

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

Учебник

Допущено

*Учебно-методическим объединением по образованию
в области лесного дела в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по специальности «Лесное хозяйство»
направления «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство»*

С1384804



Москва

Издательский центр «Академия»

2006

УДК 630(075.8)

ББК 43.9я73

Л50

Авторы:

В. И. Пятакин (руководитель авторского коллектива) — введение, гл. 2, 6;
Э. О. Салминен — гл. 5; Ю. А. Бит — гл. 1; А. Р. Бирман — гл. 2;
С. В. Авлашкевич — гл. 3; Г. А. Бессараб — гл. 4; В. А. Кацадзе — гл. 3;
И. В. Григорьев — гл. 1; А. А. Камусин — гл. 6; Ю. В. Шелгунов — гл. 2;
И. В. Ярцев — гл. 1

Рецензент —

зав. кафедрой «Теория и конструирование машин» Московского государственного университета леса, д-р. техн. наук, проф. *Д. Г. Шимкович*

Л50 **Лесозаготовка** : учебник для студ. высш. учеб. заведений / [В. И. Пятакин, Э. О. Салминен, Ю. А. Бит и др.]. — М. : Издательский центр «Академия», 2006. — 320 с.

ISBN 5-7695-2471-5

Изложены вопросы технологии лесозаготовок, лесосечных и нижне-складских работ, комплексного использования фитомассы деревьев. Описаны современные технологические процессы переработки вторичного сырья, применяемые системы машин и оборудование. Приведены сведения по проектированию и эксплуатации лесовозного транспорта.

Для студентов высших учебных заведений.

УДК 630(075.8)

ББК 43.9я73

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

© Коллектив авторов, 2006

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2006

ISBN 5-7695-2471-5 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2006

ВВЕДЕНИЕ

Лесозаготовительная промышленность является одной из важнейших для нашей страны. На долю России приходится четверть мирового лесного запаса, экономический потенциал лесного сектора страны оценивается в 100 млрд долл. США, но используется на сегодняшний день не более чем на 7... 10%. Уровень дохода с 1 га эксплуатируемых лесов в России в 10—15 раз ниже, чем, например, в Финляндии и Швеции.

Причин неудовлетворительного состояния дел в лесном секторе много, но главная из них заключается в неотрегулированности лесных отношений, отсутствии в стране долговременной национальной лесной политики.

Первой проблемой российского лесного сектора является низкая интенсивность использования лесных ресурсов. При заготовке одинакового объема леса в России осваивается территория площадью в 5—7 раз больше, чем, например, в Финляндии. Отсюда возникают трудности, связанные с транспортным освоением территории, строительством временных лесных поселков и т. п.

Вторая проблема — односторонний характер использования лесов, проявляющийся в вырубке преимущественно пиловочных ресурсов, что приводит к истощению высокосортного крупного пиловочника, а также хвойных высокобонитетных древостоев.

Третья проблема — нерационально сформированная система управления лесами.

Четвертая проблема — низкий уровень контроля со стороны государства за использованием лесных ресурсов.

К основным направлениям, способствующим развитию лесопромышленного комплекса, относятся:

применение ресурсосберегающих технологических процессов лесозаготовок и комплексное использование фитомассы дерева, обеспечивающие неистощимое лесопользование;

формирование процесса функционирования лесотранспортных модулей для гибкого лесозаготовительного производства;

применение высокоэффективных экологически безопасных технологий безотходного производства профилированных изделий из древесины в термо-, пьезо-, акустических полях;

экологическое обеспечение лесотранспорта путем минимизации уплотняющего воздействия трелевочных систем;

развитие малой энергетики на базе использования древесного топлива;

оптимизация объемов нижнего склада и промплощадок, а также степени переработки лесоматериалов на них.

В настоящем учебнике даны необходимые сведения о технологических процессах лесозаготовительных производств, комплексном использовании древесины, водном и сухопутном транспорте леса.

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК

1.1. Общие понятия о лесозаготовительном производстве

1.1.1. Лесозаготовительные предприятия

Среди отраслей промышленности нашей страны лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность занимает пятое место по удельному весу выпускаемой продукции и четвертое — по объемам экспорта. В 45 субъектах Российской Федерации продукция лесопромышленного комплекса составляет от 10 до 50 % общего объема промышленной продукции региона. Лесопромышленной деятельностью занимаются более 20 тыс. предприятий с численностью работающих около 1 млн человек. По темпам роста производства продукции лесопромышленный комплекс занимает одно из первых мест среди отраслей промышленности. Современные лесозаготовительные предприятия относятся в основном к высокомеханизированным.

Предприятие (фирма) — это обособленная специализированная единица, основой которой является профессионально организованный трудовой коллектив, способный с помощью имеющихся в его распоряжении средств и предметов производства изготовить необходимую потребителям продукцию (оказать услуги, выполнить работы) соответствующего назначения, профиля и ассортимента.

Ни одно предприятие (производственная система) не функционирует без окружения сильно дифференцированной среды, которая никогда не бывает стабильной. Внешняя среда включает в себя природно-производственные факторы, а также организации (предприятия-потребители, предприятия-поставщики, контролирующие организации), с которыми предприятие сталкивается в процессе своей деятельности.

Каждое лесозаготовительное предприятие эксплуатирует лесной массив определенной площади с запасами леса, достаточными для нормальной работы предприятия в течение определенного времени. Примерная схема размещения лесозаготовительного предприятия на территории лесного массива (арендной базы) пред-

ставлена на рис. 1.1. Площадь арендной базы зависит от группы леса, объема расчетной лесосеки, технических возможностей предприятия по заготовке древесины и разрешенных видов рубок.

На лесных землях выделяют участки для заготовки древесины — лесосеки. Совокупность лесосек, отведенных в рубку в течение года, называют *годовой лесосекой* (годовым лесосечным фондом). Для освоения лесного массива в нем прокладывают дорожную сеть.

Лесосеки являются местом работы мастерского участка (лесозаготовительных бригад). На лесосеке размещаются машины и

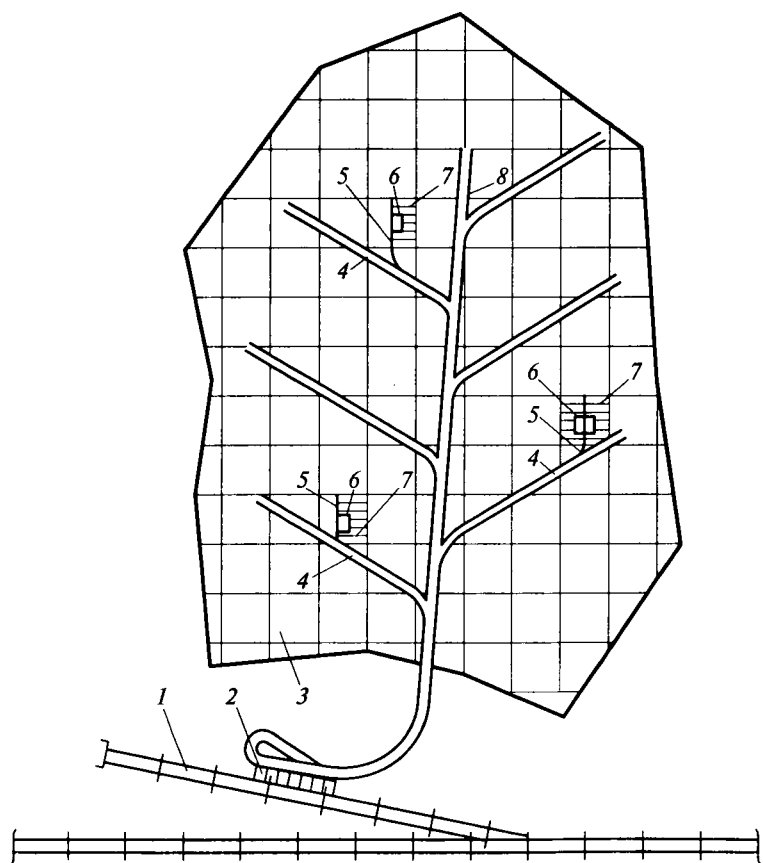


Рис. 1.1. Схема размещения лесозаготовительного предприятия на территории арендной базы:

- 1 — тупик железной дороги МПС; 2 — нижний склад (потребитель древесины);
- 3 — арендная база предприятия (лесной массив); 4 — ветки лесовозной дороги;
- 5 — усы лесовозной дороги; 6 — лесопогрузочные пункты; 7 — лесосеки; 8 — магистральная лесовозная дорога

механизмы, средства их технического обслуживания, а также средства бытового обслуживания рабочих. На ней выделяют эксплуатационную и неэксплуатационную части. К эксплуатационной части относятся места, занятые вырубаемым древостоем, транспортными магистралями и погрузочными площадками. К неэксплуатационной части относятся места, в которых лесонасаждения отсутствуют или не подлежат рубке (незрелые древостои, семенные куртины и др.).

Лесосеки могут иметь различную форму: прямоугольную, квадратную, форму таксационного выдела и др. Основными организационно-техническими показателями лесосеки являются: площадь; ширина (протяженность лесосеки перпендикулярно усу лесовозной дороги); срок и способ примыкания одной лесосеки к другой; направление лесосеки (ее направление по длине относительно стран света: с севера на юг, с запада на восток, с северо-востока на юго-запад и т.д.).

От направления лесосеки во многом зависят прорастание семян и жизнеспособность молодого поколения леса, так как разным направлениям лесосеки соответствует различное поступление солнечной теплоты. При направлении с севера на юг лесосека больше всего освещена солнцем в дневные часы. Такое направление рекомендуется в северных районах, где мало тепла и много влаги, поскольку при этом обеспечиваются большой приток тепла и усиленное испарение. В южных районах более благоприятным является направление лесосеки с запада на восток или с северо-востока на юго-запад. В горных районах при установлении направления лесосеки обязательно учитывают крутизну и расположение склонов, принятую технологию разработки, сезон разработки и установленный способ очистки лесосеки.

Элементы лесосеки определяются правилами рубок, учитывающими лесохозяйственное районирование лесов России, группой леса и категорией защитности, обуславливающими разрешенный режим лесопользования. Установление размеров лесосек и требований по их разработке является прерогативой органов федерального надзора за лесом.

Для удобства разработки лесосеку делят на делянки, каждая из которых представляет собой часть лесосеки, закрепляемую за одной бригадой рабочих или одной машиной, выполняющей валку. Если лесосека невелика и на ней работает одна бригада рабочих, то понятия лесосеки и делянки совпадают. На делянках осуществляется весь комплекс лесосечных работ, выделяются пасеки (участки лесосеки, древесина с которых трелюется по одному волоку, называемому пасечным). На пасеках выполняются первоначальные лесозаготовительные операции.

Размеры лесосек, а также их концентрация в лесном массиве, способы и сроки примыкания существенно влияют на ряд техно-

логических показателей: объемы производства мастерских участков, частоту их перебазировки, протяженность и интенсивность использования лесотранспортных путей, эффективность применения систем машин и т. п.

Лесозаготовительные предприятия различают по ряду производственных, территориальных, административно-хозяйственных и других факторов. Основными отличительными факторами являются: объем производства, срок действия, тип используемого транспорта, вид примыкания, номенклатура выпускаемой продукции, размещение потребителей древесины.

Объем производства — это количество древесины в кубометрах, которое заготавливается и вывозится предприятием за год. Данный показатель, а также срок аренды во многом определяют размеры арендной базы. Важно, чтобы срок действия аренды был значительным. Это позволяет концентрировать производство, применять высокопроизводительные многооперационные машины, строить лесовозные дороги, иметь постоянные производственные сооружения, более комплексно использовать древесину и т. д.

Процесс заготовки древесины, включающий в себя все основные операции, подготовительные и вспомогательные работы, называется *технологическим процессом лесосечных работ*. В его состав входят три фазы: собственно лесосечные работы, транспорт леса и его переработка на лесопромышленном (нижнем) складе.

На предприятиях лесозаготовительной отрасли используются организационные структуры двух типов: цеховая и бесцеховая.

Цеховая структура управления организуется на предприятиях с большими объемами производства и полным циклом основных работ (от валки леса до переработки древесины). Такая же структура управления целесообразна на предприятиях, которые разрабатывают большое число разрозненных лесосек на обширных лесных массивах с различными лесовозными дорогами. При цеховой структуре управления имеются три основные ступени: директор или начальник цеха (лесопункта), начальник производственного участка (мастерского участка), мастер леса.

При бесцеховой структуре управления промежуточное звено (мастерский участок) отсутствует. Обслуживание всех производственных участков централизуется в соответствующих отделах аппарата управления предприятия, что обеспечивает оперативное руководство производством, способствует концентрации функций по управлению предприятием.

К основному производству лесопунктов относятся: валка, очистка деревьев от сучьев, трелевка, вывозка древесины, раскряжевка хлыстов, сортировка и штабелевка сортиментов, хранение и учет древесины, погрузка лесоматериалов на лесовозный транспорт.

На лесопунктах должны создаваться условия по ремонту и обслуживанию машин и механизмов, их охране в нерабочее время, а также необходимые бытовые условия для рабочих.

План организации производства как лесопункта, так и лесозаготовительного предприятия в целом составляется на год с разбивкой показателей по кварталам и месяцам.

На лесозаготовительных предприятиях основной формой организации труда является бригада — группа рабочих, совместно выполняющих единое производственное задание и несущих общую ответственность за количественные и качественные результаты своего труда.

В настоящее время на лесозаготовках используются функциональные, комплексные, укрупненные комплексные и сквозные бригады. Рассмотрим их основные достоинства и недостатки, а также область применения.

Функциональная бригада — это наиболее старый способ бригадной организации труда на лесозаготовках. Для разработки лесосеки создавалось несколько бригад, каждой из которых поручалось выполнение одной из операций (функций), входящих в состав лесосечных работ. Функциональные бригады работали разобщено, что приводило к значительным простоям машин и рабочих, уравниловке и отсутствию коллективной заинтересованности в выполнении заданного объема работ.

Функциональные (погрузочные и сучкорезные) звенья на лесосечных работах стали применяться с началом широкого распространения высокопроизводительных самоходных сучкорезных машин и челюстных погрузчиков. Проводящая весь комплекс лесосечных работ (валка, трелевка) бригада, организованная на базе одного-двух трелевочных тракторов, уже не могла полностью загрузить подобные механизмы. Поэтому операции погрузки и машинной очистки деревьев от сучья на верхнем складе были переданы отдельным функциональным звеньям, которые при наличии достаточных запасов на верхнем складе могли работать в две и три смены.

Комплексная бригада (малая комплексная бригада) организуется на базе одного трелевочного трактора и выполняет весь комплекс работ от валки леса до подготовки его к погрузке на подвижной состав.

Характерная особенность комплексных бригад — совмещение профессий рабочими, а также взаимопомощь и взаимозаменяемость в работе. В результате снижается утомляемость рабочих, сокращаются простои оборудования и повышается коллективная заинтересованность всех членов бригады в выполнении задания, что позволяет достигнуть производительности труда на 10... 15 % выше, чем в функциональных бригадах. Распределение обязанностей между членами комплексной бригады зависит от схемы технологиче-

ского процесса. Использование комплексных бригад эффективно, когда каждый член бригады владеет двумя-тремя специальностями, так как только в этом случае он может помочь в работе членам бригады, которые более загружены.

При цеховой структуре управления службой лесозаготовок в состав мастерского участка рекомендуется включать: при работе на крупных лесосеках, допускающих концентрацию работ, — пять-шесть бригад; при работе на разрозненных лесосеках, а также при использовании на трелевке канатных трелевочных установок — три-четыре бригады.

Недостатки комплексной лесозаготовительной бригады связаны в основном с совмещением операций отдельными членами бригады. К этим недостаткам относятся: снижение квалификации рабочих, так как при выполнении нескольких операций они не имеют тех навыков и опыта работы, как при выполнении основной операции; непроизводительные переходы членов бригады, которые неизбежны при выполнении ими смежных операций; необходимость поиска рабочим при смене операций «узких мест» т.е. операции, участие в которой не нарушит нормального ритма работы остальных членов бригады, что также приводит к потерям рабочего времени и требует большого опыта работы. Отрицательным фактором можно считать и то, что работа на смежной операции не входит в обязательный объем работы члена бригады и зависит только от его трудовой дисциплины.

Укрупненная комплексная бригада организуется на базе двух или трех трелевочных тракторов и может выполнять весь комплекс работ от валки леса до его погрузки на лесовозный транспорт. Это позволяет придавать бригаде челюстной погрузчик и самоходную сучкорезную машину, поскольку производительность трелевочных тракторов дает возможность загрузить указанные машины на полную мощность. Для укрупненных комплексных бригад характерно пооперационное разделение труда между членами бригады, причем чем крупнее бригада, тем резче оно выражено. В связи с тем что в укрупненных комплексных бригадах каждый рабочий выполняет, как правило, только операции, соответствующие его основной квалификации, отсутствуют переходы рабочих с операции на операцию и обусловленные этими переходами недостатки. Таким образом, главной причиной повышения производственных показателей работы укрупненных бригад является разделение труда между членами бригады, способствующее более быстрому приобретению рабочими профессиональных навыков при выполнении операций, сокращению непроизводительных переходов при переключении с одного вида работ на другой, специализации орудий труда и рабочих.

Сквозная бригада выполняет весь комплекс лесозаготовительных работ, включая вывозку заготовленной древесины на

нижний склад предприятия. В состав бригады помимо рабочих, занятых на лесосеке, входят водители лесовозных автопоездов и в некоторых случаях учетчики древесины. Использование таких бригад целесообразно для небольших лесозаготовительных фирм, торгующих древесиной «с колес». Для крупных и средних предприятий, осуществляющих круглогодичную заготовку, данный способ организации труда обычно не является оптимальным, так как трудно подобрать системы машин (и их число), которые могут работать в бригаде при полной загруженности в непрерывно меняющихся природно-производственных условиях (запас леса на гектаре, среднее расстояние трелевки, средний объем хлыста, расстояние вывозки и др.).

При любом способе бригадной организации труда (кроме использования функциональных бригад) на лесозаготовках выполняется комплекс последовательных операций. Для расчета состава бригады устанавливают операции, выполняемые ею. Пользуясь нормами выработки на каждой операции, вводят пооперационные нормы времени в человекочасах на 1 м^3 заготовленного леса.

Между нормой выработки q_i (количество продукции, которое должно быть изготовлено за единицу времени) и нормой времени t_i (время, необходимое для выполнения единицы изделия) существует обратно пропорциональная зависимость, т.е. $q_i = 1/t_i$, или $t_i = 1/q_i$.

Путем суммирования пооперационных норм времени определяется комплексная норма времени (охватывающая две операции и более)

$$t_k = \sum_{i=1}^{i=n} t_i, \quad (1.1)$$

где t_k — комплексная норма времени, чел.-ч/ м^3 ; t_i — норма времени на выполнение i -й операции, чел.-ч/ м^3 ; n — число операций, выполняемых бригадой.

Потребное число рабочих в бригаде

$$n_p = \frac{t_k Q_{бр}}{T_{см}}, \quad (1.2)$$

где $Q_{бр}$ — суточное задание бригаде, м^3 ; $T_{см}$ — продолжительность смены, ч.

1.1.2. Понятие о лесном фонде

Лес — элемент географического ландшафта, состоящий из древесных, кустарниковых и травянистых растений, элементов животного мира и микроорганизмов, в своем биологическом разви-

тии взаимосвязанных и оказывающих влияние друг на друга и на окружающую среду. Лес является самым продуктивным из всех типов растительного покрова. В среднем его производительность составляет 10 т прироста биомассы на 1 га в год. Из них 95 % приходятся на древесину.

Участниками лесных отношений в России являются органы власти различных уровней, имеющие соответствующие полномочия по распоряжению лесами, а также лесопользователи — граждане и юридические лица, которым предоставлены права пользования участками лесного фонда и права пользования участками лесов, не входящих в лесной фонд.

Площадь лесного фонда Российской Федерации составляет почти 1,2 млрд га, т.е. 22 % площади лесов мира и 62 % территории страны. Общий запас древесины в лесном фонде насчитывает 81,9 млрд м³, из них 44,1 млрд м³ (53,8 %) приходятся на долю спелых и перестойных насаждений. Общий средний прирост древесины в год составляет 970,4 млн м³, ежегодный удельный прирост древесины основных пород — в среднем 1,3 м³/га. Возможные для эксплуатации запасы спелых и перестойных насаждений насчитывают 23,4 млрд м³, или 55,8 % всего объема этих насаждений. Запас древесины на 1 га в спелых и перестойных насаждениях составляет 137 м³, в возможных для эксплуатации лесах — 167 м³.

Лишь 55 % площади лесов представляют интерес для эксплуатации, причем преобладающая их часть, расположенная на севере Европейской части России и вдоль Транссибирской магистрали, значительно истощена в результате интенсивной эксплуатации в течение последнего столетия.

Размещение лесов по территории страны неравномерно. Явно выделяются два основных лесных массива: Северо-Уральский и Сибирско-Дальневосточный. Они резко различаются между собой по составу древостоев: в первом преобладает ель, значительно распространены сосна и береза; во втором преобладают лиственница, кедр, пихта, сосна.

В настоящее время наиболее значительные объемы заготовок приходятся на долю северо-востока Европейской части России (Архангельская область, Республика Коми, Пермский край), а также центральных районов. В Западной Сибири заготовка древесины в наибольших объемах ведется в Алтайском крае, Кемеровской, Тюменской и Томской областях. В большинстве случаев предпочтение отдается хвойным и твердолиственным породам, хотя на территории арендных баз фанерных комбинатов главной породой в основном является береза.

В соответствии с экономическим, экологическим и социальным значением участков лесного фонда, их местоположением и выполняемыми ими функциями производится разделение лесного фонда по группам с выделением лесов первой, второй и третьей групп.

В зависимости от группы леса и категории защитности (для лесов первой группы) допускаются те или иные виды рубок, а также устанавливаются максимальные размеры лесосеки.

Заготовка древесины производится при рубках главного пользования и рубках ухода за лесом. Рубки главного пользования проводятся только в спелых и перестойных лесонасаждениях. Их основная задача заключается в заготовке древесины для удовлетворения нужд народного хозяйства. Основным условием проведения таких рубок является обеспечение последующего лесовосстановления кроме случаев, когда предусматривается последующий перевод территории лесосеки в нелесные земли.

1.1.3. Предмет труда лесозаготовительного производства

Дерево — это многолетнее растение с четко выраженным стволом, несущим боковые ветви, и верхушечным побегом. Деревья являются широко распространенной формой растений. Они выполняют главную лесообразующую роль и составляют основу ландшафтов в лесной зоне. Рост и развитие деревьев, а также их число и видовое разнообразие связаны с климатическими и почвенными условиями, предыдущим лесопользованием, внешними пирогенными и антропогенными факторами, а также циклами развития факторов, влияющих на фитопатологические и микологические поражения древостоев. Исследованиями установлено, что на рост и развитие одного дерева влияют более 1 млн факторов.

На долю ствола приходятся 60...90 % общей массы дерева. Самая нижняя часть ствола называется комлем, а очищенный от сучьев ствол поваленного дерева с отделенными от него прикорневой частью и вершиной (отделяется в месте, где диаметр ствола составляет не менее 6 см) называется хлыстом. Толщина ствола уменьшается от корневой шейки к вершине, образуя сбег. Сбег ствола или его отдельных частей определяют по формуле

$$i = \frac{d_k - d_b}{l_x}, \quad (1.3)$$

где d_k и d_b — диаметры хлыста или его части соответственно в комлевом и верхнем отрезках, см; l_x — длина хлыста, м.

Наибольшие значения сбега наблюдаются в комлевой и вершинной частях ствола, наименьшие — в средней части. Средний сбег крупных деревьев ($d_k = 0,52...0,60$ м) составляет: у ели 2,5 см/м; у сосны 2,6...3,2 см/м; у березы и осины 2,4 см/м.

Система ветвей с соответствующим участком ствола образует крону, на долю которой приходится до 20 % общей массы дерева.

Толщина и высота стволов являются основными показателями при проведении учета ресурсов древесины.

Масса корневой системы дерева в зависимости от породы и условий произрастания составляет от 5 до 20 % массы ствола. С ростом дерева шейка корня укрепляет корневую систему, поэтому оставляемый после валки дерева пень тем выше, чем крупнее дерево. Высота пня зависит от породы, условий произрастания, времени проведения работ и применяемой технологии лесозаготовок. На хорошо дренированных лесных почвах пни обычно выше из-за мощного расширения комля.

Между высотой пня h , см, и его диаметром $d_{\text{п}}$, см, установлены следующие эмпирические соотношения:

для сосны

$$h = 0,19d_{\text{п}} + 4,7r; \quad (1.4)$$

для ели

$$h = 0,26d_{\text{п}} + 2,6r, \quad (1.5)$$

где r — коэффициент корреляции, для сосны принимаемый равным 0,563, для ели — 0,601.

Сосновый пень обычно ниже, так как шейка корня из-за слабо развитых боковых корней расположена ближе к земле, чем у ели.

1.1.4. Продукция лесозаготовок

В зависимости от принятой технологии и используемой системы машин конечным продуктом лесосечных работ могут быть: деревья, хлысты, сортименты и продукты углубленной переработки — щепа, пиломатериалы.

Сортименты получают при выполнении технологической операции раскряжевки — поперечной распиловки круглых лесоматериалов, в результате которой получают бревна специального назначения, называемые кряжами (шпальные, фанерные и др.), или сортиментами.

В раскряжеваемом хлысте различают три основные части: комлевую, серединную и вершинную. В соответствии с этим сортимент, получаемый из нижней части, называют комлевым, из средней — серединным, а из верхней — вершинным.

Комлевые бревна отличаются корневыми наплывами и закомелистостью (расширением ствола у комля) нижнего торца, вершинные — наличием значительного числа крупных живых сучьев, большим сбегом и развилками вторичных вершин. Серединные сортименты имеют большее число отмерших сучьев и более цилиндрическую форму. Торцы сортимента, расположенный ближе к комлю, называется комлевым, или нижним, а ближе к вершине — верхним, или вершинным (иногда применяется также термин «тонкий»).

Получаемые в результате кряжи (сортименты) характеризуются диаметром в верхнем отрубе d_v , длиной l и объемом V_k .

По диаметру в верхнем отрубе сортименты подразделяют:

на тонкомерные (small-size wood), имеющие толщину в верхнем отрезе без коры от 2 до 13 см включительно при измерении с градацией 1 см (их называют также подтоварниками);

среднетолщинные (medium-size wood), имеющие толщину в верхнем отрезе без коры от 14 до 24 см включительно при измерении с градацией 2 см;

крупномерные (large-size wood), имеющие толщину в верхнем отрезе без коры от 26 см и более при измерении с градацией 2 см.

По длине сортименты подразделяют на коротье (до 2 м), средней длины (2...6,5 м), длинномеры (более 6,5 м) и долготье — отрезки хлыста длиной, кратной длине получаемых из него кряжей с учетом припуска на последующую раскряжевку, т.е. долготье является продукцией раскряжевки и сырьем для нее.

По породам кряжи (сортименты) подразделяют на круглые лесоматериалы (КЛМ) хвойных пород (нормируются ГОСТ 9463—88) и КЛМ лиственных пород (нормируются ГОСТ 9462—88). Согласно указанным стандартам получаемые сортименты по назначению подразделяют на четыре основные группы.

К первой группе относятся сортименты для распиловки и строгания. В нее входят бревна для выработки пиломатериалов, шпал и переводных брусьев, а также лесоматериалы для выработки строганного шпона. Вторая группа включает в себя лесоматериалы, предназначенные для лущения — выработки лушеного шпона и производства спичек. Третью группу составляют лесоматериалы для выработки различных видов целлюлозы и белой древесной массы. Четвертая группа включает в себя лесоматериалы, предназначенные для использования в круглом виде.

В зависимости от степени использования различных пород круглые лесоматериалы подразделяют на используемые без ограничения и с ограничениями (с указанием конкретной породы).

1.2. Основные понятия о резании древесины

1.2.1. Элементарное резание

Механическая обработка древесины широко применяется при выполнении таких технологических операций, как валка деревьев, очистка их от сучьев, раскряжевка, продольная распиловка (получение пилопродукции), рубка в шепу и др. В основе большинства способов механической обработки древесины лежит процесс ее резания.

Резанием древесины называется такой технологический процесс, при котором от обрабатываемого материала отделяется его часть посредством воздействия на него режущим инструментом в целях получения изделия заданной формы и размеров. Резание древесины клиновидными резами известно с давних пор.

Основы теории резания древесины и металлов впервые были разработаны русским ученым профессором И. А. Тиме в 1870 г. Над дальнейшим развитием теории резания древесины работали профессора П. А. Афанасьев, М. А. Дешевой, инженер П. В. Денфер, профессора А. Л. Бершадский и С. А. Воскресенский, доцент Е. Г. Ивановский, а также целый ряд научных работников специальных кафедр лесотехнических и технологических институтов.

Задачами теории резания являются:

определение усилий, возникающих при резании (для обеспечения необходимой прочности режущего инструмента);

нахождение потребной мощности на резание (для выбора двигателя);

определение оптимальных параметров режущего инструмента.

Древесина является ортотропно-анизотропным материалом, т. е. ее физико-технические свойства неоднородны в различных направлениях ортогональной системы координат. Это связано с тем, что древесина имеет в своей основе волокнистую структуру, во-

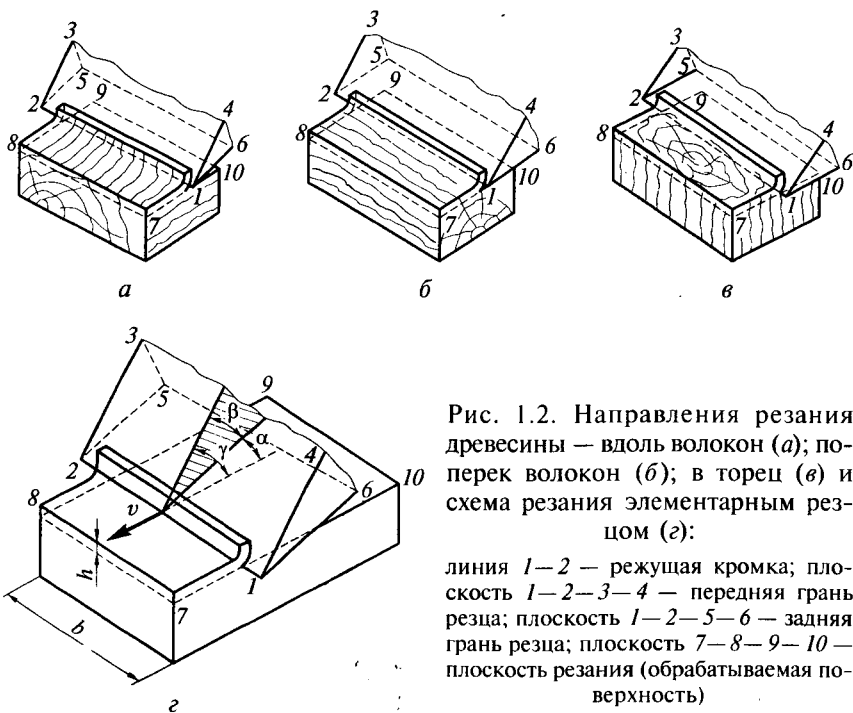


Рис. 1.2. Направления резания древесины — вдоль волокон (а); поперек волокон (б); в торец (в) и схема резания элементарным резцом (г):

линия 1—2 — режущая кромка; плоскость 1—2—3—4 — передняя грань реза; плоскость 1—2—5—6 — задняя грань реза; плоскость 7—8—9—10 — плоскость резания (обрабатываемая поверхность)

локна в которой направлены вдоль ствола. Поэтому модуль упругости и предел прочности при приложении усилий в разных направлениях относительно волокон различны. В связи с этим различают три основных направления резания древесины: вдоль волокон (рис. 1.2, а), поперек волокон (рис. 1.2, б) и в торец (рис. 1.2, в). Существенное влияние на неоднородность древесины оказывают такие пороки ее строения, как косослой, свилеватость, сучки, гнили и др. Следует также учитывать, что древесина является гигроскопичным материалом и от ее влажности в значительной степени зависит сопротивление механической обработке.

Основные постулаты теории резания древесины выводятся из рассмотрения задачи резания элементарным резцом. Элементарный резец является составной частью режущих инструментов и представляет собой клин, имеющий режущую кромку (лезвие) 1—2, переднюю 1—2—3—4 и заднюю 1—2—5—6 грани (рис. 1.2, г). Угол между этими гранями называется углом заострения (заточки) резца β . Угол между задней гранью и плоскостью резания (плоскость обработки) 7—8—9—10 называется задним углом, или углом наклона задней грани, α . Угол между передней гранью и плоскостью резания называется углом резания δ . Между указанными углами, характеризующими процесс резания, существует зависимость

$$\delta = \alpha + \beta. \quad (1.6)$$

При рассмотрении задачи резания элементарным резцом вводятся следующие допущения: длина режущей кромки 1—2 больше ширины материала, передняя и задняя грани плоские, угол резания δ и задний угол α постоянны. Такие условия резания соответствуют плоскому напряженному состоянию древесины. Лезвие резца перпендикулярно направлению его движения, а траектория любой точки резца прямолинейна, скорость движения резца v и толщина стружки h постоянны. Процесс резания рассматривается для случая, когда толщина обрабатываемого материала намного больше толщины снимаемой стружки.

Передняя грань деформирует надрезанную лезвием стружку и удаляет ее. Деформация стружки будет тем больше, чем больше угол резания. Следовательно, сила резания и мощность, необходимая на резание, будут возрастать с увеличением угла δ . Уменьшение этого угла возможно за счет снижения угла заточки β в пределах, допускаемых по прочности резца и углу α . Задняя грань резца является пассивной, однако от состояния ее поверхности и положения относительно плоскости резания, определяемого углом α , зависят сила отжима P_0 и сила резания P_p . При прохождении резца (особенно затупленного) подмятые волокна распрямляются и давят на заднюю грань. Чем меньше угол α , тем больше это давление.

При больших скоростях резания и малом угле α в результате трения задней грани о плоскость резания происходят интенсивный нагрев реза и прижигание древесины. Поэтому угол наклона реза не должен быть очень малым. Наивыгоднейший угол наклона в зависимости от условий резания находится в пределах $7 \dots 12^\circ$.

Резание в торец, или торцовое резание, происходит перпендикулярно направлению волокон (см. рис. 1.2, *в*). При резании в торец волокна перерезаются и древесина оказывает наибольшее сопротивление резанию. Стружка образуется мелкая и хрупкая.

При продольном резании плоскость резания и направление резания параллельны направлению волокон (см. рис. 1.2, *а*). Стружка образуется в виде ленты со слабыми изломами. Сопротивление резанию примерно в 2—3 раза меньше, чем при торцовом резании.

При поперечном резании плоскость резания параллельна, а направление резания перпендикулярно направлению волокон древесины (см. рис. 1.2, *б*). Стружка распадается на отдельные части неправильной формы, слабо связанные между собой. Обрабатываемая поверхность получается более шероховатой, чем при других видах резания. Сопротивление резанию примерно в 5—6 раз меньше, чем при резании в торец.

1.2.2. Виды пиления и типы пил

Пиление древесины отличается от элементарного резания тем, что процесс разделения древесины на части происходит путем многократного движения сложных резцов (зубьев) в полузакрытом пространстве — пропиле — с образованием опилок. По направлению плоскости пропила относительно волокон древесины пиление подразделяется на три вида: поперечное, продольное и пиление под углом. При поперечном пилении, например при раскряжке, плоскость пропила перпендикулярна общему направлению волокон. При продольном пилении, например при распиловке бревен на доски, брусья, шпалы, плоскость пропила параллельна направлению волокон. При пилении под углом плоскость пропила по отношению к направлению волокон составляет угол больше 0 и меньше 90° .

Применяемые на лесозаготовках пилы подразделяют по виду пиления, форме полотна и роду движения.

По виду пиления различают поперечные, продольные и специальные пилы.

По форме полотна пилы подразделяют на прямые, цепные, круглые и ленточные.

По роду движения полотна различают пилы с поступательным (цепные и ленточные), возвратно-поступательным (прямые) и вращательным (круглые) движением.

Цепные пилы применяют в основном для валки леса, очистки деревьев от сучьев и раскряжевки хлыстов, поперечные круглые пилы — для раскряжевки хлыстов, разделки долготья на сортаменты, отторцовки досок и т.п. Продольные круглые пилы используют для распиловки бревен на шпалы и пиломатериалы, раскряга пластин и брусков на дощечки, обрезки боковых кромок в пиломатериалах и т.п. Ленточные пилы применяют в основном для продольной распиловки толстомерных и фаутных бревен на пиломатериалы, а также при переработке древесины твердых лиственных пород.

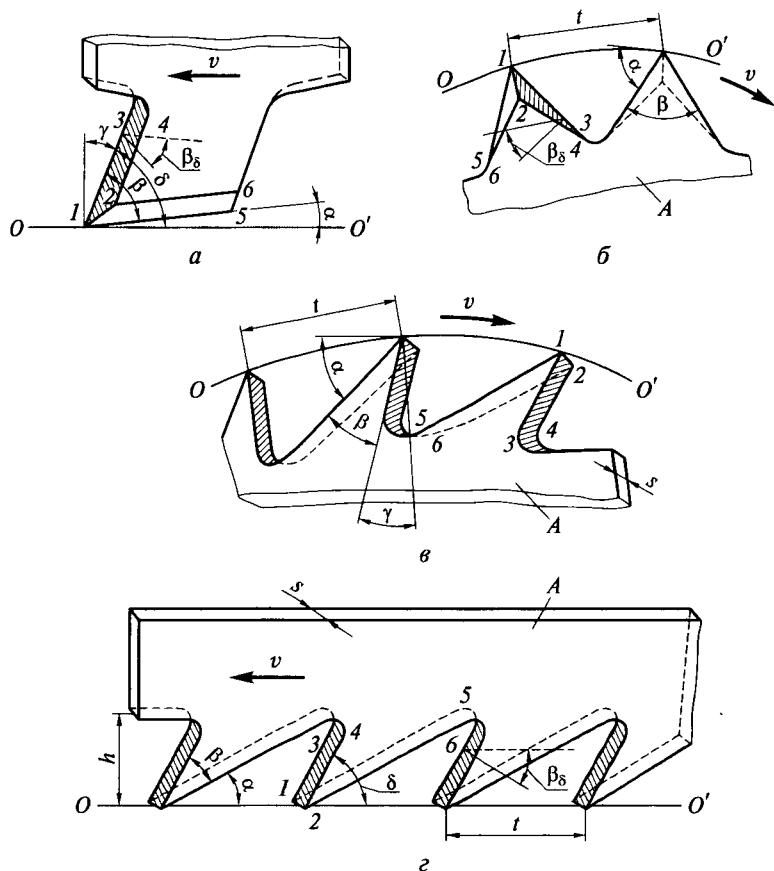


Рис. 1.3. Профили зубьев пил:

a — цепных поперечного пиления; *б* — круглых для поперечного пиления с симметричными зубьями; *в* — круглых для продольного пиления с прямой задней гранью; *г* — рамных; *A* — полотно пилы; *s* — толщина пилы; *h* — высота зуба; *t* — шаг зуба; плоскость 1—3—4—2 — передняя грань; плоскость 1—2—6—5 — задняя грань; *OO'* — линия вершин зубьев

При пилении зубья пил выполняют более сложную работу, чем простой резец, и потому имеют особый профиль. Профили зубьев различных типов пил и их элементы показаны на рис. 1.3.

В процессе пиления зубья пилы образуют пропила, имеющий две боковые плоскости и дно. Каждая из этих плоскостей формируется особыми режущими кромками зубьев. Боковые передние кромки 1—3 формируют боковые плоскости пропила, короткие режущие кромки 1—2 образуют дно пропила.

В поперечных пилах боковые режущие кромки зубьев производят резание в торец и преодолевают большее сопротивление по сравнению с короткой кромкой, режущей в направлении, близком к поперечному. В продольных пилах боковые кромки работают в поперечном направлении, а короткие режущие кромки совершают резание в торец и воспринимают наибольшие сопротивления. Все цепные и продольные пилы имеют несимметричные зубья и потому работают только в одну сторону. Поперечные круглые и плоские пилы, как правило, имеют симметричные зубья и могут работать в обе стороны.

Каждая режущая кромка зуба образуется пересечением двух плоскостей, расположенных под некоторым углом друг к другу. Угол, образованный пересечением передней и задней граней зуба, называется углом заострения зуба β ; угол между задней гранью и плоскостью резания короткой режущей кромки называется зад-

Таблица 1.1

Рекомендуемые значения углов для зубьев пил

| Тип пил | Профиль зубьев | Значения углов, ° | | | |
|------------------------------------|--------------------------|-------------------|----------|-----------|----------|
| | | β | α | β_8 | γ |
| Цепная (ПЦП) | Режущий | 70 | 10 | 60 | 10 |
| | Подрезающий | 75 | 5 | 70 | 10 |
| | Скалывающий | 70 | 5 | 90 | 15 |
| Дисковая для поперечной распиловки | Симметричный | 60 | 60 | 60 | -30 |
| | Несимметричный | 50 | 55 | 60 | -15 |
| Дисковая для продольной распиловки | С прямой задней гранью | 40 | 30 | 90 | 20 |
| | С сломаной задней гранью | 40 | 15 | 90 | 35 |
| | С выпуклой задней гранью | 40 | 15 | 90 | 35 |
| Рамная | С прямой задней гранью | 33 | 45 | 90 | 12 |
| | С сломаной задней гранью | 41 | 34 | 90 | 15 |
| | С выпуклой задней гранью | 41 | 34 | 90 | 15 |

ним углом α . Указанные углы относятся к короткой режущей кромке. Боковая режущая кромка образуется боковой плоскостью 3—1—5 и передней гранью. Угол между этими плоскостями называется углом заточки передней грани β_8 . Угол, образованный передней гранью и плоскостью резания, называется углом резания δ , а угол между передней гранью и нормалью к плоскости резания — передним углом γ .

Для уменьшения трения полотна пилы о плоскости пропила и предотвращения зажима пилы выполняют развод зубьев. Величина развода s зависит от твердости древесины. Для твердых пород она принимается равной 0,1...0,3 мм, для мягких — 0,4...0,6 мм на одну сторону. Для уменьшения трения пилы о древесину поверхность пил может покрываться антифрикционным полимерным материалом (тифлон, фторопласт и др.). Ширина пропила считается равной толщине пилы с учетом развода, т.е. $b = s + 2c$, однако фактически она всегда несколько больше из-за поперечных колебаний режущей части пилы.

Для раскряжевки на лесосеках и верхних складах в подавляющем большинстве случаев используют цепные пилы, а на нижних складах — дисковые. Рекомендуемые значения углов для зубьев различных видов пил приведены в табл. 1.1.

1.2.3. Усилие и мощность, требующиеся для резания и пиления

Для перемещения резца при резании к нему необходимо приложить усилие, называемое *усилием резания*. Одна часть данного усилия затрачивается собственно на резание, другая — на преодоление трения стружки о резец и резца о плоскость резания, а также на деформацию стружки. Разделить эти составляющие весьма трудно, поэтому в инженерной практике рассматривают суммарное усилие.

Отношение силы резания к площади поперечного сечения снимаемой стружки принято называть *удельным сопротивлением резанию древесины*

$$k = \frac{P_p}{bh}, \quad (1.7)$$

где P_p — сила резания, Н; b — ширина стружки, м; h — толщина стружки, м.

Удельное сопротивление резанию является переменной величиной, зависящей от толщины снимаемой стружки, угла резания и затупления резца, породы и влажности древесины, направления резания, скорости перемещения резца. Удельное сопротивление резанию определяют опытным путем, замеряя усилие реза-

ния P_p и площадь поперечного сечения стружки bh . Полученное значение корректируют с учетом реальных условий резания, т.е. при элементарном резании удельное сопротивление резанию определяют по формуле

$$k = k_0 a_n a_w a_\delta a_h a_p a_v a_t, \quad (1.8)$$

где k_0 — основное удельное сопротивление резанию, равное удельному сопротивлению резания воздушно-сухой сосны (влажность $W = 15\%$) острым резцом при угле резания $\delta = 45^\circ$, толщине стружки $h = 1$ мм и скорости резания $v = 50 \dots 60$ м/с; a_n — коэффициент, учитывающий породу древесины (для сосны $a_n = 1$, для осины $a_n = 0,85$, для дуба $a_n = 1,6$); a_w — коэффициент, учитывающий влажность древесины; a_δ — коэффициент, учитывающий угол резания (чем больше δ , тем больше a_δ); a_h — коэффициент, учитывающий толщину снимаемой стружки; a_p — коэффициент, учитывающий затупление зубьев; a_v — коэффициент, учитывающий скорость резания; a_t — коэффициент, учитывающий температуру древесины (для талой древесины $a_t = 1$, для мерзлой $a_t = 1,4$).

Значения удельного сопротивления резанию для сосны в зависимости от направления резания и толщины снимаемой стружки при угле резания $\delta = 60^\circ$ (по данным А.С. Воскресенского) приведены в табл. 1.2.

При всех направлениях резания удельное сопротивление тем больше, чем тоньше стружка. Это объясняется тем, что несмотря на уменьшение сил деформации тонкой стружки общее усилие, затрачиваемое на резание, снижается медленнее, чем уменьшается толщина стружки.

