки или переработки круглых лесоматериалов. При выполнении погрузочно-разгрузочных и переместительных операций в соответствии с принятой технологией работ склады обеспечивают необходимым комплексом машин.

По условиям примыкания лесовозных дорог береговые склады делят на три вида: склады, расположенные на берегу судоходных водных путей; склады, расположенные на берегу временно судоходных водных путей; склады, расположенные на берегу несудоходных водных путей.

На складах могут выполнять береговую сплотку круглых лесоматериалов в сплоточные единицы и укладку на плотбища в лесотранспортные единицы для их поставки потребителю по водным путям.

Плотбища — это спланированные площадки, на которых производят формирование и хранение сплоточных единиц, секций и плотов (лесотранспортных единиц). Они могут быть затопляемые (водосъемные) и незатопляемые.

В зависимости от природно-производственных условий плотбища подразделяют на два типа: с зимней вывозкой леса и формированием транспортных единиц (площадки, размещаемые на льду озер, водохранилищ); с летне-осенней вывозкой леса и формированием транспортных единиц в основном зимой.

Для обеспечения технологического процесса, включающего в себя формирование транспортных единиц, их отстой, подъем водой и вывод, плотбище должно иметь спланированную до проектной отметки площадку для формирования и хранения транспортных единиц; береговые опоры и водные подходы. Кроме того, в состав плотбища могут входить наплавные причалы для временной поддержки транспортных единиц; буферная незатапливаемая площадка для временного хранения сплоточных единиц в период затопления осенними паводками плотбища.

В зависимости от срока службы плотбища подразделяют на временные (сроком эксплуатации менее 3 лет) и постоянные (сроком эксплуатации более 3 лет). В зависимости от грузооборота (объема сплотки) различают три категории объектов строительства: I — с объемом сплотки леса свыше 60 тыс. м³; II — 20...60; III — менее 20 тыс. м³.

Место, выбираемое для берегового склада, должно отвечать определенным требованиям. Для незатопляемого склада выбирают площадку, которая должна иметь:

- плотный грунт;
- уклон поверхности в сторону реки не более 10° ;
- крутизну спланированного или естественного берегового откоса в пределах $25 \dots 45^\circ$ (при этом высота берега над уровнем паводка не более 5 м);
- глубину русла на участке сброски пучков в воду (вплоть до окончания сброски) не менее осадки лесотранспортной единицы с учетом минимального донного запаса.

Для затопляемого склада (плотбища) площадка должна иметь:

- горизонтальную поверхность или пологий уклон в сторону реки (озера);
- возможность прокладки подъездных лесовозных путей;
- геодезическую отметку, допускающую складирование лесоматериалов в сплоточных единицах, исключаящую их обсушку (установленную расчетом в зависимости от уровня воды, допускающего сплав с учетом осадки лесотранспортной единицы и донного запаса);
- ширину естественного и искусственного выходов с плотбища (затопляемого в пойме реки или устраиваемого на льду пойменных водоемов), превышающую полуторную ширину транспортной единицы, а при формировании на плотбище секций или целых плотов, — превышающую их ширину на 10 м;
- глубину выхода, соответствующую осадке лесотранспортных единиц с учетом донного запаса 0,3 м;
- угол сопряжения пути выхода с направленным течением реки, не превышающий 20° ;
- обеспеченность от ледохода естественной защиты либо устройство специальных заградительных сооружений -- земляных дамб, ледорезов.

Кроме того, следует предусмотреть удобные причальные участки вблизи от места выхода с плотбища для формирования и сдачи плотов на буксировку, а также съезды у берегов в виде бревенчатых мостиков или эстакад в случае укладки сплоточных единиц на льду водоемов.

В весенний период для водосъемных плотбищ используют отмели, заводи, рукава, староречья и затопляемые поймы рек, озер, водохранилищ или места, от которых возможна дальнейшая буксировка лесотранспортных единиц.

В зимний период укладку сплоточных единиц и формирование плотов можно выполнять на льду, если толщина и прочность льда достаточны для этого.

Незатопляемые плотбища располагают на берегах водных путей, где глубины позволяют подавать баржи или суда для загрузки ле-

сом, а также на участках, удобных для укладки и последующей сброски сплотовых единиц в воду, — при формировании плотов в навигационный период.

Обоснование основных параметров плотбища. К основным параметрам плотбища относят съемный уровень воды, отметку заложения дна и объем береговой сплотки на плотбище.

Съемным уровнем называют минимальный уровень воды, обеспечивающий подъем транспортных единиц и вывод их с плотбища в заданные сроки (∇ СУВ).

Отметкой заложения дна плотбища называют высоту поверхности площадки (над уровнем моря или условной плоскости).

Съемный уровень и отметку дна плотбища устанавливают исходя из следующих условий:

- гарантированного подъема (всплытия) транспортных единиц уровнями воды весеннего половодья;
- вывода их в течение заданного срока;
- обеспечения возможности проведения формировочных работ;
- исключения вмораживания и примерзания транспортных единиц ко дну плотбища.