Угол резания оказывает наибольшее влияние на сопротивление резанию при резании в торец, наименьшее — при резании поперек волокон.

Значения поправочного коэффициента на породу древесины a_n приведены в табл. 1.3.

Значения поправочного коэффициента на влажность древесины a_w приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.2

Удельное сопротивление резанию

| Направление резания | Значение удельного сопротивления, Н/м ² , при толщине снимаемой стружки, мм | | | | | |
|---------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| В торец | 5,2 | 3,7 | 2,9 | 2,7 | 2,5 | 2,4 |
| Вдоль волокон | 2,8 | 1,8 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,8 |
| Поперек волокон | 1,2 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |

При элементарном резании поправочный коэффициент a_w с увеличением влажности уменьшается, так как влажная древесина обладает меньшей прочностью. При пилении, наоборот, этот коэффициент с увеличением влажности возрастает, поскольку увеличиваются силы трения между древесиной и резцом.

Значения поправочного коэффициента на затупление зубьев a_p в зависимости от числа часов работы режущего инструмента приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.3

Поправочный коэффициент на породу древесины

| Порода | a_n | Порода | a_n |
|--------|-----------|-------------|-------------|
| Сосна | 1,0 | Лиственница | 1,1 |
| Ель | 0,9...1,0 | Бук | 1,3...1,5 |
| Береза | 1,2...1,3 | Ясень | 1,5...2,0 |
| Осина | 0,85 | Липа | 0,8 |
| Дуб | 1,5...1,6 | Ольха | 1,0...1,005 |

Таблица 1.4

Поправочный коэффициент на влажность древесины

| Состояние древесины | Абсолютная влажность, % | a_w |
|----------------------------|-------------------------|------------|
| Очень сухая | 5...8 | 1,1 |
| Сухая | 10...15 | 1,0...1,05 |
| Полусухая (воздушно-сухая) | 25...30 | 0,95...1,0 |
| Сырая (свежесрубленная) | 50...70 | 0,9 |
| Мокрая (сплавная) | 70...150 | 0,8...0,85 |

Таблица 1.5

Изменение радиуса закругления лезвия резца и поправочного коэффициента на затупление зубьев

| Показатель | Значение показателя при времени работы инструмента после заточки, ч | | | | |
|--------------------------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Радиус закругления лезвия резца, мкм | 2...10 | 26...30 | 35...40 | 41...50 | 46...50 |
| Коэффициент a_p | 1,0 | 1,2...1,4 | 1,3...1,7 | 1,4...1,8 | 1,5...2,0 |

Используя эмпирические данные о величине удельного сопротивления резанию, можно определить силу и мощность, требующиеся для резания.

Усилие резания находят по формуле

$$P_p = kbh. \quad (1.9)$$

Из нее следует, что усилие резания прямо пропорционально площади поперечного сечения стружки.

Работа, затрачиваемая на срезание стружки,

$$A = P_p l = kbhl, \quad (1.10)$$

где l — длина снимаемой стружки.

Из формулы (1.10) следует, что работа, затрачиваемая на резание древесины, прямо пропорциональна объему древесины, превращенной в стружку.

Мощность, требующуюся для резания древесины, определяют как произведение силы резания на скорость резания:

$$N_p = P_p v = kbhv = kbhl/t, \quad (1.11)$$

где v — скорость резания; t — время снятия стружки.

Из формулы (1.11) следует, что мощность, требующаяся для резания, прямо пропорциональна объему древесины, превращаемому в стружку за единицу времени, т. е.

$$N_p = kq_0, \quad (1.12)$$

где q_0 — превращаемый в стружку за единицу времени объем древесины;

$$q_0 = bhv. \quad (1.13)$$

Уравнения (1.9)—(1.13) справедливы для всех видов резания со снятием стружки.

Процесс пиления значительно сложнее, чем резание элементарным резцом. При пилении одновременно работают несколько режущих кромок, отделение стружки происходит в закрытом пространстве, называемом пропилом.

При рассмотрении процесса пиления необходимо учитывать как скорость движения зубьев пилы v , так и скорость надвигания пилы на древесину (скорость подачи) u .

Объем древесины, превращаемый в опилки за 1 с,

$$q_0 = bHu,$$

где b — ширина пропила, м; H — высота пропила (проекция длины пропила на плоскость, перпендикулярную направлению подачи), м; u — скорость подачи, м/с.

При поперечной распиловке круглых лесоматериалов $H = 0,8d$, при продольной $H = \sqrt{d^2 - 4x^2}$, где x — расстояние от плоскости пропила до поперечной оси бревна.

Подставив выражение для q_0 в формулу (1.12), получим выражение для мощности резания при пилении

$$N_p = kbHu. \quad (1.14)$$

Разделив левую и правую части уравнения (1.14) на v , получим выражение для силы резания при пилении

$$P_p = kbH \frac{u}{v}. \quad (1.15)$$

При определении удельной работы резания, Дж/м³, учитывают меньше коэффициентов, чем при резании элементарным резцом:

$$k = k_0 a_n a_w a_p a_r. \quad (1.16)$$

Значение основной удельной работы резания выбирают по таблицам или определяют по графикам в зависимости от величины подачи на зуб, ширины пропила и вида режущего инструмента (дисковая, цепная, ленточная пила и т. п.).

Усилие, необходимое для подачи пилы при резании древесины, называется усилием подачи и определяется по формуле

$$P_u = (0,7 \dots 1,0) P_p. \quad (1.17)$$

Производительность чистого пиления $\Pi_{ч.п}$, м²/с, — это площадь пропила, которая может быть произведена пилой за 1 с:

$$\Pi_{ч.п} = Hu = \frac{N_p}{kb}. \quad (1.18)$$

Данный показатель весьма важен, поскольку во многом определяет производительность оборудования.

1.3. Технология и оборудование лесосечных работ

1.3.1. Подготовительные и вспомогательные работы

Подготовительные работы. Эти работы выполняют до начала основных работ, включающих в себя валку и трелевку леса, очистку деревьев от сучьев, раскряжевку и погрузку лесоматериалов на лесовозный транспорт. К подготовительным работам относятся лесосырьевая, технологическая и транспортная подготовки, подготовка территории лесосек, лесопогрузочных пунктов и треле-

вочных волоков, подготовка обслуживающих производств (обустройство мастерского участка). Анализ трудозатрат на лесозаготовках показывает, что на подготовительные работы приходится 35..40 % всех трудозатрат, объем которых зависит от принятого технологического процесса, используемых машин, почвенно-грунтовых и рельефных условий, захламленности лесосеки и таксационных характеристик вырубаемого древостоя.

Лесосырьевая подготовка заключается в приемке лесосеки у федерального органа надзора за лесом (лесхоза).

Приемка лесосечного фонда от федеральных органов надзора за лесом производится в целях проверки правильности отвода лесосек в рубку и аукционной документации каждой лесосеки. Для этого осматривают все лесосеки, отведенные в рубку, и при этом проверяют: соответствие мест отвода указанным в лесорубочных билетах; наличие ясно видимых границ лесосеки и неэксплуатационных площадей (занятых подростом и группами деревьев оставаемыми в качестве семенников); правильность товарно-денежной оценки лесосеки (породный состав, объем, выход деловой древесины и др.); наличие и количество подлежащего обязательному сохранению жизнеспособного подроста. Кроме того, убеждаются в отсутствии лесонарушений в прилегающих к лесосеке насаждениях в полосе шириной 50 м.

При обнаружении расхождений с данными лесхоза по вышеперечисленным пунктам лесопользователь сообщает об этом лесхозу, который обязан проверить выявленные недостатки.

Технологическая подготовка лесосеки заключается в изучении лесоэксплуатационных условий (рельефа местности, грунтов, степени захламленности лесосек). При этом производят: изыскания трассы лесовозного уса; выбор места для размещения погрузочных площадок и мастерского участка; разработку технологического процесса лесозаготовок с учетом имеющейся у лесопользователя техники и лесоводственных требований к рубкам в данной местности; составление технологической карты разработки лесосеки, в которой указывают породный состав и запас леса на 1 га по выделам, трассы трелевочных волоков, места расположения погрузочных пунктов и мастерского участка, способ очистки лесосеки, а также меры содействия лесовозобновлению и количественные показатели работ. Согласованная технологическая карта подписывается представителями лесопользователя и лесхоза.

Из перечисленных пунктов работ видно, что задачей технологической подготовки является обоснованный выбор рациональной схемы разработки лесосеки и ее транспортного освоения. Составляемая технологическая карта должна максимально учитывать особенности конкретной лесосеки (площадь и форму, почвенно-грунтовые условия и рельеф, таксационные характеристики, вид рубки, лесоводственные требования).

Лесосырьевая и технологическая подготовки лесосек предшествуют всем остальным видам подготовительных работ. Они выполняются инженерно-техническими работниками лесопользователя и не входят в состав работ, осуществляемых подготовительной бригадой. Обычно указанные подготовки проводят мастера лесозаготовок с двумя-тремя помощниками из рабочих. Нормативные трудозатраты составляют 1,0...1,5 чел.-день на 1 000 м³ древесины на лесосеке.

Транспортная подготовка заключается в том, что до начала разработки к лесосеке подводят ус лесовозной дороги. Для прокладки уса разрабатывают полосу шириной 6...8 м. Все опасные деревья вдоль лесовозного уса на расстоянии 25 м по обе стороны убирают до начала его строительства. Тип уса выбирают в зависимости от почвенно-грунтовых условий, сезона вывозки и наличия материалов.

Потребное число рабочих для строительства усов определяют по формуле

$$n_p = \frac{L_y H_y}{D_y}, \quad (1.19)$$

где L_y — общая протяженность усов на расчетный год, км; H_y — трудозатраты на строительство 1 км уса, чел.-день; D_y — число дней работы бригады на строительстве усов.

Общая протяженность лесовозных дорог зависит от размещения выделенных лесосек в лесном массиве, развитости существующей дорожной сети.

Подготовка территории лесосек к рубке заключается в уборке сухостойных, зависших и гнилых деревьев, способных неожиданно упасть от ветра или толчка (опасных деревьев). Уборку производят на всей территории лесосеки и в 50-метровой зоне вокруг лесопогрузочных пунктов, мест размещения механизмов и подштабельных площадей. При применении на лесозаготовках многооперационных машин уборку опасных деревьев на территории лесосеки выполняют одновременно с лесозаготовками. Для уборки опасных деревьев применяют бензиномоторные пилы, переносные моторные и ручные лебедки, а иногда трелевочные тракторы.

Затем производят разметку трасс трелевочных волоков и разработку территории, отведенной под их размещение, а также территории погрузочных площадок. Эта разработка заключается в срезании на указанных площадях всех растущих деревьев заподлицо с землей, уборке валунов и пней, засыпке ям, устройстве настила из сучьев или низкосортной древесины в топких местах.

Ширина магистральных волоков составляет 6 м, пасечных — 4...5 м в зависимости от типа применяемого трелевочного меха-

низма и вида рубок. На лесосеках со слабой несущей способностью грунтов волокнистые укрепляют порубочными остатками, а иногда, на отдельных участках, устраивают сплошные настилы — гати.

Зимние волокнистые могут устраиваться проходом несколько раз порожнего транспорта. В условиях пересеченной местности подготовка лесосек может потребовать выполнения земляных работ с применением бульдозера, который необходим также при глубоком снежном покрове и сильно захламленной лесосеке.

В случае применения на трелевке канатных трелевочных установок в состав подготовительных работ входит монтаж этих установок, в том числе оснастка мачт, угловых блоков, канатов и т. д.

При выборочных и постепенных рубках, а также рубках ухода технологическую карту составляют одновременно с отводом лесосеки.

К подготовительным относятся также работы по устройству раскряжевочной и погрузочной эстакады и площадок для укладки или сжигания лесосечных отходов, если таковые сооружения необходимы по принятой технологии лесосечных работ.

Подготовка обслуживающих производств включает в себя устройство мест для стоянки тракторов и хранения оборудования, а также горючесмазочных материалов, пунктов профилактического обслуживания машин и механизмов, установку помещения для обогрева рабочих, средств связи и осветительных приборов, противопожарного оборудования и др.

Трудозатраты, чел.-день, на подготовительные работы определяют по формуле

$$T = \frac{Q}{q} \left(A + \frac{B}{S} + \frac{KC}{100v} \right), \quad (1.20)$$

где Q — годовой объем вывозки, м^3 ; q — ликвидный запас леса на 1 га, $\text{м}^3/\text{га}$; A — трудозатраты на подготовку 1 га лесосеки к рубке, чел.-день; B — трудозатраты на подготовку погрузочного пункта, чел.-день; S — площадь лесосеки, тяготеющей к одному погрузочному пункту, га; K — коэффициент, учитывающий неэксплуатационную площадь (вырубки, гари и т. д.), $K = 1,0 \dots 1,2$; C — трудозатраты на строительство 1 км лесовозного уса, чел.-день/км; v — ширина полосы леса, осваиваемой с одного лесовозного уса, км.

Трудозатраты по отдельным составляющим подготовительных работ определяют по нормативной литературе с учетом местных условий.

Число рабочих, необходимое для проведения требуемого объема подготовительных работ, находят по формуле

$$N = \frac{T}{D}, \quad (1.21)$$

где T — общие трудозатраты на проведение подготовительных работ, чел.-день; D — число рабочих дней в году, затрачиваемых на подготовительные работы.

Обычно трудоемкость подготовительных работ оценивают на $1\ 000\ \text{м}^3$ заготовленной предприятием древесины:

$$T_{1\ 000} = \frac{1\ 000T}{Q}. \quad (1.22)$$

Реже эту трудоемкость оценивают на 1 га освоенной площади:

$$T_{\text{га}} = \frac{T}{S_r}, \quad (1.23)$$

где S_r — площадь годичной лесосеки предприятия, га.

Вспомогательные работы. Эти работы выполняют в ходе основных работ. К вспомогательным работам относятся техническое обслуживание машин, обеспечение топливосмазочными материалами, бытовое обслуживание рабочих, поддержание связи с поселками, содержание лесовозных дорог, охрана оборудования в нерабочее время. Объем этих работ зависит от уровня механизации лесосечных работ. Чем она выше, тем больше требуется трудозатрат на выполнение вспомогательных работ.

1.3.2. Виды технологических процессов и состав работ

Технология (от гр. *téchnē* — мастерство, умение, искусство) — совокупность методов обработки, изменения состояния, формы, размеров, свойств и местоположения предмета труда в процессе производства продукции.

Технология лесозаготовительного производства — это способы и средства выполнения на лесосеках, погрузочных пунктах и лесных складах ряда операций от валки леса до отгрузки его потребителю в надлежащем виде.

Различают следующие технологические операции:

рабочие, в результате которых изменяются размеры, форма и свойства предмета труда (срезание дерева, раскряжевка на сортаменты и др.);

переместительные, в результате которых изменяется местоположение предмета труда (трелевка древесины, погрузка и выгрузка, перемещение между станками и оборудованием в технологическом потоке);

смешанные, в результате которых одновременно происходят обработка и перемещение предмета труда (очистка деревьев от сучьев при помощи сучкорезных машин, окорка кряжей и др.).

При лесосечных работах технологические операции выполняются на лесосеке и погрузочном пункте (верхнем складе).

В зависимости от набора технологических операций, места их выполнения и вида продукции, вывозимой с лесосеки, технологические процессы лесосечных работ подразделяют на три основные группы: хлыстовая технология, сортиментная технология и технология с углубленной переработкой древесины.

В табл. 1.6 представлены наиболее распространенные технологические процессы всех трех групп лесосечных работ. Следует иметь в виду, что в группе технологических процессов с углубленной переработкой древесины теоретически возможно большее разнообразие получаемой продукции, однако в настоящее время эта группа процессов развита слабо (данные табл. 1.6 отражают современный уровень развития).

Таблица 1.6

Технологические процессы лесосечных работ

| Группа технологических процессов | Номер технологического процесса | Операции, выполняемые на лесосеке | Вид трелеваемых лесоматериалов | Операции, выполняемые на верхнем складе или погрузочном пункте | Вид вывозимых лесоматериалов |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|------------------------------|
| Хлыстовая технология | 1 | В-Фп | Д | П | Д |
| | 2 | В-Фп | Д | Ос-П | Х |
| | 3 | В-Ос-Фп | Х | П | Х |
| Сортиментная технология | 4 | В-Ос-Фп | Х | Р-П | С |
| | 5 | В-Фп | Д | Ос-Р-П | С |
| | 6 | В-Ос-Р-Фп | С | П | С |
| | 7 | В-Ос-Р-Фп-П | — | — | С |
| Технология с углубленной переработкой древесины | 8 | В-Фп | Д | Ос-Р-Пр-П | Пм |
| | 9 | В-Ос-Р-Фп | С | Пр-П | Пм |
| | 10 | В-Ос-Р-Фп, Рщпо-П | С | Ок-Рщ-П | Щтех, Щтоп |

Примечание: В — валка деревьев; Ок — окорка; Ос — очистка деревьев от сучьев; П — погрузка на лесовозный транспорт; Пр — продольная распиловка; Р — раскряжевка; Рщ — рубка в щепу; Рщпо — рубка в щепу порубочных остатков; Фп — формирование пакета; Д — деревья; Пм — пиломатериалы; С — сортименты; Х — хлысты; Щтех — щепа технологическая; Щтоп — щепа топливная.

Хлыстовая технология заготовки леса является в настоящее время наиболее распространенной. В России на ее долю приходится около 80 % всего заготавливаемого леса, в США и Канаде — более 85 %.

Технологический процесс № 1 позволяет свести к минимуму число операций, выполняемых на лесосеке, и осуществлять операции на более производительном стационарном оборудовании нижних складов и бирж сырья деревоперерабатывающих предприятий. Кроме того, этот процесс дает возможность уменьшить трудозатраты на очистку лесосек и использовать сучья, вершины и ассимиляционный аппарат деревьев (хвоя и листья) для производства полезной продукции (топливная и технологическая щепка, арболит, хвойно-витаминная мука и др.).

Однако при трелевке деревьев, особенно за комли, труднее сохранить подрост и предотвратить повреждения оставляемых на корню деревьев. Современная лесоводственная наука считает нежелательным вывоз порубочных остатков с территории лесосеки в связи с обеднением лесной почвы, а при вывозе деревьев уменьшается использование грузоподъемности лесовозного транспорта из-за низкого коэффициента полнодревесности пакета. На большинстве производственных площадок лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий отсутствуют технические и технологические возможности переработки порубочных остатков.

При технологическом процессе № 2 происходит концентрация порубочных остатков на территории верхнего склада, что уменьшает трудозатраты на очистку лесосеки, улучшает условия для применения высокопроизводительных мобильных сучкорезных машин, дает возможность лучше использовать грузоподъемность лесовозного транспорта. Однако при этом процессе увеличивается число операций, выполняемых в лесу.

Достоинством технологического процесса № 3 является то, что трелевка хлыстов позволяет уменьшить степень повреждаемости подроста и оставляемых на корню деревьев, появляется возможность использовать порубочные остатки для укрепления трелевочных волоков при слабой несущей способности грунтов. Однако при этом увеличиваются затраты на последующую очистку территории лесосеки, невозможно или затруднено последующее применение порубочных остатков для производства полезной продукции.

Сортиментная технология заготовки леса наиболее предпочтительна для небольших лесозаготовительных фирм, не имеющих своих лесоперерабатывающих площадок и торгующих древесиной «с колес». Кроме того, она рекомендуется при невозможности использования хлыстовой вывозки леса, например при малых радиусах поворота лесовозной дороги.

При технологическом процессе № 4 работы по валке деревьев, очистке их от сучьев и раскряжевке обычно выполняют с помо-

шью ручного моторного инструмента — бензиномоторных пил. Подобная технология, распространенная на несплошных рубках при отсутствии у предприятия высокопроизводительных многооперационных машин, позволяет использовать порубочные остатки для укрепления трелевочных волоков и вывозить с лесосеки готовую продукцию, если предприятие торгует круглым лесом. Основным недостатком данного процесса является большая доля ручного труда при лесосечных работах.

Технологический процесс № 5 имеет недостатки, связанные с трелевкой деревьев, но позволяет использовать на верхнем складе многооперационные сучкорезно-раскряжевочные машины, называемые также процессорами.

Технологические процессы № 6 и 7 являются классическими примерами так называемой скандинавской технологии заготовки леса. На валке леса используются либо бензиномоторные пилы (тогда для очистки деревьев от сучьев и раскряжевки применяются процессоры), либо валочно-сучкорезно-раскряжевочные машины, называемые также харвестерами. Иногда все технологические операции выполняются с помощью бензиномоторных пил. На трелевке используются сортиментовозы, называемые также форвардерами, с колесным или гусеничным двигателем. Технологический процесс № 7 предусматривает так называемую прямую вывозку леса, т.е. без выделения специальной операции трелевки и пересадки на лесовозный транспорт. Работа по такой схеме эффективна при небольшом расстоянии вывозки (до 40 км) и использовании в качестве транспорта леса только колесных форвардеров. Так работают в основном в скандинавских и других европейских странах, где расстояния вывозки обычно невелики.

Технологию с углубленной переработкой древесины можно признать перспективной. Ее развитие в настоящее время сдерживается отсутствием недорогой и эффективной техники, способной перерабатывать заготавливаемую древесину на щепу и пиломатериалы в условиях лесосеки. Разработка такой техники находится сейчас на стадии проектирования и экспериментальных исследований.

Технологические процессы № 8 и 9 предусматривают проведение на лесосеке и погрузочном пункте всех технологических операций по выработке пиломатериалов. В настоящий момент такая технология заготовки применяется в основном в мелких частных лесовладениях за рубежом. Она не получила промышленного распространения в связи с отсутствием высокопроизводительной техники, способной производить продольную распиловку круглых лесоматериалов в условиях лесосеки.

Технологический процесс № 10 позволяет получать на лесосеке технологическую и топливную щепу. Он перспективен в усло-

виях плантационного лесовыращивания. На современном этапе развития лесопромышленного комплекса получение технологической щепы в условиях лесосеки затруднено из-за отсутствия машин, способных производить качественную окорку в данных условиях. Получение топливной щепы из порубочных остатков в условиях лесосеки активно внедряется в технологический процесс лесозаготовок в последние годы.

1.3.3. Механизированная валка деревьев

Способы и виды валки деревьев. Валка деревьев является первой операцией основных работ. Возможны два способа валки деревьев: без корневой системы (с оставлением пня) и с корневой системой.

Второй способ несмотря на возможность более полного использования фитомассы дерева не получил распространения в настоящее время в связи с большими техническими сложностями как самого процесса валки, так и дальнейшей переработки деревьев с корневой системой. Данный способ используется только в случае расчистки лесопокрытых земель, выведенных из состава лесного фонда или переведенных в нелесные земли.

При первом способе (с оставлением пня) валка может быть трех видов: ручная, механизированная и машинная.

При ручном виде валки используют ручные лесозаготовительные инструменты (ручные пилы, топоры). В настоящее время этот вид промышленно не применяется.

При механизированном виде используют ручной моторный инструмент (бензино- и электромоторные пилы). В настоящее время как в России, так и в большинстве зарубежных стран наиболее распространены бензиномоторные пилы в связи с большой стоимостью специальных лесозаготовительных машин и более широкими возможностями применения пил по рельефным и почвенно-грунтовым условиям.

Виды и характеристики ручного инструмента. Ручные моторные инструменты классифицируют по ряду признаков.

По типу привода их подразделяют на бензиномоторные, т.е. работающие от бензинового двигателя внутреннего сгорания, и электромоторные — с приводом от электродвигателя.

Электромоторные пилы используют для раскряжевки, обрезки вершин и крупных сучьев. В основном применяют пилы, имеющие мощность электродвигателя 1,3... 3 кВт. Электродвигатели трехфазные с рабочей частотой 50, 200 или 400 Гц. Электромоторные пилы по сравнению с бензиномоторными более просты в эксплуатации, у них значительно меньше уровни шума и вибрации. Вместе с тем для них необходимы источник энергии и

кабельная сеть, что резко ограничивает их применение в условиях лесосеки.

По расчетам отечественных экономистов и технологов бензиномоторные пилы в ближайшие два десятилетия будут наиболее экономически выгодны на лесозаготовках в России. Кроме того, вальщик с бензиномоторной пилой наносит лесной среде гораздо меньший вред, чем любая лесозаготовительная машина. Основными узлами бензиномоторных пил являются: двигатель внутреннего сгорания (одноцилиндровый, двухтактный) с системой зажигания и питания, в которую входит топливный бак объемом, рассчитанным на 1...1,5 ч работы; устройства для передачи вращающего момента от двигателя к пильному механизму; пусковое устройство; рама для крепления основных узлов и деталей пилы.

По расположению рукоятей бензиномоторные пилы подразделяют на универсальные (с низким расположением рукоятей) и специализированные (с высоким расположением рукоятей). С точки зрения эргономики процесса валки предпочтительной является компоновка специализированных пил, называемых также пилами для валки леса в равнинных условиях. Наличие поворотного редуктора позволяет успешно использовать их и на других работах (раскряжевка, обрезка крупных сучьев и вершин, подготовительные работы).

Из пил отечественного производства к универсальным относятся «Тайга-214», «Тайга-245», «Крона-202», к специализированным — М-228, «Урал-2Т Электрон», «Дружба-4МЭ».

По наличию редуктора пилы подразделяют на редукторные и безредукторные. Все специализированные пилы имеют редуктор, т.е. относятся к редукторным.

Основными частями пильного механизма являются: пильная шина; ведущая и ведомая звездочки (ведомая звездочка ставится не всегда); пильная цепь; устройства для натяжения и смазывания пильной цепи; амортизирующее устройство, устанавливаемое под ведомую звездочку.

По наличию дополнительной рукояти на свободном конце пильного механизма пилы подразделяют на консольные и неконсольные. В настоящее время неконсольные пилы не выпускаются.

По числу цепей различают одно- и двуцепные пилы. Все современные пилы одноцепные.

В качестве режущего инструмента на моторных пилах и большинстве лесозаготовительных машин, осуществляющих валку деревьев, применяют пильные цепи, классифицируемые:

по типу зубчатого венца — с плоскими зубцами, каждый из которых выполняет определенную работу (пильные цепи поперечного пиления — ПЦП); с зубцами Г-образного профиля, имеющими сложную форму и выполняющими всю работу по образованию пропила и транспортированию опилок (пильные цепи универсальные — ПЦУ);

типу устройств для направления движения цепи по шине — с хвостовиками на средних звеньях цепи, перемещающихся в пазах пильной шины; седлающего типа с выступами на боковых звеньях,

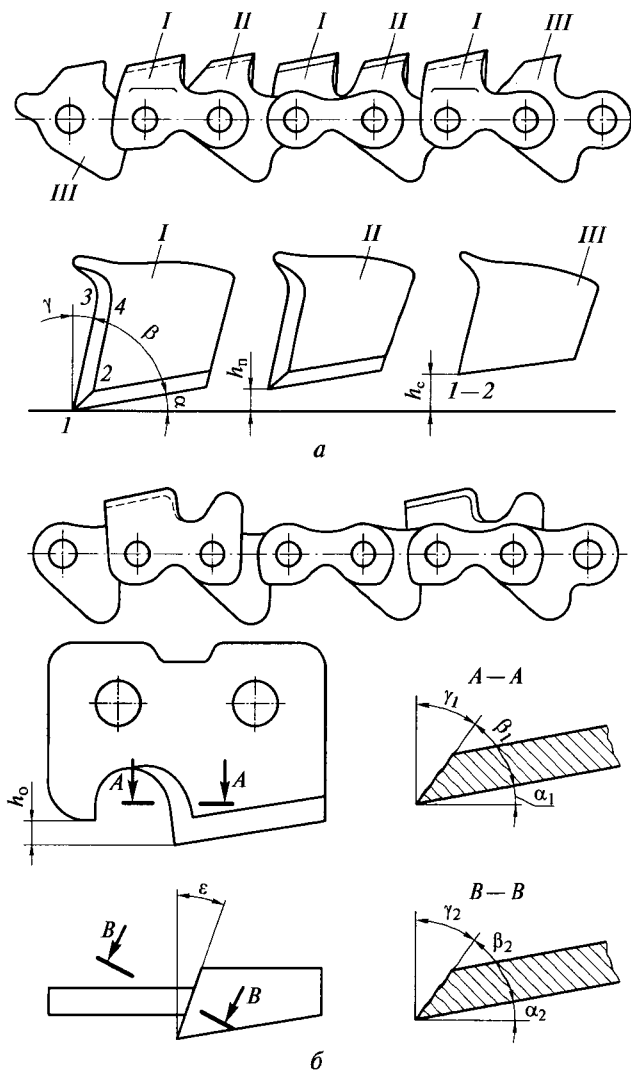


Рис. 1.4. Пильные цепи:

a — поперечного пиления; *б* — универсальная; *I* — режущий зуб; *II* — подрезающий зуб; *III* — скалывающий зуб; плоскость $1-3-4-2$ — передняя грань; линия $1-2$ — режущая кромка; h_n , h_c — превышения режущего зуба соответственно над подрезающим и скалывающим зубьями; h_o — превышение лезвия над ограничителем подачи; α — задний угол; β — угол заострения (заточки); γ — передний угол; ϵ — угол наклона

благодаря чему между боковыми звеньями образуются пазы, в которые входят направляющие выступы пильной шины;

способу соединения звеньев — неразборные, соединенные заклепками; разборные, соединенные разборными шарнирами;

величине шага цепи по заклепкам — мелкозвенные с шагом до 15 мм; крупнозвенные с шагом свыше 15 мм (кроме того, различают цепи с постоянным и переменным шагом).

Пильная цепь поперечного пиления (рис. 1.4, *а*) состоит из режущих блоков. В каждом блоке шесть зубьев: три режущих *I*, два подрезающих *II* и один скалывающий *III*. Режущие зубья расположены в шахматном порядке: за каждым режущим следует или противоположный ему по разводу подрезающий зуб, или скалывающий, не имеющий развода. У режущих и подрезающих зубьев передние грани *1—3—4—2* затачиваются под углом 50...60° (меньшие значения для мягкой древесины), а углы α , β и γ составляют соответственно 9, 70...80 и 0...10°. Наиболее нагружены в работе режущие кромки *1—3*, перерезающие волокна древесины и образующие стенки пропила.

Универсальные пильные цепи (рис. 1.4, *б*) имеют зубья только одного типа, расположенные в шахматном порядке. Каждый зуб помимо режущего лезвия имеет ограничитель подачи, находящийся перед лезвием. Ограничитель выполняет две задачи: устанавливает толщину снимаемой стружки (величину подачи на зуб), что препятствует самозарезанию зубьев в древесину и перегрузке двигателя; транспортирует опилки из пропила. Лезвие (строгающий зуб) имеет две режущие кромки: вертикальную, образующую стенки пропила, и горизонтальную — образующую дно пропила. Рекомендуемые угловые параметры: $\alpha_1 = 2^\circ$; $\alpha_2 = 9^\circ$; $\beta_1 = 60^\circ$; $\beta_2 = 40 \dots 50^\circ$; $\epsilon = 35^\circ$.

Технология механизированной валки деревьев. В процесс валки дерева входят следующие последовательно выполняемые операции: осмотр дерева; подготовка рабочего места; подпил, срезание и сталкивание дерева с пня в заданном направлении; переход к следующему дереву.

Осмотр дерева производят для того, чтобы оценить его и выбрать условия для безопасной валки в направлении, заданном технологической картой разработки лесосеки и обеспечивающем наибольшее сохранение подроста. При осмотре выявляют состояние ствола, на глаз устанавливают диаметр дерева и его наклон, особенности строения кроны, силу и направление ветра. Силу ветра приблизительно можно определить по шкале Бофорта в баллах по следующим признакам: при умеренном ветре (4 балла) приходят в движение тонкие ветви деревьев; при свежем ветре (5 баллов) колеблются большие сучья; при сильном (6 баллов) — качаются толстые сучья, а при крепком (7 баллов) — качаются стволы деревьев, гнутся большие сучья и человеку трудно идти против ветра.

Правила техники безопасности запрещают механизированную валку деревьев при силе ветра 5 баллов и более.

Общее направление валки устанавливается технологической картой в зависимости в основном от способа трелевки и ее направления, которое, в свою очередь, обусловлено расположением погрузочных пунктов. От правильности валки деревьев существенным образом зависят безопасность рабочих и сохранение подроста, поэтому при разработке лесосеки обязательным условием является валка деревьев в заданном направлении. Некоторые отклонения от общего направления валки могут быть вызваны невозможностью обеспечения имеющимися инструментами безопасной и бездефектной валки отдельных деревьев из-за их индивидуальных особенностей (например, если дерево имеет диаметр более 60 см и наклон в сторону, обратную заданному направлению валки, то его валка производится в сторону наклона).

Подготовка рабочего места заключается в уборке снега, кустарника, подроста, подгона и низко свисающих сучьев, выборе и подготовке путей отхода вальщика во время свободного падения дерева. Пути (коридоры) отхода вальщика при валке в равнинной местности должны идти под углом 45° к направлению валки в противоположную от этого направления сторону (рис. 1.5, а), а при валке на склонах — в зависимости от направления валки (рис. 1.5, б, в). Чтобы обеспечить возможность оставления пней требуемой высоты и безопасные условия работы при глубине снежного покрова свыше 0,6 м, вальщику следует выделять в помощь рабочего для расчистки снега.

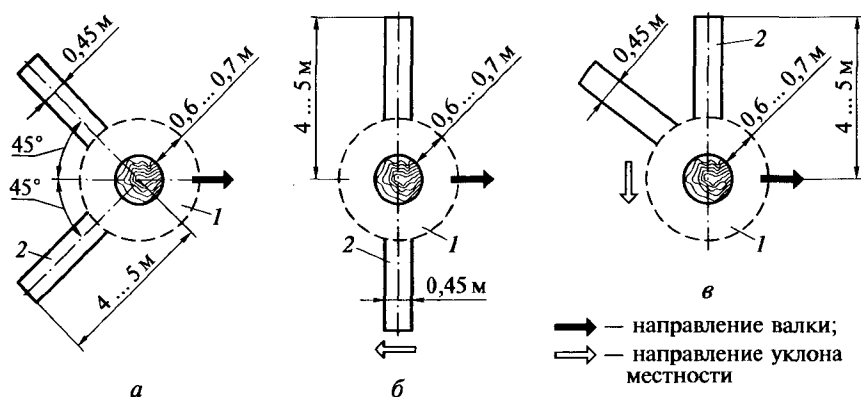


Рис. 1.5. Направление коридоров отхода:

а — при валке в равнинной местности; б — в холмистой местности при валке дерева на возвышении; в — в холмистой местности при валке поперек склона;
1 — кольцевой коридор обхода; 2 — коридор отхода

При спиливании низкорастущих сучьев надо помнить о том, что нельзя пилить выше уровня плеч и стоять прямо за пилой (ствол дерева должен использоваться в качестве щита).

Ширина отходного пути после расчистки должна быть не менее 0,45 м, глубина снега — не более 0,3 м, глубина оставляемого снега по кольцу обхода — не более 0,2 м.

Чтобы дерево упало в заданном направлении без образования дефектов в комлевой части, необходим правильный выбор места, формы и размеров подпила. Кроме того, имеют значение форма перемычки (зоны неперерезанных волокон) и применение стлывающих устройств (валочных лопаток, гидроклиньев, гидродомкратов и др.).

Подпил дерева производится со стороны направления валки одним из следующих способов: одним резом при валке деревьев диаметром D до 0,2 м (рис. 1.6, а); двумя резами под углом $\alpha = 20...40^\circ$ друг к другу (рис. 1.6, б, в); двумя параллельными резами с расстоянием между ними $b = 0,1$ м (рис. 1.6, г). При подпиле дерева двумя резами под углом друг к другу первый, горизонтальный, рез делают на уровне шейки корня, а затем выполняют второй, наклонный, рез. Удаление «ломтя» в виде клина производят

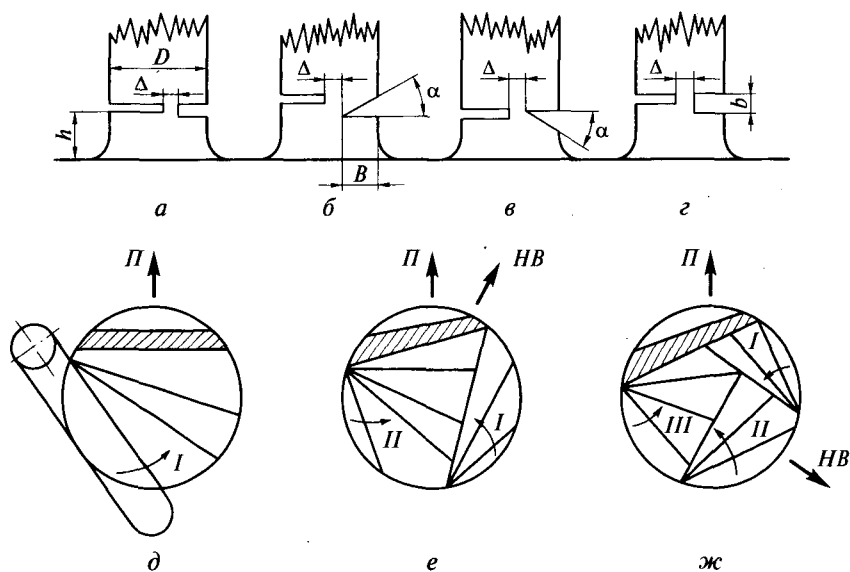


Рис. 1.6. Механизированная валка деревьев:

а — с подпилем одним резом; б — с подпилем клином вверх; в — с подпилем клином вниз; г — с подпилем двумя параллельными резами; д — срезание дерева за один (I) прием; е — срезание дерева за два (I, II) приема; ж — срезание дерева за три (I—III) приема; П — направление валки деревьев; НВ — направление ветра или наклона дерева

пильной шиной. При подпиле двумя параллельными резами второй рез также делают горизонтальным, сегмент удаляют с помощью топора. Наличие подпила предотвращает расколы ствола, образование сколов и отщепов на периферийной его части.

Глубина подпила B зависит от диаметра дерева, наклона ствола, формы и развитости кроны, силы и направления ветра. У вертикально стоящих деревьев с равномерно развитой кроной при отсутствии ветра глубину подпила делают равной $1/4$ диаметра дерева в месте среза ($B = D/4$). У деревьев с односторонне развитой кроной или наклоном ствола в сторону валки, а также при попутном ветре (направленном в сторону валки) глубину подпила во избежание самопроизвольного падения дерева со сколом в комлевой его части увеличивают до $D/3$. При валке дерева в направлении, обратном его тяготению (против его наклона или против направления ветра), глубину подпила уменьшают до $D/5$, так как при большей глубине подпила может возникнуть опасность самопроизвольного падения дерева в обратном направлении. Тонкие деревья могут быть срезаны без подпила.

С внедрением на валке леса пильных цепей ПЦУ-10,26 широкое распространение получил подпил углом кверху с нижней горизонтальной плоскостью (см. рис. 1.6, б). При смыкании горизонтального и наклонного резов кусок древесины, заключенный между ними, сразу же отбрасывается пильной шиной пилы, что сокращает трудозатраты. Подпил углом книзу (см. рис. 1.6, в) применяют при валке крупных деревьев в горных условиях. Подпил двумя параллельными резами (см. рис. 1.6, г) стал применяться только при валке крупных деревьев.

После выполнения подпила производят срезание дерева со стороны, обратной направлению валки. Плоскость срезания должна быть горизонтальной и находиться на уровне верхней кромки подпила. Высота пня от шейки корня должна быть меньше или равна $1/3$ диаметра дерева ($h \leq D/3$), но не более 10 см. Деревья, диаметр которых не превышает свободной длины пильной шины, срезают за один или два приема (рис. 1.6, д, е). Крупномерные деревья срезают за три приема (рис. 1.6, ж). Деревья, диаметр которых равен двойной длине пильной шины, срезают следующим образом. Сначала с правой стороны прорезают ствол на глубину, равную длине пильной шины, затем веерообразным движением пильной шины завершают срезание дерева. Если на лесосеке встречаются одиночные более крупные деревья, то в комлевой части с двух противоположных сторон, перпендикулярных направлению валки, срезают «ломти», уменьшая толщину дерева, а потом пилят его обычным способом, т.е. делают подпил со стороны направления валки, а затем срезают. Перед тем как сделать пропила, следует проверить уровень топлива. Если топливо кончится во время выполнения пропила, то может возникнуть опасная ситуация.

При срезании дерева оставляют зону неперерезанных волокон — перемычку Δ (см. рис. 1.6, $a-\varepsilon$), которая служит шарниром при сталкивании дерева с пня и свободном его падении. Наличие перемычки обеспечивает устойчивость дерева, предотвращает зажимы пильной шины и обратное произвольное падение дерева. При правильном выполнении подпила и срезании дерева во время сталкивания его с пня на стволе образуется козырек, который препятствует движению дерева в сторону, противоположную направлению валки. С увеличением ширины перемычки возрастает усилие, необходимое для сталкивания дерева с пня. Однако по соображениям безопасности ширину перемычки увеличивают с ростом диаметра дерева. При различных диаметрах дерева на высоте 1,3 м рекомендуются следующие значения ширины перемычки:

| | | | | |
|---------------------|-----|-------------|-------------|------------|
| D , м | 0,2 | 0,21...0,40 | 0,41...0,60 | Более 0,60 |
| Δ , см | 1 | 2 | 3 | 4 |

При валке деревьев, имеющих напенную гниль, ширину перемычки увеличивают на 2...3 см.

Формы перемычек могут быть различными. При валке прямостойного дерева в безветренную погоду перемычка должна иметь равноширокую форму. При валке деревьев с боковым тяготением (наклон, развитая крона или ветер) по отношению к направлению валки перемычку делают с уширением. Уширенная часть перемычки разрушается медленнее узкой части, что приводит к развороту дерева в сторону уширенной части перемычки.

Для сталкивания деревьев в заданном направлении при валке применяют следующие приспособления: валочные лопатки, валочные вилки, деревянные и металлические клинья, гидроклинья и гидродомкраты.

Валочные приспособления с приложением сталкивающего усилия в плоскости сталкивания используют при валке деревьев одним человеком.

Обычные клинья до сих пор применяют на лесозаготовках благодаря простоте конструкции, малым размерам, весу и стоимости. В основном их делают из дерева или стали, кроме того, они могут изготавливаться из алюминиевых и магниевых сплавов, а также из пластмассы. Угол заострения клиньев обычно составляет 10...13°. Чтобы предотвратить выскальзывание клиньев из пропила, на их щеках выполняют насечку или поперечные бороздки. Для подачи клиньев в пропил требуется использовать дополнительные инструменты (кувалду, топор) и затрачивать много труда и времени. К недостаткам клиньев как валочных приспособлений следует отнести также возможность падения с дерева на вальщика сухих сучьев (а в зимнее время и снега) при вбивании клиньев в пропил.

Таблица 1.7

Коэффициент K_c

| Валка | Значения коэффициента K_c при среднем объеме хлыста, м ³ | | | | | | |
|----------------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | 0,14...0,21 | 0,22...0,29 | 0,30...0,39 | 0,40...0,49 | 0,50...0,75 | 0,76...1,10 | 1,11 и более |
| Одним рабочим | 6,67 | 5,00 | 4,00 | 3,34 | 2,86 | 2,50 | 2,22 |
| Рабочим с помощником | 3,34 | 2,50 | 2,00 | 1,67 | 1,43 | 1,25 | 1,11 |

Часовая производительность, м³/ч, валки деревьев бензиномоторной пилой может быть определена по формуле

$$P_{\text{ч}} = \frac{3600\varphi_3 V_x u}{D_{\text{ср}} K_1 K_c}, \quad (1.24)$$

где φ_3 — коэффициент использования производительности чистого пиления, принимаемый равным 0,6; V_x — средний объем хлыста, м³; u — скорость подачи пилы, м/с; $D_{\text{ср}}$ — диаметр дерева в месте среза, м; K_1 — коэффициент, учитывающий увеличение площади пропила за счет выполнения подпила, $K_1 = 1,15 \dots 1,25$; K_c — коэффициент, учитывающий время сталкивания дерева с пня, переходы от дерева к дереву и подготовку рабочего места, принимается в зависимости от среднего объема хлыста и числа рабочих (валка одним рабочим или с помощником). Значения коэффициента K_c приведены в табл. 1.7.

1.3.4. Машинная валка деревьев

Все лесозаготовительные машины классифицируют по виду движителя — гусеничные, колесные, шагающие; числу выполняемых технологических операций — одно- и многооперационные;

виду выполняемых технологических операций — валочные (ВМ); валочно-трелевочные (ВТМ); валочно-пакетирующие (ВПМ); валочно-сучкорезно-раскряжевочные (ВСПМ), называемые также харвестерами; валочно-сучкорезные; сучкорезные (МОС); сучкорезно-раскряжевочные (МОСР), называемые также процессорами;

применению в сортиментной или хлыстовой технологии заготовки — машины для хлыстовой технологии (ВМ, ВТМ, ВПМ, МОС и другие, в результате работы которых происходит заготовка деревьев или хлыстов) и машины для сортиментной технологии

(ВСРМ, МОСР и другие, в результате работы которых производится заготовка сортиментов);

ширине обрабатываемой полосы леса — узкозахватные (без гидроманипулятора) и широкозахватные (с гидроманипулятором);

направлению действия технологического оборудования — фланговые, фронтальные, полноповоротные.

Среди машин, способных производить направленную валку деревьев, первыми на лесосечных работах появились однооперационные гусеничные узкозахватные фланговые валочные машины ВМ-4 производства Абаканского механического завода. Они позволили облегчить труд лесозаготовителей, заменив трудоемкую и травмоопасную операцию механизированной валки на машинную. Технологическое оборудование этих машин состояло из цепного срезающего устройства, приводимого в действие гидроприводом, сталкивающего рычага, смонтированного на крыше кабины и технологического (перекидного) рычага, предназначенного для переброски комлевой части дерева через базу машин. Это делалось для того, чтобы поваленные деревья не мешали машине заходить на следующую полосу обработки (ленту).

Технологический цикл валки деревьев машиной ВМ-4 включал в себя следующие приемы: подъезд машины к дереву, наводка срезающего устройства на дерево, наводка сталкивающего рычага, спиливание дерева, сталкивание. Кроме того, при работе машины с перекидыванием выполнялись откидывание технологического рычага и перекидывание комля дерева через машину. При снежном покрове высотой более 50 см машиной производилась расчистка снега около срезаемых деревьев для заглубления механизма срезания.

Машина ВМ-4 имела целый ряд существенных недостатков. Основными из них являлись отсутствие гидроманипулятора (узкозахватность), вынуждавшее машину при производстве работ подъезжать к каждому дереву, что делало практически невозможным сохранение подроста, а также неудачная конструкция сталкивающего устройства, из-за которой нередко происходили сколы в комлевой части заготавливаемых деревьев, что приводило к потерям ценной деловой древесины. Эксплуатация этих машин показала, что вследствие небольшой энергоемкости процесса валки деревьев экономический эффект от применения валочных машин в чистом виде крайне незначителен, а с учетом экологических последствий часто отрицателен. Машины ВМ-4 не смогли существенно повысить производительность труда, а себестоимость заготовки леса с их помощью оказалась значительно выше, чем при применении бензиномоторных пил.

В настоящее время отечественным машиностроением выпускается универсальная малогабаритная валочная машина ВМ-55, предназначенная для срезания и направленного повала деревьев

при разработке просек, строительстве дорог, линий связи и электропередач, трасс нефте- и газопроводов, очистке территорий от лесной растительности в условиях техногенного загрязнения лесов и в зонах стихийных бедствий. Эта машина отличается малыми габаритами и массой (3,6 т), однако имеет невысокую производительность.

На базе машины ВМ-4 была создана первая в СССР валочно-трелевочная машина ВМ-4А, отличавшаяся от ВМ-4 только наличием коникового зажима (коника), в который с помощью технологического рычага укладывалась комлевая часть поваленного дерева. В остальном конструкция машины изменена не была, поэтому у нее сохранились недостатки, присущие ВМ-4. Кроме того, валочно-трелевочная машина, выполнявшая три технологические операции (валка деревьев, формирование пачки из отдельных деревьев и трелевка), имела специфические недостатки, связанные с неравномерной загрузкой во времени ее отдельных узлов и агрегатов машины, что снижало экономическую эффективность эксплуатации. В настоящее время Абаканским машиностроительным заводом выпускается усовершенствованный вариант машины подобной компоновки — ВМ-4Б.

Сравнение основных показателей трелевочного трактора ТТ-4 и созданной на его базе валочно-трелевочной машины выявило, что специализированный трелевочный трактор имеет существенные преимущества. Анализ результатов наблюдений за работой машины ВМ-4А показал, что, освободив ВТМ от операции по трелевке древесины и превратив ее таким образом в валочно-пакетирующую машину, можно не только вдвое поднять ее производительность, но и удлинить срок службы режуще-валочных аппаратов, которые теперь уже не станут в течение полусмены перевозиться на транспортных скоростях, а будут полностью загружены по прямому назначению. Подтвердилось мнение о целесообразности выделения трелевки древесины в самостоятельную операцию.

Вместе с указанными недостатками концепция валочно-трелевочных машин имеет серьезное преимущество, связанное с отсутствием необходимости в специальной трелевочной технике при разработке лесосек. В условиях, когда арендованный годичный лесосечный фонд состоит из небольших разрозненных лесосек, привлечение большого количества техники для их разработки нецелесообразно из-за больших затрат на частые перебазирования. Использование ВТМ позволяет существенно уменьшить затраты на заготовку леса в подобного рода лесосеках. В связи с такого рода преимуществами отечественная машиностроительная промышленность освоила в дальнейшем выпуск широкозахватных валочно-трелевочных машин ЛП-17 (рис. 1.7) и ЛП-49, созданных на базе тракторов соответственно ТДТ-55А и ТТ-4. Как и базовые

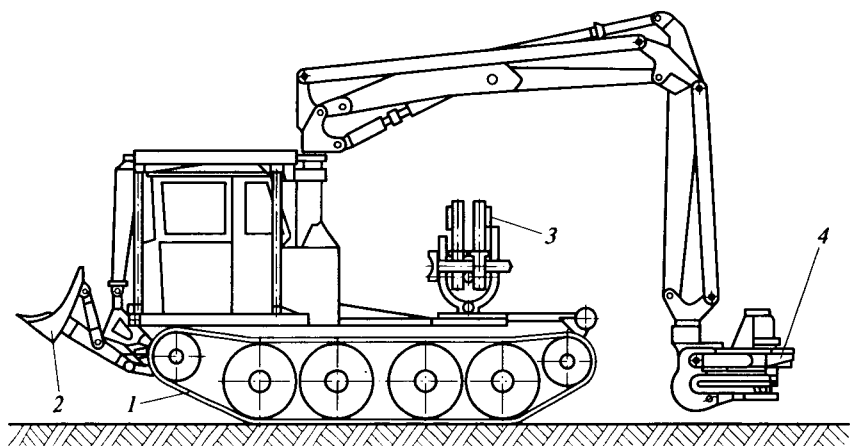


Рис. 1.7. Валочно-трелевочная машина ЛП-17:

1 — ходовая система; 2 — толкатель; 3 — коник; 4 — захватно-срезающее устройство

тракторы, эти машины предназначены для работы в насаждениях со средним объемом хлыста соответственно до $0,4 \text{ м}^3$ и более $0,4 \text{ м}^3$.

В состав технологического оборудования данных машин входят гидроманипулятор, на свободном конце которого установлено захватно-срезающее устройство (ЗСУ), и кониковый зажим (коник) для сбора и удержания собираемых деревьев. Благодаря наличию гидроманипулятора эти машины с одной технологической стоянки могут собирать несколько деревьев, что уменьшает время, затрачиваемое на переезды машины во время набора пачки, и обеспечивает сохранение подроста. Изменение метода сталкивания дерева с пня по сравнению с машиной ВМ-4А практически исключило сколы в комлевой части заготавливаемых деревьев.

Валочно-трелевочные машины разрабатывают лесосеку лентами. Наиболее производительная работа обеспечивается при оптимальных размерах ленты и угле примыкания ленты к волоку. Ширина ленты набора пачки должна составлять 4 м, а зимой при глубоком снежном покрове — 3...4 м. При отклонении от указанных размеров увеличиваются затраты машинного времени на валку деревьев и сбор пачки: при меньшей ширине требуется лента большей длины для набора пачки, при большей ширине машина движется с отклонениями от прямолинейного пути.

Рекомендуемая длина лент набора пачек в зависимости от ширины ленты, запаса леса на 1 га, объема пачки приведена в табл. 1.8.

Минимальные затраты на валку—трелевку обеспечиваются при примыкании лент к волоку под углом $25 \dots 45^\circ$.

При разработке лесосеки машина следует по волоку, проходу или образовавшейся вырубке в дальний от погрузочного пункта

конец пасаки, разворачивается и, двигаясь с остановками вдоль границы леса, приступает к валке деревьев и сбору пачки. На каждой стоянке она поочередно срезает с левой стороны по ходу движения все находящиеся в зоне действия манипулятора деревья, которые перемещаются манипулятором за комлевою часть на коник. Выполняется это следующим образом. С помощью рычагов управления машинист подводит ЗСУ к дереву, производит его зажим и предварительное натяжение. Включив механизм срезания, он отделяет дерево от пня. Управляя гидроцилиндрами валки и наклона, машинист валит дерево в нужном направлении, не раскрывая зажимных рычагов захвата. При валке крупного дерева (диаметром 50 см и более) раскрывают зажимные рычаги и отводят ЗСУ от дерева в процессе его падения.

После приземления вершины комлевою часть дерева снова зажимают. Управляя гидроцилиндрами манипулятора, машинист перемещает дерево к машине и укладывает комлевой частью в зажимной коник. Перед укладкой дерева рычаги коника должны быть раскрыты. Если в рабочей зоне действия манипулятора находятся еще деревья, то цикл валки—пакетирования повторяют. Перед движением машины погруженные на коник деревья надежно зажимают.

Собрав пачку максимально возможного объема, машинист доставляет ее на погрузочный пункт. Для разгрузки пачки раскрывают рычаги коника и перемещают машину вперед на 2...3 м. После разгрузки пачки цикл работы машины повторяют.

Пачки укладывают в штабель, начиная от дороги, что позволяет уменьшить перекрещивание деревьев. При машинной очист-

Таблица 1.8

Рекомендуемая длина лент набора пачек

| Запас леса на 1 га, м ³ | Ширина ленты, м | Длина лент набора пачек, м, при объеме пачек, м ³ | | | |
|------------------------------------|-----------------|--|-----|-----|-----|
| | | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 100 | 3 | 100 | 130 | 165 | 200 |
| | 4 | 75 | 100 | 125 | 150 |
| 150 | 3 | 70 | 90 | 110 | 135 |
| | 4 | 50 | 65 | 85 | 100 |
| 200 | 3 | 50 | 70 | 85 | 100 |
| | 4 | 40 | 50 | 65 | 74 |
| 250 | 3 | 40 | 50 | 65 | 80 |
| | 4 | 30 | 40 | 50 | 60 |

ке деревьев от сучьев формируют штабель высотой до 1 м. На сырых участках пачки укладывают на подкладочное дерево, которое должно находиться на расстоянии 2,5 м от торцов деревьев, уложенных в штабель. Выравнивание комлей и окучивание деревьев в штабеле производят отвалом передней навески 2—3 раза.

В связи с перечисленными недостатками валочно-трелевочных машин они часто использовались на лесозаготовительных предприятиях для работы в режиме валка—пакетирование. Такой режим работы машины позволяет свести к минимуму транспортные операции, выполняемые машиной, и получать на лесосеке полновесные пачки, что значительно повышает производительность трелевочного трактора.

Часовая производительность ВТМ определяется по формуле

$$P_{\text{ч}} = \frac{3\ 600V\varphi_2}{\frac{l_{\text{п}}}{v_{\text{н.п}}} + \frac{l_{\text{ср}}}{v_{\text{р}}} + \frac{l_{\text{х}}}{v_{\text{х}}} + t_{\text{с}} + t_{\text{р}}}, \quad (1.25)$$

где V — расчетный объем пачки, м^3 ; φ_2 — коэффициент использования расчетного объема пачки; $l_{\text{п}}$ — длина ленты набора пачки, м; $l_{\text{ср}}$ — среднее расстояние рабочего пробега машины за время выполнения одного цикла трелевки, м; $l_{\text{х}}$ — среднее расстояние холостого пробега машины за время выполнения одного цикла трелевки, м; $v_{\text{н.п}}$ — средняя скорость движения машины во время сбора деревьев в пачки, м/с; $v_{\text{р}}$ — скорость движения машины с пачкой, м/с; $v_{\text{х}}$ — скорость движения машины на холостом ходу, м/с; $t_{\text{с}}$ — время сбора пачки, с; $t_{\text{р}}$ — время разгрузки пачки, с.

Длина ленты набора пачки ВТМ определяется по формуле

$$l_{\text{п}} = \frac{10^4 V}{q\Delta}, \quad (1.26)$$

где q — ликвидный запас леса на 1 га, $\text{м}^3/\text{га}$; Δ — ширина ленты набора пачки, м.

Для повышения эффективности работы лесозаготовительных машин была создана полноповоротная широкозахватная валочно-пакетирующая машина ЛП-19 (рис. 1.8), выпуск которой был освоен Йошкар-олинским машиностроительным заводом. Базой этой машины послужили трелевочный трактор ТТ-4, от которого была взята ходовая часть, и экскаватор ЭО 41-21. На ходовую систему машины опираются поворотная платформа с дизельным двигателем, кабина оператора и шарнирно-сочлененная стрела. Подъем и опускание стрелы и рукояти осуществляются гидроцилиндрами. Захватно-срезающее устройство шарнирно закреплено на конце рукояти. На верхнем конце стойки имеется захват, на нижнем — захват и механизм срезания. Вылет манипулятора со-

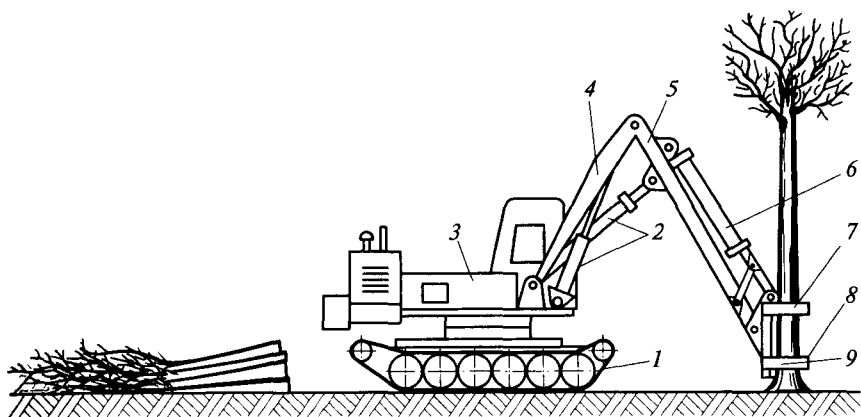


Рис. 1.8. Валочно-пакетирующая машина ЛП-19:

1 — ходовая система; 2 — гидроцилиндры подъема и опускания стрелы и рукояти; 3 — поворотная платформа; 4 — стрела; 5 — рукоять; 6 — гидроцилиндр поворота захватно-срезающего устройства; 7 — верхний захват; 8 — нижний захват; 9 — срезающее устройство

ставляет 8 м, максимальный диаметр срезаемого дерева в месте пропила — 90 см, скорость передвижения машины — 2 км/ч.

У машины ЛП-19 отсутствует пакетирующее устройство, что несколько ухудшает ее технологические качества, так как она не может готовить полногрузные пачки для тракторов с пачковыми захватами. Оператор, манипулируя гидроцилиндрами стрелы, рукояти и стойки ЗСУ, подводит последнее к дереву, захватывает и срезает его.

После срезания дерево снимается с пня, переносится к месту укладки и опускается на землю.

Объем пачки деревьев, формируемой ВПМ на одной рабочей позиции,

$$V_F = \frac{qF}{10^4} = \frac{q}{10^4} \left[\frac{\xi R - r}{2} \sqrt{4(\xi R)^2 - (\xi R - r)^2} + 2\xi R^2 \arcsin \frac{\xi R - r}{2\xi R} \right], \quad (1.27)$$

где F — площадь лесосеки, обрабатываемая машиной с одной технологической стоянки, м^2 ; R , r — соответственно максимальный и минимальный вылеты манипулятора ВПМ; ξ — коэффициент, учитывающий использование максимального вылета в процессе работы.

Теоретическая часовая производительность ВПМ определяется по уравнению общего вида

$$P_{\text{ч}}^{\text{ВПМ}} = \frac{Q}{T_{\text{ВПМ}}}. \quad (1.28)$$

Здесь Q — общий объем заготовленного леса на лесосеке или ее части, м^3 ; $T^{\text{ВПМ}}$ — время, затраченное машиной на выполнение рабочих операций при освоении лесосеки или ее части, ч, определяемое по формуле

$$T^{\text{ВПМ}} = T_p + T_x + T_{\text{ц}}, \quad (1.29)$$

где T_p — время движения машины при выполнении технологической работы (срезание деревьев и укладывание их в пачки) на лесосеке или ее части площадью S ; T_x — время движения машины на холостом ходу (зависит от принятой схемы разработки лесосеки); $T_{\text{ц}}$ — время обработки всех деревьев на лесосеке или ее части.

Время движения при выполнении технологической работы

$$T_p = \frac{L_p K_0}{v_p} = \frac{SK_0}{\Delta v_p}, \quad (1.30)$$

где L_p — путь, проходимый ВПМ при выполнении технологической работы, м; K_0 — коэффициент увеличения пройденного пути из-за непрямолинейности проходов; v_p — скорость движения машины при выполнении технологической работы, м/с; Δ — ширина разрабатываемой ленты (пасеки), м.

Проходимый ВПМ путь

$$L_p = \frac{AB(R-r)}{F}, \quad (1.31)$$

где A, B — размеры разрабатываемой лесосеки или ее части, м.

Время обработки деревьев

$$T_{\text{ц}} = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8), \quad (1.32)$$

где t_1 — время наведения ЗСУ на дерево; t_2 — время зажима дерева ЗСУ; t_3 — время срезания дерева; t_4 — время переноса дерева к машине ($t_4 \approx t_1$); t_5 — время поворота ЗСУ с деревом к месту укладки дерева; t_6 — время укладки дерева; t_7 — время уменьшения вылета манипулятора машины после укладки дерева; t_8 — время поворота ЗСУ без дерева ($t_8 \approx t_5$).

Время наведения

$$t_1 = \left[\frac{2}{3} \left(\frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \right) - r \right] \frac{1}{v_{\text{нав}}}, \quad (1.33)$$

где $v_{\text{нав}}$ — скорость наведения ЗСУ на дерево, составляющая 0,2...0,22 м/с.

Время зажима

$$t_2 = \frac{d_p - D}{v_{\text{зак}}}, \quad (1.34)$$

где d_p — величина раскрытия зажимных рычагов ЗСУ, м; D — средний диаметр зажимаемого дерева в зоне зажима, м; $v_{\text{зж}}$ — скорость движения зажимных рычагов, м/с.

Время срезания

$$t_3 = \frac{\pi D_{\text{ср}}^2}{4 P_{\text{ч.п}} \varphi}, \quad (1.35)$$

где $D_{\text{ср}}$ — диаметр дерева в месте срезания, м; $P_{\text{ч.п}}$ — производительность чистого пиления, м²/с; φ — коэффициент, учитывающий использование производительности чистого пиления.

Время поворота

$$t_5 = \frac{\varphi_1 60}{2\pi n}, \quad (1.36)$$

где φ_1 — средний угол поворота при срезании деревьев, рад; n — частота вращения поворотной платформы или манипулятора вокруг своей оси, мин⁻¹.

Для сортиментной заготовки леса создан специальный класс многооперационных машин — валочно-сучкорезно-раскряжевые машины (харвестеры). Они подразделяются на одно- и двухзахватные. Технологическое оборудование однозахватных харвестеров схоже с технологическим оборудованием ВПМ. Отличие заключается в том, что на свободном конце манипулятора устанавливается не ЗСУ, а харвестерная головка, оснащенная сучкорезными ножами и протаскивающими вальцами. Это позволяет машине захватывать, срезать и сталкивать дерево с пня, а также производить его очистку от сучьев с одновременной раскряжкой. Как правило, в задачу оператора такой машины входит наведение головки на дерево, а дальнейшей обработкой управляет бортовой компьютер.

У двухзахватного харвестера устройство для очистки деревьев от сучьев и раскряжки (процессорная головка) устанавливается на базе машины, а ЗСУ размещается на свободном конце манипулятора. В результате операции валки и разделки на сортименты оказываются разнесены. Оператор наводит ЗСУ на дерево, производит его валку и подает в процессорную головку, имеющую сучкорезные ножи, протаскивающие вальцы и цепную пилу для раскряжки. Пока под управлением компьютера выполняются очистка дерева от сучьев и раскряжка, оператор может производить валку следующего дерева. Это существенно повышает производительность.

Производительность ВСРМ определяется по формуле (1.28) с учетом того, что продолжительность технологического цикла обработки дерева ВСРМ

$$T^{\text{ВСРМ}} = T_{\text{н.д}} + T_3 + T_{\text{с.п}} + T_{\text{п}} + T_0 + T_p + T_{\text{у.с}}, \quad (1.37)$$

где $T_{н.д}$ — время наведения ЗСУ на дерево; T_3 — время зажима дерева рычагами ЗСУ; $T_{с.п}$ — время срезания и сталкивания дерева с пня; $T_п$ — время подтаскивания дерева в зону обработки (если это необходимо); $T_о$ — время обрезки сучьев; $T_р$ — время раскрывки хлыстов на сортименты; $T_{у.с}$ — время укладки сучьев.

Составляющие продолжительности цикла зависят от природно-производственных факторов.

1.3.5. Трелевка лесоматериалов

Общие сведения. *Трелевка* (от *англ.* trail — тащить, волочить) — перемещение древесины от места валки к месту погрузки на лесозавозный транспорт (верхний склад или погрузочный пункт). Трелевка является самой трудо- и энергоемкой операцией лесосечных работ и оказывает наиболее существенное влияние на почвенно-грунтовые условия будущей вырубki. Если собираемая на лесосеке древесина вывозится на нижний склад лесозаготовительного предприятия или потребителя без перегрузки на верхнем складе либо погрузочном пункте, то такой технологический процесс называется *прямой вывозкой древесины*.

В зависимости от принятого технологического процесса лесосечных работ древесина может трелеваться в виде деревьев, хлыстов, полухлыстов или сортиментов.

По виду применяемого оборудования различают гужевую, тракторную, канатную и воздушную (вертолетную или аэростатную) трелевки.

В зависимости от способа закрепления лесоматериалов на трелевочном оборудовании различают трелевку в непогруженном, полупогруженном, полуподвешенном, полностью погруженном и полностью подвешенном положениях.

Наиболее распространенной в настоящее время является тракторная трелевка пачек хлыстов или деревьев в полупогруженном положении, осуществляемая специальными трелевочными тракторами с канатно-чокерным или бесчокерным технологическим оборудованием. Трелевочные тракторы с пачковыми захватами выполняют трелевку пачек деревьев или хлыстов в полуподвешенном положении. Тракторная трелевка сортиментов осуществляется сортиментовозами (форвардерами) в полностью погруженном положении.

Применение тракторов на трелевке древесины ограничивается в основном рельефом местности и несущей способностью грунтов.

При невозможности использования тракторов (уклоны местности более 22° или сильно заболоченная лесосека) на трелевке древесины применяют различные виды канатных трелевочных ус-

тановок и реже — вертолеты или аэростаты (для трелевки особо ценных пород древесины в горной местности).

Трелевочная техника также называется *первичным транспортом леса*. Основным показателем его работы является среднее расстояние трелевки. С достаточной для практических целей точностью (при допущении о равномерном расположении запаса древесины по лесосеке) оно может быть определено по формуле

$$l_{\text{ср}} = (K_1 B + K_2 L) K_0, \quad (1.38)$$

где K_1 и K_2 — коэффициенты, зависящие от схемы расположения трелевочных волоков (табл. 1.9); B — ширина лесосеки (протяженность перпендикулярной усу лесовозной дороги); L — длина лесосеки; K_0 — коэффициент, учитывающий увеличение расстояния трелевки из-за маневрирования трактора, $K_0 = 1,1 \dots 1,2$.

Трелевочные волокна подразделяют на магистральные и пасечные.

Магистральный волок — это простейший транспортный путь, по которому древесина доставляется на верхний склад или погрузочный пункт. *Пасечный волок* — это простейший транспортный путь, по которому древесина, заготовленная на одной пасеке, транспортируется на верхний склад. *Пасека* — это элементарная часть лесосеки, древесина с которой вывозится по одному волоку.

В зависимости от лесоводственных требований, почвенно-грунтовых и рельефных условий трелевочные волокна располагают по одной из типовых схем, которые в каждом конкретном случае дают максимальное сокращение среднего расстояния трелевки. Существуют семь основных схем расположения трелевочных волоков:

параллельная (рис. 1.9, а) — одна из наиболее распространенных схем, используется при разработке лесосеки с сохранением подроста;

с широким фронтом отгрузки (рис. 1.9, б) — отличается отсутствием деления волоков на пасечные и магистральные, исполь-

Таблица 1.9

Коэффициенты K_1 и K_2

| Коэффициент | Значения коэффициентов при схеме расположения трелевочных волоков, показанной на рис. 1.9 | | | | | | |
|-------------|---|-----|-----|--------|-----|-----|------|
| | а | б | в | г | д | е | ж |
| K_1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,25 |
| K_2 | 0,25 | 0 | 0 | 0,25/п | 0,2 | 0,2 | 0,25 |

Примечание: п — число погрузочных пунктов.

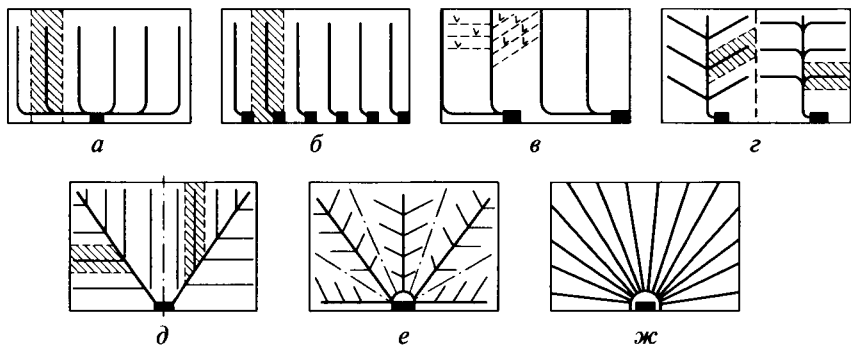


Рис. 1.9. Схемы расположения трелевочных волоков:

а — параллельная; *б* — с широким фронтом отгрузки; *в*, *г* — перпендикулярная; *д* — диагональная; *е* — радиальная; *ж* — веерная; заштрихованный участок — пасака

зуются при большой ширине лесосеки и значительном запасе леса на 1 га;

перпендикулярные (рис. 1.9, *в*, *г*) — используются в основном при заготовке леса многооперационными машинами;

диагональная (рис. 1.9, *д*) — применяется при наличии на лесосеке неэксплуатационных площадей;

радиальная (рис. 1.9, *е*) — применяется на заболоченных лесосеках и лесосеках со слабыми грунтами;

веерная (рис. 1.9, *ж*) — применяется при трелевке канатными установками без несущего каната.

Практика показывает, что наименьшее расстояние трелевки для всех схем расположения волоков достигается при длине лесосеки, равной ее удвоенной ширине ($L = 2B$).

Помимо среднего расстояния трелевки к основным показателям работы первичного транспорта леса относятся грузооборот, грузовая работа, грузонапряженность трелевочных волоков и коэффициент пробега.

Грузооборотом, m^3 , отдельного волока или сети волоков в целом называется объем древесины, перевозимой к погрузочным пунктам.

Грузовая работа, $m^3 \cdot км$, первичного транспорта леса определяется числом кубокилометров, выполняемых по отдельному волоку или всей сети волоков. Грузовую работу принято отражать графически в виде схемы грузопотоков пасечных или магистральных волоков.

Обычно пасаки имеют прямоугольную или треугольную форму.

Максимальный грузооборот волока определяется по формуле

$$Q_n = S_n q, \quad (1.39)$$

где S_n — площадь пасаки, га; q — запас леса на 1 га, $m^3/га$.

Грузовая работа пасечного волокна длиной l :
для прямоугольной пасеки

$$R_{\text{п}} = 0,5 Q_{\text{п}} l; \quad (1.40)$$

для треугольной пасеки

$$R_{\text{п}} = \frac{2}{3} Q_{\text{п}} l. \quad (1.41)$$

Грузонапряженность, $(\text{м}^3 \cdot \text{км})/\text{км}$, характеризует необходимую прочность волокон и определяется количеством грузовой работы, приходящейся на 1 км трелевки леса:

$$W = \frac{R_{\text{п}}}{\sum L_{\text{п}} + \sum L_{\text{м}}}, \quad (1.42)$$

где $\sum L_{\text{п}}$, $\sum L_{\text{м}}$ — суммарные длины соответственно пасечных и магистральных волокон.

На практике встречаются случаи совмещения нескольких схем расположения трелевочных волокон. При такой разработке лесосеки среднее расстояние трелевки с большой точностью может быть определено по формуле

$$l_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} R_{\text{п}i} + \sum_{i=1}^{n_2} R_{\text{м}j}}{\sum_{j=1}^{n_2} Q_{\text{м}j}}, \quad (1.43)$$

где $R_{\text{п}i}$ и $R_{\text{м}j}$ — грузовые работы соответственно i -го пасечного и j -го магистрального волокон; $Q_{\text{м}j}$ — грузооборот j -го магистрального волокна; n_1 и n_2 — число соответственно пасечных и магистральных волокон.

Тракторная трелевка. Для трелевки могут применяться тракторы общего назначения, специальные трелевочные тракторы и многооперационные лесозаготовительные машины (валочно-трелевочные и др.). При трелевке в полупогруженном или полуподвешенном положении в зависимости от того, какая часть пачки закреплена на тракторе, различают трелевку комлями вперед или вершинами вперед.

Объем пачки, трелеваемой трактором, должен соответствовать силе тяги на крюке, тяговому усилию лебедки, силе тяги трактора по сцеплению и допустимой грузоподъемности. Эти данные берутся из технической характеристики машины. На рис. 1.10 приведена схема для расчета рейсовой нагрузки трелевочного трактора.

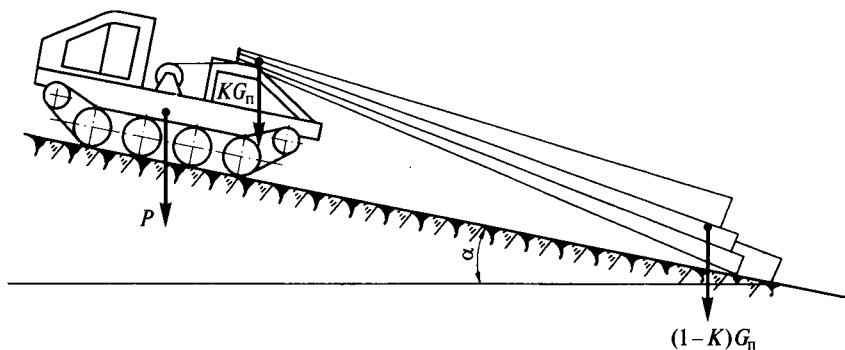


Рис. 1.10. Схема для расчета рейсовой нагрузки трелевочного трактора

Из уравнения равномерного движения трактора с пачкой

$$F_k - P(\varphi_T \cos \alpha \pm \sin \alpha) - KG_n(\varphi_T \cos \alpha \pm \sin \alpha) - (1 - K)G_n(\varphi_n \cos \alpha \pm \sin \alpha) = 0 \quad (1.44)$$

получаем выражение для силы тяжести трелеваемой пачки:

$$G_n = \frac{F_k - P(\varphi_T \cos \alpha \pm \sin \alpha)}{K(\varphi_T \cos \alpha \pm \sin \alpha) + (1 - K)(\varphi_n \cos \alpha \pm \sin \alpha)}, \quad (1.45)$$

где F_k — касательная сила тяги трактора, Н; P — эксплуатационный вес трактора, Н; φ_T — коэффициент сопротивления движению трактора, зимой $\varphi_T = 0,09 \dots 0,18$, летом $\varphi_T = 0,14 \dots 0,25$; α — угол наклона пути движения трактора с пачкой, °; K — коэффициент распределения веса трелеваемой пачки между трактором и волоком; φ_n — коэффициент сопротивления движению пачки, при трелевке хлыстов зимой $\varphi_n = 0,50$, летом $\varphi_n = 0,70$, при трелевке деревьев зимой и летом $\varphi_n = 0,90$.

Касательная сила тяги трактора

$$F_k = \frac{N\eta_{тр}}{v_p}, \quad (1.46)$$

где N — мощность двигателя трактора, Вт; $\eta_{тр}$ — КПД трансмиссии; v_p — скорость движения трактора на второй передаче, м/с.

Сила тяги по сцеплению двигателя трактора с грунтом

$$F_{сц} = (P + KG_n)\mu, \quad (1.47)$$

где μ — коэффициент сцепления двигателя с грунтом или снегом, летом $\mu = 0,4 \dots 0,8$, зимой $\mu = 0,3 \dots 0,5$.

Условие ограничения веса пачки по сцеплению:

$$F_{сц} > F_k. \quad (1.48)$$

Если это условие не выполняется, то в формулу (1.45) вместо F_k подставляют $F_{сн}$.

Условие ограничения веса пачки по допускаемой грузоподъемности трактора:

$$G_n \leq \frac{G_T}{K}, \quad (1.49)$$

где G_T — допускаемая нагрузка на коник трактора, Н.

Условие ограничения веса трелюемой пачки по тяговому усилию лебедки для чокерных тракторов:

$$G_n \leq \frac{F_n}{\varphi_n (\cos \alpha \pm \sin \alpha)}, \quad (1.50)$$

где F_n — тяговое усилие лебедки, Н.

За расчетную рейсовую нагрузку принимают наименьшее значение G_n .

Объем древесины в трелюемой пачке, m^3 ,

$$V_n = \frac{G_n (1 - \beta_{кр} - \beta_k)}{\rho}, \quad (1.51)$$

где G_n — расчетная рейсовая нагрузка, Н; $\beta_{кр}$ — доля веса пачки, приходящаяся на крону, $\beta_{кр} = 0,13 \dots 0,3$; β_k — доля веса пачки, приходящаяся на кору, $\beta_k = 0,08 \dots 0,12$; ρ — объемный вес древесины, H/m^3 .

Объемный вес древесины определяют как средневзвешенную величину для свежесрубленной древесины исходя из породного состава насаждения:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} p_i \rho_i}{10}, \quad (1.52)$$

где n — число пород деревьев в насаждении; p_i — доля (вес) i -й породы в насаждении; ρ_i — объемный вес i -й породы деревьев, H/m^3 ; 10 — сумма долей всех лесообразующих пород по таксационному описанию.

Производительность трелевочного трактора

$$П_ч = \frac{3\ 600 V_n \varphi_2}{T_{ц}}. \quad (1.53)$$

Здесь φ_2 — коэффициент использования расчетного объема пачки, $\varphi_2 = 0,8 \dots 0,9$; $T_{ц}$ — время цикла трелевки пачки, с;

$$T_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (1.54)$$

где t_1 — время холостого хода трактора; t_2 — время формирования пачки; t_3 — время движения трактора с грузом; t_4 — время разгрузки пачки.

Можно принять, что движение трактора с грузом происходит на второй передаче, без груза — на третьей. Время движения трактора в рабочем и холостом направлениях

$$t_1 + t_3 = \frac{2l_{\text{ср}}}{v_{\text{ср}}}, \quad (1.55)$$

где $l_{\text{ср}}$ — среднее расстояние трелевки, м; $v_{\text{ср}}$ — средняя скорость движения трактора, м/с.

Средняя скорость движения определяется по формуле

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_{\text{II}} + v_{\text{III}}}{2}, \quad (1.56)$$

где v_{II} и v_{III} — скорости движения трактора соответственно на второй и третьей передачах, м/с.

Значения t_2 и t_4 определяют по эмпирическим формулам.

Для тракторов со скользящим канатно-чокерным оборудованием

$$t_2 = \left(2,0 + 0,08l + \frac{0,8V_n}{nV_x} + \frac{2V_n}{n} \right) 60; \quad (1.57)$$

$$t_4 = \left(0,6 + \frac{0,06V_n}{V_x} + 0,5V_n \right) 60. \quad (1.58)$$

Для бесчокерных трелевочных тракторов

$$t_2 = \left(0,25V_nV_x + 0,44 \frac{V_n}{V_x} + 0,4V_n + \frac{123}{q} + 0,32 \right) 60; \quad (1.59)$$

$$t_4 = (0,24V_n + 1,33)60. \quad (1.60)$$

Для трелевочных тракторов с пачковым захватом

$$t_2 = 180 + 20 \frac{V_n}{V_x} k_{\text{ф.п}}; \quad (1.61)$$

время разгрузки пачки t_4 определяется так же, как и для бесчокерных тракторов.

В приведенных формулах l — среднее расстояние подачи собирающего каната от трактора к месту чокеровки, м; V_x — средний объем хлыста, м³; n — число рабочих, участвующих в чокеровке; q — ликвидный запас леса на I га, м³/га; $k_{\text{ф.п}}$ — коэффициент фор-

мирования пачки, при выполнении в один прием $k_{ф.п} = 1$, в два приема $k_{ф.п} = 1,2 \dots 1,5$, в три приема $k_{ф.п} = 1,7 \dots 2,0$.

Сменная производительность трактора, м³/смена,

$$P_{см} = P_ч t \phi_1, \quad (1.62)$$

где t — число часов в смене; ϕ_1 — коэффициент использования рабочего времени, летом $\phi_1 = 0,9$, зимой $\phi_2 = 0,85$.

Трелевка канатными установками. Канатные трелевочные установки (КТУ) применяются в условиях переувлажненных почвогрунтов и сильно пересеченной местности (холмистой или горной). В первом случае возможно и желательно проведение лесосечных работ в зимний период, когда влияние влажности грунтов незначительно. Однако это приводит к ярко выраженной сезонности работ не только на вывозке, но и на заготовке леса. Кроме того, если в период краткосрочной аренды лесозаготовителю «не повезет с зимой», т. е. она будет характеризоваться небольшими морозами и частыми оттепелями, то использование на трелевке обычной техники — гусеничных и тем более колесных трелевочных тракторов — окажется крайне затруднительным, а зачастую и невозможным. В этом случае у лесозаготовительного предприятия могут возникнуть дополнительные издержки, зачастую весьма значительные.

В труднопроходимых или непроходимых для трелевочных тракторов условиях технологические операции валки деревьев, обрезки сучьев и раскряжевки (если предусматривается трелевка полухлыстов или сортиментов) могут выполняться с помощью ручных моторных инструментов, и возможность проведения лесосечных работ будет лимитироваться в основном возможностью осуществления операции трелевки древесины.

Для канатных трелевочных установок характерна передача тягового усилия на значительные расстояния. При этом энергетическая установка остается на месте, а усилие передается с помощью канатной тяги. Основными узлами КТУ являются мачты, канатоблочная оснастка, лебедка и грузовая каретка (только у установок с несущим канатом), к которой с помощью чокеров крепятся трелеваемые лесоматериалы.

В зависимости от типа установки мачты (опоры) подразделяются на головные, тыловые и промежуточные. Последние применяются в многопролетных КТУ и монтируются между головной и тыловой мачтами. Мачты служат для крепления на них части канатоблочной оснастки (блоков, поддерживающих и поднимающих над землей канаты). В качестве мачт могут быть использованы комлевые хвойные бревна длиной 12... 16 м и диаметром в верхнем отрубе не менее 24 см, закрепленные тремя-четырьмя канатными растяжками, растущие хвойные деревья со спиленной вершиной на высоте 12... 16 м или специальные металлоконструкции. На вер-

шину мачты надевается деревянный наголовник со скобами для крепления блоков и растяжек.

В зависимости от типа установки канатоблочная оснастка может включать в себя следующие канаты: тяговый, возвратный, тягово-несущий, отдельные несущий и тягово-грузоподъемный, а иногда и отдельный грузоподъемный. Помимо канатов в оснастку входят грузовой крюк, блоки-талрепы и другие устройства. Правила выбора канатов для КТУ аналогичны правилам выбора канатов для кабель-крановых установок.

Лебедки служат в качестве привода. Основными узлами лебедок КТУ являются двигатель, редуктор, барабаны и органы управления. Двигатель может быть электрическим или внутреннего сгорания. Это зависит от возможности подключения лебедки к электропитанию на лесосеке. В большинстве случаев используется дизельный двигатель.

Барабаны лебедки имеют независимое управление, их число и канатоемкость определяются конструкцией лебедки и назначением барабана. Как правило, лебедки содержат три—шесть барабанов. Многобарабанные лебедки называются также агрегатными, так как большое число барабанов дает возможность выполнять несколько технологических операций без привлечения других механизмов. Барабаны подразделяются на основные и вспомогательные, рабочие и возвратные. Трелевка лесоматериалов обеспечивается рабочим и холостым (возвратным) барабанами. Холостой барабан предназначен для возврата на лесосеку рабочего каната и прицепного устройства (чокеров, грузовой каретки), остальные барабаны используются для погрузки и разворота подтрелеванных пачек.

Грузовая каретка состоит из ходовых катков и подвешенной к ним рамы, на которой укрепляются блоки рабочего каната. Катки изготавливаются из стали. В целях увеличения срока службы они могут иметь футеровку. Форма обода катка должна обеспечивать наибольшую поверхность контакта с несущим канатом для уменьшения давления катка на канат, что повышает его долговечность.

Канатные трелевочные установки классифицируют по способу перемещения лесоматериалов, числу пролетов, числу канатов, способу создания запаса каната и назначению (выполняемым технологическим операциям).

В практике разработок лесосек получили распространение КТУ различных видов: неподвесные и полуподвесные установки с несущими канатами и без них, проволочные и канатные лесоспуски, подвесные установки разнообразных систем — однопролетные и многопролетные.

При тяжелых почвенно-грунтовых условиях, сложном рельефе, а также несплошных рубках КТУ представляют собой наиболее целесообразное, экономически выгодное, а в ряде случаев и един-

ственно возможное средство механизации первичного транспорта леса.

Широкое использование канатных установок различной конструкции для трелевки древесины стало возможным после начала массового применения лебедок в лесной промышленности. Первыми установками с канатной тягой были установки для наземной трелевки древесины лебедками. Однако они не нашли широкого применения, так как перемещение древесины по почвогрунту лесосек было связано с преодолением большого сопротивления движению и приводило к разрушению почвенного покрова и повреждению подроста.

Полуподвесные установки, у которых часть веса транспортируемой пачки лесоматериалов принимает на себя тяговый или несущий канат, оказались более приемлемыми, так как перемещение пачек в полуподвешенном состоянии меньше нарушает почвенный покров, кроме того, создаются условия для расширения площади сбора древесины на лесосеке.

Полуподвесные установки подразделяют на два класса: без несущего каната и с несущим канатом.

Установки без несущего каната применялись в основном в заболоченной местности. При их работе основную часть пути пачка полностью соприкасалась с поверхностью, вдоль которой она двигалась, а на расстоянии 50...60 м от мачты (в зависимости от высоты последней) передняя часть пачки приподнималась.

Установки с несущим канатом (рис. 1.11) позволяют трелевать пачку в полуподвешенном состоянии от места начала движения до головной мачты, что существенно уменьшает сопротивление движению.

Трелевка древесины в подвешенном состоянии является более рациональной с точки зрения уменьшения сопротивления движению и воздействий на почвенный покров лесосеки по сравнению с неподвесной и полуподвесной трелевками. На подвесных установках вес транспортируемого груза полностью передается

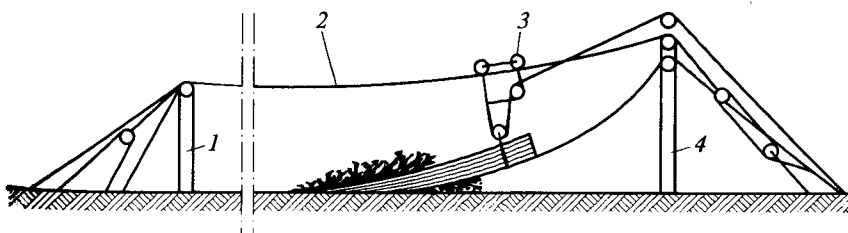


Рис. 1.11. Схема полуподвесной канатной трелевочной установки с несущим канатом:

1 — тыловая мачта; 2 — несущий канат; 3 — грузовая каретка; 4 — головная мачта

несущему канату. Подвешивание несущего каната на достаточной высоте устраняет влияние микрорельефа лесосеки на перемещение грузов, создает благоприятные условия для движения грузовой каретки и исключает возможность механического повреждения бревен.

По характеру движения тягового каната подвесные установки подразделяют на установки с маятниковым и кольцевым движением тягового каната. Первые имеют одну ветвь несущего каната, по которой одна или несколько грузовых кареток перемещаются к месту разгрузки, а затем возвращаются на лесосеку. Вторые имеют две ветви несущего каната, которые образуют замкнутый контур. По одной ветви грузовые каретки перемещаются вместе с грузами к месту разгрузки, а по другой — возвращаются к погрузочной площадке. Движение тягового каната в этом случае может быть прерывистым — с остановками для прицепки грузов, и непрерывным — с прицепкой грузов на ходу.

Примерами простейших подвесных систем служат проволочные и канатные лесоспуски, на которых проволока или канат являются только несущим элементом, а движение грузов осуществляется под действием собственного веса. Лесоспуски могут быть со свободным движением груза и регулируемым при помощи тягового каната или за счет изменения натяжения несущего каната (с переменной длиной несущего каната). Лесоспуски находят применение при небольших объемах работ: на спуске с гор дров и других короткомерных сортиментов.

Использование замкнутого тягового каната с вплетенным в него отрезком грузового каната, расположенного параллельно тяговому и проходящего через грузовую каретку, облегчило подачу грузового крюка на лесосеку. Такая конструкция принята на однопролетных подвесных установках типа ВИ с полуавтоматической кареткой, установках типа ВТУ, применяемых в равнинных условиях, и на ряде других типов установок.

По назначению (выполняемым технологическим операциям) канатные установки подразделяют на трелевочные, трелевочно-погрузочные и погрузочные.