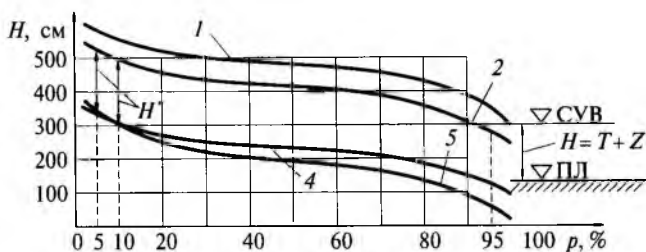
Объем береговой сплотки устанавливают на основании лесопропускной способности и габаритов лесосплавного хода в створе и ниже плотбища.

Режим изменения уровней воды рек (рис. 5.1 и 5.2), на которых размещаются большинство плотбищ, является типовым и характеризуется следующими данными:

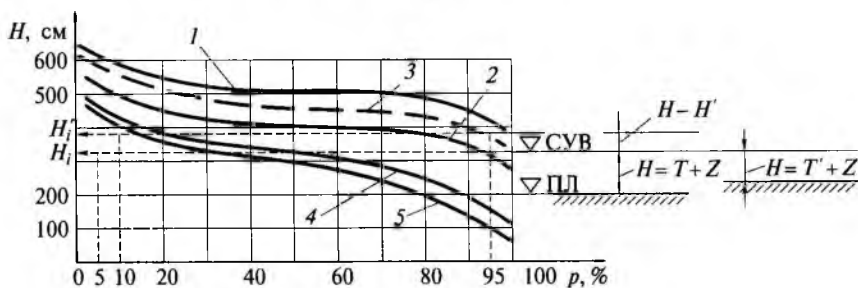
- вскрытием реки на повышенных уровнях воды $H_{\text{вск}}$;
- весенним половодьем с максимальным подъемом уровня воды H_{max} ;
- спадом уровней с продолжительностью стояния 5; 10; 15 сут (H_5 ; H_{10} ; H_{15});
- низкими меженными уровнями воды $H_{\text{м.н.у}}$;
- повышением уровня осенними дождевыми паводками $H_{\text{о.п.у}}$;
- наступлением ледостава $H_{\text{лдс}}$.

Уровню воды весеннего половодья будет соответствовать определенная отметка заложения, равная разнице отметки уровня воды и осадки плота дна плотбища для определенной продолжительности. При этом, если отметка заложения дна плотбища окажется выше меженного уровня $H_{\text{м.н.у}}$, но ниже максимального осеннего паводка $H_{\text{о.п.у}}$ и ледостава $H_{\text{лдс}}$, то в этом случае не обеспечивается летне-осенняя сплотка и есть вероятность вмораживания транспортных единиц при ледоставных уровнях.

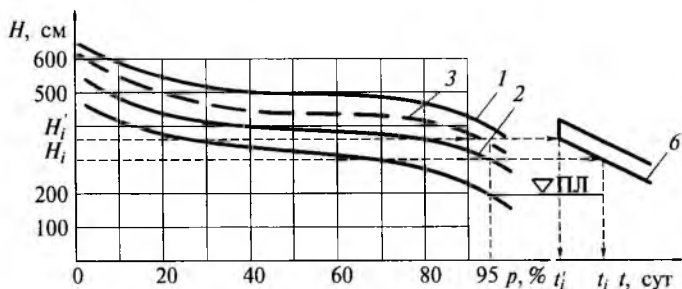
Опыт работы показал, что даже при устройстве плотбищ с повышенным заложением дна, соответствующим малому периоду съема транспортных единиц уровнями весеннего половодья, площадки таких плотбищ затапливаются осенними паводками, поэтому необходимо устройство резервных (буферных) площадок для



а



б



в

Рис. 5.1. Характерные уровни воды и возможные решения по использованию плотбищ:

а — плотбище подтапливается осенним паводком; б — требуется устройство передерживающих причалов для отстоя транспортных единиц; в — необходимости в причалах можно избежать при условии $T' = H' - Z$; 1 — кривая обеспеченности максимальных уровней весеннего половодья; 2 — то же, минимальных уровней с продолжительностью t их стояния; 3 — то же, с продолжительностью t' стояния; 4, 5 — кривая обеспеченности максимальных уровней ледостава и осеннего паводка соответственно; б — кривая зависимости уровней от продолжительности их стояния с обеспеченностью 95%; $\nabla \text{CУВ}$ — съемный уровень воды; H — глубина лесосплавного хода; T — осадка плота; Z — донный запас; $\nabla \text{ПЛ}$ — отметка дна плотбища; H' — разница уровней между кривыми обеспеченности минимальных уровней весеннего половодья за принятый период и максимальных уровней ледостава на участке от 5 до 10%; $T' = H' - Z$