Выбор типа лесотранспортной установки зависит от многих факторов и должен производиться в соответствии с ее назначением, т.е. удовлетворять требованиям выполняемой транспортной операции, а в ряде случаев и погрузочной. Производительность установки при этом должна быть наибольшей, а условия работы — благоприятными для ее конструкции.

Основными факторами, определяющими выбор типа установки, являются: топографические условия лесосырьевой базы; лесохозяйственные требования и методы разработки лесосек; требуемая производительность; размеры и вес трелеваемых грузов; запас древостоя, тяготеющего к проектируемому пути; затраты на стро-

ительство установки; условия примыкания к основному пути вывозки, глубина лесосек и их концентрация.

При резкопересеченном рельефе местности, если трасса проектируемой дороги пересекает естественные препятствия в виде ручьев, рек или выпуклых переломов профиля, а также для сохранения непрерывности пути требуется устройство дорогостоящих искусственных сооружений. В этом случае целесообразно применять подвесные канатные установки.

Сохранение почвенного покрова горных лесосек является одной из важных задач ведения лесного хозяйства в горных районах. Лесохозяйственные требования по обеспечению защиты почвенного покрова и подроста от повреждения обязательно должны учитываться при проектировании транспортного освоения лесосек. Особо велика роль лесовозобновления в горных густонаселенных районах, где лес имеет большое экономическое, водорегулирующее, почвозащитное и оздоровительно значение. В отдельных местах, где толщина почвенного покрова достаточна и опасность эрозии меньше, можно применять полуподвесные установки, однако их использование также ограничивается условиями лесовозобновления.

Тип установки в каждом конкретном случае выбирают с учетом ряда местных условий путем технико-экономического сравнения нескольких вариантов конструктивных решений. Установки, оправдывающие себя при сплошных рубках, зачастую могут стать малоэффективными при выборочных рубках, так как для их работы требуется устраивать просеки шириной 10... 15 м и иметь дополнительные средства для подтаскивания древесины к несущему канату.

Требуемая производительность является одним из важных факторов, определяющих выбор типа установки. Основным критерием для оценки производительности КТУ является не ее протяженность, а расход времени на вспомогательные операции: подтаскивание древесины со стороны, формирование пачки, ее прицепку или погрузку и последующую разгрузку. При сравнительно небольшой длине канатных установок (1,5... 2 км) затраты времени на непосредственное перемещение груза обычно составляют 10... 15 % всего цикла, а на вспомогательные операции — до 75 %.

Размеры и вес транспортируемых лесоматериалов определяют потребную мощность установки, ее конструктивные и геометрические параметры. Если при проектировании подвесных установок среднюю рейсовую нагрузку принять равной нагрузке полуподвесных установок, производительность установки можно увеличить, но при этом соответственно увеличатся вес установки и расходы на монтаж, а срок ее службы значительно сократится. Поэтому вес и размеры перемещаемых грузов должны строго согласовываться со всеми другими параметрами установки и сроком ее эксплуатации.

Конструкция установки и срок ее действия в большой степени зависят и от характера выполняемых транспортных или погрузочных операций.

При определении производительности трелевочной установки силу тяжести трелеваемой пачки, H , находят по формуле

$$G_n = \frac{Z_n \eta_{\text{бл}} - G_k (\mu_0 \cos \gamma \pm \sin \gamma)}{k' (\mu_0 \cos \gamma \pm \sin \gamma) + (1 - k') (\varphi_n \cos \alpha \pm \sin \alpha)}, \quad (1.63)$$

где Z_n — тяговое усилие лебедки, Н; $\eta_{\text{бл}}$ — КПД блока, $\eta_{\text{бл}} = 0,97$; G_k — сила тяжести каретки с частью грузового каната, Н; μ_0 — коэффициент сопротивления движению каретки по несущему канату (определяется расчетным путем); γ — угол отклонения несущего каната от горизонтали, рад; k' — коэффициент распределения веса пачки между кареткой установки и волоком; φ_n — коэффициент сопротивления движению пачки по волоку, $\varphi_n = 0,65 \dots 0,75$; α — угол отклонения волока от горизонтали, рад.

Коэффициент сопротивления движению каретки по несущему канату

$$\mu_0 = \frac{2f + \mu_1 d_{\text{ц}}}{D_k}, \quad (1.64)$$

где f — коэффициент трения качения катков каретки по несущему канату, $f = 0,0005 \dots 0,0006$; μ_1 — коэффициент трения в опорах катков каретки, $\mu_1 = 0,02$; $d_{\text{ц}}$ — диаметр цапфы катка каретки, м; D_k — диаметр катка каретки, м.

Угол отклонения несущего каната от горизонтали

$$\gamma = \beta + \delta \pm \alpha. \quad (1.65)$$

Здесь β — угол от превышения головной мачты над тыловой, рад; δ — угол, образуемый провисанием несущего каната, рад;

$$\beta = \arctg \frac{h_{\text{г.м}} - h_{\text{т.м}}}{L}, \quad (1.66)$$

где $h_{\text{г.м}}$ — высота головной мачты, м; $h_{\text{т.м}}$ — высота тыловой мачты, м; L — расстояние между мачтами канатной установки, м;

$$\delta = \arctg(1,6 - 2,0)k_1, \quad (1.67)$$

где k_1 — коэффициент провисания несущего каната, $k_1 = 0,05 \dots 0,06$.

После определения всех значений величин, входящих в формулу, подсчитывают силу тяжести трелеваемой пачки.

Часовую производительность канатной установки на трелевке, $\text{м}^3/\text{ч}$, определяют по формуле

$$P_{\text{тр.ч}} = \frac{3 \ 600 \varphi_1 V_n \varphi_2}{t_1 + t_2 + \frac{2l_n}{v_{\text{ср.п}}} + \frac{2l_{\text{ср}}}{v_{\text{ср}}}}, \quad (1.68)$$

где φ_1 — коэффициент использования рабочего времени, $\varphi_1 = 0,76 \dots 0,85$; V_n — расчетный объем пачки, м^3 , определяется по формуле (1.51) с учетом формулы (1.52); φ_2 — коэффициент использования расчетного объема пачки, $\varphi_2 = 0,8 \dots 0,9$; t_1 — время сбора пачки, с; t_2 — время отцепки пачки, с; l_n — среднее расстояние подтаскивания пачки к несущему канату, м; $v_{\text{ср.п}}$ — средняя скорость подтаскивания пачки к несущему канату и оттаскивания захватного приспособления к месту зацепки пачки, м/с; $l_{\text{ср}}$ — среднее расстояние трелевки, м; $v_{\text{ср}}$ — средняя скорость движения каретки в обоих направлениях, м/с.

Затраты времени на сбор и отцепку пачки находят по формулам

$$t_1 = a_0 V_n \varphi_2; \quad (1.69)$$

$$t_2 = b_0 + c_0 V_n \varphi_2, \quad (1.70)$$

где $a_0 = 138 \dots 246$; $b_0 = 126 \dots 180$; $c_0 = 7,8 \dots 22,8$.

Средняя скорость движения каретки в обоих направлениях

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_{\text{р.ср}} + v_{\text{х.ср}}}{2}. \quad (1.71)$$

Здесь $v_{\text{р.ср}}$ — средняя скорость движения каретки с пачкой деревьев, м/с; $v_{\text{х.ср}}$ — средняя скорость движения каретки в холостом направлении, м/с;

$$v_{\text{р.ср}} = \frac{v_{\text{р min}} + v_{\text{р max}}}{2}, \quad (1.72)$$

где $v_{\text{р min}}$ — скорость каната рабочего барабана на первом ряде витков, м/с; $v_{\text{р max}}$ — скорость каната рабочего барабана на последнем ряде витков, м/с, $v_{\text{р max}} = (1,05 \dots 1,12)v_{\text{р min}}$;

$$v_{\text{х.ср}} = \frac{v_{\text{х min}} + v_{\text{х max}}}{2}, \quad (1.73)$$

где $v_{\text{х min}}$ — скорость каната холостого барабана на первом ряде витков, м/с; $v_{\text{х max}}$ — скорость каната холостого барабана на последнем ряде витков, м/с, $v_{\text{х max}} = (1,05 \dots 1,12)v_{\text{х min}}$.

Средняя скорость подтаскивания пачки к несущему канату и оттаскивания грузозахватов на лесосеку

$$v_{\text{ср.п}} = \frac{v_{\text{ср}}}{2}. \quad (1.74)$$

После определения всех величин, входящих в формулу (1.68), подсчитывают часовую производительность канатной установки на трелевке.

Часовую производительность канатной установки на трелевке и погрузке леса, м³/ч, определяют по формуле

$$P_{\text{ч}} = \frac{P_{\text{тр.ч}} P_{\text{п.ч}}}{P_{\text{тр.ч}} + P_{\text{п.ч}}}, \quad (1.75)$$

где $P_{\text{п.ч}}$ — часовая производительность канатной установки на погрузке леса, м³/ч.

Сменную производительность канатной установки, м³/смена, находят по формуле

$$P_{\text{см}} = (T_{\text{см}} - t_{\text{п.з}}) P_{\text{ч}}, \quad (1.76)$$

где $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены, ч; $t_{\text{п.з}}$ — подготовительно-заключительное время, ч.

Воздушная трелевка. Освоение лесных массивов с использованием летательных аппаратов предполагает отсутствие каких-либо посадочных площадок и швартовых устройств (мачт, якорных опор и т.д.). Все погрузочно-разгрузочные операции должны производиться в режиме зависания в воздухе на необходимой высоте (иногда до 50 м), чаще всего при отсутствии в данном пункте возможности принять на борт летательного аппарата балласт (воду, песок и др.).

Исходя из этих и других специфических особенностей лесной промышленности летательные аппараты для вывозки леса должны: быть безбалластными; обладать способностью зависать в воздухе во время производства погрузочно-разгрузочных работ при отсутствии швартовых устройств; осуществлять погрузочно-разгрузочные работы с длинномерными грузами (длиной до 35 м) при скорости ветра до 10...12 м/с независимо от его направления; обнаруживать груз в любой точке разрабатываемых массивов независимо от времени года и погодных условий; иметь возможность перевозить рабочих и технику, горючесмазочные материалы, проводить авиационные работы, тушить пожары в лесу; обладать такими летно-техническими и экономическими показателями, которые обеспечивали бы эффективность применения летательных аппаратов при расстоянии вывозки леса 50...200 км.

Экономическая эффективность от применения летательных аппаратов обусловлена следующими факторами:

упрощается технология и снижается трудоемкость лесосечных работ. На лесосеке производятся валка леса и формирование пачек до объема, удобного для вывозки по воздуху тем или иным летательным аппаратом;

отпадает необходимость в строительстве, ремонте и содержании лесовозных магистралей, веток и усов, приобретении и ремонте тягового и прицепного состава для перевозки леса. В результате сокращается число рабочих, занятых на вывозке леса; создаются возможности для круглогодичной ритмичной работы на лесозаготовках независимо от природно-климатических условий;

обеспечивается удобная и быстрая ежедневная доставка рабочих в любой пункт разрабатываемой арендной базы (на расстояние до 150...200 км) и обратно домой;

повышается мобильность техники при перебазировании на новые участки работы независимо от времени года;

становится возможной заготовка леса в ранее недоступных местах, прежде всего в перестойных лесных массивах.

Первые опыты по использованию вертолетов в лесном хозяйстве, в основном для трелевки древесины, проводились еще в 1940-х годах. В настоящее время вертолеты применяют для инвентаризации лесных ресурсов, охраны лесов от пожаров, тушения лесных пожаров, защиты леса от вредителей и болезней, внесения удобрений, посева семян лесных деревьев, доставки людей, оборудования и грузов, а также для воздушной трелевки древесины.

К недостаткам вертолетной трелевки относится прежде всего ее высокая стоимость. Использование вертолетов для трелевки обходится в несколько раз дороже, чем традиционной техники для наземной трелевки. В этом главная причина того, что вертолеты пока не получили широкого распространения как средство трелевки. К числу проблем вертолетной трелевки можно отнести ограничения, связанные с перепадом высот между пунктами погрузки и выгрузки древесины, нехватку мест, пригодных для создания верхних складов, зависимость от погодных условий, невыгодность вертолетной трелевки при малых запасах леса на корню и низком качестве древесины, повышенные требования к безопасности выполнения работ и высокие эксплуатационные издержки.

Применение вертолетов экономически оправдано в следующих случаях: существует необходимость в срочной трелевке для удаления древесины из молодняков, пострадавших от стихийных факторов (ветровал, снеголом и т.д.); из-за эрозии почвы насаждения недоступны для традиционных средств или сеть лесных дорог поражена эрозией; требуется вывоз из насаждений деревьев, пораженных насекомыми или болезнями; необходимо осуществить транспортировку древесины до понижения ее качества; требуется освоение насаждений на крутых склонах, болотистых участках; стоит задача сохранить декоративно-эстетическую ценность ландшафта; создание сети лесных дорог не оправдано экономически.

Вертолеты, используемые для транспортировки древесины, должны отвечать следующим требованиям: иметь низкую стоимость производства и эксплуатации; сочетать прочность конструкции с максимальной грузоподъемностью, пропорциональной мощности двигателя и собственному весу машины; обеспечивать безопасную транспортировку; быть пригодными для транспортировки грузов на больших высотах и при высоких температурах; обеспечивать пилотам хороший обзор пространства под машиной.

Вертолеты, используемые для трелевки, можно разделить на три группы: тяжелые (грузоподъемность 5,5...9 т); средние (3,3...4,1 т); легкие (менее 2,3 т).

Типовой рабочий цикл при воздушной трелевке древесины вертолетами включает в себя следующие операции: перелет вертолета к месту погрузки (на лесосеку); зависание над грузом, во время которого чокеровщик подвешивает груз древесины к электроуправляемому гаку на конце несущего троса; перелет с грузом с лесосеки на верхний склад; зависание над лесоскладом для спуска и отцепки груза.

Часовая производительность вертолета, $m^3/ч$, может быть определена по формуле

$$P_{ч} = \frac{K(M_1 - 0,5M_2)(M_2 - M_3)}{[T_1(M_2 - M_3) + T_2M_4]\rho}, \quad (1.77)$$

где K — коэффициент использования грузоподъемности вертолета; M_1 — масса переменной нагрузки, равная сумме массы располагаемого коммерческого груза и начальной массы топлива за вычетом аварийного неприкосновенного запаса, кг; M_2 — масса топлива, требующегося для рабочего полета, кг; M_3 — масса топлива, требующегося для полета на дозаправку, кг; T_1 — средняя продолжительность цикла, ч; T_2 — время полета на дозаправку, ч; M_4 — средняя масса топлива, расходуемого на один цикл, кг; ρ — плотность древесины, $кг/м^3$.

Попытки найти технологию, которая имела бы все преимущества воздушной трелевки, но не обладала бы рядом отрицательных свойств, присущих вертолетной трелевке, привели к идее использования аэростатных летательных аппаратов — среднего звена между вертолетами и техникой для наземной трелевки. Аэростатная трелевка имеет следующие преимущества: возможность использования цепной аэростатно-тросовой системы, т. е. работы нескольких аэростатов в одной линии (это позволяет увеличить расстояние трелевки до 7...10 км); возможность использования аэростатов большой грузоподъемности (5...10 т); трелевка аэростатом может выполняться как вверх по склону так и вниз (при этом крутизна склона значения не имеет, древесина может выбираться как из впадины, так и из-за сопки); лебедочный ме-

ханизм может располагаться как на суше, так и на воде (на плоту, барже, корабле), например при трелевке с крутого склона вдоль водоема; более высокая безопасность работы, так как в отличие от вертолета управление осуществляется с земли оператором; в отличие от использования стандартных канатных установок нет необходимости в предварительной прорубке трассы для несущих канатов.

Аэростаты, применяемые для трелевки леса, представляют собой тросовую подвесную систему, обладающую подъемной силой.

Максимальное расстояние трелевки с помощью аэростата составляет около 1,5 км. Это значительно снижает требования к наличию подъездных дорог по сравнению со многими канатными трелевочными системами.

Погодные условия при аэростатной трелевке играют определяющую роль. Во время работ ветер не должен превышать 5 м/с, в противном случае аэростат должен быть спущен до прекращения ветра. На проведение работ могут также оказывать влияние температура воздуха и уклон местности.

Размотку канатной системы по лесосеке выполняют с помощью вспомогательного троса диаметром 5...6 мм и дополнительной лебедки. Предварительно перед трелевкой производят валку деревьев и обрезку сучьев. Вся работа вальщиков, чокеровщиков, механизаторов согласовывается мастером с помощью радиосвязи. При движении аэростата в заданном направлении (к месту, где расположен груз) одна из лебедок работает на размотку, другая, наоборот, наматывает канат на себя. Когда аэростат достигает заданной точки, обе лебедки начинают работать на намотку, тем самым притягивая его к земле. После осуществления чокеровки лебедочные механизмы снимают с тормоза, аэростат за счет подъемной силы поднимает пачку бревен. Затем производится перемещение аэростата с грузом в обратную сторону. После обработки определенного сектора делянки рабочую линию системы перемещают с помощью лебедки в следующий сектор.

1.3.6. Очистка деревьев от сучьев

Общие сведения. В зависимости от принятого технологического процесса лесозаготовительных работ деревья могут очищаться от сучьев на лесосеке, верхнем или нижнем складе.

При очистке деревьев от сучьев могут использоваться:

на лесосеке — топоры, универсальные бензиномоторные пилы («Тайга-214», «Крона»), бензиномоторные сучкорезки (БС), передвижные ножевые или канатные петлевые установки для групповой очистки деревьев, многооперационные лесозаготовительные машины — процессоры и харвестеры (в этом случае процесс

очистки от сучьев обычно совмещается с раскряжкой получаемого хлыста на сортименты);

на верхнем складе — самоходные сучкорезные машины для поштучной обработки деревьев (ЛП-30Г, ЛП-33, СМ-33, ЛП-51), используемые также на береговых нижних складах с растянутым фронтом отгрузки;

на нижнем складе — стационарные сучкорезные установки для поштучной (ПСЛ-2А; ЛО-69) и групповой (МСГ-3; МСГ-3.1) обработки деревьев.

Основные способы очистки деревьев от сучьев и применяемые при этих способах режущие элементы приведены в табл. 1.10.

Перерезающие устройства срезают сучок прямолинейным движением ножа или надвиганием сучка на нож без образования стружки. Усилие протаскивания достигает 60 кН, скорость обработки — 3 м/с и более. Фрезерные устройства срезают сучья путем последовательного удаления ряда отдельных стружек вращающимся многолезцовым инструментом (фрезой), роторные — резцами, укрепленными на кольцевом вращающемся роторе. Пильные устройства охватывают ствол гибкой лентой пилы или обеспечивают срезание сучьев вращательно-поперечным перемещением пилы и ствола. Обламывающие устройства удаляют сучья за счет перемещения деревьев через препятствия, пригибающие и ломающие сучья, или при перемешивании пачки деревьев.

Наибольшее распространение получили машины, оборудованные устройством перерезывающего типа с жесткими профильными ножами.

Таблица 1.10

**Основные способы очистки деревьев от сучьев
и применяемые режущие элементы**

| Способ очистки | Режущие элементы |
|-------------------------------|---|
| <i>Индивидуальная очистка</i> | |
| Перерезание | Жесткие профильные ножи, ножевые цепи (браслеты), шарнирные ножи, спирально-петлевые ножи |
| Фрезерование | Плоские вращающиеся ножи, фрезы |
| Точение | Резцы на роторе |
| Пиление | Пильные цепи, режущие диски |
| <i>Групповая очистка</i> | |
| Обламывание | Ротор с цепями, канатная петля, бункерные установки |
| Фрезерование | Фрезы, шнеки |
| Перерезание | Жесткие профильные ножи, шарнирные ножи |

Усредненные характеристики сучковатости деревьев основных промышленных пород

| Порода | Среднее число сучьев | Средний диаметр сучьев у основания, см | Максимальный диаметр сучьев у основания, см | Расстояние между сучьями, см | Угол враща-ния, ° | Твердость у основания относительно стволовой древесины |
|--------|----------------------|--|---|------------------------------|-------------------|--|
| Ель | 150...280 | 3 | 9 | 35 | 96 | 2,3...3,7 |
| Сосна | 10...18 | 5...6 | 15 | 120 | 86 | 2,2...3,5 |
| Осина | 12...17 | 6...8 | 25 | 80 | 50 | 1,25...1,5 |
| Береза | 12...17 | 5...6 | 20 | 67 | 30 | 1,3...1,5 |

Сучковатость деревьев зависит от породы и размера деревьев, а также от лесорастительных условий — бонитета и полноты насаждений. При высоком бонитете и низкой полноте насаждений число и размер сучьев на деревьях максимальны. В плохих условиях произрастания и в сомкнутых древостоях число сучьев меньше из-за отмирания нижних ветвей.

Расстояние от комлевого среза до первого сука, определяющее размеры бессучковой зоны, у основных промышленных пород колеблется в среднем в следующих пределах: у ели — 5...9 м; у березы, осины, сосны — 12...13 м. В зависимости от условий произрастания диапазон изменения этой величины может быть очень широким.

У хвойных пород сучья располагаются так называемыми мутовками — по четыре—шесть сучьев в мутовке, число мутовок на стволе пропорционально высоте и диаметру дерева. У лиственных пород расположение сучьев не мутовчатое, но у них чаще встречаются пасынки — сучья, превратившиеся во второй ствол. Среднее число сучьев у основных промышленных пород указано в табл. 1.11.

Сучковатость деревьев характеризуют следующие признаки: диаметр сучьев у основания, длина сучьев, площадь среза, угол враща-ния, твердость у основания относительно стволовой древесины. Усредненные показатели для основных промышленных пород приведены в табл. 1.11.

Исследования Центрального научно-исследовательского и проектно-конструкторского института механизации и энергетики лесной промышленности (ЦНИИМЭ) показали, что суммарная площадь среза сучьев на крупных деревьях всех пород (при диаметре на высоте груди более 56 см) примерно одинакова и составляет 0,1...0,4 м². У деревьев с диаметром на высоте груди около 32 см площадь среза примерно 0,1 м².

Сила резания, H , при срезании сучьев ножами определяется выражением

$$P_p = P_n + P_d + P_3 + P_b, \quad (1.78)$$

где P_n — усилие надрезания волокон древесины лезвием ножа; P_d — усилие деформации древесины передней гранью ножа; P_3 — усилие на преодоление сопротивлений на задней грани ножа; P_b — усилие на преодоление сопротивлений на верхней грани ножа.

Входящие в выражение (1.78) слагаемые находят по следующим формулам:

$$P_n = 2q_l \rho \sqrt{x(d_c - x)}(2 + \mu_l(1 + \cos \delta)), \quad (1.79)$$

где q_l — предел прочности древесины на перерезание поперек волокон, Н/м^2 ; ρ — радиус затупления режущей кромки ножа, м ; x — глубина внедрения ножа, м ; d_c — диаметр сука, м ; μ_l — коэффициент трения лезвия ножа о древесину; δ — угол резания ножа, $^\circ$;

$$P_d = 2\sigma_{cm} t_n (1 + \mu_d \operatorname{ctg} \delta) \sqrt{x(d_c - x)}, \quad (1.80)$$

где σ_{cm} — сопротивление смятию древесины, Н/м^2 ; t_n — толщина ножа, м ; μ_d — коэффициент трения передней грани ножа о древесину;

$$P_3 = K_y \rho F_3 \mu_3, \quad (1.81)$$

где K_y — коэффициент упругого восстановления волокон древесины, Н/м^3 ; F_3 — площадь контакта задней грани ножа с древесиной, м^2 ; μ_3 — коэффициент трения задней грани ножа о древесину;

$$P_b = K_y t_n F_b \mu_b, \quad (1.82)$$

где F_b — площадь контакта верхней грани ножа с древесиной, м^2 ; μ_b — коэффициент трения верхней грани ножа о древесину.

Для практических расчетов можно принять $\mu_d = \mu_l = \mu_3 = \mu_b = \mu$.

Необходимые при расчетах справочные значения для основных промышленных пород приведены в табл. 1.12.

Таблица 1.12

Показатели основных промышленных древесных пород

| Порода | Сопротивление смятию древесины, МН/м^2 | Коэффициент упругого восстановления волокон древесины, МН/м^3 | Коэффициент трения ножа о древесину |
|--------|---|--|-------------------------------------|
| Ель | 8,0... 12,5 | 350... 600 | 0,5 |
| Сосна | 10,0... 11,5 | 450... 600 | 0,43 |
| Береза | 15,0... 16,0 | 350... 600 | 0,46 |
| Осина | 4,0... 6,0 | 300... 400 | 0,58 |

Для упрощения расчетов при диаметре сучьев более 40 мм можно применять эмпирическую формулу

$$P_{p \max} = 315 \cdot 10^4 d_{сн} a_{п} a_{\delta}, \quad (1.83)$$

где $P_{p \max}$ — максимальное усилие резания, Н; $a_{п}$ — поправочный коэффициент на породу древесины; a_{δ} — поправочный коэффициент на угол резания, при $\delta = 15 \dots 60^\circ$; $a_{\delta} = \delta/30$.

Среднее усилие резания принимают равным половине максимального: $P_{p.ср} = 0,5 P_{p \max}$.

Мощность, требующаяся для срезания сучьев, Вт,

$$N_p = \frac{(P_{p.ср} i + P_T) v}{\eta}, \quad (1.84)$$

где i — число одновременно срезаемых сучьев, для ели $i = 3$, для остальных пород $i = 2$; P_T — усилие на преодоление сил трения при протаскивании, Н; v — скорость протаскивания, м/с; η — КПД передачи от двигателя к каретке.

Для расчета протаскивающего механизма используют следующие выражения:

$$P_u = P_o i + P_T, \quad (1.85)$$

где P_u — усилие протаскивания; P_o — сила отжима, $P_o = (0,5 \dots 0,6) P_p$;

$$N_u = P_u u / \eta, \quad (1.86)$$

где u — скорость протаскивания, м/с.

Очистка деревьев от сучьев ручным моторным инструментом. В настоящее время технология лесосечных работ с вывозкой с лесосеки деревьев практически не применяется, поэтому очистка деревьев от сучьев в подавляющем большинстве случаев производится на лесосеке или верхнем складе. Для этого используются либо самоходные сучкорезные машины, либо ручные моторные инструменты — универсальные бензиномоторные пилы и бензо-сучкорезки.

Производительность труда на очистке деревьев от сучьев зависит от среднего объема хлыста, породы деревьев, вида очистки (грубая или заподлицо), глубины снежного покрова, времени года и числа сучьев.

Вид очистки существенно влияет на производительность труда. Государственный стандарт на лесоматериалы требует срезания сучьев заподлицо с поверхностью дерева. Однако в случаях когда возможна грубая очистка, производительность возрастает на 30 %.

Время года, а точнее температура окружающего воздуха, сказывается на процессе очистки деревьев от сучьев косвенно. При

валке леса бензиномоторными пилами при низких температурах значительная часть сучьев при ударе о землю обламывается, что сокращает время на срезание оставшихся сучьев.

Приемы обрезки сучьев бензиномоторными пилами хорошо отработаны и широко применяются на практике.

Наибольшее распространение получил рычажный метод, который подразделяется на шести- и трехсекционный. Шестисекционный метод (рис. 1.12, *а*) используется, когда сучья располагаются на стволе часто (расстояния между мутовками менее 70 см), а трехсекционный — при расстоянии между мутовками более 70 см (рис. 1.12, *б*). При обрезке многочисленных тонких сучьев, а также сучьев на деревьях с неравномерно расположенными мутовками применяют маятниковый метод (рис. 1.12, *в*).

При обрезке сучьев с помощью самоходных сучкорезных машин во избежание поломки и повреждения узлов машины круп-

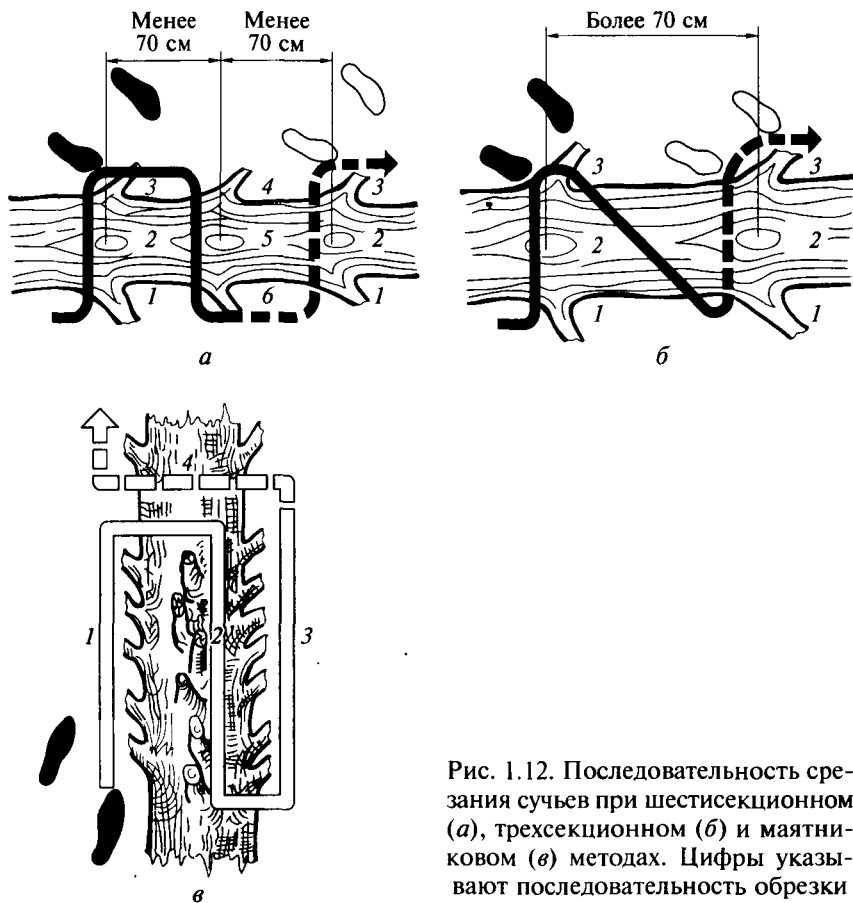


Рис. 1.12. Последовательность срезания сучьев при шестисекционном (*а*), трехсекционном (*б*) и маятниковом (*в*) методах. Цифры указывают последовательность обрезки

ные деревья лиственных пород (осину и березу) следует отсортировать в отдельный штабель, а обрезку их сучьев производить бензиномоторной пилой. Удаляют сучья приемами, отличающимися от описанных ранее. В первую очередь срезают сучья, мешающие дальнейшей работе. Если сук имеет большие размеры, то его следует срезать частями: сначала более мелкие ветки, а затем основания и сам сук. Необходимо следить за тем, чтобы срезанные ветки не мешали работе и не загромождали рабочее место. Во всех случаях при обрезке крупных сучьев необходимо проявлять максимальную осторожность и прежде всего избегать зажима пильной шины.

Машинная очистка деревьев от сучьев. Технологические варианты использования самоходных сучкорезных машин подразделяются: по месту выполнения технологического процесса — на лесопогрузочном пункте, на пасеке, непосредственно у пня, на промежуточном складе; способу заготовки леса — без создания и с созданием запаса хлыстов; способу протаскивания дерева — за комель (комлем вперед) и за вершину (вершиной вперед); направлению перемещения машины на площадке лесопогрузочного пункта — от уса и к усу.

Основными местами работы сучкорезных машин в технологическом процессе лесозаготовок являются верхний склад у лесовозного уса, а также пасека на делянке, где машина обрезает сучья перед трелевкой. Применение ее в последнем случае возможно, если деревья срезаны и уложены в пачки ВПМ или ВТМ.

Сучкорезные машины могут работать как автономно, так и в комплекте с другими машинами. Обрезку сучьев рекомендуется проводить, как правило, одновременно с разработкой лесосеки вне зависимости от того, входит или не входит машинист сучкорезной машины в состав комплексной бригады. Автономная работа сучкорезных машин, т. е. очистка деревьев, уложенных в запас, допустима, однако при этом надо избегать смерзания крон деревьев между собой и примерзания их к земле.

Работа сучкорезной машины с созданием или без создания запасов хлыстов у лесовозной дороги определяется сезоном или режимом работы лесовозного транспорта. Работа машины с укладкой хлыстов в запас организуется в летне-осенний сезон, когда по состоянию дорог летняя вывозка хлыстов невозможна или нецелесообразна и планируется на зимний период. В зимний сезон (а при наличии дорог круглогодочного действия — и летом) сучкорезная машина работает без создания больших запасов.

Обрезку сучьев с протаскиванием деревьев комлями вперед применяют при трелевке деревьев за комли, что бывает, как правило, при использовании ВПМ, ВТМ и бесчокерных трелево-

чных тракторов. Таким образом, основным преимуществом обработки деревьев с комля является возможность применения сучкорезных машин в комплекте с современной лесозаготовительной техникой.

Обрезка сучьев с протаскиванием деревьев вершинами вперед целесообразна при технологии лесосечных работ, предусматривающей использование на валке деревьев бензиномоторных пил и трелевку деревьев за вершины. Такую обрезку можно применять и при работе ВПМ. При трелевке деревьев за вершины лучше сохраняется подрост, повышается проходимость трелевочных тракторов, не требуется выравнивание комлей хлыстов, пропущенных через сучкорезную машину, увеличивается объем пачки на рейс.

Сучкорезные машины при протаскивании деревьев за вершины могут работать в комплекте с манипуляторным трелевочным трактором, для чего на лесосеке должна быть обеспечена обрезка вершин на диаметре 6...8 см. Если этого не сделать, то уложить пачку вершинной частью на коник бесчokerных тракторов практически невозможно.

Направление перемещения сучкорезной машины в процессе очистки деревьев на лесопогрузочном пункте определяется направлением вывозки хлыстов и положением штабелей относительно уса. Комли обработанных хлыстов должны быть всегда расположены в направлении грузового хода лесовозных автопоездов. Поскольку сучкорезная головка всегда находится слева по ходу трактора (со стороны кабины), при очистке деревьев от комля машина приближается к усу в случае размещения штабелей справа от уса (от грузового направления) и удаляется от него в случае размещения штабелей слева. При очистке деревьев от сучьев начиная с вершины машина перемещается в направлениях, противоположных указанным ранее.

Штабель деревьев образуется из отдельных пачек, подтрелеванных трактором и плотно уложенных одна к другой. Пачки укладывают параллельно усу комлями в сторону направления вывозки леса. Каждую следующую пачку следует располагать рядом с уже уложенными пачками. Если сучкорезная машина будет перемещаться от уса к краю штабеля (вглубь штабеля), то подтрелевываемые пачки надо укладывать в обратном направлении — от края штабеля к усу. Если машина будет, наоборот, приближаться к усу, то пачки следует укладывать начиная от уса. Такой порядок формирования штабеля облегчает вытаскивание деревьев сучкорезной машиной из штабеля, он рекомендуется при укладке деревьев в запас.

Во избежание повреждения стволов и особенно вершинной части не допускаются заезды трелевочного трактора на деревья соседних пачек, укладка пачек одна на другую. Для увеличения вместимости штабеля требуется придвинуть пачки друг к другу

шитом или толкателем трактора. Сдвигать пачки можно периодически, через каждые два-три рейса трактора. Слишком сильно уплотнять штабель деревьев нельзя, так как сучья переплетаются и для последующего вытаскивания деревьев потребуются значительные усилия. Пачки деревьев в штабель следует укладывать с расчетом обеспечения удобной и производительной работы сучкорезной машины. Необходимо сбрасывать пачки так, чтобы сучкорезная машина, двигаясь прямолинейно, могла свободно перемещаться рядом со штабелем в непосредственной близости от его торцевой части и взять при этом все деревья, уложенные в штабель. Предельно допустимый разбег комлей, при котором выполняется указанное условие, определяется взаимным расположением левой гусеницы трактора, ножей сучкорезной головки и захвата. Этот разбег должен составлять не более 2 м.

Размеры штабелей определяются в основном режимом вывозки леса (с текущей отгрузкой хлыстов или с созданием запаса). От размеров штабеля деревьев зависят размеры штабеля хлыстов, сформированного машиной после очистки этих деревьев. При работе в запас штабеля обычно делают выше (около 2 м).

Для сокращения расстояний переездов челюстного погрузчика глубину штабелей хлыстов, а следовательно, и деревьев принимают до 30 м. Высота штабеля деревьев зависит от размера трелеваемых пачек, которые укладывают в один ряд и лишь поплотнее сдвигают трелевочным трактором. Размер пачек во многом зависит от способа трелевки — за комель или за вершину.

Расстояние от штабеля деревьев до левой гусеницы сучкорезной машины при протаскивании деревьев за комли должно быть минимальным (в среднем 0,5 м), чтобы сократить время протаскивания бессучковой части ствола через сучкорезную головку. Это расстояние ограничивается лишь условием обеспечения того, чтобы при подъеме комель дерева не задевал за гусеницу. Машина сбрасывает хлысты на правую сторону, причем вершинные части длинных хлыстов ложатся сзади за машиной, перекрывая ей путь назад. Таким образом, машина может работать, только перемещаясь передним ходом.

Метод протаскивания за вершины дает возможность обрабатывать более крупные деревья, чем при протаскивании за комли, поскольку позволяет не поднимать комель дерева, а протаскивать его по земле. Комель поднимается только в последний момент, когда сучья полностью обрезаны и каретка-захват находится у приемной головки, служа противовесом.

Обработанные хлысты сбрасывают вправо, при этом комли хлыстов должны находиться в зоне уверенной видимости с рабочего места машиниста. Ориентиром обычно служит наружный край левой гусеницы, по линии которого и укладывают комли. При аккуратном сбрасывании хлыстов разбег комлей в штабеле не пре-

вышает 0,5 м. Простота выравнивания комлей (не требуется выполнение каких-либо дополнительных приемов) является важным преимуществом обработки деревьев за вершины. При таком способе существенно повышается качество обрезки сучьев в верхней части хлыста.

Хлысты укладывают в штабель на подкладке, проложенной на всю длину (глубину) штабеля и обычно устраиваемой из низкокачественных хлыстов. Подкладку на место укладывают стрелой сучкорезной машины, располагая на расстоянии 1,5...3 м от правой гусеницы трактора.

Укладка сучьев в валы в процессе обрезки на лесопогрузочном пункте является важным достоинством машинной очистки деревьев от сучьев. Во-первых, валы легко уплотняются и приминаются сучкорезной машиной, что сокращает до минимума последующие работы по очистке лесосеки от порубочных остатков. Во-вторых, такая технология позволяет организовать одновременно с обрезкой сучьев строительство лесовозного уса, для которого используется образующийся вал сучьев. Сучья могут также применяться для укрепления волоков.

Сменная производительность сучкорезной машины при обрезке сучьев, м³/смена, определяется по формуле

$$P_{см} = \frac{3600T\phi_1V_x}{t_{ц}}, \quad (1.87)$$

где T — продолжительность рабочей смены, ч; ϕ_1 — коэффициент использования рабочего времени смены, $\phi_1 = 0,8 \dots 0,9$; V_x — средний объем хлыста, м³; $t_{ц}$ — время обработки одного дерева, с.

Время обработки (время цикла)

$$t_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6, \quad (1.88)$$

где t_1 — время на подвод стрелы к дереву; t_2 — время на захваты дерева; t_3 — время протаскивания дерева; t_4 — время на открытие захвата; t_5 — время обратного хода каретки с захватом; t_6 — время на переезды сучкорезной машины от одной технологической стойки к другой.

Составляющие t_2 и t_4 зависят от числа захватов, приходящихся на одно дерево,

$$n = \frac{l_x - l_0}{l_k}, \quad (1.89)$$

где l_x — длина хлыста, м; l_0 — длина части дерева, выступающей за габариты захвата, м; l_k — максимальный ход каретки, м. Полученное значение n округляют до целого числа в большую сторону.

Время протаскивания дерева и время обратного хода каретки определяют по формулам

$$t_3 = \frac{l_x - l_0}{v_p};$$

$$t_5 = \frac{nl_k}{v_x},$$
(1.90)

где v_x — скорость обратного хода каретки с захватом, м/с.

1.3.7. Погрузка древесины на лесовозный транспорт

В настоящее время в зависимости от принятого технологического процесса лесосечных работ заготовленная древесина вывозится в основном в виде хлыстов, полухлыстов или сортиментов, т. е. в круглом виде. Исключение составляет заготовленная на лесосеке или верхнем складе топливная щепа.

Погрузка древесины на лесовозный транспорт является заключительной транспортной операцией технологического процесса лесосечных работ, выполняемой на верхних складах или погрузочных пунктах. Погрузка обычно осуществляется из штабелей запаса. Рабочие и машины, участвующие в погрузке, могут быть выделены в самостоятельные функциональные звенья или входить в состав укрупненных комплексных или сквозных бригад.

Различают три способа погрузки древесины: поштучный — лесоматериалы укладывают на подвижной состав по одному; пачковый — подвижной состав загружают в несколько приемов; крупнопакетный — подвижной состав загружают за один прием пакетом, масса которого равна грузоподъемности транспортной единицы.

Подъемно-транспортные машины, применяемые для погрузки древесины на лесовозный транспорт, можно разделить на следующие типы: стреловые краны и установки, канатные установки, погрузчики (лесоштабелеры), самопогружающиеся лесовозные автопоезда.

Стреловые краны в настоящее время применяют для погрузки древесины редко. Это связано с тем, что они не могут передвигаться с полным грузом, при их использовании трудно механизировать прицепку и отцепку груза. По виду машин, на которых устанавливаются мобильные стреловые краны, последние подразделяют на автомобильные, тракторные и железнодорожные. Общим признаком кранов является подъем груза на гибком тяговом органе (канате). По характеру движения стрелы различают краны с неповоротной качающейся стрелой (в процессе работы изменяется только ее вылет), с поворотной качающейся стрелой (в процессе работы стрела может поворачиваться на угол до 180° , а так-

же изменять вылет) и с полноповоротной качающейся стрелой (стрела может поворачиваться на 360° и изменять вылет).

Канатные установки широко применялись в лесной промышленности СССР. Было создано большое число различных типов таких установок, как специализированных — трелевочных или погрузочных, так и совмещенных — трелевочно-погрузочных.

К основным типам специализированных погрузочных канатных установок относятся: стреловые, у которых блоки тяговых канатов укреплены на наклонной балке, имеющей постоянный или переменный вылет; мачтовые — блоки тяговых канатов укреплены на вертикальной стойке (мачте); установки, не имеющие мачт или стрел, — направляющие блоки укреплены на опорах таким образом, что тяговые канаты располагаются почти горизонтально.

К погрузчикам относятся самоходные погрузочно-разгрузочные и штабелевочные машины с рычажно-сочлененными рабочими органами и механическими грузозахватами. Обычно рабочие органы погрузчиков имеют гидромеханический привод.

Погрузчики и штабелеры классифицируют по типу движителя базовой машины, характеру движения рабочих органов и конструкции грузозахватов. По типу движителя погрузчики подразделяют на колесные и гусеничные.

По характеру движения рабочих органов погрузчики и штабелеры подразделяют на следующие типы:

вертикально-фронтальные и вертикально-боковые — рабочий орган установлен впереди (иногда на корме) или сбоку машины, рабочие органы способны перемещать груз только вверх или вниз;

радиально-фронтальные и радиально-боковые — рабочий орган имеет возможность поворота только в вертикальной плоскости на угол до 90° . В лесозаготовительной промышленности такая техника на применяется;

перекидные — рабочий орган может поворачиваться в вертикальной плоскости на угол до 180° , что позволяет переносить груз через базовую машину погрузчика (через себя) (рис. 1.13, а);

поворотные — рабочий орган может поворачиваться в вертикальной и горизонтальной плоскостях благодаря стреле, содержащей кроме грузозахвата два или более шарнирно-сочлененных элемента (манипуляторные погрузчики).