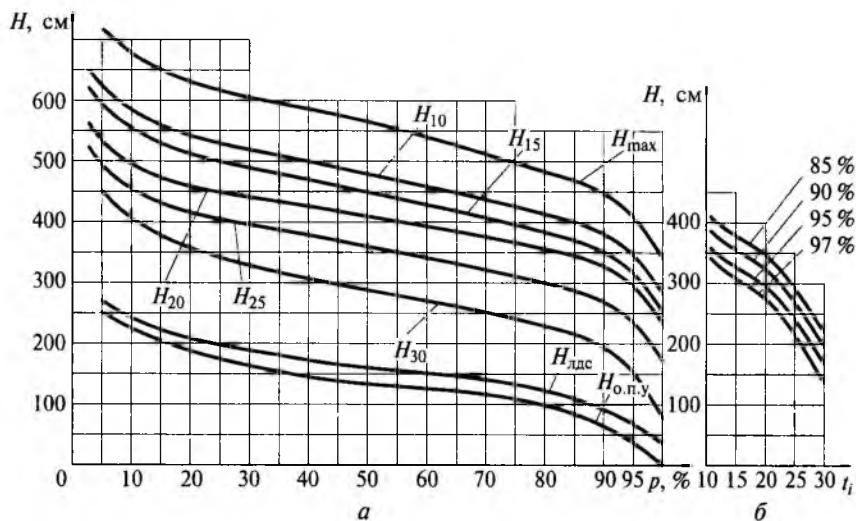


Рис. 5.2. Кривые обеспеченности уровня воды:

a — кривые обеспеченности максимальных уровней $H_{\max}$, минимальных уровней разной продолжительности стояния $H_i = 10-30$, максимальных уровней ледостава $H_{\text{лс}}$, максимальных уровней осенних паводков $H_{\text{о.п.у}}$; *б* — кривые продолжительности стояния уровней разной обеспеченности $p_i = 85 \dots 97\%$; $H_i = 10-30$ — уровни воды при продолжительности стояния 10; 15; 20; 25; 30 сут; $p_i = 85 \dots 97\%$ — продолжительность стояния уровней при обеспеченности 85; 90; 95; 97 %

временного хранения сплоточных единиц летне-осенней сплотки при круглогодичном режиме работы.

Основные гидрологические параметры плотбища устанавливаются на основании статистической обработки многолетнего ряда уровней воды по ближайшему водомерному посту и по данным Гидрологических ежегодников. После обработки данных строят кривые обеспеченности характерных уровней воды (см. рис. 5.2).

Для плотбищ, расположенных на реках с осенними паводками, вначале выбирают отметку заложения дна плотбища, которая должна быть на высоте максимального (из среднемесячных в декабре, январе за многолетний период) уровня ледостава, установленного для водомерного поста расчетом. Дата установления этого уровня является началом зимней сплотки на плотбище.

Если отметка заложения дна плотбища оказывается ниже всей или части кривой обеспеченности максимальных уровней осенних паводков, то при летне-осенней сплотке требуется устройство резервной (буферной) площадки с подъездными путями для временного складирования сплоточных единиц на период подтопления площадки.

При этом отметку дна резервной площадки устанавливают на 0,3 м выше расчетного уровня осенних паводков от 5 до 10%-ной

обеспеченности, но не ниже максимальных уровней ледостава (5%-ной обеспеченности для I и II категорий плотбищ и 10%-ной для плотбищ III категории).

Значение съемного уровня воды $\nabla\text{СУВ}$ устанавливают (см. рис. 5.2) от отметки заложения дна плотбища $\nabla\text{ПЛ}$ по формуле

$$\nabla\text{СУВ} = \nabla\text{ПЛ} + h_{\text{спл}}$$

или

$$\nabla\text{СУВ} = \nabla\text{ПЛ} + (T + Z),$$

где T — требуемая осадка транспортной единицы; Z — донный запас; $h_{\text{спл}}$ — минимальная сплавная глубина, обеспечиваемая в течение заданной продолжительности при минимальном значении уровня весеннего половодья 95%-ной обеспеченности в многолетнем ряду.

Оптимальная обеспеченность расчетного уровня может быть установлена для каждого плотбища на основании материалов проектных изысканий исходя из минимума суммарных затрат на устройство плотбищ и ожидаемых затрат на ликвидацию последствий возможной обсушки сплоточных единиц на плотбище. Если значение минимальной сплавной глубины неизвестно, то ее определяют по кривым зависимости глубины и ширины судового хода от уровней воды для лимитирующих перекатов, имеющих в бассейновых службах пути, по этим же зависимостям устанавливают уровень окончания буксировки транспортных единиц.

Продолжительность буксировки определяют по кривым обеспеченности минимальных уровней с разными сроками их стояния при значении уровня воды с обеспеченностью 95 %.

Полученное значение уровня принимают в качестве съемного, при этом продолжительность его стояния определяют по кривым обеспеченности минимальных уровней с разными сроками их стояния. Во всех случаях значение съемного уровня не должно превышать значения максимального уровня половодья высокой (более 99 %) обеспеченности во избежание обсушки плотов в год с катастрофически низким весенним половодьем.

Значения съемного уровня воды, полученные для створа водомерного поста, переносят в створ расположения плотбища, пользуясь кривыми связи уровней воды.

5.3. Проектирование водных перевозок лесных грузов

Транзитный сплав леса в плотах и перевозку леса в судах по временно судоходным и судоходным водным путям проектируют с соблюдением правил плавания по внутренним водным путям

страны, общих правил лесосплава и правил лесосплава для отдельных бассейнов.

Проектные объемы буксировки плотов и судовых перевозок леса с отдельных пунктов (рейдов) отправления и в целом по бассейну водной магистрали определяют по материалам генеральных схем комплексного развития и размещения предприятий лесной промышленности и лесного хозяйства, бассейновых схем организации лесосплава или по утвержденному заданию заказчика на проектирование организации водных перевозок леса.

Типы и габаритные размеры плотов и судов (длина, ширина и осадка) выбирают в соответствии с гарантируемыми габаритами пути на отдельных его участках по периодам навигации (половодье, межень).

На участках резкого перехода одних габаритов в другие должны быть оборудованы при перевозках леса в плотях соответствующие переформировочные или переплоточно-переформировочные рейды, а при перевозках леса в судах — погрузочные или перегрузочные рейды.

Для шлюзованных водных систем обязательно предусматривается строительство пришлюзовых расчалочно-счалочных рейдов с полным их оборудованием.

Выбор наивыгоднейшего типа и мощности тяговых средств, а также самоходных и несамоходных грузовых судов производится применительно к утвержденной сетке эксплуатируемых перспективных судов Департамента речного флота.

Разработка технико-экономического обоснования организации или реконструкции лесосплава (для сплавных магистралей) и проектирование всех лесосплавных рейдов, расположенных как на лесосплавных, так и на судоходных водных путях, возлагается на проектные организации лесной промышленности.

Разработка технико-экономического обоснования организации или реконструкции водных перевозок и проектирование организации плотовых перевозок леса за буксирной тягой и судовых перевозок леса по магистральным водным путям должны возлагаться на Департамент речного флота.

Первоначальный плотовой лесосплав осуществляют по первичным лесосплавным путям (несудоходным и временно судоходным рекам), не имеющим гарантированных габаритов пути, требуемых для магистральных судоходных водных путей.

Первоначальный плотовой лесосплав применяют взамен молевого или смешанного лесосплава на реках, которые по транспортно-путевым условиям пригодны для этого, в тех случаях, когда по приведенным затратам он более эффективен, чем заменяемые виды водного лесотранспорта. Перевозки осуществляют в плотях береговой сплотки из сортиментных или хлыстовых пучков, сплачиваемых и формируемых на плотбищах в зимний период.

В отличие от магистрального первоначальный плотовой лесосплав осуществляют на лесосплавных реках только в полноводный период. Площадь водосбора в начальном (верхнем) створе равнинной реки, на которой организуется первоначальный плотовой лесосплав, в полноводный период должна быть не менее 3 000 км², а транспортно-путевые и гидрологические характеристики должны обеспечивать проплав плотов заданных габаритных размеров в течение всего периода лесосплава.

При организации на реках плотового лесосплава в течение всего навигационного периода (с поддержанием требуемых габаритов пути с помощью путевых работ) площадь водосбора в верхнем створе должна быть не менее 25 000 км².

Организация первоначального плотового лесосплава допускается при соблюдении следующих условий:

- продолжительность периода лесосплава не менее 15 дней;
- средняя скорость течения по лесосплавному ходу не превышает 1,7 м/с;
- радиус кривизны выпуклой кромки по лесосплавному ходу — не менее 30 м.

Первоначальный плотовой лесосплав осуществляют по следующим схемам:

- местный лесосплав по лесосплавной реке в полноводный период до пунктов выгрузки местным лесопотребителям, расположенным на этой же реке;
- лесосплав по лесосплавной реке в полноводный период до пункта переформирования, расположенного на магистральной реке с ограниченным сроком ее использования для судоходства и с гарантированными габаритами пути в течение всей навигации.

При этом переход лесосплава на магистральные реки требует организации лесостоянок для отстоя плотов и создания переформировочных рейдов со всеми производственными операциями, в том числе связанными с изменением габаритных размеров пучков, секций, плотов, а также с организацией погрузки пучков в суда.

Лесостоянки для отстоя плотов устраивают по возможности в непосредственной близости от переформировочных рейдов. Объемы хранения плотов и размеры акваторий лесостоянок устанавливают в зависимости от графика поступления плотов и сдачи плотов в буксировку с переформировочного рейда.

Акватории лесостоянок должны иметь:

- достаточные размеры, отвечающие максимальному расчетному объему переходящего остатка хранения плотов;
- достаточные глубины, соответствующие осадке буксировщиков и поступающих и отправляемых плотов в течение всего периода отстоя;
- устойчивые берега и русло, не подверженное заносимости, со стабильным русловым режимом;

- защиту от воздействия господствующего ветра и волн;
- максимальные скорости течения воды не более 1 м/с;
- условия, не препятствующие движению судов и плотов по магистральной реке.