Самопогружающиеся лесовозные автопоезда принципиально отличаются по способу погрузки леса. По этому признаку различают следующие типы автопоездов:

с боковой погрузкой с помощью канатно-блочной системы. Силовым органом таких автопоездов является лебедка, управляемая с пульта дистанционного управления, что позволяет водителю-оператору выбирать наиболее удобные позиции во время погрузки или разгрузки. Затаскивание пачки древесины производится с помощью канатно-блочной системы по откидывающимся по-

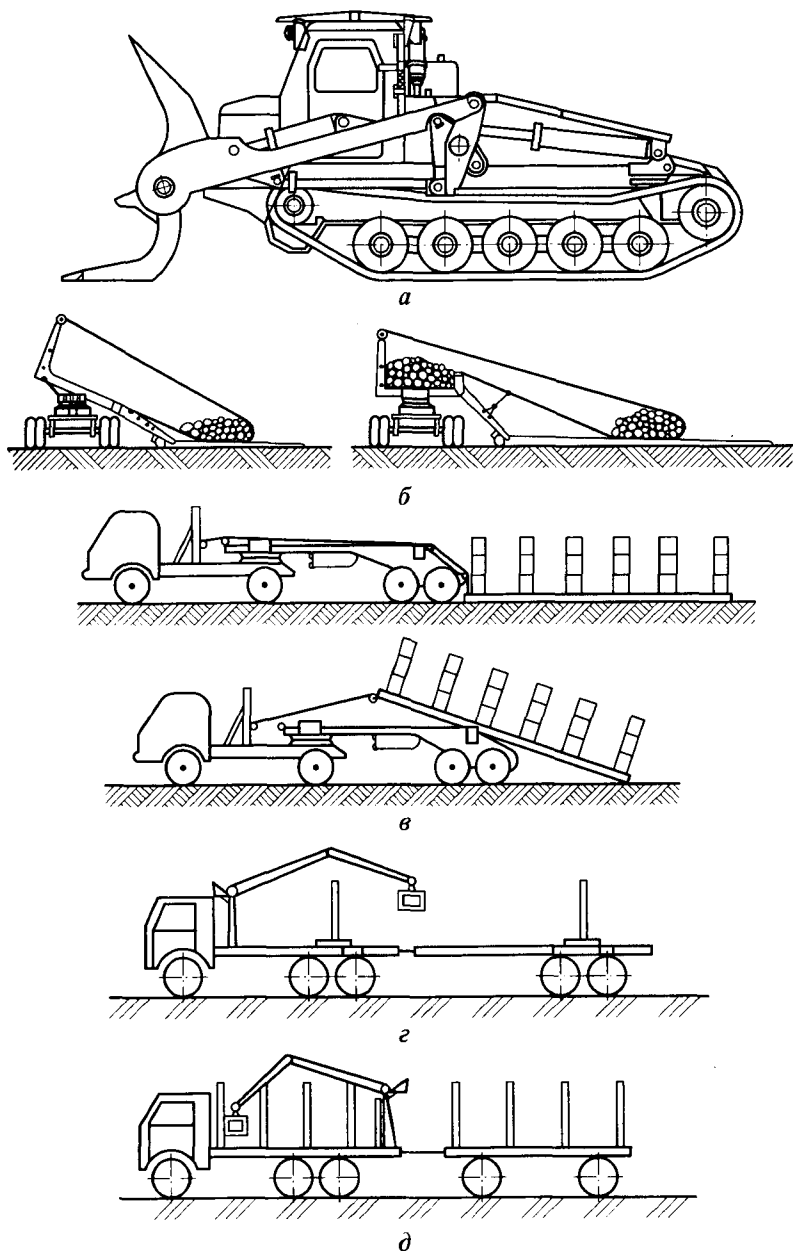


Рис. 1.13. Погрузочные машины:

a — челюстной погрузчик перекидного типа ЛТ-65Б; *б* — автопоезд с боковой самопогрузкой; *в* — самопогружающийся контейнерный автопоезд; *г* — самопогружающийся автопоезд с гидроманипулятором — хлыстовоз; *д* — самопогружающийся автопоезд с гидроманипулятором — сортиментовоз

грузочным стойкам, расположенным по левому борту машины (рис. 1.13, б);

с контейнерной погрузкой. Древесину загружают в установленный на земле контейнер специальным мобильным погрузчиком или краном. Загруженный контейнер затаскивается на полуприцеп автопоезда с помощью лебедки, установленной за кабиной машины (рис. 1.13, в);

с погрузкой с помощью гидроманипулятора (гидрокрана). Автопоезда такого типа могут выполняться в виде хлыстовозов (рис. 1.13, г) и сортиментовозов (рис. 1.13, д). У последних гидроманипулятор может устанавливаться как непосредственно за кабиной машины, так и на корме машины, что позволяет обслуживать и лесовоз, и прицеп при наименьшем требуемом вылете манипулятора.

Основными требованиями, предъявляемыми к машинам и механизмам, используемым на погрузке древесины на лесовозный транспорт, являются: приспособленность к работе с крупногабаритными грузами; возможность набора пачки как с площадки, так и из штабеля; возможность подъема и подтаскивания груза к месту укладки; достаточная грузоподъемность, равная или кратная грузоподъемности подвижного состава; минимальные затраты на монтаж и демонтаж; обязательное обеспечение требований техники безопасности и сохранности подвижного состава при выполнении работ.

Из перечисленных погрузочных машин и механизмов в настоящее время наиболее распространены мобильные челюстные погрузчики перекидного типа и самопогружающиеся лесовозные автопоезда с гидроманипуляторами.

Конструкция технологического оборудования погрузчиков перекидного типа позволяет свести к минимуму маневры машин при выполнении погрузки, что, в свою очередь, сокращает расходы на подготовку погрузочных площадок, особенно на слабых грунтах. Погрузчики фронтального и поворотного типов нашли применение на нижних складах в качестве лесоштабелеров и разгрузчиков лесовозного транспорта. Они используются также на вспомогательных внутрицеховых операциях.

Применение в настоящее время только лесовозных автопоездов с гидроманипуляторами (гидрокранами) обусловлено существенными недостатками автопоездов с канатно-блочной системой и контейнерной загрузкой. Эти недостатки заключаются в следующем: не устранена ручная прицепка груза, продолжителен цикл погрузки. Кроме того, автопоезда с контейнерной погрузкой требуют дополнительных механизмов для загрузки и разгрузки контейнера.

Автопоезда, оборудованные гидроманипуляторами, также имеют существенный недостаток: установка гидроманипулятора уменьшает полезную грузоподъемность автопоезда и приводит к дополнительным расходам топлива как в грузовом, так и в холостом

направлениях. Поэтому использование таких автопоездов целесообразно при вывозке древесины с небольших лесосек при малых плечах вывозки.

Техническая производительность погрузчиков перекидного типа при работе из запаса превышает 400 м^3 в смену, однако для достижения таких результатов необходима правильная и четкая организация их работы.

Штабеля запаса должны укладываться глубиной не более 35 м, а в случае укладки и отгрузки хлыстов их комли должны быть ориентированы в сторону вывозки.

Организационные формы работы лесопогрузчиков могут быть различными. В отдельных случаях наиболее целесообразно закреплять погрузчики за автоколоннами, т. е. при изменении маршрута вывозки меняется место работы погрузчиков, например при организации сквозной лесозаготовительной бригады. В других случаях удобнее закреплять погрузчик за лесопунктом. Такой погрузчик будет последовательно производить погрузку на всех лесосеках данного лесопункта, т. е. работать в качестве функционального звена. При всех формах организации труда должны соблюдаться два условия: при работе нескольких автопогрузчиков на одной погрузочной площадке очередь автопоездов к ним должна быть общей, при работе погрузчиков должен быть запас древесины.

Расчетная часовая производительность лесопогрузочных средств, $\text{м}^3/\text{ч}$, определяется по формуле

$$P_{\text{ч}} = \frac{3600V_{\text{п.с}}\varphi_1}{\left(t_1 + t_2 \frac{M_{\text{п.с}}\varphi_1}{M_1\varphi_2} + t_3\right)}, \quad (1.91)$$

где $V_{\text{п.с}}$ — вместимость подвижного состава, м^3 ; φ_1 — коэффициент использования грузоподъемности подвижного состава, $\varphi_1 = 0,7 \dots 0,8$; t_1 — время подготовки подвижного состава к погрузке, с, $t_1 = 120 \dots 240$ с; t_2 — время погрузки, с, определяется с помощью хронометражных наблюдений; $M_{\text{п.с}}$, M_1 — грузоподъемность соответственно подвижного состава и лесопогрузчика, т; φ_2 — коэффициент использования грузоподъемности лесопогрузчика, $\varphi_2 = 0,6 \dots 0,8$; t_3 — время оправки и крепления пакета после погрузки, с, $t_3 = 180 \dots 300$ с.

1.3.8. Очистка лесосек

Согласно Лесному кодексу РФ лесопользователи обязаны проводить очистку лесосек от порубочных остатков.

Различают следующие способы очистки лесосек:

сбор порубочных остатков в кучи или валы с оставлением их на перегнивание;

измельчение порубочных остатков на отрезки длиной 0,5... 1,0 м и разбрасывание их по территории лесосеки с обязательным приземлением (приминанием к земле);

сбор порубочных остатков в кучи или валы с последующим их сжиганием;

укладка порубочных остатков на трелевочные волокна с последующим примятием трактором;

«сплошной пал» — сжигание порубочных остатков на всей территории лесосеки без их предварительного сбора. Современными лесоводственными требованиями и санитарными правилами запрещен;

сбор и вывоз порубочных остатков с последующим использованием для строительства лесовозных дорог, получения технологической или топливной щепы, а также изготовления товаров народного потребления.

Сбор порубочных остатков может осуществляться как вручную, так и с помощью специализированных машин, называемых подборщиками.

Сбор порубочных остатков вручную осуществляется: при несплошных рубках; при сплошных рубках с обязательным сохранением равномерно распределенного подроста; на небольших лесосеках, где применение специальных подборщиков с учетом необходимости их перебазирований нецелесообразно.

Затраты на очистку лесосек существенно сокращаются, если технологический процесс лесозаготовок предусматривает вывозку леса в виде деревьев или очистку деревьев от сучьев на верхнем складе. Это позволяет сконцентрировать основную часть порубочных остатков в одном месте. Однако даже при использовании благоприятных технологических процессов очистку лесосек все равно приходится проводить в связи с тем, что при валке и трелевке деревьев значительное число сучьев, а иногда и тонкомерных деревьев и пасынков обламывается (особенно в зимнее время).

Подборщики предназначены для очистки вырубленных лесосек от порубочных остатков. Они могут также применяться для минерализации почвы в целях создания благоприятных условий для естественного лесовозобновления и образования защитных минерализованных полос (вокруг склада ГСМ, при сжигании порубочных остатков и т. д.).

Подборщик представляет собой трелевочный трактор, оснащенный специальным оборудованием для сбора сучьев, вершин, валежа и других лесосечных отходов в условиях нераскорчеванных вырубок, т. е. при наличии пней, затрудняющих его передвижение по лесосеке.

По технологическому признаку различают следующие виды машин для очистки лесосек: для сбора сучьев, веток и других мелких остатков в валы или кучи с оставлением их на площади лесосек; для сбора вершин, валежа и стволовой древесины с их последующей погрузкой и вывозкой с очищаемых лесосек.

По конструкции подборщики подразделяют на следующие типы: с грабельным или челюстным собирающим органом; с навесным или прицепным оборудованием; с механическим или гидравлическим приводом собирающего органа; с передним или задним (по отношению к трактору) расположением собирающего органа; с базированием на трелевочных тракторах или тракторах общего назначения.

Наиболее распространенный тип подборщика — навесной грабельный подборщик, навешиваемый сзади на трактор (рис. 1.14, а).

В комплект навесного оборудования подборщика входят: рама, укрепленная на шите трактора или на его шасси (в варианте с гидроприводом); надрамник; соединительные рычаги, шарнирно связанные с собирающими зубьями и подрессоренные пластинчатой пружиной из листовой стали. Каждый зуб подвешивается к надрамнику канатом с коушами.

Рама с соединительными рычагами и собирающими зубьями составляет грабельный аппарат, который подъемной тягой с петлей и канатом трелевочной лебедки трактора или штоком гидроцилиндра может подниматься для сбрасывания собранной пачки и снова опускаться для сбора порубочных остатков. Применение гидравлического устройства дает возможность сбрасывать порубочные остатки в валы без остановки трактора, что повышает производительность подборщика.

Собирающие зубья, не выпуская собранных остатков, свободно проходят пни, поверхностные корни и другие препятствия. Конструкция и геометрическая форма собирающих зубьев позволяют им свертывать эти остатки в пачки без сгребания почвы и выноса подзола, самоочищаться при сбрасывании пачек в валы и не забиваться во время работы.

Недостатками указанного подборщика являются: вдавливание сучьев в грунт гусеницами трактора; ограничение объема собираемой граблями пачки по высоте и ширине; отсутствие у тракториста обзора мест подхода зубьев сгребющего органа непосредственно к препятствиям, что приводит к частым поломкам зубьев; небезопасность вывозки отходов для дальнейшей утилизации; использование не всей площади под посадки лесных культур, так как валы отходов остаются на лесосеке и являются разносчиками вредителей леса и болезней.

Существует ряд подборщиков нетоварной древесины, сучьев и других отходов, рабочие органы которых расположены впереди трактора. Собирающим устройством у таких подборщиков явля-

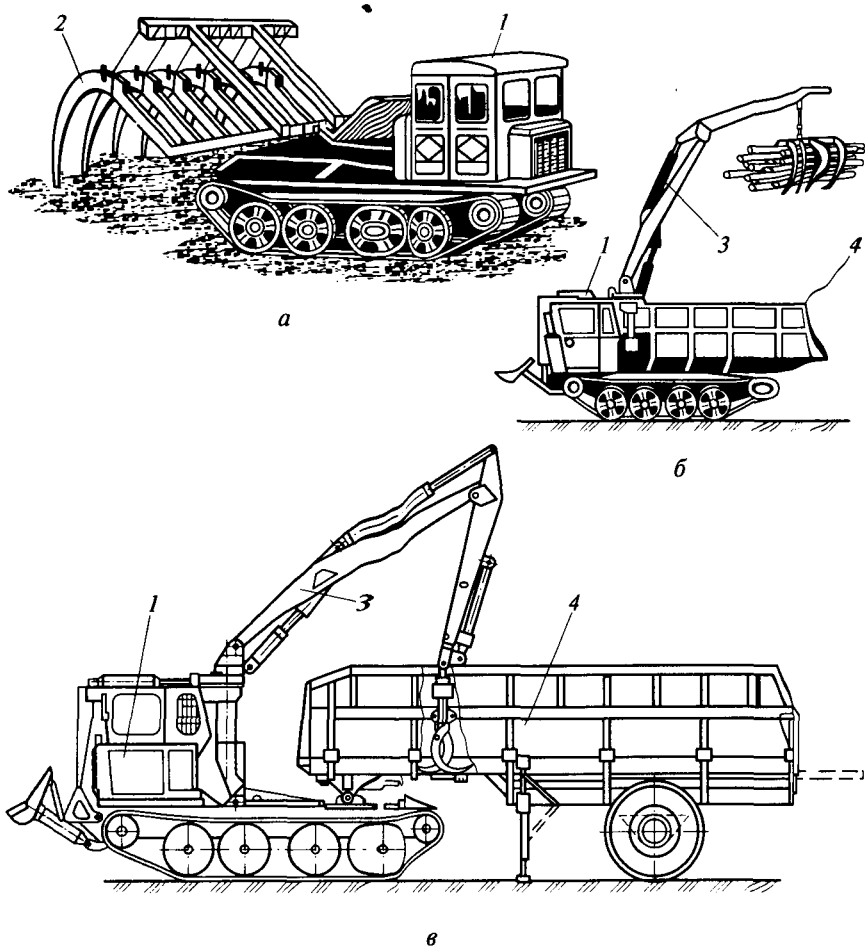


Рис. 1.14. Подборщики куч сучьев для очистки лесосек:

а — грабельный; *б, в* — манипуляторный; 1 — базовый трактор; 2 — грабли; 3 — манипулятор; 4 — кузов

ются зубья дугообразной формы, укрепленные на толкателе трактора. Эти подборщики могут не только собирать порубочные остатки, но и производить корчевку.

В случаях когда для лесовозобновления наиболее предпочтительным является измельчение и разбрасывание порубочных остатков по территории лесосеки, помимо ручных моторных инструментов могут использоваться передвижные дробилки и дробильные катки.

Способ дробления имеет ряд преимуществ: его можно вести в течение всего года, ограничивается необходимостью в сгребании порубочных остатков в кучи и дежурстве при их сжигании, из-

мельченые порубочные остатки разлагаются значительно быстрее целых.

Специальные дробильные ребристые катки массой 15 т при проходе по вырубке в паре с гусеничным трактором дробят и частично вдавливают в почву ветки и сучья, а древесину толщиной до 18 см расщепляют на мелкие куски. Такой агрегат экономически целесообразно применять на вырубках площадью не менее 8 га.

Выбор способа очистки вырубок и типа подборщика зависит от следующих условий: наличие на вырубке сохранившегося в достаточном количестве жизнеспособного подроста, количество лесосечных отходов и путей их утилизации, состояние почвенно-растительного покрова и рельефа площади вырубок, способ проведения лесовосстановительных работ.

При отсутствии подроста хвойных пород применяют грабельный подборщик. Очистка производится сразу после разработки лесосеки, в том числе и в зимний период при глубине снежного покрова до 0,5 м. Схема работы грабельного подборщика приведена на рис. 1.15, а. Подборщик 1 делает прямолинейные челночные проходы с разворотом на границах вырубki. Валы 2 порубочных остатков располагают параллельными рядами на расстоянии 15...25 м друг от друга в зависимости от захламленности вырубki. Рыхлые валы и валы высотой более 1,2 м должны уплотняться гусеницами подборщика. Крайние валы оставляют не ближе 10...15 м от границ вырубki, а концы валов — не ближе 8...10 м

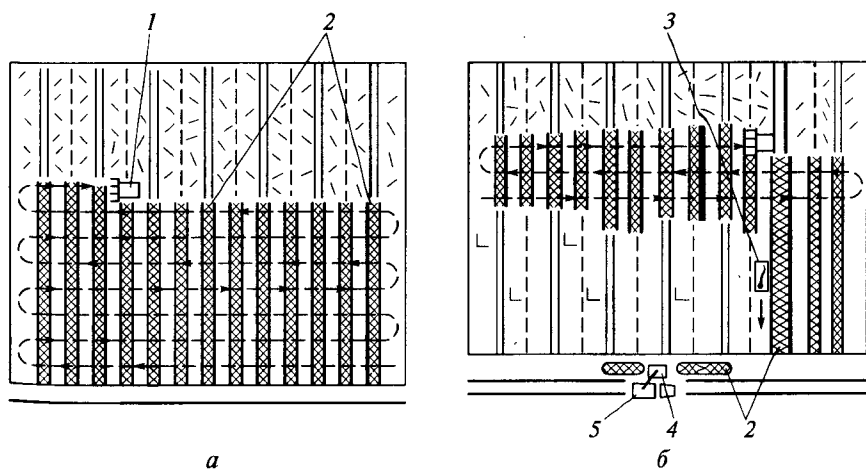


Рис. 1.15. Схемы сбора порубочных остатков:

а — грабельным подборщиком; б — грабельным и манипуляторным подборщиками с транспортировкой порубочных остатков к лесопогрузочному пункту; 1 — грабельный подборщик; 2 — вал порубочных остатков; 3 — манипуляторный подборщик; 4 — рубительная машина; 5 — щеповоз

от стены леса. Валы размещают на вблоках и на границе пасек. Влетнее время одновременно с очисткой вырубок подборщиками рыхлят почву, содействуя лесовозобновлению и создавая мнерализованные полосы.

Если порубочные остатки будут перерабатываться на щепу, то в комплексе с грабельным подборщиком должен работать манипуляторный подборщик 3 (рис. 1.15, б), который, двигаясь вдоль валов порубочных остатков, манипулятором грузит их в кузов и транспортирует к месту переработки, обычно к лесопогрузочному пункту, где должны находиться рубительная машина 4, контейнер для щепы или щеповоз 5.

При наличии на вырубке сохранившегося жизнеспособного подроста порубочные остатки в полупасеках следует собирать манипуляторным подборщиком.

Машинную очистку лесосек производят специальными функциональными бригадами (звеньями) из двух-трех человек, оснащенные одной-двумя универсальными бензиномоторными пилами (например, «Тайга-214» или «Крона») и подборщиком сучьев, как правило, грабельного типа, например ЛТ-161.

Требующееся тяговое усилие, кН, для работы грабельного подборщика определяют по формуле

$$F_{\text{тяг}} = (G_{\text{гр}} + G_{\text{п}})\mu_{\text{ср}} + K_{\text{гр}}Bh, \quad (1.92)$$

где $G_{\text{гр}}$ — вес грабельного аппарата, кН; $G_{\text{п}}$ — сила тяжести перемещаемой пачки, кН; $\mu_{\text{ср}}$ — коэффициент сопротивления перемещению пачки лесосечных отходов; $K_{\text{гр}}$ — удельное сопротивление от поверхностного заглабления собирающих зубьев на глубину до 0,1 м, в зависимости от механического состава и влажности почвы составляет 98...196 кН/м²; B — ширина захвата, м; h — глубина заглабления, м.

Мощность двигателя трактора, кВт, требуемая для работы с грабельным аппаратом,

$$N_{\text{д}} = \frac{F_{\text{тяг}}v_{\text{п}}}{\eta_{\text{тр}}}, \quad (1.93)$$

где $v_{\text{п}}$ — рабочая скорость трактора, м/с; $\eta_{\text{тр}}$ — КПД трансмиссии трактора.

Часовая производительность грабельного подборщика, га/ч,

$$P_{\text{ч}} = \frac{3600\phi_1}{T_{\text{ц}}}. \quad (1.94)$$

Здесь ϕ_1 — коэффициент использования рабочего времени; $T_{\text{ц}}$ — время цикла, с/га;

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2n_{\text{п}}, \quad (1.95)$$

где t_1 — время движения подборщика (время гона) с/га; t_2 — время, затрачиваемое на один поворот, с, $t_2 = 60 \dots 100$ с; $n_{\text{п}}$ — число поворотов подборщика на 1 га, 1/га.

Входящие в выражение (1.95) составляющие определяют по формулам:

$$t_1 = \frac{10^4 K_{\text{п}}}{B\varphi_2 v_{\text{п}}}, \quad (1.96)$$

где $K_{\text{п}}$ — коэффициент, учитывающий увеличение времени движения за счет остановок на разгрузку грабель, $K_{\text{п}} = 1,1 \dots 1,2$; B — ширина захвата, м; φ_2 — коэффициент использования ширины захвата, $\varphi_2 = 0,8 \dots 0,9$;

$$n_{\text{п}} = \frac{10^4}{B\varphi_2 l_{\text{г}}}, \quad (1.97)$$

где $l_{\text{г}}$ — длина гона, м, наиболее предпочтительна $l_{\text{г}} = 500 \dots 600$ м.

Сменная производительность подборщика, га/смена,

$$P_{\text{см}} = (T_{\text{см}} - t_{\text{р}}) P_{\text{ч}}, \quad (1.98)$$

где $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены, ч; $t_{\text{р}}$ — время на регламентированные простои (подготовительно-заключительные операции), $t_{\text{р}} \approx 1$ ч.

Число бригад (звеньев) определяют по формуле

$$n_{\text{зв}} = \frac{S_{\text{г}}}{P_{\text{см}} N_0}, \quad (1.99)$$

где $S_{\text{г}}$ — площадь лесосек, подлежащих очистке подборщиком в течение года, га; $P_{\text{см}} = 2,8 \dots 3,6$ га/смена; N_0 — число смен работы звеньев на очистке лесосек, в бесснежный период составляет ориентировочно 150.

В случае использования на очистке лесосек манипуляторных подборщиков (погрузочно-транспортных машин с манипуляторами — см. рис. 1.14, б, в) их сменную производительность, м³/смена, определяют по формуле

$$P_{\text{см}} = \frac{3600(T_{\text{см}} - t_{\text{р}})Q\varphi_1}{\frac{l_{\text{ср}}}{v_{\text{п}}} + \frac{l_{\text{ср}}}{v_{\text{х}}} + t_3 + t_4}, \quad (1.100)$$

где Q — средняя рейсовая загрузка машины, м³, зависящая от объема кузова $V_{\text{к}}$ и коэффициента полнодревесности Δ перевозимого груза, $Q = V_{\text{к}}\Delta$; $l_{\text{ср}}$ — среднее расстояние транспортировки, м; $v_{\text{п}}$ — средняя скорость движения с грузом, м/с, $v_{\text{п}} \approx 1,11$ м/с; $v_{\text{х}}$ — средняя скорость движения без груза, м/с, $v_{\text{х}} \approx 1,67$ м/с; t_3 —

время загрузки кузова машины, с, зависящее от объема погружаемой пачки, продолжительности цикла погрузки одной пачки, среднего расстояния переездов от одной кучи порубочных остатков к другой и числа переездов в процессе загрузки машины; t_4 — время на разгрузку кузова машины, с, для машин с самосвальным кузовом $t_4 = 120$ с.

К очистке лесосек также относится корчевание пней, производимая на вырубках в лесохозяйственных целях, при подготовке трасс лесовозных дорог, площадей под складские площадки, заготовке пней для канифольного производства и ряде других случаев.

Корчевание пней является весьма трудоемким процессом, требующим больших энергетических затрат. На усилие извлечения пней из почвы влияет большое число факторов: порода дерева; размер пня; механический состав, плотность и влажность почвы; форма корневой системы и т.д. Требуемое для корчевания пня усилие можно приблизительно оценить по эмпирической формуле

$$F_{\text{п}} = 9,8q\sqrt{d_{\text{п}}^3}, \quad (1.101)$$

где q — эмпирический коэффициент, зависящий от породы дерева, для сосны принимается равным 70, для ели и березы — 60, для осины — 50; $d_{\text{п}}$ — диаметр пня, см.

1.3.9. Выбор системы машин

Рациональный выбор системы машин для эффективного проведения лесосечных работ зависит прежде всего от принятого технологического процесса, а также от финансовых возможностей предприятия.

Под *системой машин* понимают совокупность машин и оборудования различного функционального назначения, взаимоувязанных по техническим и технологическим параметрам и предназначенных для последовательного выполнения технологического процесса лесосечных работ. Одной из наиболее эффективных форм организации работы систем машин являются комплексы (комплекты).

Комплекс (комплект) формируется для эффективного функционирования системы машин в конкретных природно-производственных условиях и характеризуется числом машин каждого типа, последовательностью их расстановки, а также наличием и типом технологических связей между ними.

В настоящее время отечественные и зарубежные производители предлагают лесозаготовительным предприятиям широкий спектр машин и механизмов для лесосечных работ. К основным требованиям, предъявляемым к указанной технике, можно отне-

сти: соответствие параметров и конструкции машины назначению и условиям применения; обеспечение минимальной энергоемкости процессов выполнения технологических операций; обеспечение минимальных нагрузок, воспринимаемых машиной и технологическим оборудованием; минимальные масса и габаритные размеры конструкции; простота устройства, прочность и надежность конструкции; унификация и универсальность машин; износостойкость рабочих органов; минимальные затраты на обслуживание и ремонт.

При формировании систем машин их основные показатели и параметры определяются природно-производственными факторами, к которым относятся: производственная программа участка, средний размер лесосек и степень их концентрации (расстояние между ними), рельеф местности, крупномерность и породный состав древостоя, наличие жизнеспособного подроста, почвенно-грунтовые условия, вид рубок. Все эти факторы по отношению к системе машин могут быть отнесены к внутренним и внешним. Внутренние факторы определяются конкретной структурной схемой и организацией ее использования. Внешние факторы обусловлены действием окружающей среды.

К параметрам машин, определяющим структуру и размерность системы, относятся: мощность двигателя, грузоподъемность машины, тяговое усилие, давление на грунт, диапазоны рабочих и холостых скоростей, радиус поворота машины, ширина машины, максимальный вылет, грузоподъемность и угол поворота манипулятора, максимальный диаметр обрабатываемого дерева, углы устойчивости машины, продолжительность цикла обработки одного дерева (пачки) и др.

Основными показателями, обуславливающими применение системы машин, являются: породный состав деревьев; средний объем хлыста в насаждении; распределение деревьев по объему (или диаметру); средняя высота и распределение высот деревьев; число деревьев на 1 га; запас леса на 1 га; уклон лесосеки; несущая способность грунта; наличие на лесосеке подроста, камней, ветровой древесины и т.д.; температурные условия, осадки, направление и сила ветра.

Факторами, обусловленными технологическими и эксплуатационными показателями, являются: вид рубки деревьев, применяемые технологические схемы разработки лесосек, требуемая производительность. Видом рубки определяются способы выполнения технологических операций, их очередность и задаваемые ограничения, а следовательно, и тип машины.

В зависимости от природно-производственных условий применения системы машин и вида рубки отдельные из перечисленных факторов будут наиболее важными, а ряд других может иметь при этом второстепенное значение. Для лесосечных работ наиболее

важными факторами являются таксационные характеристики насаждений, почвенно-грунтовые условия, рельеф местности, требования к сохранению подроста, технология работ, способ рубки, для лесотранспортных работ — объем производства, концентрация лесосечного фонда, расстояние вывозки, рельеф местности, почвенно-грунтовые условия.

При формировании систем машин необходимо увязать между собой машины в комплект для последовательного выполнения всех технологических операций лесозаготовительного процесса. При этом должны быть согласованы число операций, выполняемых каждой машиной, технические, технологические, эксплуатационные и энергетические показатели и параметры машин. Иначе говоря, каждая предыдущая машина должна создавать оптимальные условия для работы всех последующих машин или всего комплекса машин, принимающих участие в производственном процессе лесосечных работ.

Желательно, чтобы все машины и механизмы, входящие в систему, имели одинаковую или кратную расчетную производительность. Как правило, добиться этого не удастся. При существенном различии расчетных производительностей машин и механизмов, входящих в систему, коэффициент использования наиболее производительных из них оказывается весьма низким. В данном случае компоновку системы можно осуществлять методом максимально возможного выравнивания производительностей машин по операциям. При этом необходимо стремиться к максимальной загрузке наиболее дорогостоящих машин.

Можно выделить следующие принципы формирования систем лесосечных машин:

упрощение структуры системы, т. е. формирование системы из минимального числа типов машин;

обеспечение надежности функционирования системы путем формирования звеньев из нескольких машин и выбора схемы взаимодействия, обеспечивающей работу машин одного типа при простое смежных машин второго типа;

обеспечение кратной производительности машин в системе и их эффективного применения с учетом различного рода связей;

обеспечение полной загрузки каждой машины, входящей в систему;

однотипность (по возможности) базового шасси. Этот принцип должен распространяться на все виды смежных работ и смежные системы, иначе говоря, однотипное базовое шасси желательно использовать не только для лесосечных машин, но и для машин, предназначенных для строительства и содержания лесовозных дорог и других операций, выполняемых в лесу.

Для разработки небольших разрозненных лесосек со средним объемом хлыста до $0,4 \text{ м}^3$ при отсутствии предварительного лесо-

возобновления может быть рекомендована, например, следующая система машин: ВТМ (ЛП-17) + МОС (ЛП-30Г) + погрузчик (ПЛ-1В). Все эти машины созданы на базе трактора ТДТ-55А производства Онежского тракторного завода. При среднем объеме хлыста более 0,4 м³ и прочих равных условиях можно применить систему ВТМ (ЛП-49) + МОС (ЛП-33) + погрузчик (ЛТ-65Б), в которую входят машины, созданные на базе трактора ТТ-4 производства Алтайского тракторного завода.

Упрощение структурного построения комплекса необходимо в связи с тем, что условия лесосеки в большинстве своем ограничивают использование многоэлементного комплекса. Структура и число элементов в большой степени зависят от размеров лесосек и запаса леса на них, т. е. для условий Сибири комплексы будут одни, а, например, для Европейской части страны — другие.

При формировании систем из числа существующих машин требуется в зависимости от природно-производственных условий определить наиболее целесообразные марки машин, схему их комплектования и число машин.

Основными показателями системы, которые необходимо определить, являются: число машин каждого типа, расстояние трелевки, объем межоперационных запасов, технологическая схема разработки лесосеки и режим работы машин.

Для мастерского участка определяют также число систем машин, необходимых для выполнения производственной программы, состав машин и механизмов для технического обслуживания и ремонта.

Системы лесосечных машин для конкретных природно-производственных условий формируют в такой последовательности:

исходя из ограничений по крупномерности древостоя, породному составу, рельефу, почвенно-грунтовым условиям, виду рубки и наличию подроста, подлежащего сохранению, выбирают лесосечные машины, обеспечивающие освоение лесного массива с заданными характеристиками. При наличии альтернативных вариантов выбирают машины, обеспечивающие наилучшие технико-экономические показатели работы;

из выбранных машин формируют системы и определяют число машин каждого типа. При этом ограничительным фактором для максимально возможного числа машин одного функционального назначения служит площадь лесосеки, на которой планируется применение системы;

определяют значения управляемых параметров (расстояние трелевки, объемы межоперационных запасов, сменность работы машин), обеспечивающих максимальную производительность каждой машины и согласованность по производительности машин, выполняющих смежные операции технологического процесса.

При определении числа машин применительно к конкретным условиям одну из технологических операций принимают за базовую. Машина, выполняющая эту операцию, становится основной в системе. К основным машинам подбирают вспомогательные. Основными машинами могут быть ВПМ, ВТМ, трелевочные, МОС, ВСРМ и др.

Основными оценочными параметрами технологического процесса могут быть: объем заготавливаемого леса, м^3 ; продолжительность заготовки, день, смена; производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$, $\text{м}^3/\text{смена}$; удельная трудоемкость, чел.-день/ м^3 ; удельный расход топлива, $\text{кг}/\text{м}^3$; приведенные затраты, р./ м^3 .

Помимо перечисленных оценочных показателей формируемых систем машин немаловажным является надежность функционирования как всей системы в целом, так и каждой конкретной машины в отдельности. При выборе конкретных марок машин следует учитывать гарантийные обязательства, которые берет на себя производитель и поставщик техники, мнения производителей, уже сталкивавшихся с данными моделями, стоимость технического обслуживания и ремонта, приспособленность имеющихся поблизости мастерских к обслуживанию и ремонту конкретной техники.

Увеличить надежность системы машин при ее формировании и эксплуатации можно следующими путями:

повышением культуры и эффективности обслуживания и ремонта техники. Это достигается рядом общеизвестных мероприятий, таких как повышение квалификации обслуживающего персонала, строгое соблюдение рекомендаций инструкции по эксплуатации машины, обеспечение нормальных режимов работы машины, оптимизация режимов и периодичности технического обслуживания, совершенствование системы технического обслуживания и ремонта машин, проведение диагностики;

введением избыточности, которая может быть структурной, функциональной и временной. Структурная избыточность достигается введением дополнительных элементов. Функциональная избыточность лесосечных машин обусловлена особенностями отдельных машин, включаемых в комплекс на правах элементов. При отказе отдельных элементов системы, имеющие в своем составе многооперационные машины, иногда в состоянии продолжать работу. Временная избыточность лесосечных систем обусловлена наличием резерва времени между отдельными фазами процесса функционирования системы. Наличие резерва времени позволяет восстанавливать работоспособность элементов, не снижая эффективности функционирования системы. Причинами возникновения временного резерва лесосечных машин являются наличие межоперационных запасов между отдельными фазами процесса и несоответствие производительностей отдельных фаз системы.

Наиболее перспективным представляется использование естественной избыточности (временной и функциональной), не требующей при введении значительных затрат.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение лесосеки и ее составных частей.
2. Перечислите основные виды лесозаготовительных бригад.
3. Как определяется потребное число рабочих в бригаде?
4. Что является предметом труда лесозаготовительного производства?
5. Перечислите основные виды и характеристики продукции лесозаготовительного производства.
6. Перечислите основные направления резания древесины.
7. Что такое элементарный резец? Назовите его характеристики.
8. Перечислите задачи теории резания древесины.
9. От чего зависит усилие резания древесины?
10. Что такое производительность чистого пиления?
11. Что такое трелевка? Какие машины и механизмы используются на этой операции?
12. Как классифицируют лесозаготовительные машины?
13. Как классифицируют трелевочные тракторы?
14. Для чего выполняется очистка лесосек?
15. Перечислите основные способы очистки лесосек.
16. В каких случаях на трелевке используют канатные установки?

Глава 2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ СКЛАДОВ

2.1. Общие вопросы технологии лесоскладских работ

2.1.1. Типы и назначение лесопромышленных складов

Лесопромышленный склад — это часть территории лесопромышленного предприятия, на которой укладывают лесоматериалы, предназначенные для хранения, последующей транспортировки или переработки на месте, а также установленная там система машин, обеспечивающая погрузочно-разгрузочные и переместительные операции.

Лесопромышленные склады подразделяются: на лесопромышленные склады лесозаготовительных предприятий; лесопереvalочные базы, в том числе и лесные порты; лесопромышленные склады потребителей (деревянообрабатывающих предприятий). По месту расположения лесопромышленные склады делятся на прирельсовые и береговые.

Перспективы совершенствования работы лесопромышленных складов непосредственно связаны с общей тенденцией развития всего лесозаготовительного производства. В последнее время появилось мнение, что лесопромышленные склады не нужны. Это справедливо в двух случаях: когда хлысты (или деревья) вывозятся непосредственно на склады потребителей либо когда выработка сортиментов производится на лесосеке или верхнем складе.

Первое направление в настоящее время получает широкое распространение. Непосредственная доставка хлыстов (или деревьев) на склады сырья лесопромышленных комплексов содействует дальнейшей механизации и автоматизации производственных процессов, комплексному использованию древесины.

Если из-за дальности перевозок непосредственная доставка окажется экономически нецелесообразной, то лесопромышленные склады лесозаготовительных предприятий станут превращаться в небольшие лесопромышленные комплексы, где будет организована не только первичная обработка, но и частичная переработка вывезенного леса.

Второе направление, предусматривающее выработку сортиментов на лесосеке, связано с существенным увеличением трудоемкости лесосечных работ, использованием сложных и дорогостоящих многооперационных машин. Эта технология находит применение в тех случаях, когда сортименты можно вывозить с лесосеки непосредственно на предприятия, занимающиеся их последующей переработкой. Такая технология отрицательно сказывается на комплексном использовании сырья.

Более прогрессивным направлением совершенствования лесозаготовительного процесса является переработка древесного сырья на промплощадках. В этом случае есть возможность организовать первичную обработку и частичную переработку древесины на базе мобильной системы машин.

Под первичной обработкой в общем случае подразумеваются операции по механической обработке деревьев, хлыстов и сортиментов, в результате которых изменяются их вид, размеры и качество. К таким операциям относятся очистка деревьев от сучьев, раскряжевка, окорка, раскалывание круглых лесоматериалов, удаление гнили. В результате первичной обработки в большинстве случаев получают полуфабрикаты, поступающие в дальнейшую переработку на том же складе.

Лесопромышленные склады включают в себя следующие производственные участки и поточные линии:

основная технологическая поточная линия по производству круглых лесоматериалов, на которой производятся разгрузка подвижного состава, очистка деревьев от сучьев, раскряжевка хлыстов, сортировка круглых лесоматериалов;

дополнительные технологические поточные линии по производству короткомерных круглых лесоматериалов и переработке низкокачественной древесины;

технологические поточные линии по механической переработке древесины (лесо- и шпалопиление);

вспомогательные технологические поточные линии по переработке отходов (сучьев, коры и др.);

производственные участки штабелевки отгружаемой продукции.

Технологический процесс лесопромышленного склада, применяемое на складе оборудование, степень обработки и переработки древесины, технико-экономические показатели работы склада в значительной степени зависят от следующих факторов: тип лесовозной дороги, по которой древесина доставляется на склад; вид лесоматериалов, доставляемых на склад; пункт примыкания склада (автодорога, железная дорога, река); годовой грузооборот склада; породные и размерно-качественные характеристики поступающего леса; вид отгружаемой готовой продукции.

Взаимную связь отдельных операций на лесопромышленном складе характеризует структурная схема технологического процесса.

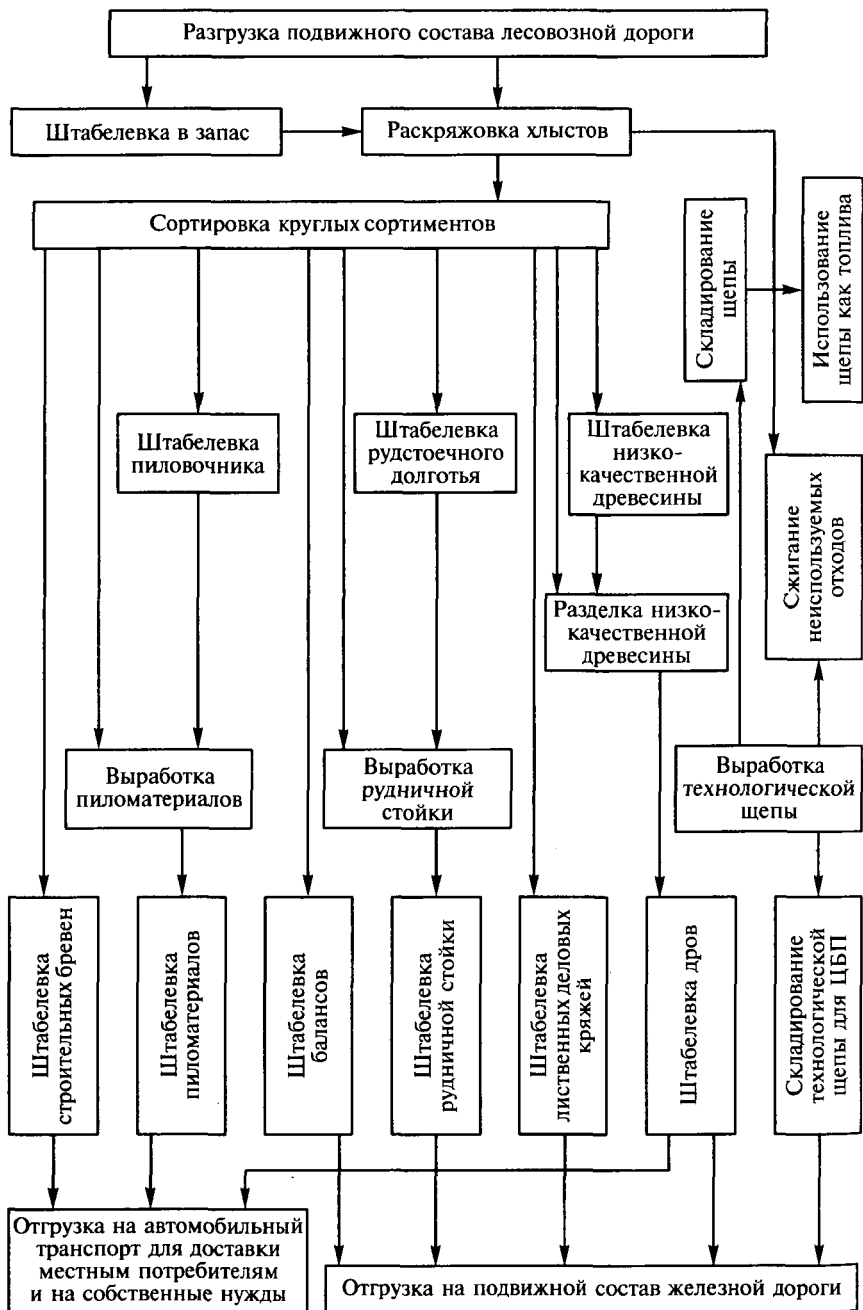


Рис. 2.1. Структурная схема технологического процесса лесопромышленного склада

Приведенная на рис. 2.1 схема является типичной для прирельсового лесопромышленного склада, расположенного вдали от специализированных деревообрабатывающих предприятий и перерабатывающего поэтому значительную часть поступающего леса.

Все работы на лесопромышленном складе производят в отдельных взаимосвязанных цехах, участках и поточных линиях, содержащих различные машины и установки, которые выполняют в определенной последовательности ряд основных и вспомогательных операций.

2.1.2. Режим работы лесопромышленных складов

Основными показателями работы лесопромышленного склада являются его грузооборот, вместимость, занимаемая площадь и продолжительность работы в течение года.

Грузооборотом лесопромышленного склада Q называют объем лесоматериалов в кубических метрах, пропускаемый через склад в единицу времени (сутки, месяц, сезон, год и т.д.).

Вместимостью лесопромышленного склада E называют объем лесоматериалов в кубических метрах, который может быть одновременно размещен на территории склада.

Площадь лесопромышленного склада $F_{бр}$ — это общая площадь (в квадратных метрах), занимаемая лесоскладским оборудованием и сооружениями, штабелями и разрывами между ними, внутрискладскими путями, погрузочными тупиками и т.п.

Продолжительность работы склада в течение года T выражается в днях и равняется общему числу календарных дней в году за вычетом выходных дней.

Лесопромышленный склад характеризуется также режимом работы, определяющим сроки и объемы поступления заготовленного леса и его обработки, выхода готовой продукции и отгрузки ее со склада. Наглядно режим работы можно представить в виде интегральных графиков поступления, обработки и отгрузки лесоматериалов (рис. 2.2). Режим работы лесопромышленного склада в основном зависит от типа транспорта, подающего заготовленный лес на склад и отгружающего готовую продукцию.