Формирование плотов для первоначального плотового лесосплава производят на затопляемых половодьем плотбищах. Размеры плота в плане для первоначального плотового лесосплава принимают с учетом необходимости иметь возможно больший его объем при ограниченной ширине реки и с учетом движения судов. Отношение длины к ширине плота принимают в пределах от 10 : 1 до 20 : 1.

Габаритные размеры плота в зависимости от габаритов пути, продолжительности периода лесосплава, типа и мощности буксировщиков устанавливают по инструкции.

5.4. Проектирование лесосплавных рейдов и запаней

В составе каждого рейда, кроме объектов основного производства, размещаемых на акватории водного пути, предусматривают объекты обслуживающих производств, которые входят в состав только рейда или кооперируются с лесозаготовительными и другими предприятиями.

Составление проекта лесосплавного рейда должно производиться на основе:

- акта выбора участка для строительства;
- данных натурных изысканий с разработкой вариантных решений по объекту;
- установления технической возможности и экономической целесообразности строительства рейда на выбранном участке водного пути;
- разработки оптимальной схемы компоновки рейда с размещением основных технологических узлов;
- выбора наиболее рациональных и технически совершенных конструкций рейдовых сооружений, типов механизмов и оборудования.

При выборе участка для строительства рейда необходимо руководствоваться следующими основными положениями:

- естественные гидрографические, гидрологические и геологические условия рейдовой акватории должны отвечать наиболее оптимальному их значению (ширине и длине акватории, глубине, скорости течения, возможной продолжительности работы рейда в навигацию, защищенности акватории рейда от ветра и волн, устойчивости русла от размыва и деформации, несущей способности грунтов и др.);

- компоновка рейда должна обеспечивать наибольшую концентрацию его элементов при наименьшей растянутости рейдовых коммуникаций, обеспечивающей поточность производственного процесса.

При размещении рейда на реках, находящихся в подпоре от водохранилищ, необходимо:

- учитывать изменение глубины и ширины их акватории, а также скоростного режима на участке в расчетном маловодном году в результате навигационной сработки водохранилища;
- располагать основные рейдовые сооружения вблизи от незатопляемых берегов в целях установки на них опор для крепления этих сооружений.

При проектировании рейдов на судоходной реке и на реке, имеющей рыбохозяйственное значение, расположение лесосплавных сооружений должно быть согласовано с управлением водных путей данного бассейна и органами охраны рыбных запасов.

Сортировочно-сплотно-формировочные рейды. В составе основного производства сортировочно-сплотно-формировочных рейдов предусматривают следующие операции:

- приемка леса в лесохранилище;
- подача леса из лесохранилищ к сортировочным устройствам;
- сортировка леса по сортаментам и подача их к сплоточным машинам;
- сплотка леса;
- сортировка сплоточных единиц;
- формирование из сплоточных единиц секций;
- формирование из секций плотов;
- погрузка леса в суда;
- сдача плотов в транзитный или местный сплав;
- отсортировка на рейде и переработка некондиционного леса;
- такелажные работы;
- очистка рейдовой акватории от топляков, берегов от обсохшего и разнесенного леса, освоение и переработка вынесенного с рейда леса.

Лесоохранилища (запани). Суммарная единовременная вместимость лесохранилищ лесосплавного рейда должна быть равна величине переходящего остатка, определяемого максимальной разностью между объемами поступившего леса на рейд и его переработкой.

Число лесохранилищ на рейде определяется объемом максимального переходящего остатка, типом запаней (поперечные или продольные), условиями размещения их по реке, а также гидрологической и гидрографической характеристиками участков расположения лесохранилищ.

При проектировании системы запаней, как правило продольных, заполнение их лесом должно производиться поочередно по длине

реки, начиная с нижней по течению запани с последующим заполнением каждой следующей, расположенной выше по течению.

Выпуск леса из лесохранилищ в этом случае осуществляют в обратном порядке.

Сортировочные устройства. Дробность сортировки на рейдах должна устанавливаться в соответствии с сортиментными группами леса, требованиями потребителей и техническими условиями на сплотку леса.

В проектах рейдов сортировка леса должна решаться с учетом технической возможности и экономической целесообразности применения автоматизированных сортировочно-сплоточных агрегатов, на которых сортировка леса совмещается с процессом сплотки.

Каждое сортировочное устройство должно включать в себя:

- главные коридоры — по числу лесопропускных ворот запани;
- сортировочные дворики — по числу сортиментов в каждой сортировочной секции, причем в каждой секции число двориков может быть увеличено, и их дополнительное число устанавливают по выходу массовых сортиментов и производительности рабочих по сортировке леса;
- коллекторные коридоры — по числу сортировочно-сплоточных секций;
- подводящие коридоры — по числу сплоточных машин.

Сортировочное устройство должно проектироваться с учетом возможности пропуска через главные коридоры сплавного мусора и некондиционного леса, для переработки которых следует предусматривать специальные механизированные установки.

Конструкции отдельных элементов сортировочного устройства (боны, мостики, распорки, береговые и русловые опоры и др.) должны приниматься по действующим типовым проектам.

При проектировании сортировочных устройств должны быть соблюдены действующие правила безопасности и производственной санитарии на лесосплаве.

Сплотка леса на воде. Сплотка леса на воде в зависимости от транспортных путей и необходимой прочности сплоточных единиц может проектироваться пучковой (речной или озерной) или сигарной (морской).

Пучковую речную сплотку применяют в случаях, когда лесосплавные рейды и пути транспортирования леса расположены в речных условиях, а также на перегрузочных рейдах, где в связи с изменением транспортных условий производится деление пучков на малогабаритные пачки для погрузки леса в суда или сигары. Пучковую озерную сплотку применяют на рейдах, расположенных на озерах и водохранилищах, а также на реках в зонах выклинивания подпора от гидроузлов, и при необходимости транспортирования леса в условиях, требующих прочной и волноустойчивой

формы пучков. Сигарную (морскую) сплотку следует применять на рейдах, размещаемых на крупных озерах, водохранилищах и морях, где по условиям ветроволнового режима для транспортирования леса требуются более массивные и прочные конструкции сплоточных единиц.

Сплоточные машины для пучковой сплотки должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать получение сплоточных единиц соответствующей формы и прочности в зависимости от условий буксировки плотов (речные, озерные);
- гарантировать максимальную расчетную осадку пучков по условиям нормирующих глубин на транзитном пути;
- иметь сменную производительность, которая обеспечивает производство сплотки бревен наименьшим числом агрегатов;
- экономическая эффективность при применении автоматизированных сортировочно-сплоточных агрегатов должна быть выше, чем при существующей технологии рейдовых работ.

Формировочные устройства. Пропускная способность формировочных устройств должна соответствовать проектной производительности сортировочно-сплоточного участка рейда.

Состав формировочных работ на рейде устанавливается из местных условий и должен выполняться по схеме пучок — секция — плот.

Технологические схемы формировочных устройств проектируют в зависимости от производственных и гидрологических условий на рейде. При выборе участка реки для размещения формировочных устройств рейда необходимо руководствоваться следующими положениями:

- формировочные устройства следует располагать на прямолинейном участке реки, переломы допускаются только между ее отдельными двориками;
- глубины на участке формирования секций и плотов должны обеспечивать наибольшую их осадку, гарантированную по условиям транзитного пути;
- скорости течения воды должны быть в пределах 0,2...1 м/с;
- формировочные участки должны размещаться по возможности на акваториях, защищенных от воздействия господствующих ветров и волн; участок реки, находящийся ниже формировочного пункта рейда, должен обеспечивать буксировку секций или плотов при естественных радиусах закруглений.

Рейды приплава. Проектирование рейдов приплава выполняют комплексно с разработкой проектов лесоперевалочных и лесопромышленных предприятий, обеспечение которых сырьем предусматривается поступлением леса водным транспортом.

Для увязки проектных решений по рейду с генеральным планом и технологией производства выгружающего лес предприятия долж-

ны быть определены размеры проектного грузооборота, его структура и технологические условия на сортировку и выгрузку леса.

Кроме того, необходимо иметь расчетный навигационный график прибытия леса с указанием возможного коэффициента неравномерности поступления его на рейд, а также расчетный график выгрузки леса.

Расчетный график прибытия леса строится исходя из общего графика движения, определяемого схемой организации лесосплава или водных лесоперевозок, с использованием имеющихся проектных или планово-отчетных материалов по данному сплавному бассейну.

При проектировании рейда приплава с поступлением леса в плотях состав его сооружений должен быть следующим: при выгрузке лесотранспортерами — плотостоянка, расформировочный, размолевочно-выгрузочный участки; при выгрузке кранами — плотстоянка, расформировочный и выгрузочный участки. При поступлении круглого леса в судах выгрузку производят кранами, устанавливаемыми на причальной стенке.

Обоснование типа и конструкции элементов сортировочных устройств. Для сортировки леса на воде применяют три типа сортировочных устройств: коридорное, веерное и комбинированное (рис. 5.3).

Наиболее широко применяются *коридорные сортировочные устройства* (рис. 5.3, а), которые в зависимости от числа групп сортировки и размеров акватории делают односторонними или двусторонними. Коридорные сортировочные устройства состоят из главного сортировочного коридора 2, боковых сортировочных ворот, сортировочных дворики 3 и коллекторного коридора 4. При необходимости возможно устройство двух главных сортировочных коридоров, примыкающих к двум воротам запани.

Основным достоинством коридорных сортировочных устройств является их высокая пропускная способность при значительной дробности сортировки. Недостаток этих устройств — необходимость размещения рабочих-сортировщиков на каждом воротах независимо от количества леса, поступающего во дворик.

Сортировочные устройства веерного типа (рис. 5.3, б) состоят из одного примыкающего к воротам запани сортировочного узла, оборудованного бонами и мостиками, с радиально отходящими от него сортировочными двориками. Число дворики, примыкающих к одному узлу, может быть от двух до семи.