На прирельсовых лесопромышленных складах поступление сырья и отгрузка готовой продукции осуществляются практически непрерывно (с некоторыми перерывами в периоды распутицы), поэтому работа на таких складах производится почти равномерно в течение всего года (рис. 2.2, а). Линия *I* показывает нарастающим итогом прибытие деревьев или хлыстов на склад, а линия *II* — поступление их в обработку (обрезку сучьев, раскряжевку, сортировку, окорку, разделку на коротье и т.д.). Линия *III* отражает выход готовой продукции, а линия *IV* — отгрузку ее со скла-

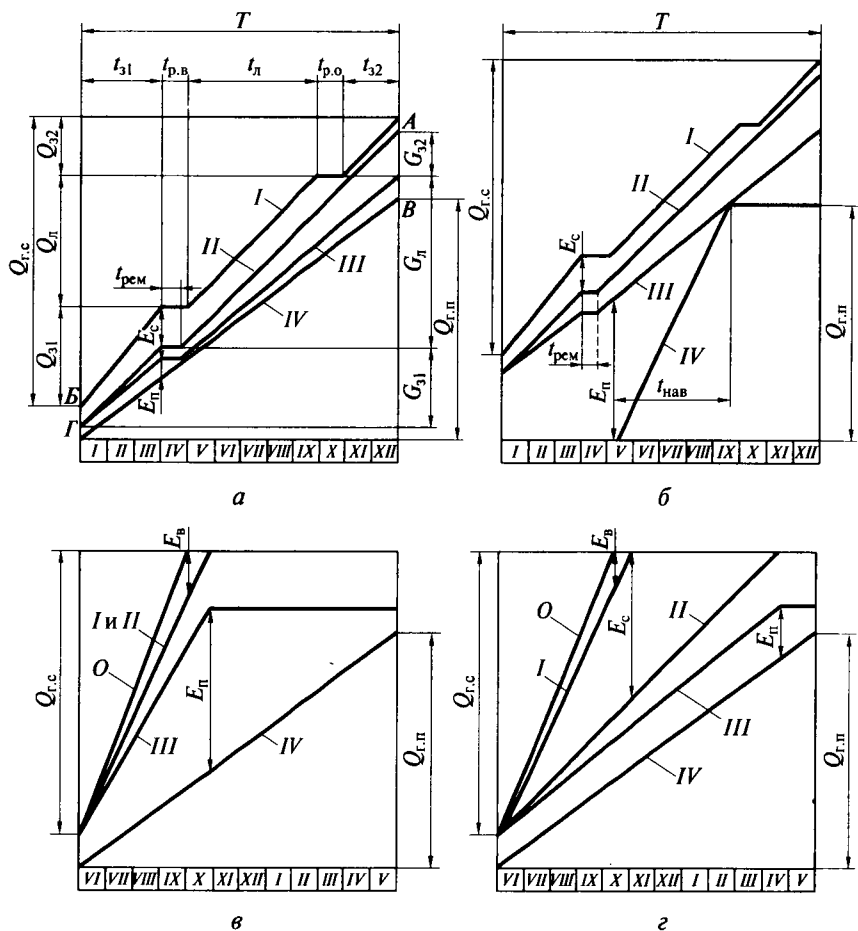


Рис. 2.2. Графики режима работы:

а — прирельсового нижнего склада; *б* — берегового нижнего склада; *в, г* — лесоперевалочной базы

да. Разности ординат линий *I* и *II* соответствуют запасу деревьев или хлыстов на складе, линий *II* и *III* — количеству получающихся при обработке отходов, линий *III* и *IV* — запасу готовой продукции у фронта отгрузки. Разность ординат точек *A* и *B* представляет собой годовой грузооборот лесопромышленного склада $Q_{г.с}$ (по сырью), а ордината точки *B* — годовой объем отгружаемой готовой продукции $Q_{г.п}$. Разность ординат точек *B* и *Г* соответствует переходящему запасу деревьев или хлыстов на 1 января, а ордината точки *Г* — переходящему запасу готовой продукции на это же время. Величины этих запасов выбирают такими, чтобы линии *I* и *II*, а также *III* и *IV* между собой нигде не пересекались. Вме-

стимость склада для хранения запаса деревьев или хлыстов рассчитывают по наибольшей из разностей ординат линий I и II (E_c), а для хранения готовой продукции — по разности ординат линий III и IV (E_n).

При подборе типов и количества оборудования и подсчете потребных площадей для готовой продукции аналогичные графики следует строить отдельно для каждого сортамента.

На береговых лесопромышленных складах поступление сырья обычно круглогодичное, а готовую продукцию отгружают только в летний период. В связи с этим режим работы берегового склада (рис. 2.2, б) существенно отличается от режима работы прирельсового склада. Значения отдельных кривых на графике, приведенном на рис. 2.2, б, такие же, как и на рис. 2.2, а. Наибольший запас готовой продукции E_n на береговых складах накапливается ко дню открытия навигации, достигая значительных объемов, особенно при кратковременном сплаве.

На лесоперевалочных базах поступление сырья сезонное, а отгрузка готовой продукции круглогодичная. Переработку сырья на этих складах можно производить по графику прибытия, т.е. сразу же после выгрузки из воды (рис. 2.2, в) или по графику отгрузки (рис. 2.2, г). Интегральные графики для лесоперевалочных баз наиболее удобно строить начиная со дня открытия навигации (например, с 1 июня). На этих графиках линия Q отражает прибытие лесоматериалов на рейд приплава, линия I — выгрузку из воды, II — переработку, III — выход готовой продукции и IV — отгрузку готовой продукции.

Разность ординат между линиями O и I соответствует запасу сырья на воде E_b , между линиями I и II — запасу сырья на складе E_c , а между линиями III и IV — запасу готовой продукции E_n . При переработке сырья по графику прибытия запасы сырья на суше отсутствуют, а запасы готовой продукции достигают значительных размеров. При переработке по графику отгрузки на складе должны храниться большие запасы сырья, запасы же готовой продукции незначительны.

2.1.3. Запасы лесоматериалов на лесопромышленных складах

Общие сведения. Для нормальной работы лесопромышленных складов на них необходимо иметь запасы лесоматериалов, отличающиеся друг от друга по своему назначению и виду. Вместимость склада должна соответствовать наибольшему объему размещаемых на нем запасов.

По виду укладываемых лесоматериалов различают запасы сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Запасы сырья (деревь-

ев или хлыстов) укладывают в основном потоке или в стороне от него. Запасы полуфабрикатов укладывают перед соответствующими цехами и участками. Запасы готовой продукции размещают у фронта отгрузки на подвижной состав железной дороги, погрузки в суда или сдачи в сплав.

По назначению запасы лесоматериалов на лесопромышленных складах подразделяют на сезонные, резервные, межоперационные и технологические. Сезонные запасы обеспечивают нормальную работу лесоскладского оборудования при заранее предусмотренных длительных перерывах или резких изменениях режима работы лесовозного транспорта, перерабатывающих цехов и транспортных средств, вывозящих со склада готовую продукцию. Резервные запасы компенсируют неравномерность работы смежных участков, вызванную, в основном, случайными причинами; создание резервных запасов также необходимо при разном числе смен работы смежных участков. Межоперационные запасы создают между смежными установками в пределах одного цеха, участка или поточной линии. Они должны обеспечивать нормальную работу поточной линии при кратковременных остановках входящих в нее основных установок, а также при изменении ритма работы одной из смежных установок. Технологические запасы обусловлены необходимостью просушки некоторых видов готовой продукции перед отгрузкой их потребителям.

Создание любого запаса связано с дополнительными трудозатратами и капиталовложениями, поэтому наиболее желательна работа вообще без запасов, однако практически это невыполнимо, так как отсутствие запасов ведет к значительным простоям всего лесоскладского оборудования. В то же время создание слишком больших запасов нецелесообразно, так как ведет к увеличению складских территорий, требует дополнительного подъемно-транспортного оборудования и т.п. Поэтому определение оптимальных размеров сезонных, резервных и межоперационных запасов сырья, полуфабрикатов и готовой продукции является одной из важнейших задач при проектировании лесопромышленных складов лесозаготовительных предприятий.

Запасы сырья. Объем сезонного запаса сырья (деревьев или хлыстов) может быть определен из интегрального графика режима работы (см. рис. 2.2, *a*). Вывозка сырья по лесовозной дороге характеризуется линией *I*, при этом предусмотрены прекращение вывозки в периоды весенней $t_{р,в}$ и осенней $t_{р,о}$ распутиц, а также большая интенсивность работы лесовозного транспорта в зимнее время по сравнению с летним. Очистку деревьев от сучьев и раскряжевку хлыстов на лесопромышленном складе (линия *II*) наиболее целесообразно производить равномерно в течение всего года за исключением кратковременной плановой остановки на ремонт $t_{рем}$ во время весенней или осенней распутицы.

Расстояние между линиями I и II характеризует объем сезонного запаса. Наибольший запас сырья E_c будет к началу прекращения вывозки в связи с весенней распутицей (на приведенном графике — в начале апреля). Из графика видно, что объем наибольшего сезонного запаса деревьев или хлыстов

$$E_c = Q_{31} + (Q_{32} - G_{32}) - G_{31} = Q_3 - G_3, \quad (2.1)$$

где Q_3 — объем вывозки деревьев в зимний период, $Q_3 = Q_{31} + Q_{32}$; G_3 — объем очищенных от сучьев деревьев (раскряжеванных хлыстов) в зимний период, $G_3 = G_{31} + G_{32}$.

При вывозке леса по дорогам круглогодочного действия сезонные запасы деревьев или хлыстов на лесопромышленном складе достигают 10...12 % годового грузооборота.

При большом грузообороте лесопромышленного склада эти запасы становятся столь значительны, что не могут быть полностью размещены в основном технологическом потоке. Поэтому часть сезонного запаса сырья (деревьев или хлыстов) располагают в стороне от сучкорезных или раскряжевочных установок (на так называемых промежуточных складах) и обслуживают отдельным разгрузочно-штабелевочным оборудованием.

Резервный запас деревьев или хлыстов может быть определен по формуле

$$E_{p.c} = \frac{Q_3 t_n}{t_3}, \quad (2.2)$$

где t_n — возможное число суток простоя лесовозной дороги по случайным причинам (снежные заносы и т.п.); t_3 — число дней работы сучкорезных или раскряжевочных установок.

Значение t_n зависит от типа лесовозной дороги и географического положения лесозаготовительного предприятия. Для грунтовых дорог t_n принимается равным около 5 сут, для гравийных и узкоколейных — 3 сут.

Объем межоперационного запаса деревьев или хлыстов $E_{m.c}$ определяют исходя из того, что производятся пачковая выгрузка и чаще всего поштучная обработка сырья. Вследствие этого перед каждой сучкорезной или раскряжевочной установкой должно размещаться не менее 1,5—2 пачек деревьев или хлыстов, выгруженных с подвижного состава лесовозной дороги или поданных из штабелей. Отсюда

$$E_{m.c} = i_n i_c V_n, \quad (2.3)$$

где i_n — число пачек, размещаемых перед каждой сучкорезной или раскряжевочной установкой; i_c — число сучкорезных или раскряжевочных установок на лесопромышленном складе; V_n — объем выгружаемой пачки деревьев или хлыстов.

Запасы полуфабрикатов. К полуфабрикатам на лесопромышленных складах относят: хлысты, обработанные на сучкорезных установках и подлежащие раскряжке на сортименты; сортиментное долготье, подлежащее окорке; окоренное сортиментное долготье, подлежащее разделке на короткомерные лесоматериалы; шпальные кряжи, подлежащие распиловке на шпалы; пиловочник, поступающий для распиловки в лесопильный цех; круглые лесоматериалы, подлежащие переработке на тарные дощечки, колотые балансы, технологическую щепу и т. п.

Установки, вырабатывающие полуфабрикаты, и оборудование, перерабатывающее полуфабрикаты в готовую продукцию, на лесопромышленных складах в течение года обычно работают равномерно, без заранее запланированных изменений ритма работы и без длительных остановок (за исключением периода остановки всего склада на время планового ремонта). В связи с этим на лесопромышленных складах сезонные запасы полуфабрикатов обычно не создаются.

В то же время вследствие случайных причин выход отдельных сортиментов, получающихся при раскряжке хлыстов, неравномерен, поэтому перед перерабатывающими цехами или установками должны создаваться резервные запасы полуфабрикатов. По существующим нормативам их объем должен равняться двух-трехсменному объему переработки. Такие запасы обеспечивают сравнительно ритмичную работу цеха даже в том случае, когда полуфабрикаты подаются в течение двух смен в сутки, а цех работает в одну смену или наоборот.

Между смежными технологическими установками, входящими в одну поточную линию, следует создавать межоперационные запасы полуфабрикатов, компенсирующие изменения ритма работы и кратковременные остановки любой из этих установок. Такие запасы размещают в буферных магазинах или на площадках, вместимость которых должна обеспечить с требуемой вероятностью p_i ритмичную работу поточной линии. Эта вместимость, равная наибольшему межоперационному запасу E_m , может быть определена по формуле

$$E_m = \frac{P_{cm}(\Delta t_I + \Delta t_{II})}{T_{cm}}, \quad (2.4)$$

где P_{cm} — наименьшая из расчетных сменных производительностей смежных технологических установок, м³/смена; Δt_I — возможная длительность простоя первой технологической установки (соответствующая принятой вероятности устойчивой работы буферного магазина p_I , при которой не происходит его переполнение или опорожнение), мин; Δt_{II} — возможная длительность простоя второй технологической установки (при p_{II}), мин; T_{cm} — продолжительность смены, мин.

Запасы готовой продукции. К готовой продукции на лесопромышленных складах относят: круглые лесоматериалы, отгружаемые в неразделанном виде (строительные бревна, лиственные деловые кряжи, иногда пиловочник, рудстоечное и балансовое долготье и т. п.); разделанную рудничную стойку и балансы; шпалы; пиломатериалы; тарные дощечки; технологическую щепу и др. Запасы готовой продукции размещают у фронта отгрузки. Неразделяемые сортименты поступают к фронту отгрузки от сортировочных установок. Продукция, получающаяся в результате обработки или переработки полуфабрикатов, подается на склад готовой продукции соответствующих цехов. При этом она в ряде случаев в этих цехах также подвергается необходимой сортировке.

У фронта отгрузки создают сезонные и резервные запасы готовой продукции. Кроме того, для некоторых видов продукции предусматривают технологические запасы. Межоперационные запасы в данном случае не создаются, их роль выполняют резервные запасы. Объем запаса готовой продукции у фронта отгрузки определяют отдельно для каждого вида продукции (для каждого сортимента).

Сезонные запасы готовой продукции предназначены для обеспечения нормальной работы лесопромышленного склада во время заранее запланированных остановок его цехов или перерывов вывозки со склада готовой продукции средствами железнодорожного или водного транспорта. Перерабатывающие цеха лесопромышленного склада обычно работают в течение года равномерно и останавливаются только на сравнительно кратковременный период ремонта $t_{\text{рем}}$. Годовому графику выхода готовой продукции на рис. 2.2, а соответствует линия III.

На прирельсовых лесопромышленных складах отгрузку готовой продукции на подвижной состав железной дороги чаще всего планируют равномерной (без перерывов) в течение всего года (линия IV). Объем сезонного запаса готовой продукции определяют по формуле

$$E_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{г.п}} t_{\text{рем}}}{T}, \quad (2.5)$$

где $Q_{\text{г.п}}$ — годовой объем отгрузки готовой продукции.

На береговых лесопромышленных складах погрузку на суда или сдачу в сплав готовой продукции (линия IV на рис. 2.2, б) производят только в летний период. К началу этого периода на складе накапливается наибольший сезонный запас, объем которого определяют по формуле

$$E_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{г.п}} (T - t_{\text{рем}} - t_{\text{нав}})}{(T - t_{\text{рем}})}, \quad (2.6)$$

где $t_{\text{нав}}$ — продолжительность периода навигации.

Резервные запасы готовой продукции у фронта отгрузки призваны компенсировать вызванную случайными причинами неравномерность работы отдельных цехов, подачи под погрузку железнодорожных вагонов и судов, сдачи леса в сплав. Объем резервных запасов готовой продукции у фронта отгрузки по существующим нормативам для прирельсовых складов должен составлять от 15 до 45 суточных объемов отгрузки. При этом необходимо иметь в виду, что в некоторых случаях на прирельсовых складах резервный запас готовой продукции может намного превышать (особенно вследствие непредусмотренных перебоев в работе железнодорожного транспорта) сезонный запас, подсчитанный по формуле (2.5).

Объем технологических запасов готовой продукции у фронта отгрузки определяется сроком просушки, зависящим от местных условий и соглашений с потребителями.

2.1.4. Хранение и учет лесоматериалов на лесопромышленном складе

Способы хранения лесоматериалов. Срок хранения — это календарная продолжительность хранения с момента валки деревьев до начала их переработки на лесопромышленных складах.

Различают следующие виды хранения:

водный, когда хлысты затопляют в водоемах;

влажный, когда неокоренные хлысты укладывают в плотные штабеля, торцы затевают, применяют дождевание штабеля;

сухой, когда заболонь хлыстов быстро доводят до влажности 25...30 % путем укладки в рядовые и разряженные штабеля;

химический, когда используют обработку хлыстов антисептиками.

Практика показывает, что на пятые сутки после валки, производимой весной, круглые лесоматериалы подвергаются нападению насекомых. При дальнейшем хранении в древесине образуются синева, червоточины, активно развивающиеся трещины. Рекомендуется древесину весенней валки реализовывать не позднее первых чисел августа. Круглые лесоматериалы, заготовленные осенью, как правило, химической обработке не подвергают. Не требуется защищать древесину при хранении в условиях отрицательной температуры.

Запасы лесоматериалов на складах размещают в штабелях или поленищах. Размеры и конструкция штабелей должны обеспечить сохранность уложенных лесоматериалов, гарантировать безопасные условия работы и соответствовать техническим возможностям штабелевочного оборудования.

Долготье укладывают в рядовые, пачковые или плотные штабеля. В рядовых штабелях (рис. 2.3, а) лесоматериалы располагают параллельными рядами, между которыми укладывают две-три

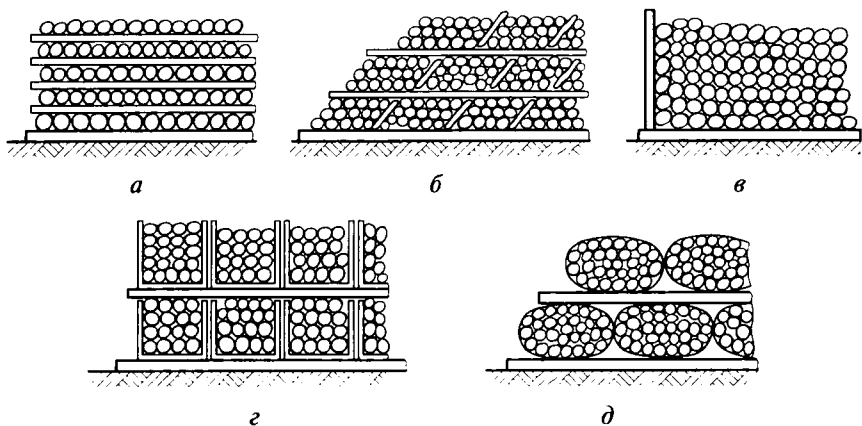


Рис. 2.3. Типы штабелей:

a — рядовой; *б* — пачковый; *в* — плотный; *г* — пакетный из контейнеров; *д* — пакетный из пучков

линии прокладок. Штабеля такой конструкции обеспечивают лучшую по сравнению с другими типами штабелей просушку лесоматериалов, но применяются редко, так как требуют ручной раскатки. Коэффициент полндревесности (отношение объема уложенных лесоматериалов к геометрическому объему штабеля) рядового штабеля $\Delta = 0,45 \dots 0,55$.

В пачковых штабелях (рис. 2.3, *б*) пачки лесоматериалов отделяют друг от друга горизонтальными и наклонными прокладками. Штабеля такого типа применяют при укладке лесоматериалов лебедками или кранами, снабженными стропами. Объем пачек, укладываемых в штабель, соответствует грузоподъемности штабелевочного оборудования. Коэффициент полндревесности пачкового штабеля $\Delta = 0,6 \dots 0,65$.

В плотные штабеля (рис. 2.3, *в*) укладывают лесоматериалы при использовании на штабелевке кранов с торцовыми или челюстными грейферами. Коэффициент полндревесности плотного штабеля $\Delta = 0,65 \dots 0,7$.

Коротье, т. е. короткие круглые и колотые лесоматериалы (длиной до 2 м), чаще всего хранятся на лесопромышленных складах в плотных штабелях (поленницах), а иногда в кучах. Поленницы укладывают и разбирают грейферными кранами, автопогрузчиками или вручную. Коэффициент полндревесности поленниц $\Delta = 0,7 \dots 0,75$. Хранение коротья в кучах применяют на лесных складах целлюлозно-бумажных предприятий, накапливающих большое количество сырья. Кучи укладывают наклонными лесотранспортерами (стаккерами), а разбирают грейферными кранами. Коэффициент полндревесности куч $\Delta = 0,45 \dots 0,5$.

Шпалы для просушки укладывают на складе в клеточные штабеля по 50 шт. в каждом. Такую укладку можно производить только вручную. Если просушка не требуется, то шпалы хранят в пачковых штабелях, укладываемых автопогрузчиками или кранами. Коэффициент полндревесности клеточного штабеля $\Delta = 0,43 \dots 0,46$; для пачковых штабелей Δ находится в пределах от 0,74 до 0,93 в зависимости от размеров пачки и прокладок.

Конструкции штабелей пиломатериалов зависят от того, для каких целей их укладывают. Пиломатериалы для просушки укладывают в рядовые штабеля с разрывами между соседними досками.

На отдельных лесопромышленных складах получила распространение система единого пакета, при которой лесоматериалы хранят и перевозят в пакетах, имеющих фиксированную форму, размеры и массу, согласованные с габаритом подвижного состава и грузоподъемностью погрузочного оборудования. Формируют пакеты в гибкой или жесткой обвязке, обрешетке или контейнере и хранят в пакетных штабелях. Коэффициент полндревесности пакетных штабелей (рис. 2.3, *з*, *д*) зависит от вида пакуемых лесоматериалов, размера пакета, типа обвязки и приблизительно равен коэффициенту полндревесности пачкового штабеля.

Размеры штабелей, а также размещение их на лесопромышленном складе определяются правилами пожарной безопасности и технологическими возможностями штабелевочного оборудования. Длина штабелей должотья практически не ограничена и зависит в основном от типа штабелевочного оборудования. При использовании лебедок или кабельных кранов длина штабелей достигает 250...300 м, при штабелевке башенными или консольно-козловыми кранами — 20...25 м, при ручной раскатке — 10...20 м. Высота штабелей должотья доходит до 10...12 м (полуторной длины укладываемых лесоматериалов). На сезонных и резервных складах деревья или хлысты укладывают в штабеля длиной до 150 м и высотой до 11 м. Размеры штабелей коротья: длина 20...30 м, высота при механизированной укладке 3...4 м, при ручной укладке — до 2 м. Клеточные штабеля шпал имеют размеры 2,75 × 2,75 м при высоте до 2 м, а пачковые штабеля — длину 30 м и высоту до 4 м. Высота штабелей пиломатериалов доходит до 6...8 м. Кучи технологической щепы имеют высоту до 10 м и ширину основания 25...30 м. Длина кучи достигает 50 м.

Между соседними штабелями должотья, шпал и пиломатериалов, а также между спаренными поленищами коротья устраивают разрывы шириной 1...2 м, а между группами штабелей — противопожарные разрывы.

Потребное число штабелей отдельно для каждого сортамента рассчитывают по формуле

$$n = E/V_1, \quad (2.7)$$

где E — наибольший объем лесоматериалов данного сортимента, подлежащий укладке на складе; V_1 — объем одного штабеля.

Объем штабеля

$$V_1 = lLh\Delta, \quad (2.8)$$

где l — средняя длина сортимента (ширина штабеля); L — длина штабеля на половине его высоты; h — высота штабеля.

Для определения необходимой площади под складирование лесоматериалов следует знать удельную вместимость склада e , $\text{м}^3/\text{м}^2$, т.е. объем лесоматериалов, м^3 , которые могут быть уложены на 1 м^2 складской территории (брутто):

$$e = \frac{V_1}{lLK} = \frac{h\Delta}{K}, \quad (2.9)$$

где K — коэффициент, учитывающий площади, занимаемые оборудованием, проездами, разрывами между смежными штабелями, для береговых нижних складов $K = 2 \dots 2,5$, для прирельсовых складов с развитой переработкой лесоматериалов $K = 3 \dots 4$.

Общая площадь, требующаяся для складирования данного сортимента,

$$F_{\text{бр}} = E/e. \quad (2.10)$$

В некоторых случаях запас лесоматериалов перед перерабатывающими цехами хранят в бассейне (на плаву). Наиболее часто бассейны устраивают перед лесопильными цехами и окорочными установками. Они служат для оттаивания и подсортировки лесоматериалов. Бассейн представляет собой котлован глубиной не менее $1,5 \text{ м}$, наполненный водой. В среднем для размещения 1 м^3 лесоматериалов требуется от 8 до 12 м^2 площади бассейна в зависимости от диаметра бревен.

Методы учета лесоматериалов. Учет на лесопромышленных складах производится на трех этапах технологического процесса: при поступлении хлыстов (или деревьев) из лесосеки и их выгрузке с подвижного состава лесовозного транспорта (учет сырья), при раскряжке хлыстов на сортименты (учет вырабатываемой продукции), при отгрузке лесоматериалов в железнодорожные вагоны или передаче в сплав (учет поставляемой продукции).

Учет сырья рекомендуется производить весовым методом с последующим пересчетом весовых единиц в объемные. Взвешивающее устройство монтируют на кране, выполняющем разгрузку подвижного состава лесовозной дороги. Это устройство автоматически передает информацию о массе груза на пульт управления оператора, ведающего учетом древесины. Объем пачки хлыстов при учете весовым методом определяют по формуле

$$V = M/m, \quad (2.11)$$

где M — масса пачки хлыстов, определенная взвешивающим устройством, т; m — коэффициент перевода массы хлыстов в объем сортиментов, получающихся после раскряжевки хлыстов, т/м³.

Переводной коэффициент m зависит от месторасположения лесного фонда, климатических условий, времени года, породного состава, сроков хранения древесины, процента отходов, получаемых после раскряжевки хлыстов. Наибольшее влияние на изменение коэффициента m в зимних условиях имеет породный состав и, в первую очередь, процент содержания березы.

Учет хлыстов взвешиванием следует применять, если измеряемый объем превышает 1000 м³. В этом случае расхождение с фактическим объемом, полученным после раскряжевки хлыстов, составляет не более 3,5 %.

Учет вырабатываемой продукции (сортиментов, получающихся в результате раскряжевки хлыстов) производят поштучно, вручную или при помощи автокубатурников.

Лесоматериалы длиной 2 м и более измеряют поштучно в плотных кубометрах. Их объем определяют по таблицам в зависимости от длины сортимента и среднего диаметра в верхнем отрезе. За средний диаметр принимают полусумму наибольшего и наименьшего диаметров в верхнем отрезе (без коры). Диаметры сортиментов толщиной 14 см и более измеряют с точностью до 2 см, а более тонких — до 1 см. Длину лесоматериалов измеряют с точностью до 1 см, припуски по длине в расчет не принимают, они являются потерями производства. Короткие лесоматериалы длиной до 2 м учитывают в складочных кубометрах и измеряют в штабелях (поленницах) с последующим переводом в плотные кубометры. Круглые лесоматериалы длиной более 2 м и толщиной более 13 см подлежат маркировке. Марку наносят на верхнем торце бревна. В ней условными знаками указывают сортимент, сорт и диаметр.

Пиломатериалы учитывают в плотных кубометрах в соответствии с таблицами объемов. Шпалы учитывают в штуках.

Учет технологической щепы осуществляется в плотных кубометрах с точностью до 0,1 м³. Для перевода насыпного объема в плотный при механической погрузке принимают следующие коэффициенты: на территории поставщика 0,36; на территории потребителя 0,4 при перевозке на расстояния до 50 км и 0,42 при перевозке на более дальние расстояния. При пневмопогрузке как у поставщика, так и у потребителя принимают переводной коэффициент 0,46.

Автоматический учет круглых лесоматериалов по объему можно производить двумя принципиально различными методами. При первом методе объем бревна рассматривают как сумму объемов элементарных цилиндров, диаметр которых изменяется по длине бревна в соответствии с его сбегом и особенностями формы. Ав-

томатические устройства, производящие учет по этому методу, называют автокубатурниками. При втором методе объем бревна определяют на основании замеров только двух его параметров: длины и диаметра в верхнем отрезе.

Продукцию, поставляемую потребителям по железной дороге, целесообразно учитывать геометрическим методом в соответствии с ГОСТ 13-43—75 «Лесоматериалы круглые. Геометрический метод определения объема и оценка качества лесоматериалов, погруженных в вагоны». При этом объем каждого штабеля, погруженного в вагон, определяют по формуле

$$V = KBH_p L, \quad (2.12)$$

где K — переводной коэффициент, учитывающий полнодревесность и форму штабеля (в том числе и наличие «шапки»); B — ширина штабеля; H_p — расчетная высота штабеля без учета толщины прокладок; L — длина штабеля, принимаемая по стандартной длине бревен без учета припуска.

Значения переводных коэффициентов для различных пород, сортиментов, толщин, длин и видов обработки лесоматериалов (в коре, грубоокоренные, чистоокоренные) приведены в таблице, включенной в ГОСТ 13-43—75.

На прирельсовых и береговых лесопромышленных складах с молевым сплавом осуществляется поштучная маркировка вырабатываемых сортиментов согласно ГОСТ 2292—74; на береговых нижних складах с плотовым сплавом — маркировка сплавных пучков в соответствии с ГОСТ 13-44—75.

2.2. Лесообрабатывающие операции на лесопромышленных складах

2.2.1. Очистка деревьев от сучьев на лесопромышленном складе

Способы очистки. Процесс очистки деревьев от сучьев заключается в отделении сучьев от ствола. Существуют два способа очистки от сучьев. При первом сучья обламывают, при втором срезают заподлицо с поверхностью ствола. В зависимости от режущего инструмента сучья срезают с образованием стружки (пильными цепями, фрезами, резцами) и без образования стружки (жесткими ножами, клиновидными резцами).

На долю ручной обработки сучьев приходится около 12% затрат труда, требующихся для всего лесозаготовительного цикла. Для замены ручного труда машинным в условиях лесопромышленных

складов применяют электросучкорезки, передвижные и стационарные сучкорезные установки, осуществляющие поштучную или групповую обработку деревьев.

Электросучкорезки облегчают труд рабочего, но не обеспечивают резкого повышения производительности труда по сравнению с обрубкой сучьев топором. Передвижные сучкорезные машины (ЛП-30Б и др.), используемые в основном на лесосеках и погрузочных пунктах, иногда находят применение и на лесопромышленных складах. В данном подразделе рассматриваются только стационарные сучкорезные установки для поштучной и групповой обработки деревьев, применяемые исключительно на лесопромышленных складах.

Очистка деревьев от сучьев может быть поштучной и групповой.

Поштучная очистка деревьев от сучьев. При поштучной очистке деревьев основными узлами сучкорезных установок являются режущий, протаскивающий и питающий (загрузочный) механизмы, а также система управления.

Режущим механизмом в машинах и установках для очистки деревьев от сучьев являются неподвижные и вращающиеся головки с режущим инструментом в виде ножей, резцов, фрез. В установках с неподвижной режущей головкой для срезания сучьев используются сферические и прямые жесткие ножи (рис. 2.4, а, б, в), резцы, закрепленные на браслетной пластинчатой цепи (рис. 2.4, г), и фрезы (рис. 2.4, д).

В установках с вращающейся кольцевой головкой режущим инструментом служат резцы, закрепленные в специальных резцедержателях, которые шарнирно установлены в кольцевой головке (рис. 2.4, е). В этом случае очистка дерева от сучьев происходит по винтовой линии, дерево подается в головку и проходит через нее полностью от комля до вершины независимо от того, на какой части ствола имеются сучья.

Наиболее просты и надежны режущие механизмы, снабженные жесткими ножами.

Клиновидные фигурные ножи бесстружечного резания позволяют обрабатывать стволы с кривизной до 15% и срезать сучья диаметром до 200 мм. При бесстружечном перерезании сучьев максимальная сила резания $P_{p\max}$ определяется по формуле (1.83). Средняя сила резания $P_{p\text{cp}}$ за период нахождения ножа в резе составляет не более $0,5P_{p\max}$. При расчете прочности режущих устройств сучкорезной установки следует учитывать $P_{p\max}$, а при расчете потребной мощности — $P_{p\text{cp}}$.

Для протаскивания деревьев сквозь режущее устройство чаще всего используют транспортер с захватами, гусеничный механизм или механизм с кареткой, совершающей челночное (возвратно-поступательное) движение.

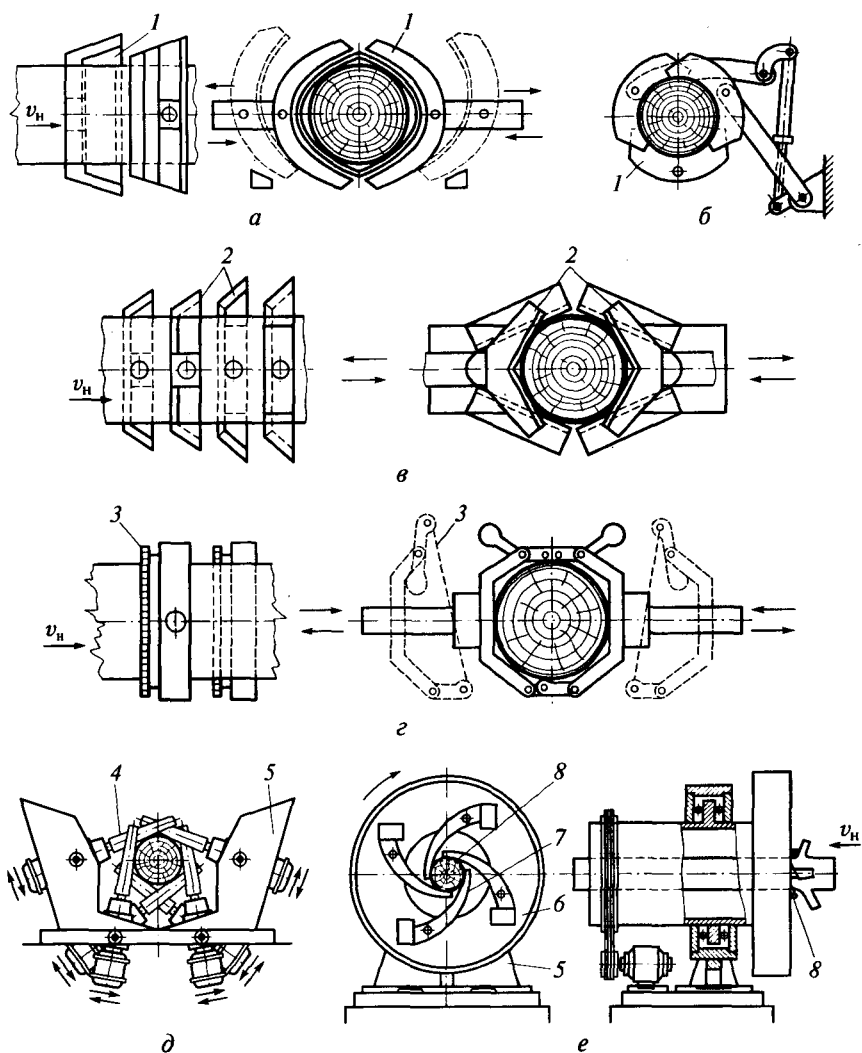


Рис. 2.4. Схемы механизмов резания сучкорезных машин и установок: *a, б* — со сферическими ножами; *в* — с прямыми ножами; *г* — с резцами на браслетной пластинчатой цепи; *д* — с фрезами; *е* — с резцами на кольцевой вращающейся головке; 1 — сферический нож; 2 — прямой нож; 3 — пластинчатая цепь с резцами; 4 — фреза; 5 — станина; 6 — вращающаяся головка; 7 — резцедержатель; 8 — резец

В протаскивающем транспортере ствол закрепляется только в одном месте (в комле), благодаря чему обеспечивается проходимость через режущее устройство стволов, имеющих значительную кривизну.

Недостатком протаскивающего транспортера является то, что каждый ствол вне зависимости от его длины приходится протаскивать на полную длину транспортера, что при небольшой длине стволов увеличивает межторцевые разрывы.

Протаскивающий транспортер имеет скорость 0,8...2,8 м/с, бесступенчато регулируемую оператором. Сбрасывание хлыста происходит всегда на малой скорости (0,8 м/с), которая устанавливается автоматически при помощи путевого переключателя. Тяговое усилие транспортера составляет 40...50 кН.

Гусеничный протаскивающий механизм позволяет протаскивать дерево только на длину зоны, имеющей сучья.

Усилие, требующееся для протаскивания дерева через режущий механизм сучкорезных установок с ножами бесстружечного резания, определяют по формуле

$$P_{\text{п}} = P_{\text{р.ср}}i + P_{\text{т}}. \quad (2.13)$$

Здесь $P_{\text{р.ср}}$ — средняя сила на срезание наибольшего сучка, Н; i — число одновременно срезаемых сучьев (для сосны и лиственных пород $i = 2$, для ели $i = 3$); $P_{\text{т}}$ — усилие, требующееся для преодоления сил трения при продольном перемещении дерева, Н;

$$P_{\text{т}} = (1 - \kappa)G_{\text{д}}\mu_{\text{д}} + (\kappa G_{\text{д}} + G_{\text{п}})\mu_{\text{п}}, \quad (2.14)$$

где κ — коэффициент, показывающий какая доля веса дерева приходится на протаскивающий механизм; $G_{\text{д}}$ — сила тяжести дерева с сучьями, Н; $\mu_{\text{д}}$ — коэффициент сопротивления движению дерева по поддерживающей его плоскости и ножам; $G_{\text{п}}$ — сила тяжести движущихся элементов протаскивающего механизма Н; $\mu_{\text{п}}$ — коэффициент сопротивления перемещению элементов протаскивающего механизма по направляющим.

Для предотвращения проскальзывания ствола в протаскивающем механизме любого типа необходимо, чтобы сила сцепления захватов протаскивающего устройства со стволом превышала усилие протаскивания $P_{\text{п}}$.

Мощность привода протаскивающего механизма $N_{\text{р}}$ определяют по формуле (1.84).

Питающий механизм предназначен для загрузки деревьев в протаскивающее устройство и режущий механизм. Для сучкорезных установок с режущим механизмом, открывающимся сверху или сбоку, наиболее целесообразно в качестве питающего механизма применять одностреловой манипулятор, который захватывает деревья и закладывает в открытое режущее устройство и разведенные зажимы или гусеницы протаскивающего механизма.

В установках с кольцевой вращающейся головкой, в которых продольное перемещение деревьев обеспечивают питающие вальцы, для загрузки используют продольный транспортер с подачей на него деревьев манипуляторами.

Групповая очистка деревьев от сучьев. В настоящее время на лесопромышленных складах с большим грузооборотом применяются установки для групповой очистки деревьев от сучьев типа МСГ-3. Пачка деревьев объемом 20...30 м³ в установке обрабатывается летом в течение 5...8 мин, зимой — 4...6 мин. Расчетная производительность установки до 60 м³/ч. Ее с успехом можно применять для очистки сучьев деревьев преимущественно хвойных пород на крупных лесопромышленных складах.

Сменную производительность $P_{см}$, м³/смена, стационарных сучкорезных установок находят по формуле (1.87) с учетом того, что время обработки одного дерева или пачки деревьев (время цикла) для рассматриваемых установок определяется выражением

$$t_{ц} = t_3 + t_0 + t_p,$$

где t_3 — время загрузки установки, $t_3 = 10...20$ с; t_0 — время обработки одного дерева (или пачки деревьев); t_p — время разгрузки, $t_p = 2...3$ с.

2.2.2. Поперечная распиловка (раскряжевка) круглых лесоматериалов

Способы раскря. *Раскряжевка* — это поперечное деление хлыста на долготье и (или) сортименты (кряжи).

Допуски по длине при поперечном делении для внутреннего рынка: ± 5 см при раскряжевке хлыстов на сортименты; ± 2 см при разделке долготья на коротье.

Для раскряжевки могут быть использованы ручные моторные инструменты и стационарные раскряжевочные установки.

При поперечном делении хлыстов на сортименты и долготья на коротье применяют четыре способа раскря: индивидуальный, программный, обезличенный и групповой.

При индивидуальном способе оператор визуально оценивает геометрические и качественные параметры хлыстов и с учетом требований государственных стандартов, технических условий и сортиментного плана последовательно дает заказы на длину каждого отпиливаемого отрезка, принимая во внимание скрытые пороки сырья, обнаруживаемые в результате каждого пропила. При данном способе получается максимально возможный выход деловой древесины. Указанный способ применяется на мелких лесопромышленных складах при большом количестве лиственной древесины, слабом развитии или отсутствии вторичной переработки древесины (лесопиление, производство щепы, тары).

При программном способе оператор визуально оценивает геометрические и качественные параметры хлыстов и задает программу раскря. Пропилы производятся одновременно. Использо-

емые при данном способе установки обычно являются полуавтоматическими, однако если схема раскроя зависит только от геометрических размеров хлыста, программа раскроя может выбираться автоматически и установка будет автоматической. Указанный способ обеспечивает более высокую чем при индивидуальном способе производительность, но меньший процент выхода деловой древесины. Он применяется на средних складах с объемом хвойных пород более 50 % или при наличии на складе цехов вторичной переработки.

При обезличенном (слепом) способе все хлысты раскряжевываются на отрезки постоянной длины вне зависимости от геометрических и качественных параметров. Роль оператора сводится только к наблюдению, т. е. применяемые установки являются автоматическими. Для этого способа характерны минимальный процент выхода деловой древесины и большая производительность. Он требует обязательной предварительной подсортировки древесины по породам и размерно-качественным признакам.

Обезличенный способ применяется на крупных лесопромышленных складах с технологическим процессом, предусматривающим глубокую переработку древесины, а также при преобладании в арендной базе средневозрастных здоровых хвойных древостоев.

При групповом способе раскряжевывается одновременно вся пачка хлыстов. Достоинства, недостатки и область применения у этого способа те же, что и у обезличенного.

Классификация раскряжевочных установок. Раскряжевочные установки классифицируют:

по способу раскряжевки — установки для поштучной и групповой раскряжевки;

способу подачи хлыстов — с продольной, поперечной и смешанной подачей;

числу пил — одно- и многопильные;

конструкции пильных механизмов — с подвижными и неподвижными пилами.

На установках с продольным перемещением хлыста возможен любой способ поштучного раскроя. Различают следующие виды таких установок:

одностороннего действия — хлыст останавливается перед каждым пропилом, а затем перемещается на длину следующего отрезка;

двустороннего действия — одна пила обслуживает два транспортера (пока на одном происходит пиление, на другом идет продвижение хлыста);

с плавающей пилой (пилами) — подающий транспортер движется непрерывно, а пила (пилы) перемещается во время пиления со скоростью, равной скорости транспортера, а затем возвращается в исходное положение.

Установки с поперечным перемещением хлыста подразделяют на слешеры и триммеры. В слешерах хлыст движется непрерывно, валы пил расположены в неподвижных опорах, т. е. установки такого типа позволяют использовать только обезличенный способ раскря.

В триммерах пилы установлены на качающихся рамках, что позволяет вводить их в работу в любом сочетании друг с другом и использовать благодаря этому программный способ раскря.

При смешанном перемещении хлыста возможны продольно-поперечная и поперечно-продольная схемы. При каждой из них одна часть хлыста (комлевая и срединная) раскраивается в процессе продольной подачи, а другая (вершинная) — в процессе поперечной. Это позволяет менее ценную часть хлыста раскраивать обезличенным способом, а более ценную — индивидуальным, добываясь одновременно качественного выхода деловой древесины и высокой производительности.

Раскряжевные установки с продольным перемещением хлыста.

При раскряжке с продольным перемещением хлыста применяют однопильные круглопильные установки и систему дополнительных устройств и приспособлений — прижимные механизмы, устройства для продольного перемещения хлыста, механизмы для удаления отпиленных отрезков и системы отмера длин отрезков.

У круглопильной установки основной частью является диск с нарезанными по периферии зубьями (рис. 2.5, а). Диаметр D пильного диска зависит в основном от толщины распиливаемой древесины и определяется по формуле

$$D = d_1 + 2(d + a + e + f), \quad (2.15)$$

где d_1 — диаметр приводного шкива; d — диаметр наибольшего хлыста; a — запас на неровности хлыста, $a = 10 \dots 15$ мм; e — запас

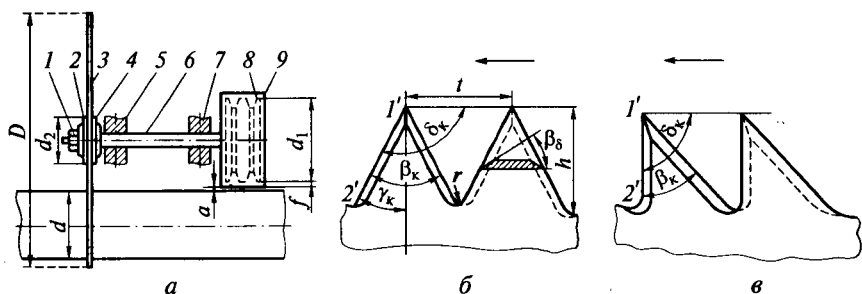


Рис. 2.5. Схема круглопильной установки для поперечной распиловки (а) и профили симметричных (б) и несимметричных (в) зубьев пильного диска:

1 — гайка; 2, 4 — шайбы; 3 — пильный диск; 5, 7 — подшипники; 6 — вал; 8 — шкив; 9 — ограждение; линия 1'—2' — боковая кромка

на переточки пилы, $e = 100$ мм; f — запас на размещение ограждения ремня, $f = 20 \dots 30$ мм.

Диаметр зажимной шайбы $d_2 = (1/7 \dots 1/5)D$. Если $d_2 > d_1$, то в формулу (2.15) подставляют d_{2v} .

Зубчатый венец пилы для поперечной распиловки может иметь симметричные (рис. 2.5, б) или несимметричные (рис. 2.5, в) зубья. Боковая кромка $1' - 2'$ зуба образует с радиусом пильного диска передний угол $\gamma_k = 90^\circ - \delta_k$, абсолютная величина которого может равняться половине угла заострения ($|\gamma_k| = \beta_k/2$ — зуб симметричный) либо быть меньше половины этого угла ($|\gamma_k| < \beta_k/2$ — зуб несимметричный). У выпускаемых пил с симметричными зубьями $\beta_k = 50^\circ$, $\gamma_k = -25^\circ$, $\delta_k = 115^\circ$, у пил с несимметричными зубьями $\beta_k = 40^\circ$, $\gamma_k = 0^\circ$, $\delta_k = 90^\circ$.