Сортировочные устройства веерного типа применяют редко и лишь при небольших объемах (до 1 000 м³) сортировки в смену, а также при набивке кошелей в озерных условиях. Основной недостаток таких устройств — малая пропускная способность.

Сортировочное устройство комбинированного типа (рис. 5.3, в) сочетает принципы работы коридорного и веерного. В результате

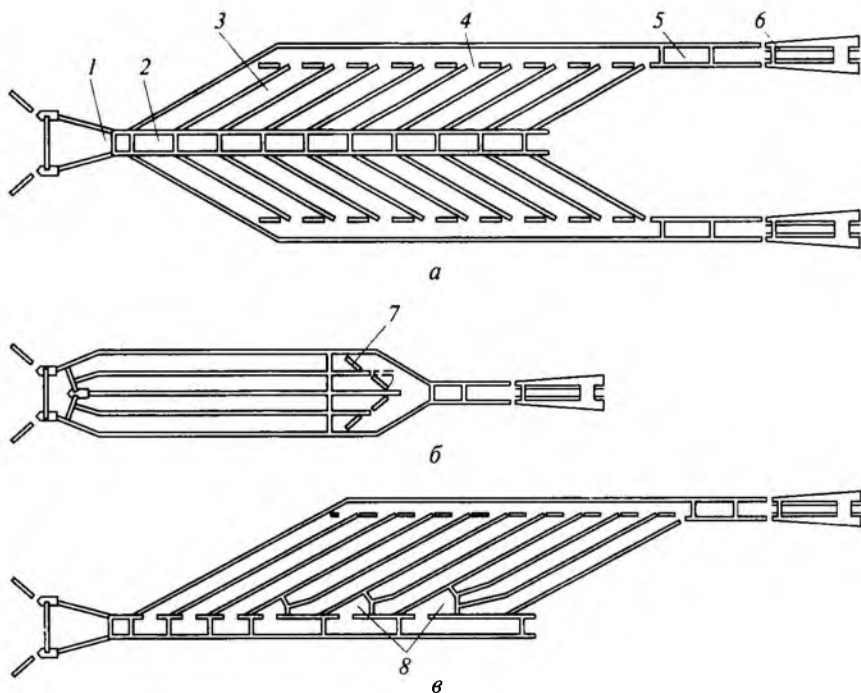


Рис. 5.3. Типы сортировочных устройств:

а — коридорное; *б* — веерное; *в* — комбинированное; 1 — приемная воронка; 2 — главный сортировочный коридор; 3 — сортировочный дворик; 4 — коллекторный коридор; 5 — подводящий коридор; 6 — сплоточная машина; 7 — поворотная ширма; 8 — веерный сортировочный узел на два и три дворика

применения этого устройства сортировщик в боковые ворота отбирает не одну, а две-три группы бревен. Для этого за боковыми воротами устраивают веерный сортировочный узел 8 на два-три дворика, в который сортировщик направляет соответствующие группы бревен. Применение комбинированных сортировочных устройств при большой дробности сортировки и неравномерности распределения леса по группам повышает производительность труда сортировщиков по сравнению с коридорным типом.

Главный сортировочный коридор изготавливают из бондов шестибревенных по ширине и трехбревенных по высоте. В бонах, примыкающих к боковым сортировочным дворикам, делают боковые ворота шириной 6 м. На концевых частях верхнего ряда бона главного сортировочного коридора устраивают городки или стойки, на которые опираются продольные или поперечные мостики. Главные сортировочные коридоры могут образовываться и из металлических понтонов трех типов — цилиндрических, прямоугольных и понтонов-катков.

Сортировочные дворики оборудуют четырех- и пятибревенными бонами, соединенными над водой распорками из брусьев. При скорости течения воды менее 1 м/с применяют однорядные разделительные боны, а при скорости течения более 1 м/с применяют однорядные боны с козырьком или двухрядные боны.

Контрольные вопросы

1. По каким признакам объекты строительства на лесосплаве подразделяют на четыре категории?
2. На сколько классов капитальности делят гидротехнические сооружения лесосплавного назначения?
3. Какие объекты относят к объектам обслуживающего и вспомогательного назначения?
4. Каким требованиям должна удовлетворять площадка для раскрывки, сортировки, сплотки и хранения леса, расположенная у водного пути?
5. Какие требования предъявляют к затопляемым плотбищам?
6. Исходя из каких условий устанавливают съемный уровень и отметку дна плотбища?
7. При соблюдении каких условий допускается организация первоначального плотового лесосплава?
8. В каких пределах допускается отношение длины к ширине плота для первоначального лесосплава?
9. Какими основными положениями необходимо руководствоваться при выборе участка для строительства рейда?

1. *Беленов И. А.* Водный транспорт леса : метод. указания по курсовому и дипломному проектированию / И. А. Беленов, В. П. Полищук. — СПб. : Изд-во ЛТА, 2002. — 56 с.
2. Водный транспорт леса : учебник / [А. А. Камусин, Ю. Я. Дмитриев, А. Н. Минаев и др.] ; под ред. В. И. Пятакина. — М. : Изд-во МГУЛ, 2000. — 433 с.
3. Вспомогательные суда морского флота России : каталог. — Т. 1 : Грузовой флот прибрежного плавания. — СПб. : Изд-во ЦНИИМФ, 1998. — 442 с.
4. Морские транспортные суда России : каталог. — СПб. : Изд-во ЦНИИМФ, 1995. — 745 с.
5. Научные основы исследований процессов водного транспорта леса : учеб. пособие / [А. А. Камусин, М. М. Овчинников, В. П. Полищук и др.]. — М. : Изд-во МГУЛ, 2003. — 138 с.
6. *Овчинников М. М.* Водный транспорт леса : учеб. пособие / М. М. Овчинников, В. П. Полищук. — СПб. : Изд-во ЛТА, 2007. — 268 с.
7. *Овчинников М. М.* Технология и оборудование лесосплавных работ на рейдах приплава, лесоперевалочных базах и лесных портах : метод. указания / М. М. Овчинников, И. А. Беленов, А. О. Васильков. — СПб. : Изд-во ЛТА, 1998. — 45 с.
8. *Овчинников М. М.* Лесная гидродинамика и мелиорация лесосплавных путей : учеб. пособие / М. М. Овчинников, А. О. Васильков, В. Б. Олофинский. — СПб. : Изд-во ЛТА, 2001. — 71 с.
9. *Овчинников М. М.* Перспективные технологические процессы плотового лесосплава : учеб. пособие / М. М. Овчинников, В. Б. Олофинский. — СПб. : Изд-во ЛТА, 1999. — 67 с.
10. *Пятакин В. И.* Водный транспорт леса : учебник / В. И. Пятакин, Ю. Я. Дмитриев, А. А. Зайцев ; под ред. В. И. Пятакина. — М. : Лесная промышленность, 1985. — 335 с.
11. *Пятакин В. И.* Проектирование объектов и технологических процессов водного транспорта леса : учеб. пособие : в 2 ч. / В. И. Пятакин, В. П. Полищук, И. А. Беленов. — Ч. 1 : Проектирование береговых складов и первоначального лесосплава. — СПб. : Изд-во ЛТА, 1998. — 77 с. ; Ч. 2 : Проектирование рейдов и технологических процессов водного транспорта леса. — СПб. : Изд-во ЛТА, 1999. — 59 с.
12. *Полищук В. П.* Водный транспорт леса : метод. указания по выполнению курсового проекта для студентов специальности 26.01 / В. П. Полищук, В. Б. Олофинский, А. О. Васильков. — СПб. : Изд-во ЛТА, 1997. — 50 с.

13. *Савельев В.В.* Мелиорация лесосплавных путей и гидротехнические сооружения : учебник / В.В.Савельев. — М. : Лесная промышленность, 1982. — 280 с.

14. *Шелгунов Ю.В.* Технология и оборудование лесопромышленных предприятий : учебник для вузов / Ю.В.Шелгунов, Г.М.Кутуков, Н.И.Лебедев. — М. : Изд-во МГУЛ, 2002. — 589 с.

15. *Щербаков В.А.* Лесосплавные рейды : учебник / В.А.Щербаков. — М. : Лесная промышленность, 1979. — 248 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Глава 1. Виды лесосплава и судовых перевозок.....	5
1.1. Основные понятия и определения.....	5
1.2. Транспортно-технологические схемы водного транспорта леса.....	7
1.3. Плавучесть и непотопляемость лесотранспортных единиц.....	10
1.4. Первоначальный плотовой лесосплав.....	16
1.5. Магистральный плотовой лесосплав.....	22
1.6. Сопротивление воды движению плотов.....	37
1.7. Судовые перевозки лесоматериалов.....	41
Глава 2. Лесосплавные пути, гидродинамика потока.....	50
2.1. Реки, речные системы и бассейны.....	50
2.2. Режим уровней и расходов воды.....	57
2.3. Классификация водных путей.....	70
2.4. Лесопропускная способность рек.....	76
2.5. Мелиорация лесосплавных путей.....	79
Глава 3. Лесонаправляющие и лесозадерживающие сооружения.....	87
3.1. Назначение, условия применения, классификация и конструктивные особенности лесонаправляющих сооружений.....	87
3.2. Назначение, классификация и конструктивные особенности лесозадерживающих сооружений.....	99
3.3. Расчет поперечной запани.....	105
Глава 4. Лесосплавные рейды.....	114
4.1. Назначение и классификация рейдов.....	114
4.2. Производственные объекты лесосплавного рейда.....	116
4.3. Сортировка круглых лесоматериалов и пучков.....	122
4.4. Сплотка леса.....	129
4.5. Технология формирования плотов.....	149
4.6. Рейды приплава.....	153
Глава 5. Проектирование лесосплавных объектов.....	174
5.1. Требования к проектированию лесосплавных объектов.....	174
5.2. Проектирование береговых складов и плотбищ.....	185
5.3. Проектирование водных перевозок лесных грузов.....	193
5.4. Проектирование лесосплавных рейдов и запаней.....	196
Список литературы.....	203