С уменьшением угла резания δ_k (см. рис. 2.5, б, в) снижаются сила отжима, а следовательно, и усилие подачи. Нужно иметь в виду, что при $\delta_k < 90^\circ$ возможно самозатягивание пилы в пропилах. При поперечной распиловке боковая кромка $1' - 2'$ производит резание в торец, в связи с чем она имеет косую заточку. Заточки чередуют через один зуб с одной и другой стороны полотна пилы. Угол заточки $\beta\delta$ составляет для мягкой древесины $50 \dots 60^\circ$ и для твердой — около 75° .

Круглые пилы для поперечной распиловки выпускают с числом зубьев z , равным 72, 96 или 120. Высота зуба $h = (0,8 \dots 1)t$, где t — шаг зуба. Радиус закругления межзубовой впадины $r = 0,15t$.

Пильный диск 3 (см. рис. 2.5, а) закреплен на валу 6 с помощью шайб 2 и 4. Вал установлен в подшипниках 5 и 7 и приводится во вращение клиновыми ремнями, огибающими шкив 8. Ремни закрыты ограждением 9. Шайба 4 наглухо насажена на пильный вал и обработана вместе с ним, что обеспечивает перпендикулярность плоскости пилы к оси вала; шайба 2 съёмная. Обе шайбы имеют внутренние выточки и сжимаются гайкой 1.

Производительность пилы $P_{\text{пил}}$, $\text{м}^2/\text{с}$, характеризуется площадью пропила F , м^2 , в единицу времени, т.е. $P_{\text{пил}} = F/t_p$, где t_p — время резания, с. При поперечной распиловке круглых лесоматериалов (диаметром d) $F = \pi d^2/4$, $t_p = d/u$, следовательно,

$$P_{\text{пил}} = \pi u d^2/4 = H_{\text{ср}} u, \quad (2.16)$$

где u — скорость подачи, $\text{м}/\text{с}$, ограниченная мощностью, которая может быть использована на пиление, и прочностью зубьев пилы; $H_{\text{ср}}$ — высота пропила, м , $H_{\text{ср}} = \pi d/4$.

Технически возможная производительность чистого пиления (исходя из мощности двигателя), $\text{м}^2/\text{с}$,

$$P_{\text{ч.п}} = \frac{N_p \eta_p}{k b}, \quad (2.17)$$

где N_p — расчетная мощность механизма резания, Вт; η_p — КПД механизма резания; k — удельная работа резания, Дж/м³; b — ширина пропила, м.

Пилы приводятся в действие от двигателей мощностью 10...20 кВт (иногда до 30 кВт); при этом производительность чистого пиления достигает 600...800 см²/с.

В раскрывочных установках пыльные диски размещены на раме, совершающей качательное или прямолинейное поступательное движение. Пилы, располагающиеся на раме с качательным движением, могут быть балансирующего или маятникового типа.

В качестве прижимных механизмов применяют рычаг, прижимающий хлыст сверху, парные рычаги, зажимающие хлыст с боков, прижимной ролик. При подаче пилы сверху в некоторых случаях можно обойтись без прижимов. Для этого транспортеры оборудуют бортами, которые удерживают распиливаемый хлыст.

Прижимные механизмы могут служить также для измерения диаметра в месте пропила. Результаты этих замеров механическими или электрическими устройствами передаются к регулятору скорости подачи, например к дросселю или вариатору. Парные прижимные рычаги, удерживающие хлыст с боков, не допускают проседания хлыста, чем обеспечивают беззажимное пиление хлыстов, имеющих значительную кривизну. Роликовый прижимной механизм содействует перемещению вершин хлыстов на приемный лоток.

Устройства для продольного перемещения хлыста в процессе раскрывки чаще всего представляют собой подающие цепные или роликовые транспортеры, расположенные перед пилой.

Длина подающего транспортера в 1,3—1,5 раза превышает наибольшую длину распиливаемых хлыстов. Подающие транспортеры раскрывочных установок с прерывистым продольным перемещением хлыста должны останавливаться при каждом пропиле. Чаще всего остановка осуществляется выключением электродвигателя привода транспортера с одновременным включением тормоза. Скорость подающего транспортера достигает 2 м/с. При такой большой скорости необходимо вводить дополнительные устройства (например, демпфер), гасящие инерционные усилия, которые возникают при остановках транспортера.

Вместо подающего транспортера для продольного перемещения хлыста может использоваться челночное устройство, совершающее возвратно-поступательное движение.

Механизмы для удаления отпиленных отрезков с роликовых приемных транспортеров и приемных гладких лотков представляют собой односторонние или двусторонние сбрасыватели, рычаги которых располагаются между роликами или в прорезях лотка. На цепных приемных транспортерах сбрасывающие

рычаги размещаются сбоку или сверху. Применение двусторонних сбрасывателей дает возможность одновременно с раскрывкой сортировать отпиленные отрезки на две группы.

Система отмера длин отрезков отмеряет заказанную оператором длину и посылает сигнал на остановку подающего транспортера. Сигнал должен быть подан до момента совмещения плоскости будущего пропила на хлысте с плоскостью пилы, поскольку после подачи команды транспортер с хлыстом не останавливается мгновенно, проходя путь, называемый выбегом. Величина выбега зависит от скорости транспортера в момент подачи команды на остановку, быстродействия устройств, передающих, воспринимающих и исполняющих эту команду, мощности тормозов, массы хлыста и сопротивления движению тягового устройства транспортера по направляющим и хлыста по тяговому устройству. При скорости транспортера $v_{тр} = 1,2 \dots 1,5$ м/с выбег $\Delta l = 0,8 \dots 1$ м. При использовании быстродействующих устройств для восприятия, передачи и исполнения команды на остановку транспортера, снабжении подающего транспортера мощным тормозным устройством и движении транспортера с замедленной скоростью $v_{зам} = 0,3 \dots 0,4$ м/с выбег может быть снижен до $0,1 \dots 0,15$ м. При $v_{зам} = 0,15 \dots 0,2$ м/с выбег не превышает $0,02 \dots 0,03$ м.

Устройства для отмера длин отпиливаемых отрезков подразделяют на две основные группы: отмеряющие длину по пути, пройденному хлыстом, и отмеряющие длину по пути, пройденному транспортером.

Устройства обеих групп могут быть с упорами и без упоров. При использовании устройства, работающего без упоров, на роликовом приемном транспортере устанавливают флажки, воздействующие через кулачки на выключатели. Каждый из флажков расположен от плоскости пилы на расстоянии, равном $l_i - \Delta l$, где l_i — длина сортимента, отпиливаемого по команде, передаваемой данным флажком; Δl — выбег хлыста. Для заказа длины отпиливаемого отрезка оператор нажимает соответствующую кнопку на пульте управления, выбирая тем самым нужный выключатель в цепи управления транспортером. При нажатию передним торцом движущегося хлыста на флажок, воздействующий на этот выключатель, автоматически подается команда на остановку подающего транспортера, после чего хлыст проходит путь Δl и останавливается. Система отмера длин флажками имеет ряд недостатков. Более совершенна аналогичная система, снабженная бесконтактными датчиками.

Устройства для отмера длин отпиливаемых отрезков, работающие без упоров, применимы только в тех случаях, когда не требуется высокая точность длин отпиливаемых отрезков. Для большей точности следует применять системы, снабженные фиксирующими упорами.

В автоматизированных установках для разделки тонкомерного долготья на отрезки небольшого числа различных длин может применяться система отмера длин в виде вала с лепестковыми упорами, каждый из которых удален от плоскости пилы на определенное расстояние. Задавая длину отпиливаемого отрезка, оператор поворачивает вал, выдвигая над роликами приемного транспортера соответствующий упор. Движущееся бревно передним торцом упирается в упор и останавливается. При этом срабатывает выключатель, посылающий команду на остановку подающего транспортера.

В системах, отмеряющих длины отпиливаемых отрезков по пути, пройденному транспортером, привод последнего связан с устройством, подающим сигналы на счетчик импульсов. Каждый сигнал (импульс) соответствует определенному пути, пройденному цепью транспортера. Оператор, заказывая длину отпиливаемого отрезка, задает число импульсов, соответствующее этой длине. Последний импульс дает команду на остановку транспортера. Такая система имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что проскальзывание хлыста на цепи транспортера ведет к искажению длины отпиливаемого отрезка. Поэтому данная система может использоваться только в тех случаях, когда хлыст жестко зафиксирован на цепи транспортера.

Часовую производительность $P_{ч}$, м³/ч, однопильной раскряжевочной установки одностороннего действия с прерывистым продольным перемещением хлыста при поштучной раскряжке определяют по формуле

$$P_{ч} = \frac{3600\phi_1 V_{хл}}{T}, \quad (2.18)$$

где ϕ_1 — коэффициент использования рабочего времени; $V_{хл}$ — объем раскряжеваемого хлыста, м³; T — время, затрачиваемое на раскряжку одного хлыста (продолжительность цикла), с.

Продолжительность цикла

$$T = T_{пил} + T_{приж} + T_{прод} + T_{сбр} + T_{хл} + T_{ком} + T_{авт}, \quad (2.19)$$

где $T_{пил}$ — время на пропили; $T_{приж}$ — время на срабатывание прижимного механизма и возвращение его в исходное положение; $T_{прод}$ — время на продольное перемещение хлыста; $T_{сбр}$ — время на сбрасывание отпиленных отрезков или создание межторцовых разрывов между отпиленными отрезками и оставшейся частью хлыста; $T_{хл}$ — время на подачу к пиле следующего хлыста; $T_{ком}$ — время, затрачиваемое оператором на подачу команд; $T_{авт}$ — время на срабатывание передающих, воспринимающих и исполнительных элементов системы автоматического управления установкой.

Если одновременно раскряжевается группа хлыстов, то производительность установки рассчитывают по этим же формулам,

но в формулу (2.19) вводят дополнительное слагаемое $T_{в.к}$ — время на выравнивание комлей группы хлыстов, раскряжеваемых одновременно, а в числитель формулы (2.18) — множитель i_x — число хлыстов в группе.

Раскряжевные установки с поперечным перемещением хлыста.

К таким установкам относятся слешеры и триммеры. Слешеры состоят из пильного механизма, механизмов подачи и выравнивания торца, а также системы управления. Триммеры с непрерывным движением хлыста имеют, кроме того, механизмы для введения пил в работу, а триммеры с пилением неподвижного хлыста — зажимные механизмы и сбрасыватели отпиленных отрезков.

Триммер с непрерывным движением хлыста (рис. 2.6, а) работает следующим образом. Хлысты с площадки 1 или из буферного магазина поштучно подаются на рольганг 2, служащий для выравнивания торцов. Крюки поперечного транспортера 3 снимают хлысты с рольганга и подают их к пилам 4. Пилы в исходном положении расположены ниже подающих цепей поперечного транспортера. Введение каждой из пил в работу производится с помощью индивидуального привода 6. Оператор, оценивая размеры и качество хлыста, находящегося на подающих цепях, выбирает программу его раскроя и вводит в действие соответствующие пилы. Цепи надвигают на них хлыст. Отпиленные отрезки падают на выносной транспортер 5.

У триммера с пилением неподвижного хлыста (рис. 2.6, б) хлысты выравниваются по комлю или вершине на рольганге 2, снимаются с него поперечным транспортером 3 и поступают в лоток, где зажимаются рычагами 8. Пилы 4 в соответствии с выбранной программой поднимаются и распиливают хлыст. После возвращения пил в исходное положение сбрасыватели 7 подают отпиленные отрезки на транспортер 5. Затем цикл повторяется.

Число и расстановка пил в триммерах должны обеспечивать выполнение всех предусмотренных программ раскроя наиболее длинных хлыстов.

В слешерах пильные валы расположены под подающими цепями и приводятся в действие от индивидуальных двигателей или от одного общего двигателя через трансмиссию. Для большей равномерности загрузки общего двигателя или выравнивания потребления электроэнергии из сети индивидуальными двигателями пилы у слешеров располагают в шахматном порядке либо по диагонали. Такое расположение пил снижает также возможность их зажима во время пиления. Мощность, требующаяся для пиления слешером или триммером при групповом приводе пил,

$$N_{p,гp} = N_p n_{пp} \psi_1, \quad (2.20)$$

где $n_{пp}$ — число пил в группе; ψ_1 — коэффициент одновременноности работы пил.

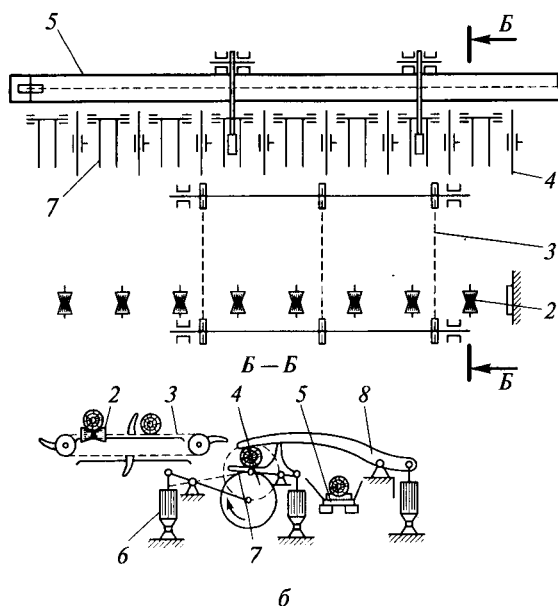
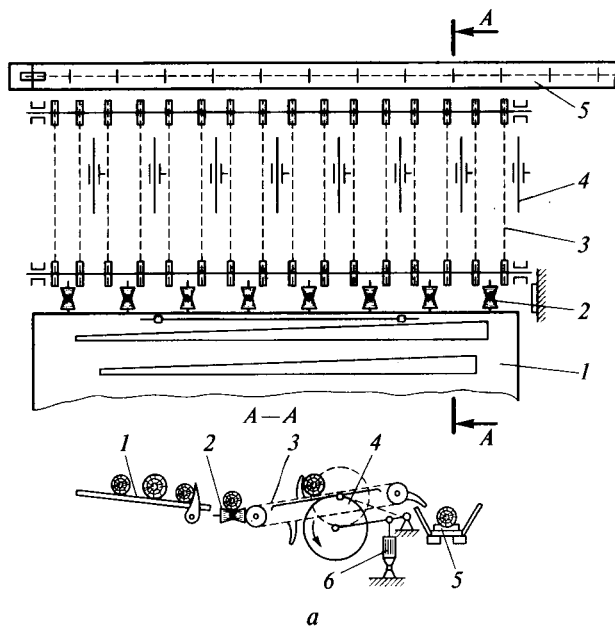


Рис. 2.6. Раскряжевочные установки с поперечным перемещением хлыста:
a — триммер с непрерывным движением хлыста; *б* — триммер с пилением неподвижного хлыста; 1 — площадка; 2 — рольганг; 3 — поперечный транспортер; 4 — пила; 5 — выносной транспортер; 6 — индивидуальный привод пилы; 7 — сбрасыватель; 8 — рычаг

В слешерах и триммерах, распиливающих движущийся хлыст, последний подается на пилы поперечным цепным транспортером. Число цепей на транспортере должно быть таким, чтобы каждый отпиливаемый отрезок находился не менее чем на двух цепях. Скорость движения цепей обычно постоянная и находится в пределах от 0,1 до 0,25 м/с.

Цепи подающего транспортера снабжены крюками, захватывающими хлысты. Они имеют подъем $10 \dots 15^\circ$, что обеспечивает лучшую фиксацию хлыстов у подающих крюков.

Расстояние между крюками на подающих цепях у слешеров должно в 1,5—2 раза превышать диаметр наиболее толстого хлыста, а у триммеров оно принимается таким, чтобы в интервале между двумя хлыстами оператор успел оценить очередной хлыст, выбрать программу его раскроя и произвести необходимое переключение пил. Мощность, Вт, привода подающих цепей определяют по формуле

$$N_u = \frac{Z_{\text{тяг}} u}{\eta_u}, \quad (2.21)$$

где $Z_{\text{тяг}}$ — тяговое усилие на ведущих звездочках, Н; u — скорость подающих цепей, м/с; η_u — КПД передач от двигателя к ведущим звездочкам подающих цепей.

Практика показывает, что N_u составляет 3...5% от мощности механизма резания.

Часовая производительность, м³/ч, раскрывочных установок с поперечным перемещением хлыста

$$P_{\text{ч}} = \frac{3 \ 600 \phi_1 \phi_2 u V_{\text{хл}}}{l_{\text{кр}}}, \quad (2.22)$$

где ϕ_1 — коэффициент использования рабочего времени; ϕ_2 — коэффициент загрузки крючков подающих цепей; u — скорость движения подающих цепей, м/с; $V_{\text{хл}}$ — средний объем раскрываемых хлыстов, м³; $l_{\text{кр}}$ — расстояние между крючками на подающих цепях, м.

Производительность триммера, распиливающего неподвижный хлыст, может быть подсчитана по формуле (2.18), входящая в эту формулу продолжительность цикла раскрывки определяется выражением

$$T = T_{\text{в.т}} + T_{\text{с.х}} + T_{\text{приж}} + T_{\text{пил}} + T_{\text{сбр}} + T_{\text{авт}}, \quad (2.23)$$

где $T_{\text{в.т}}$ — время на выравнивание торца хлыста; $T_{\text{с.х}}$ — время на сброс хлыста в раскрывочный лоток; $T_{\text{приж}}$ — время на срабатывание прижимного механизма и возвращение его в исходное положение; $T_{\text{пил}}$ — время на пропиливание; $T_{\text{сбр}}$ — время на сброс отпиленных отрезков на выносные транспортеры; $T_{\text{авт}}$ — время на срабатывание элементов системы автоматического управления установкой.

Для групповой раскряжевки хлыстов и разделки долготья на коротье используют цепные пилы, совершающие прямолинейное возвратно-поступательное движение. Мощность привода и производительность чистого пиления цепной пилой, применяемой для групповой раскряжевки, рассчитывают так же, как и для обычных цепных пил.

Установки групповой раскряжевки хлыстов имеют очень высокую производительность, но используют обезличенный способ раскря. Их целесообразно применять при раскряжевке хлыстов, подсортированных по породам и качеству на крупных лесопромышленных складах с развитой переработкой круглых лесоматериалов.

2.2.3. Сортировка лесоматериалов

Сортировка лесоматериалов на современных лесопромышленных складах является одним из основных видов работ. В зависимости от компоновки склада на сортировку поступают либо все сортименты, получаемые при раскряжевке, либо бóльшая их часть. Кроме того, пиловочные бревна дополнительно подсортировывают по диаметрам перед подачей в лесопильный цех, а такие виды продукции, как рудничная стойка, шпалы и доски сортируют на выходе из цехов переработки. Основными сортообразующими признаками являются длина и порода.

Сортировка на продольных транспортерах. На сортировке лесоматериалов наибольшее применение получили транспортеры. Транспортеры относятся к машинам непрерывного действия. Основными элементами продольных сортировочных транспортеров являются тяговое, приводное и натяжное устройства, а также эстакада с лесонакопителями. При автоматизированной сортировке продольные транспортеры оборудуют бревносбрасывателями и командными аппаратами, обеспечивающими автоматическое управление их работой.

В качестве тяговых устройств продольных транспортеров применяют цепи и стальные прядевые канаты с органическим сердечником.

На долговечность каната существенно влияет соотношение между диаметром шкива D и диаметром каната d , который его огибает. Для канатоведущих шкивов рекомендуется отношение $D/d = 40$.

К достоинствам канатов относятся прочность, легкость, бесшумность работы, компенсация инерционных нагрузок. Недостатками являются сложность крепления траверс, а также вытягиваемость, для частичного устранения которой целесообразна предварительная вытяжка каната до монтажа тягового устройства.

Траверсы закрепляют на цепи (или канате) на равных расстояниях друг от друга. Они служат опорами, на которые укладывают транспортируемые лесоматериалы. Конструкция траверс должна обеспечивать надежную фиксацию груза, его ориентацию относительно продольной оси транспортера, возможно меньшее сопротивление движению и удобство сброски. Расстояние между траверсами должно быть несколько меньше половины длины самого короткого сортамента (обычно принимается равным 0,8... 1,6 м). У цепных транспортеров оно должно быть кратным двойному шагу звеньев.

Траверсы горизонтальных транспортеров бывают гладкими (при ручной сброске) или имеют седлообразное ребро, обеспечивающее ориентацию круглых лесоматериалов по оси транспортера. Для наклонных участков транспортеров применяют траверсы с шипами, препятствующими сползанию бревен под действием собственного веса.

По характеру опор траверсы бывают скользящие и на катках. Скользящие траверсы перемещаются по гладким (обычно деревянным) направляющим. В качестве направляющих для траверс на катках применяют рельсы легких типов.

Одним из основных элементов транспортера является привод, который служит для передачи движения от двигателя к тяговому устройству транспортера. Привод состоит из двигателя, редуктора и ведущей звездочки (для цепей) или канатоведущего шкива. Приводное устройство устанавливают на бетонном основании в конце грузовой ветви транспортера.

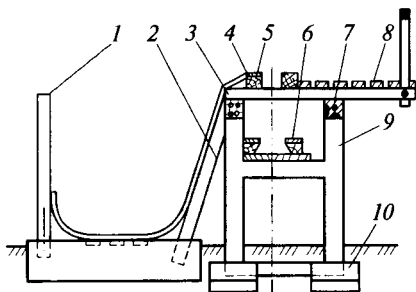
Н а т я ж н ы е п р и с п о с о б л е н и я предназначены для сообщения тяговому устройству предварительного (монтажного) натяжения, которое необходимо для его плавного хода, создания нужной силы трения между тяговым устройством и ведущим шкивом (канатные транспортеры), а также устранения чрезмерного провисания тягового устройства между опорами.

Предварительное натяжение тягового устройства транспортера обеспечивают увеличением межосевого расстояния между ведущими и направляющими звездочками или шкивами с помощью винтовых либо грузовых натяжных приспособлений. Величину хода натяжного приспособления канатных транспортеров принимают равной 1... 1,5 % их длины. У цепных транспортеров ход натяжного приспособления должен быть таким, чтобы после установки направляющей звездочки в исходное положение можно было удалить четное число звеньев цепи.

Э с т а к а д ы транспортеров выполняют на железобетонных опорах или деревянных стойках с железобетонным фундаментом, а также на блочном бесфундаментном основании. Железобетонные опоры 9 (рис. 2.7), находящиеся друг от друга на расстоянии 6 м, устанавливают на железобетонные фундаментные подушки 10. Пролеты между опорами перекрывают железобетонными соеди-

Рис. 2.7. Эстакада (поперечный разрез):

1 — стойка; 2 — покат; 3 — поперечина; 4 — доска; 5, 6 — верхние и нижние направляющие брусья; 7 — соединительная балка; 8 — настил; 9 — железобетонная опора; 10 — фундаментная подушка



нительными балками 7, на которые укладывают деревянные поперечины 3. Траверсы тягового устройства перемещаются по верхним 5 и нижним 6 направляющим брусьям. Для скользящих траверс направляющие брусья обычно покрывают строгаными березовыми досками 4, благодаря чему снижается износ траверс. На консольной части поперечин 3 устраивают настил 8 для прохода рабочих, а со стороны сброски размещают лесонакопители, в которых между покатами 2 и стойками 1 формируют пачки бревен, сброшенных с лесотранспортера.

Высоту эстакады сортировочных транспортеров обычно принимают равной 2...2,5 м. При выкатке бревен из воды транспортер выполняют с наклонным участком, угол подъема которого не должен превышать 25° во избежание сползания бревен под действием собственного веса.

Вдоль транспортера устраивают лесонакопители — емкости, по которым рассортировываются бревна, сбрасываемые с лесотранспортера. Лесонакопители располагают с одной или с обеих его сторон. Двустороннее расположение лесонакопителей позволяет почти вдвое уменьшить длину транспортера, но требует применения бревносбрасывателей, способных производить сброску на обе его стороны.

Конструкция лесонакопителей должна обеспечивать полную их загрузку без применения ручного труда на исправление перекосов бревен, выравнивание их торцов и поперечную перекатку. Вместимость лесонакопителей должна соответствовать грузоподъемности погрузочно-штабелевочного механизма. Порядок расположения лесонакопителей вдоль транспортера должен соответствовать размещению на складе цехов переработки и процентному соотношению поступающих на транспортер сортиментов.

При автоматизированной сортировке сброска бревен осуществляется бревносбрасывателями. Бревносбрасыватели разделяют на две основные группы: гравитационные и с принудительным сталкиванием бревен.

Гравитационные бревносбрасыватели получили наиболее широкое применение. Их преимуществами являются: отсутствие при-

вода, так как для сброски используется потенциальная энергия самого бревна; малое время сброски; возможность подачи бревен на транспортер с минимальными разрывами между торцами.

Гравитационные бревносбрасыватели устанавливаются на тяговом органе транспортеров, а бревносбрасыватели с принудительным сталкиванием бревен — на станине транспортеров напротив лесонакопителей.

Сортировка на поперечных транспортерах. Поперечные транспортеры применяют для сортировки как круглых лесоматериалов, так и досок. Характерной особенностью большинства поперечных сортировочных транспортеров является гравитационная сброска лесоматериалов, в связи с чем отпадает необходимость в бревносбрасывателях.

Основными элементами поперечных (как правило, цепных) сортировочных установок являются: поперечный транспортер, торцевывравнивающее устройство, лесонакопители или отводящие устройства.

По конструктивному исполнению поперечные сортировочные установки подразделяют на установки с загрузкой нижних или верхних ветвей тягового устройства.

На поперечную сортировочную установку с загрузкой нижних ветвей тягового устройства (рис. 2.8, *а*) сортименты поступают по наклонной площадке, захватываются толкателями 1 и перемещаются ими в направлении, указанном стрелкой. На пути сортиментов расположены люки, в которые проваливаются соответствующие сортименты. Число люков зависит от дробности сортировки. Для сортировки по размерным признакам используются постоянно открытые люки, имеющие разную длину, которая увеличивается в направлении движения сортиментов.

Для сортировки по размерным и качественным признакам применяются люки, прикрываемые автоматически управляемыми затворами 2 и имеющие одинаковую длину. Если сортимент 3 должен быть сброшен в люк, затвор открывается. При этом остальные люки закрыты, а затворы служат опорами проходящим сортиментам.

Для сортировочной установки, работающей с загрузкой верхних ветвей, используется многоцепной поперечный транспортер без захватных устройств (рис. 2.8, *б*). Число цепей и их взаимное расположение зависят от дробности сортировки и разницы в длинах сортиментов. Перед подачей сортиментов на сортировочную установку их торцы с одной стороны выравнивают. На пути движения сортиментов расположены открытые люки 4, имеющие разную длину. Сортировка осуществляется по возрастающим длинам. Сброшенные в люки сортименты поступают на выносные транспортеры 5.

Разновидностью сортировочных установок с загрузкой верхних ветвей является вариант, изображенный на рис. 2.8, *в*. Поперечный

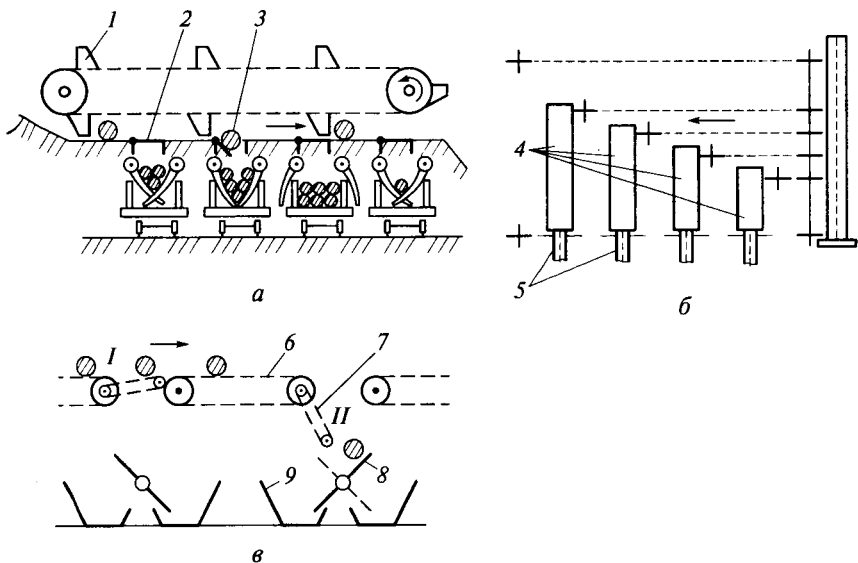


Рис. 2.8. Схемы поперечных сортировочных установок:

а — с загрузкой нижних ветвей тягового устройства; *б, в* — с загрузкой верхних ветвей; 1 — толкатель; 2 — управляемый затвор; 3 — сортимент; 4 — люки; 5, 9 — выносные транспортеры; 6 — основная секция; 7 — короткая секция; 8 — распределитель; I, II — положения коротких секций

многоцепной транспортер состоит из ряда секций. Места сброски располагаются между основными секциями 6, перекрытыми короткими секциями 7, которые также являются поперечными транспортерами. Секции 7 с помощью пневмо- или гидропривода могут поворачиваться в вертикальной плоскости. Для пропуска сортимента секция 7 занимает положение I. Если сортимент должен быть сброшен, то привод секции 7 автоматически включается, устанавливая ее в положение II. Сортимент скатывается, попадая на распределитель 8, находящийся на горизонтальной оси. Распределитель может занимать два положения (изображены сплошной и штриховой линиями) в зависимости от того, на какой из выносных продольных транспортеров 9 должен поступить сортимент. Данную установку можно применять для сортировки по любым признакам.

Эстакаду поперечных транспортеров делают деревянной или металлической. Ее высота должна обеспечить размещение под ней лесонакопителей или отводящих устройств. Лесонакопители часто выполняют в виде вагонеток, устанавливаемых под люками. Вместо лесонакопителей под люками могут быть отводящие устройства в виде продольных транспортеров.

Сортировка лесоматериалов на других видах сортировочных установок. Для сортировки и пакетирования круглых лесоматериала-

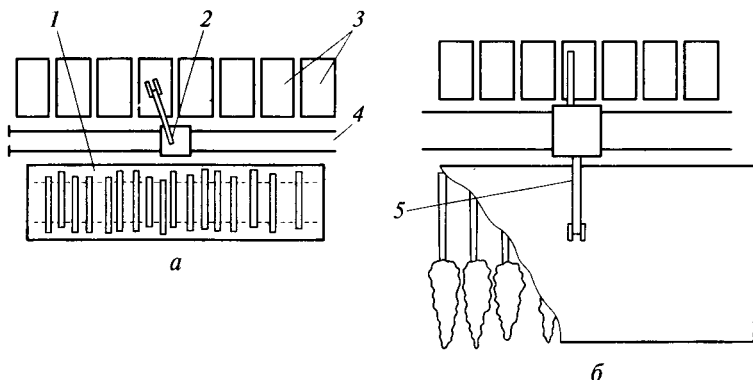


Рис. 2.9. Схемы использования манипулятора:

a — при сортировке кряжей; *б* — при обработке с одновременной сортировкой; 1 — питатель; 2 — манипулятор; 3 — лесонакопители; 4 — рельсовый путь; 5 — многооперационная машина

лов при сравнительно небольшом числе сорторазмеров эффективно применять манипуляторы. Сортировочно-пакетирующий участок располагают в зоне действия консольно-козлового или башенного крана. Нерассортированные сортименты поступают на питатель 1 (рис. 2.9, *a*), откуда их поштучно забирает самоходный полноповоротный манипулятор 2, передвигающийся по рельсовому пути 4, и укладывает в соответствующие лесонакопители 3. Кран забирает сформированную в накопителе пачку и укладывает ее в штабель или грузит на железнодорожный подвижной состав. Часовая производительность сортировочно-пакетирующего участка с двумя манипуляторами, каждый из которых обслуживается одним оператором, в зависимости от среднего объема бревна составляет 35...45 м³.

Сортировочно-пакетирующая установка с использованием манипуляторов менее металлоемка по сравнению с продольными транспортерами и требует более простых и дешевых строительно-монтажных работ.

На складах с годовым грузооборотом 40...60 тыс. м³ экономически эффективно применение многооперационных машин, выполняющих наряду с обрезкой сучьев и раскряжевкой хлыстов операцию сортировки (рис. 2.9, *б*).

2.2.4. Продольная распиловка лесоматериалов

На лесопромышленных складах распространены шпалопиление и выработка тарных дощечек, а на некоторых применяется и лесопиление. В результате продольной распиловки получают пла-

стины (сегменты), четвертины, двух-, трех- (лафеты) и четырехкантные (чистообразные) брусья, бруски, обрезные и необрезные доски и шпалы, рейки, горбыли (рис. 2.10).

Одним из основных классификационных признаков установок для продольной распиловки является тип режущего инструмента. По этому признаку установки подразделяют на круглопильные и ленточнопильные станки, а также лесопильные рамы.

Круглопильные станки. В круглопильных станках для продольной распиловки основными узлами являются пильный и подающий механизмы. Кроме того, станки периодического действия обычно имеют зажимной механизм, механизм для поперечного перемещения кряжа или пилы, поворотный и центрирующий механизмы.

В качестве пильного механизма в этих станках применяют круглые пилы, которые могут производить продольную распиловку верхней и нижней половиной диска. Диаметр круглых пил не превышает 1,5 м. Вследствие этого при распиловке толстых кряжей (диаметром 0,6 м и более) кроме основной пилы приходится устанавливать дополнительную.

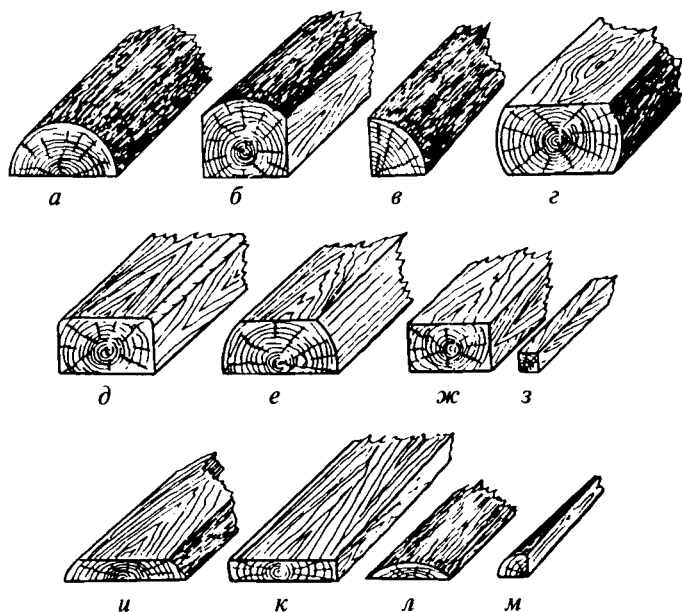


Рис. 2.10. Основные виды продукции, получаемой при продольной распиловке:

а — пластина (сегмент); *б* — трехкантный брус (лафет); *в* — четвертина; *г* — двухкантный брус; *д* — обрезная шпала; *е* — необрезная шпала; *ж* — четырехкантный чистообразной брус; *з* — брусок; *и* — необрезная доска; *к* — обрезная доска; *л* — горбыль; *м* — рейка

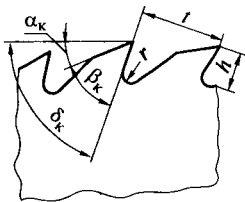


Рис. 2.11. Зубчатые венцы круглых пил для продольной распиловки

У круглых пил для продольной распиловки активной является короткая кромка, производящая резание в торец и формирующая дно пропила. Поэтому у зубьев продольных пил (рис. 2.11) угол резания δ_k всегда меньше 90° . Зубья продольных пил диаметром более 250 мм делают с ломаной спинкой, углом заострения $\beta_k = 40^\circ$, углом наклона $\alpha_k = 15^\circ$ и углом резания $\delta_k = 55^\circ$. Боковые кромки всех зубьев продольных пил имеют прямую заточку, т. е. $\beta_\delta = 90^\circ$. Круглые пилы больших диаметров имеют число зубьев z , равное 48, 60 или 72. Шаг зубьев $t \approx (12 \dots 18)s$,

где s — толщина пильного диска; высота зуба $h = (0,45 \dots 0,5)t$; радиус закругления межзубовой впадины $r = 0,15t$. Для предотвращения трения пильного диска о стенки пропила применяют развод зубьев, выполняемый так же, как в поперечных пилах, либо плющение зубьев (что позволяет получить длину режущей кромки, большую, чем толщина пильного диска).

Мощность, Вт, требующуюся для продольной распиловки круглыми пилами, определяют по формуле

$$N_p = \frac{kb \sum H u}{\eta_p}, \quad (2.24)$$

где k — удельная работа резания, Дж/м³; b — ширина пропила, м; $\sum H$ — суммарная высота пропила; u — скорость подачи, м/с; η_p — КПД передачи от двигателя к пилам.

Усилие подачи P_u при продольной распиловке в общем виде определяют по формуле

$$P_u = P_o \sin \theta \pm P_p \cos \theta + (G + G_1 \pm P_p \sin \theta \pm P_o \cos \theta) \mu, \quad (2.25)$$

где P_o — сила отжима; θ — кинематический угол встречи, т. е. угол между векторами скорости резания и скорости подачи; P_p — сила резания; G — сила тяжести распиливаемого кряжа; G_1 — сила тяжести устройств, несущих кряж (тележки, цепи и т. п.); μ — коэффициент сопротивления перемещению кряжа, тележки или цепи по направляющим.

Угол θ находят из выражения

$$\cos \theta = (0,5d + a)/R,$$

где d — диаметр распиливаемого кряжа; a — превышение направляющей, по которой перемещается распиливаемый кряж, над осью пильного диска; R — радиус пилы.

Знаки при отдельных слагаемых, входящих в формулу (2.25), зависят от взаимного расположения пилы и распиливаемого кряжа.

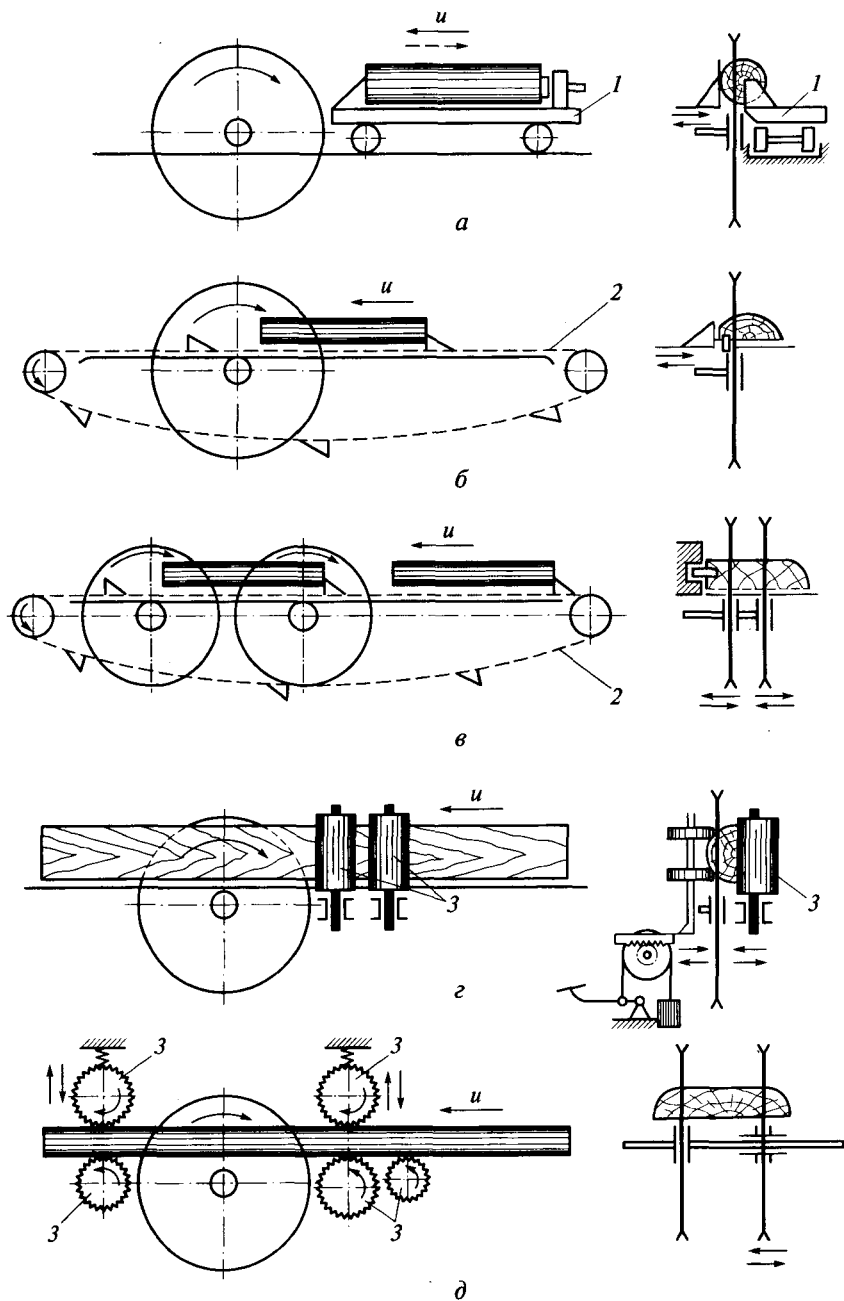


Рис. 2.12. Схемы круглопильных станков для продольной распиловки:
a — с подачей на тележке; *б*, *в* — с цепной подачей; *г*, *д* — с вальцовой подачей;
 1 — тележка; 2 — цепь; 3 — вальцы

жа, направлений скорости резания и подачи. В станках периодического действия подача кряжа на пилу или пилы на распиливаемый кряж осуществляется с помощью тележки 1, совершающей возвратно-поступательное движение (рис. 2.12, а).

В станках с непрерывной подачей кряжи подаются непрерывно движущейся цепью 2 с упорами (рис. 2.12, б, в) или посредством вращающихся вальцов 3 (рис. 2.12, г, д).

При продольной распиловке кряжей, как и при поперечной, подача может производиться по одному из следующих вариантов: $u = \text{const}$, $N_p = \text{const}$, $P_u = \text{const}$, $u = f(H)$. Наибольшую производительность обеспечивает система подачи при $N_p = \text{const}$. Ее наиболее целесообразно применять при продольной распиловке кряжей, не подсортированных по диаметрам и породам. Подачу при $P_u = \text{const}$ не следует использовать при попутном пилении, так как в этом случае возможно самопроизвольное возрастание скорости подачи. Подача при $u = f(H)$ может применяться при условии переменной высоты пропила и постоянной твердости древесины. Подача при $u = \text{const}$ целесообразна только при постоянных высоте пропила и твердости древесины.

Зажимной механизм служит для закрепления распиливаемого кряжа на тележке. Кряжи могут зажиматься с боковой поверхности и с торцов. Зажим с боковой поверхности производится обычно крючьями 6 (рис. 2.13, а), которые поднимаются и опускаются с помощью цепной передачи 4, приводимой в движение от электродвигателя 1 через редуктор 2. Вращение ведущим звездочкам цепной передачи 4 передается через муфту предельного момента.

Механизмы, зажимающие распиливаемый кряж с торцов, работают следующим образом. Кряж 14 (рис. 2.13, б) зажимается между башмаками 13 и 15. Продольное перемещение зажимного башмака 13 обеспечивает гидроцилиндр 12. Зажимные башмаки располагаются в непропиливаемой зоне кряжа, благодаря чему кряж может быть полностью распилен будучи зажатым всего один раз.

В процессе распиловки кряж, закрепленный на тележке, должен несколько раз поворачиваться на 90° вокруг своей оси. Для этих целей применяются поворотные механизмы. При зажиме кряжа крючьями поворот его производится цепными или реечными кантователями при поднятых зажимных крючьях. При использовании цепного кантователя (см. рис. 2.13, а) кряж 7 поворачивается движущейся цепью 8 со специальными зубьями, прикрепленными к ее звеньям. Цепь с помощью гидроцилиндра 9 подводится к боковой поверхности кряжа, и ее зубья, перемещаясь вверх, захватывают кряж и поворачивают его. В реечных кантователях поворот кряжа осуществляется рейкой с зубьями. Перемещает рейку канатная система, обеспечивающая также прижим рейки к кряжу при движении ее вверх. После окончания поворота рейка опускается вниз в исходное положение и отходит от кряжа.

При зажиме кряжа с торцов один зажимной башмак насаживается на ось, второй посредством специального механизма принудительно поворачивается на 90° , одновременно поворачивая и зажатый кряж. Поворотные механизмы обычно оборудуют пространственным кулачком 17 (см. рис. 2.13, б). Шаг паза на кулачке равен 90° . При перемещении поршня гидроцилиндра 18, палец 16, закрепленный на штоке гидроцилиндра и входящий в паз пространственного кулачка, скользя по пазу, поворачивает на 90° кулачок, а с ним ведущий башмак 15 и кряж 14.

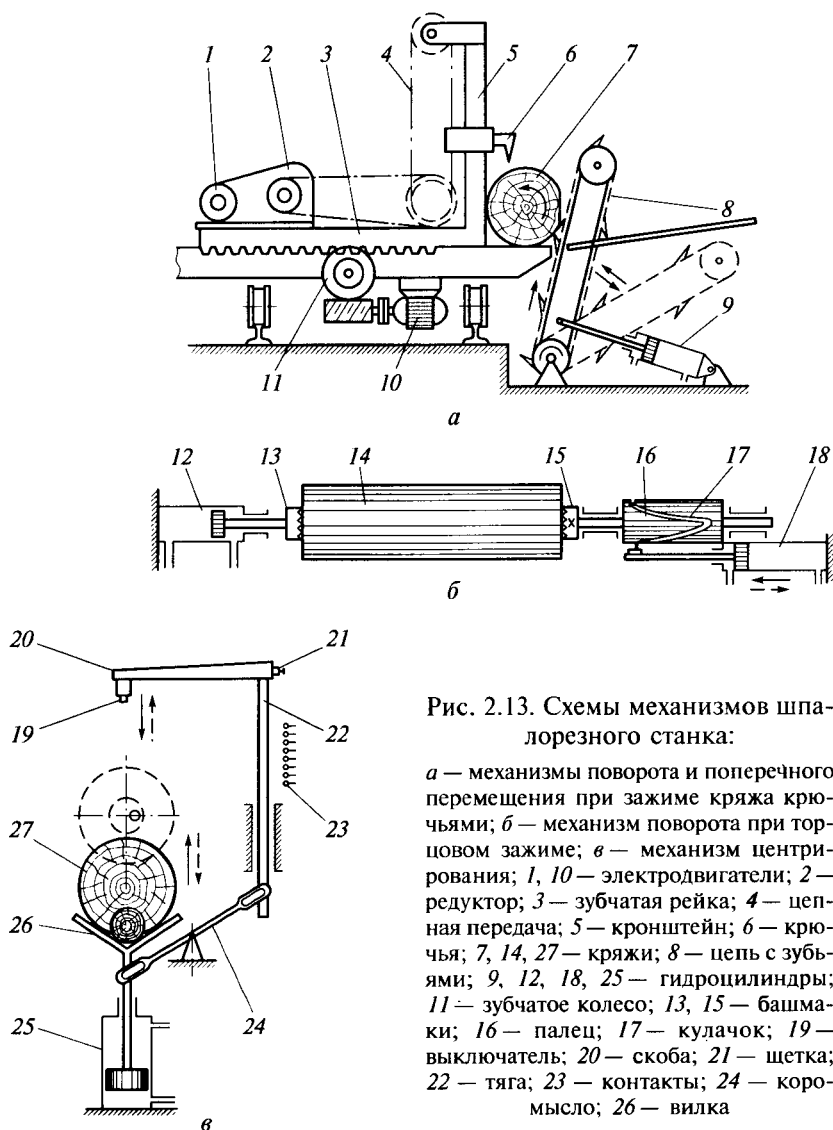


Рис. 2.13. Схемы механизмов шпалорезного станка:

а — механизмы поворота и поперечного перемещения при зажиме кряжа крючьями; *б* — механизм поворота при торцовом зажиме; *в* — механизм центрирования; 1, 10 — электродвигатели; 2 — редуктор; 3 — зубчатая рейка; 4 — цепная передача; 5 — кронштейн; 6 — крючья; 7, 14, 27 — кряжи; 8 — цепь с зубьями; 9, 12, 18, 25 — гидроцилиндры; 11 — зубчатое колесо; 13, 15 — башмаки; 16 — палец; 17 — кулачок; 19 — выключатель; 20 — скоба; 21 — щетка; 22 — тяга; 23 — контакты; 24 — коромысло; 26 — вилка

На станках, снабженных торцовыми зажимами, распиливаемые кряжи до зажима обязательно центрируются, т.е. ось кряжей любого диаметра выводится в определенное положение по отношению к оси зажимов. Рычажный механизм центрирования (рис. 2.13, в) работает следующим образом. С подающего транспортера кряж 27 сбрасывается на вилки 26 и благодаря их форме центрируется в поперечном направлении. После этого гидроцилиндр 25 поднимает вилки и лежащий на них кряж. Шток гидроцилиндра при подъеме через коромысло 24 опускает тягу 22, а с ней и скобу 20 с выключателем 19. Благодаря тому что коромысло 24 равноплечее, вилки 26 и скоба 20 перемещаются на одинаковую величину, двигаясь навстречу друг другу. При нажатии на выключатель 19 поверхностью центрируемого кряжа подача жидкости в нижнюю полость гидроцилиндра прекращается. При этом кряж любого диаметра оказывается сцентрированным и правильно расположенным относительно торцовых зажимов. В автоматических установках, работающих с программным управлением, центрирующее устройство используется и для замера диаметра кряжа. С этой целью на тяге 22 устанавливается щетка 21, скользящая по контактам 23, которые соответствуют различным диаметрам центрируемого кряжа. Нажатие на выключатель 19 при соприкосновении его с поверхностью кряжа ведет не только к прекращению подъема вилок, но и к подаче питания к щетке 21. При этом через нее и соответствующий контакт 23 передается информация о замеренном диаметре.

Поперечное перемещение кряжа или пилы (на станках с подачей на тележке) служит для того, чтобы совместить плоскость пилы с плоскостью очередного пропила. Такое перемещение производят перед каждым пропилом. Наиболее часто перемещают распиливаемый кряж. Для поперечного перемещения кряжа, зажатого крючьями 6 (см. рис. 2.13, а), включают реверсивный электродвигатель 10, приводящий во вращение зубчатое колесо 11, передвигающее вправо или влево зубчатую рейку 3 и кронштейн 5 с крючьями.

Методы расчета производительности круглопильных станков для продольной распиловки зависят от характера их работы. Для станков с поступательно-возвратным движением кряжа или пилы часовые производительности определяют по формулам

$$P_{ч1} = \frac{3\ 600\varphi_1 V}{T}; \quad P_{ч2} = \frac{3\ 600\varphi_1 m}{T}, \quad (2.26)$$

где $P_{ч1}$ — часовая производительность станка, м³/ч; $P_{ч2}$ — часовая производительность станка, штуки готовой продукции (шпал, досок, брусьев и т.п.) в час; φ_1 — коэффициент использования рабочего времени; V — объем распиливаемого кряжа, м³; T — вре-

мя, затрачиваемое на распиловку кряжа, с; m — число штук готовой продукции, получающейся при распиловке одного кряжа.

Для станков с непрерывным движением кряжа

$$P_{ч1} = \frac{3\ 600\phi_1 u V}{i(L_k + L_l)}; \quad P_{ч2} = \frac{3\ 600\phi_1 u m}{i(L_k + L_l)}, \quad (2.27)$$

где u — скорость подачи, м/с; i — число пропусков кряжа через станок; L_k — длина кряжа, м; L_l — расстояние между двумя соседними кряжами, поступающими к пилам, м.

Лесопильные рамы. Лесопильные рамы являются многопильными станками с непрерывной подачей, предназначенными для продольной распиловки бревен и брусьев. При работе лесопильной рамы вразвал бревна сразу распиливаются на доски требуемой толщины. При работе с брусовкой бревна сначала распиливаются на брусья (с одновременным получением двух—четырёх подгорбыльных досок), а затем, в следующую смену или на второй лесопильной раме, брусья разваливаются на доски. Основными узлами лесопильных рам (рис. 2.14) являются: механизм резания (состоящий из пильной рамки 9 с укрепленными в ней пилами 1, приводящейся в действие от кривошипно-шатунного механизма 5) и механизм подачи (состоящий из нижних 6 и верхних 2 подающих вальцов). Кроме того, лесопильные рамы для подачи бревен снабжаются тележками 7 и 8, а для приемки пиломатериалов — тележками 3 и 4 или рольгангом 11 и направляющими ножами 10.

Режущими инструментами в лесопильных рамах являются прямые пилы, совершающие возвратно-поступательное движение. Длина рамных пил определяется по формуле

$$L_n = S_n + d_k + e, \quad (2.28)$$

где S_n — ход пильной рамки; d_k — диаметр наибольшего бревна в комле; e — запас, равный 0,1...0,15 м.

Наиболее часто применяют рамные пилы длиной 1,25 и 1,6 м. Ширина пил $B_n = (0,1...0,15)L_n$, а толщина $s = 2...2,5$ мм. Зубья рамных пил имеют такую же форму, как и у круглых пил для продольной распиловки (см. рис. 2.11).

Зубья разводят или расплющивают. Величина развода c на сторону при пилении твердой древесины составляет 0,4...0,5 мм, мягкой — 0,5...0,75 мм. Уширение расплющенного зуба равно 0,8...1,3 мм. Для тарных лесопильных рам (распиливающих тонкомерные кряжи и имеющих малый ход пильной рамки) применяют пилы с $L_n = 0,6$ м и $s = 1...1,4$ мм.

Лесопильные рамы подразделяют на двухшатунные (рис. 2.14, а) и одношатунные (рис. 2.14, б). Высота двухшатунных лесопильных рам невелика, и они расположены в одноэтажном цехе; одноша-

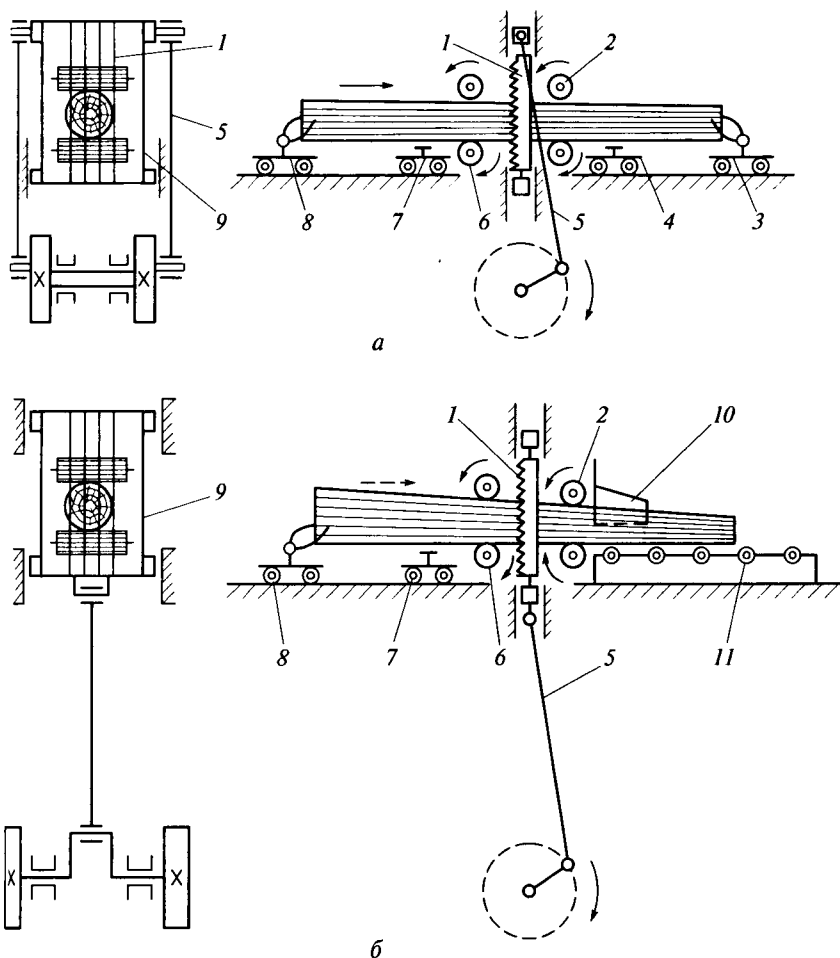


Рис. 2.14. Схемы двухштанной (а) и одноштанной (б) лесопильных рам:
 1— пилы; 2, 6— подающие вальцы; 3, 4, 7, 8— тележки; 5— кривошипно-штан-
 ный механизм; 9— пильная рамка; 10— направляющий нож; 11— рольганг

пунные рамы значительно выше двухштаннных и расположены в двух этажах.

В пильной рамке установлена группа пил (до 16), отстоящих одна от другой на определенное расстояние. Такую группу называют поставом. Пилы друг от друга отделены прокладками, а весь постав сдвинут струбцинами.

Крайние прокладки подбирают такой толщины, чтобы постав пил был расположен симметрично относительно просвета пильной рамки. Пиление в лесопильной раме происходит только при

движении пильной рамки сверху вниз. Ход пильной рамки снизу вверх является холостым.

Скорость резания в лесопильных рамах является величиной переменной: в верхней и нижней мертвых точках (ВМТ и НМТ) она равна нулю, а при нахождении пильной рамки в среднем положении достигает $v_{\max} = 0,5S_n\omega$, где ω — угловая скорость пальца кривошипа, рад/с.

Средняя скорость резания

$$v_{\text{ср}} = \frac{S_n\omega}{\pi}. \quad (2.29)$$

Мощность, Вт, необходимую для пиления лесопильной рамой, определяют по формуле

$$N_p = \frac{kb\sum H u_{\text{ср}}}{\eta_p}, \quad (2.30)$$

где k — удельная работа резания, Дж/м³; b — ширина пропила (одной пилой), м; $\sum H$ — сумма высот пропила, м; $u_{\text{ср}}$ — средняя скорость подачи, м/с; η_p — КПД передач от двигателя к пилам.

В связи с тем что в некоторых лесопильных рамах бревно подается не непрерывно, а толчками, принято учитывать не среднюю скорость подачи $u_{\text{ср}}$, а путь, проходимый бревном за один оборот главного вала. Этот путь называют посылкой, обозначают Δ и измеряют в метрах на один оборот (м/об).

Среднюю скорость подачи, м/с, можно выразить через посылку:

$$u_{\text{ср}} = \frac{\Delta\omega}{2\pi}. \quad (2.31)$$

Тогда формула (2.30) принимает вид

$$N_p = \frac{kb\sum H\Delta\omega}{2\pi\eta_p}. \quad (2.32)$$

Сумма высот пропилов определяется выражением

$$\sum H = H_{\text{ср}}z_n = a_1d_{\text{ср}}z_n, \quad (2.33)$$

где $H_{\text{ср}}$ — средняя высота пропила, $H_{\text{ср}} = a_1d_{\text{ср}}$; z_n — число пил в поставе; a_1 — коэффициент, принимаемый при распиловке в развал равным 0,75, с брусочкой — 0,6, при развале бруса — 0,95... 1; $d_{\text{ср}}$ — средний диаметр бревна или высота бруса.

Значение k определяют по формуле (1.16). Входящую в эту формулу основную удельную работу резания находят по эмпирической формуле, действительной для подачи на один зуб $u_z = 0,2... 1,6$ мм:

$$k_0 = \frac{64 \cdot 10^5}{u_z^{0,33} + 59 \cdot 10^6 (H_{cp} - 0,26)}. \quad (2.34)$$

В формулу (2.34) значения H_{cp} и u_z подставляют в метрах, а k_0 получают в джоулях на кубический метр (Дж/м³).

Подачу на один зуб определяют по выражению

$$u_z = \frac{t\Delta}{S_n}. \quad (2.35)$$

Значения допустимых посылок $\Delta_{доп}$ ограничиваются не только мощностью двигателя, но и прочностью зубьев пилы, а также требованием к качеству пропила. Поэтому допустимая подача на зуб $u_{zдоп}$ не должна превышать 1,2 мм для мягких пород и 0,8 мм для твердых.

При непрерывной подаче траектории вершин зубьев по отношению к древесине криволинейны и толщина стружки все время меняется.

В рамах с толчковой подачей бревно движется только во время рабочего либо холостого хода рамы. Вследствие этого траектории зубьев пилы по отношению к древесине являются прямыми линиями и толщина стружки остается все время постоянной.

Чтобы при холостом ходе зубья не надавливали на дно пропила, рамным пилам дается уклон i , зависящий от типа подачи и величины посылки. Для лесопильных рам с толчковой подачей за рабочий ход $i = a$, т.е. уклон пил постоянный при любой посылке; для лесопильных рам с толчковой подачей за холостой ход $i = \Delta + a$; для лесопильных рам с непрерывной подачей $i = 0,5\Delta + a$. Во всех этих выражениях a — постоянная величина, равная 2...4 мм.

Толчковая подача за рабочий ход имеет следующие существенные преимущества: постоянство толщины стружки; независимость уклона пил от величины посылки (благодаря чему можно менять Δ , не останавливая раму); небольшой уклон i , следовательно, равномерное натяжение полотен пил; отсутствие трения спинок зубьев по дну пропила при холостом ходе. При толчковой подаче за холостой ход уклон пил является переменным, поэтому перечисленные выше преимущества теряются. Основным недостатком толчковой подачи являются большие инерционные усилия, действующие на бревно. При частоте вращения главного вала $n > 250$ мин⁻¹ эти усилия настолько возрастают, что бревно не успевает останавливаться и начинает двигаться с почти постоянной скоростью.

При непрерывной подаче в подающем механизме не возникают силы инерции, он надежно работает даже при большой частоте вращения главного вала рамы. Недостатками непрерывной подачи являются: изменение толщины стружки в процессе пропила;

скобление спинками зубьев пилы дна пропила в начале холостого хода; значительный уклон пил, зависящий от посылки. Поэтому на тихоходных лесопильных рамах ($n < 250 \text{ мин}^{-1}$) применяют обычно толчковую подачу за рабочий ход, а на быстроходных ($n > 250 \text{ мин}^{-1}$) — непрерывную подачу.

Подача бревна в лесопильных рамах обеспечивается четырьмя вальцами (двумя верхними и двумя нижними). В коротышевых рамах для распиловки кряжей длиной 0,8... 1 м число вальцов увеличивают до восьми. Нижние вальцы всегда делают приводными, верхние могут быть и неприводными. Прижим верхних вальцов происходит под действием их веса, а иногда специальных гидравлических или пневматических прижимных устройств. Подъем верхних вальцов производится вручную, а также с помощью пневматического, гидравлического или электрического привода с дистанционным или автоматическим управлением.

В современных лесопильных рамах с непрерывной подачей вальцы приводятся во вращение от отдельного электродвигателя. Величину посылки в этом случае изменяют с помощью электромагнитной муфты скольжения или двигателя постоянного тока с регулируемой частотой вращения.

Мощность, необходимую для привода механизма подачи в лесопильных рамах, определяют по формуле

$$N_u = \frac{P_u u_{\text{ср}}}{\eta_u} = \frac{P_u \Delta \omega}{2\pi \eta_u}, \quad (2.36)$$

где P_u — усилие подачи, равное сумме средней силы отжима P_0 и силы сопротивления от движения впередирамной тележки; η_u — КПД передач от двигателя к вальцам.

Как показывает практика, N_u в лесопильных рамах составляет 3... 5 % от мощности на резание.

В лесопильных рамах в качестве вспомогательных устройств применяют впередирамные и позадирамные тележки. Впередирамная тележка 8 (см. рис. 2.14) служит для подачи бревна к лесопильной раме и поддержания его заднего конца при распиловке. Передний конец бревна до захвата вальцами рамы поддерживает вспомогательная тележка 3. Передвижение впередирамной тележки осуществляется с помощью одной из двух цепей, расположенных между рельсами. После захвата переднего конца бревна подающими вальцами лесопильной рамы привод тележки отключается. Бревно на тележке 8 зажимается клещами. Привод зажима, перемещения и поворота клещей ручной или гидравлический.

В одноэтажных лесопильных рамах (см. рис. 2.14, а) имеются также позадирамные тележки 3 и 4, принимающие распиленное бревно и удерживающие доски от разваливания. В двухэтажных рамах (см. рис. 2.14, б) позадирамные тележки не применяют. Бревно

из рамы выходит на приемный рольганг 11, оборудованный двумя направляющими ножами 10, которые с помощью винтов и рукояток устанавливаются в плоскостях крайних пил постава и удерживают выходящее из рамы распиливаемое бревно.

Часовую производительность по сырью, м³/ч, лесопильных рам определяют по формуле

$$P_{\text{ч}} = \frac{3 \ 600 \varphi_1 \varphi_2 u_{\text{ср}} V}{l_{\text{б}}},$$

где φ_1 — коэффициент использования рабочего времени; φ_2 — коэффициент загрузки лесопильной рамы, учитывающий разрыв между торцами бревен; $u_{\text{ср}}$ — средняя скорость подачи, м/с; V — объем распиливаемого бревна, м³; $l_{\text{б}}$ — средняя длина бревна, м.

Выразив среднюю скорость подачи $u_{\text{ср}}$ через посылку Δ , м/об, [см. формулу (2.31)] получим

$$P_{\text{ч}} = \frac{3 \ 600 \varphi_1 \varphi_2 \Delta \omega V}{2\pi l_{\text{б}}}. \quad (2.37)$$

Ленточнопильные станки. На лесопромышленных складах применяют делительные и бревнопильные ленточнопильные станки. Режущим инструментом на них служит тонкая пильная лента, надетая на вращающиеся шкивы. Существенным преимуществом этих станков по сравнению с круглопильными станками является незначительная ширина пропила, а по сравнению с лесопильными рамами — непрерывность поступательного движения режущего инструмента при высокой скорости резания.

На делительных ленточнопильных станках используют пильные ленты (ГОСТ 6532—77) шириной 50...175 мм и толщиной 0,9...1,2 мм. Зубья имеют прямую спинку, угол резания $\delta_{\text{к}} = 60...65^\circ$, шаг зубьев $t = 30...50$ мм.

На бревнопильных станках ширина ленты (ГОСТ 10670—77) составляет 230...350 мм, толщина 1,4...2,2 мм. Зубья имеют выпуклую спинку; $\delta_{\text{к}} = 65^\circ$, $t = 50...80$ мм. Скорость поступательного движения ленты (скорость резания) составляет 35...55 м/с.

Мощность, требующуюся для пиления и подачи, при работе ленточнопильных станков рассчитывают так же, как и для круглопильных [см. формулу (2.24)]. При этом значение k_0 определяют (при пилении в торец) по эмпирической формуле, действительной для $u_z = 0,05...0,7$ мм:

$$k_0 = \frac{36,5 \cdot 10^5}{u_z^{0,33}}. \quad (2.38)$$

В формулу (2.38) значение u_z подставляют в метрах, а k_0 получают в джоулях на кубический метр.

При пилении вдоль волокон удельная работа резания оказывается приблизительно в 3 раза меньше, чем при обычной продольной распиловке ленточными пилами.

2.2.5. Окорка лесоматериалов

Виды и способы окорки лесоматериалов. На лесопромышленных складах в зависимости от назначения лесоматериалов окорка может быть чистой или грубой. При чистой окорке лесоматериалы полностью очищают от всех слоев коры, при этом удаляется и камбиальный слой. При грубой окорке допускается полное или частичное оставление лубяного слоя. Обычно чистой окорке подвергают лесоматериалы, подлежащие пропитке антисептиками. К ним относят шпалы, столбы линий связи и электропередач и др.

На береговых лесопромышленных складах при подготовке лесоматериалов к сплаву в ряде случаев производят пролыску, т.е. снятие коры несколькими полосами, расположенными вдоль оси окориваемого сортамента, или по винтовым линиям.

Значительное влияние на процесс окорки оказывают толщина коры и ее сцепление с древесиной. Сцепление коры с древесиной резко снижается при увеличении влажности и возрастает с понижением температуры окружающего воздуха. Кроме того, оно зависит от времени заготовки: в вегетационный период кора легко отделяется от древесины по камбиальному слою. Все эти факторы необходимо учитывать при выборе способов окорки.

Окорочные машины делят на машины поштучной и групповой обработки. В первых каждый кряж окоряется отдельно, во вторых окорке подвергаются одновременно несколько десятков или сотен бревен, кряжей или поленьев.

Поштучная окорка лесоматериалов. Наиболее распространенными и отработанными являются способы поштучной окорки путем воздействия на поверхность лесоматериалов специальным окорочным инструментом: скребками, ножами, ножевыми фрезами.

Скребок представляет собой резец со специально затупленной режущей кромкой или резец с острой режущей кромкой и углом резания больше 90° . Скребок удаляет кору по камбиальному слою. Затупление рабочей кромки или тупой угол резания препятствуют внедрению скребка в древесину. Для окорки к скребку необходимо приложить значительную силу, чтобы обеспечить продавливание коры рабочей кромкой. Достоинством скребкового инструмента является возможность грубой окорки при минимальных потерях древесины и высоком качестве окоренной поверхности. Однако эти достоинства реализуются только при окорке свежесрубленной и сплавной древесины при положительных темпера-

турах. При окорке подсушенной и мерзлой древесины резко снижаются производительность и качество окорки, увеличиваются отходы древесины, ухудшается ее товарный вид.

Ножевой инструмент срезает слой коры заданной толщины острым резцом с углом резания меньше 90° . Основным достоинством ножевой окорки является возможность получения высокого качества без снижения производительности при окорке лесоматериалов, обработка которых скребковым инструментом затруднена. К ним относят подсушенные и мерзлые бревна, а также лесоматериалы с прочной и толстой корой. Ножами можно производить грубую и чистую окорку с хорошим качеством поверхности при одновременной зачистке сучковых остатков. Недостатком данного способа являются неизбежные потери древесины, которые возрастают с повышением качества окорки.

Ножевые фрезы представляют собой вращающиеся головки с закрепленными на них ножами. Фрезы работают, как правило, с большими скоростями и малыми усилиями резания, что обеспечивает высокое качество окоренной поверхности.

Окорочные станки различаются по характеру движения окорочного инструмента и окоряемого бревна.

В продольных станках окорочный инструмент расположен равномерно по периметру поперечного сечения окоряемой поверхности, бревно же получает поступательное движение вдоль своей оси. Каждый инструмент обрабатывает участок поверхности бревна в виде продольной ленты.

В роторных станках окорочный инструмент расположен на вращающемся полом роторе, внутри которого и соосно с ним поступательно движется окоряемое бревно. Каждый инструмент обрабатывает участок поверхности бревна по винтовой линии.

Продольные ножевые окорочные станки предназначены для грубой окорки рудничной стойки. Режущий механизм этих станков состоит из нескольких плоских ножей 2 (рис. 2.15, а), объединенных в ножевую головку и прижимаемых пружинами 1 к поверхности окариваемого кряжа 3. Толщина срезаемой стружки ограничивается копирами 4. Четырехзвенный механизм обеспечивает постоянную глубину окорки при изменении диаметра кряжа. Разводятся ножи рычагами копилов 4, образующих воронку. Для снятия коры со всей поверхности кряжа применяют две последовательно установленные ножевые головки, каждая из которых имеет несколько ножей. Вторая головка повернута относительно первой на 45° (при четырех ножах), что обеспечивает полное перекрытие ножами всей поверхности окариваемого кряжа. Для пролыски достаточно одной ножевой головки, несущей три-четыре ножа.

Для грубой окорки на станках строгающего типа можно применять ножи 5 звездчатой формы (рис. 2.15, б), свободно сидящие

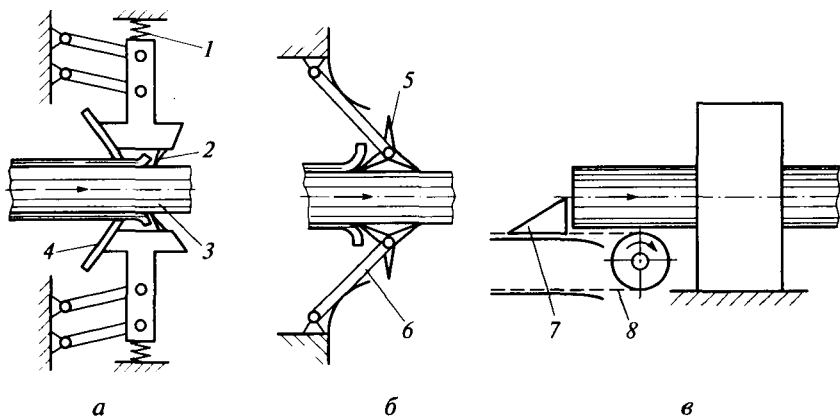


Рис. 2.15. Механизмы продольных ножевых окорочных станков:

a — режущий механизм с плоскими ножами; *б* — режущий механизм со звездчатыми ножами; *в* — подающий механизм с упором; 1 — пружина; 2 — плоский нож; 3 — кряж; 4 — копир; 5 — звездчатый нож; 6 — подпружиненный рычаг; 7 — упор; 8 — подающий транспортер

на концах подпружиненных рычагов *б*. При встрече с сучками, наплывами или другими препятствиями ножи поворачиваются вокруг своих осей, «перешагивая» это препятствие.

Подачу (проталкивание) кряжа сквозь режущий механизм могут производить упоры 7 (рис. 2.15, *в*), закрепленные на непрерывно движущейся цепи подающего транспортера 8. Окоренный кряж из режущего механизма в этом случае выталкивается передним торцом следующего кряжа.

Мощность, Вт, и силу резания, Н, в продольных ножевых станках определяют по формулам

$$N_p = \frac{(z_k k b H_0 + P_T) v}{\eta_p}; \quad (2.39)$$

$$P_p = z_k k b H_0, \quad (2.40)$$

где z_k — число ножей; k — удельная работа резания, Дж/м³; b — ширина стружки, снимаемой одним ножом, м; H_0 — толщина срезаемого слоя коры и древесины, м; P_T — сила трения в подающем механизме, Н; v — скорость резания (скорость проталкивания кряжа сквозь режущий инструмент), м/с; η_p — КПД передачи от двигателя к толкателю.

При срезании коры и частично древесины принимают $k = 6,8 \dots 11,8$ МДж/м³, при отделении коры по камбиальному слою — $k = 1,5 \dots 2,5$ МДж/м³. Большие значения выбирают при срезании тонкой стружки ($H_0 = 1 \dots 2$ мм), а меньшие — при срезании толстой ($H_0 = 6 \dots 7$ мм).

Часовая производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$, продольных ножевых окорочных станков с подачей толкателем (см. рис. 2.15, в) составляет

$$P_{\text{ч}} = \frac{3\,600\varphi_1\varphi_2\varphi_3v_{\text{T}}V}{2l}, \quad (2.41)$$

где φ_3 — коэффициент, учитывающий время на выдвигание штанги; v_{T} — скорость движения толкателя, $\text{м}/\text{с}$; V — объем окашиваемого кряжа, м^3 ; l — ход толкателя, м .

Продольные фрезерные окорочные станки применяют на лесопромышленных складах для окорки (оправки) шпал (рис. 2.16, а, б), пролыски тонкомерных сортиментов (рис. 2.16, в) и окорки колотых балансов (рис. 2.16, г).

Механизм резания у этих станков состоит из одной или двух ножевых фрез. Фрезы вращаются с угловой скоростью 160...220 $\text{рад}/\text{с}$ (частотой вращения 1 500...2 000 мин^{-1}), при этом скорость резания составляет 25...40 $\text{м}/\text{с}$. Угол заточки ножей принимается равным 30...40°, а угол резания — 50...60°. Ножи имеют криволинейную режущую кромку, радиус кривизны которой равен наибольшему радиусу окашиваемой поверхности. В процессе окорки шпала (иногда фрезы) движется в продольном направлении со скоростью u , при этом за один проход происходит полная окорка одной боковой поверхности. Для одновременной окорки обеих боковых поверхностей шпалы применяют двухфрезерные станки.

Мощность привода фрезы и силу резания при окорке на продольных фрезерных станках находят по формулам

$$N_{\text{p}} = \frac{kbH_0u}{\eta_{\text{p}}}; \quad (2.42)$$

$$P_{\text{p}} = \frac{kbH_0u}{v}. \quad (2.43)$$

При окорке срезаются кора и древесина. Поэтому при определении удельной работы резания k , входящей в эти формулы, следует учитывать удельную работу при резании коры $k_{\text{к}}$ и удельную работу при резании древесины $k_{\text{д}}$. Среднее значение k приближенно может быть определено по формуле

$$k \approx \frac{k_{\text{д}}(H_0 - h_{\text{к}}) + k_{\text{к}}h_{\text{к}}}{H_0}, \quad (2.44)$$

где $h_{\text{к}}$ — толщина коры, м .

При этом

$$k_{\text{д}} = k_{0\text{д}}a_{\text{п}}a_{\text{ш}}a_{\text{р}}; \quad (2.45)$$

$$k_{\text{к}} = k_{0\text{к}}a_{\text{п}}a_{\text{ш}}a_{\text{р}}, \quad (2.46)$$

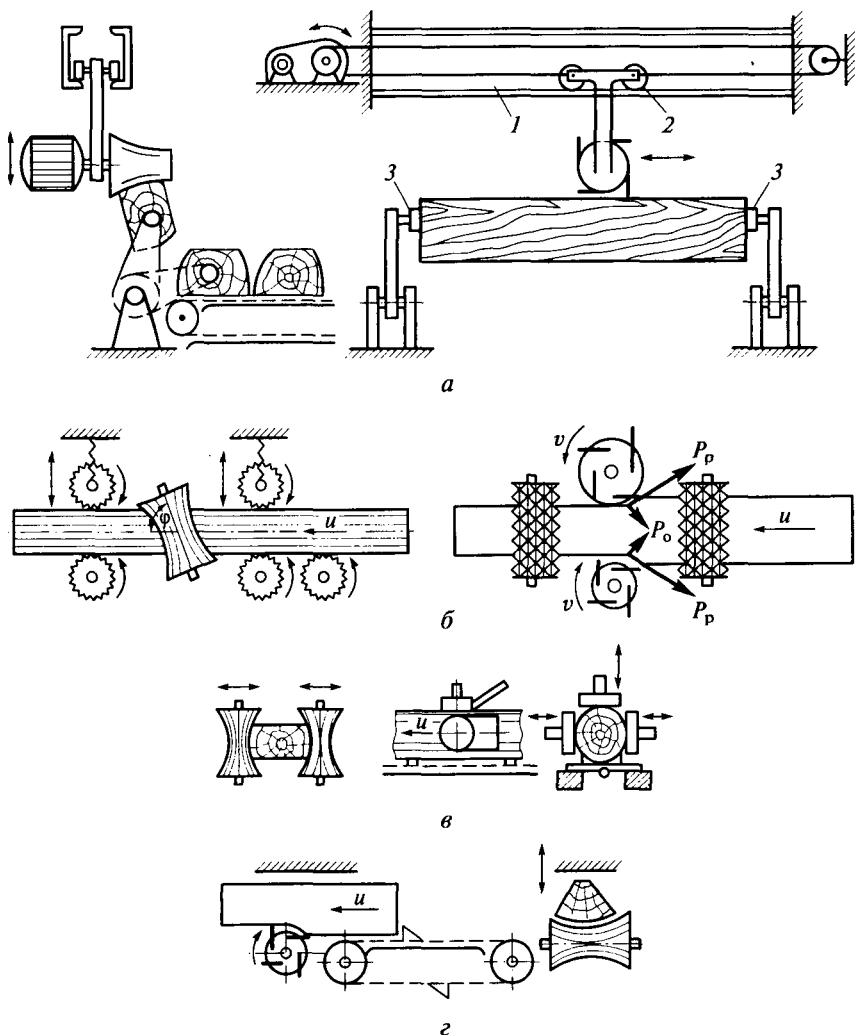


Рис. 2.16. Продольные фрезерные окорочные станки:

а — одношпиндельный с перемещением фрезы; *б* — двухшпиндельный; *в* — с тремя дисковыми фрезами; *г* — одношпиндельный с цепной подачей; 1 — неподвижная рама; 2 — каретка; 3 — торцовые зажимы

где $k_{0д}$ и $k_{0к}$ — значения основной удельной работы резания соответственно древесины и коры; остальные составляющие пояснены в легенде к формуле (1.8).

Подающий механизм в зависимости от конструкции станка должен осуществлять возвратно-поступательное либо непрерывное движение окориваемой шпалы или полена.

В одношпиндельном шпалооправочном станке (см. рис. 2.16, *a*) шпала зажимается торцовыми зажимами 3. Фреза располагается на каретке 2, которая может перемещаться по неподвижной раме 1. Усилие подачи в этом случае

$$P_u \approx P_p + \mu_0(G_T - P_o), \quad (2.47)$$

где μ_0 — коэффициент тяги каретки по направляющим; G_T — сила тяжести фрезы и каретки, Н; P_o — сила отжима, Н, $P_o = (0,2 \dots 0,6)P_p$.

В двухшпиндельных шпалооправочных станках (см. рис. 2.16, *б*) применяют обычно вальцовую подачу.

Винтовые фрезерные окорочные станки оснащают окорочным инструментом в виде ножевых фрез. Применение винтовых станков оправдано в тех случаях, когда снижение производительности окорочного оборудования компенсируется упрощением и удешевлением его конструкции. Кроме того, использование винтовых фрезерных станков может быть оправдано при окорке крупных лесоматериалов с толстой и прочной корой.

В винтовых фрезерных станках (рис. 2.17) механизм окорки состоит из одного или двух плоскоконических дисков 5, несущих на себе ножи с прямолинейной режущей кромкой. Диски расположены вертикально и прижаты к поверхности окариваемого кряжа 4 пружинами 6. Поступательное движение кряжа обеспечивает транспортер 1 с упорами 2, вращение кряжа — приводные вальцы 3.

Мощность, Вт, и силу резания, Н, при окорке на винтовых фрезерных станках определяют по формулам

$$N_p = \frac{k\pi d_k H_0 u}{\eta_p}; \quad (2.48)$$

$$P_p = \frac{k\pi d_k H_0 u}{v}, \quad (2.49)$$

где d_k — диаметр окариваемого кряжа, м.

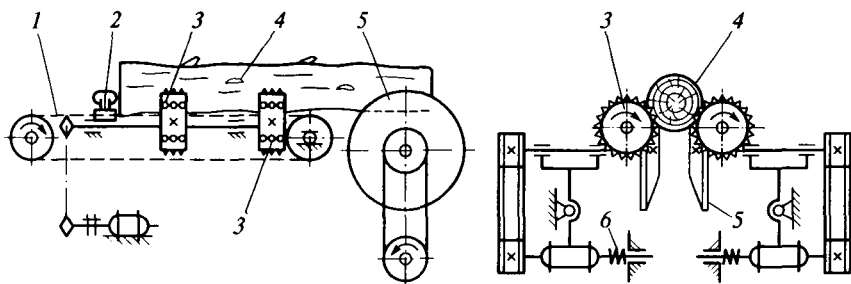


Рис. 2.17. Винтовой фрезерный окорочный станок:

1 — транспортер; 2 — упор; 3 — вальцы; 4 — кряж; 5 — диск; 6 — пружина

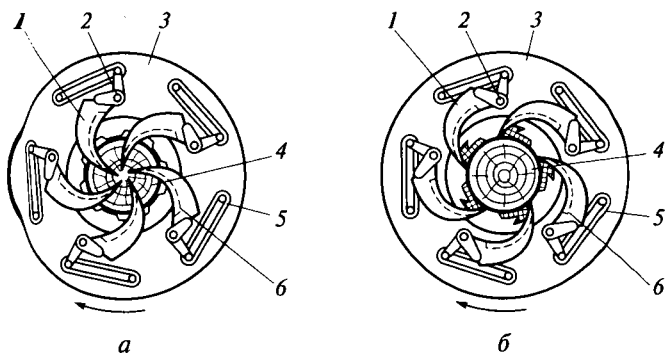


Рис. 2.18. Схемы короснимающего механизма роторного окорочного станка с прижимом короснимателей резиновыми кольцами:

а — до начала окорки; *б* — в процессе окорки; 1 — коросниматель; 2 — ось; 3 — ротор; 4 — кряж; 5 — резиновое кольцо; 6 — разводная кромка

Входящее в формулы (2.48) и (2.49) значение удельной работы резания k , Дж/м³, учитывает работу, затрачиваемую на срезание стружки ножами, и работу на трение ножевого диска об окариваемый кряж. Если диаметр кряжа больше 20 см, при выпуске ножей 0,2 мм $k = 15$ МДж/м³, а при выпуске ножей 0,6 мм $k = 10$ МДж/м³.

Рассмотренные станки производят резание вдоль волокон и обеспечивают гладкую окоренную поверхность и хороший товарный вид, что важно при окорке экспортных балансов, пропсов, столбцов, шпального кряжа.

Роторные окорочные станки — наиболее распространенный тип станков для поштучной окорки круглых лесоматериалов. В этих станках может применяться любой из перечисленных видов окорочных инструментов — скребки, ножи, ножевые фрезы. Основными элементами роторных окорочных станков являются короснимающий и подающий механизмы.

Короснимающий механизм представляет собой ротор, вращающийся с угловой скоростью 10...52 рад/с (частотой вращения 100...500 мин⁻¹), который несет на себе несколько окорочных инструментов (называемых далее короснимателями), прижимающихся к поверхности окариваемого кряжа и вращающихся вокруг него. Коросниматели 1 (рис. 2.18) сидят на осях 2, закрепленных на роторе 3. Окашиваемый кряж 4, не вращаясь, проходит сквозь ротор. Коросниматели прижимаются к поверхности кряжа резиновыми кольцами 5. Прижатие короснимателей может также осуществляться стальными пружинами либо с помощью гидро- или пневмоцилиндров.

Развод короснимателей и выход их на поверхность очередного кряжа происходит автоматически. Для этой цели служит специальный элемент короснимателя — разводная кромка 6, которая

может иметь различную конфигурацию. Наиболее надежный развод обеспечивается в том случае, когда в процессе выхода на поверхность кряжа коросниматель взаимодействует с кромкой торца бревна.

Основным признаком, характеризующим сцепление коры с древесиной, является влажность коры. С уменьшением влажности сцепление увеличивается и качество окорки резко ухудшается. Лесоматериалы хорошо окариваются при влажности коры не менее 50...55%; при влажности ниже 40...45% окорку проводить трудно. Большое влияние на условия окорки оказывает также температура коры и наружных слоев древесины. При низкой температуре влага, находящаяся в коре и заболони, переходит в лед. В результате прочность коры оказывается равной прочности древесины, а сила сцепления возрастает в несколько раз. Поэтому мерзлая древесина очень трудно поддается окорке. Для облегчения окорки на станках с тупыми короснимателями мерзлую древесину нужно предварительно оттаять, а сухую — увлажнить.

Мощность, Вт, необходимую для приведения в действие короснимающего механизма, определяют по формуле

$$N_p = \frac{\pi k_o u d_k + 0,5\omega(z_k F_n \mu_k d_k + G_p \mu_n D_n)}{\eta_p}, \quad (2.50)$$

где k_o — линейное сопротивление окорке на 1 м ширины снимаемой полосы коры, Н/м; u — скорость подачи кряжа, м/с; d_k — диаметр кряжа, м; ω — угловая скорость ротора, рад/с; z_k — число короснимателей на роторе станка; F_n — усилие прижатия короснимателя к поверхности кряжа, Н; μ_k — коэффициент трения короснимателя о древесину, $\mu_k = 0,18...0,2$; G_p — сила тяжести ротора, Н; μ_n — коэффициент трения в подшипнике ротора; D_n — диаметр подшипника ротора, м; η_p — КПД передачи от двигателя к ротору.

Сила сопротивления окорке, Н, на одном короснимателе

$$P_p = \frac{2\pi k H_0 u}{z_k \omega}, \quad (2.51)$$

где k — удельная работа резания, Дж/м³; H_0 — толщина срезаемого слоя коры и древесины, м.

При срезании коры и частично древесины принимают $k = 5...7$ кДж/м³, при срезании поверхностного слоя древесины — $k = 10...12$ МДж/м³.

Отличительной особенностью ножевого инструмента является его способность производить резание вдоль волокон при движении ножа в направлении поперек волокон.

Применение ножевого инструмента значительно расширяет возможности роторных окорочных станков, поэтому конструкция

такого станка должна позволять производить замену скребкового инструмента на ножевой без существенной переналадки самого станка. Роторные станки для чистой окорки целесообразно делать двух роторными с установкой на первом роторе скребкового, а на втором — ножевого инструмента.

Роторные фрезерные станки можно оснащать цилиндрическими или коническими фрезами. Чаще всего на таких станках фрезы имеют вид плоскоконических дисков, несущих на себе ножи с прямолинейной режущей кромкой. Ножи выступают над поверхностью диска, который является копиром-ограничителем. Максимальная толщина стружки соответствует выпуску ножей над поверхностью диска.

Плоскоконические фрезы производят резание коры и древесины вдоль волокон при высоких скоростях резания, обеспечивая гладкую окоренную поверхность и хороший товарный вид.

Фрезерный окорочный инструмент во всех случаях значительно сложнее ножевого. Использование роторных фрезерных станков оправдано лишь тогда, когда по каким-либо причинам не могут быть применены ножевые станки.

Подающие механизмы на роторных окорочных станках осуществляют продольную подачу кряжа, центрируют кряж относительно оси ротора и не допускают проворачивания кряжа под действием усилия окорки. В роторных окорочных станках распространены трех- и четырехвальцовые подающие механизмы.

В трехвальцовом механизме оси поворота рычагов вальцов перпендикулярны плоскости вращения ротора. Вальцы прижимаются к поверхности окариваемого кряжа с помощью пружины. Между собой вальцы связаны тягами. Поэтому они разводятся на строго одинаковую величину, благодаря чему окариваемые кряжи любых диаметров оказываются сцентрированными относительно оси ротора. Четырехвальцовый механизм состоит из пары вертикальных и пары горизонтальных вальцов, прижимаемых к поверхности окариваемого кряжа с помощью пружины. Зубчатые секторы, связанные с рычагами, обеспечивают расхождение вальцов на одинаковую величину от оси ротора. Усилие подачи, H , определяется по формуле

$$P_u = 2P_p + (G + m_b G_b) \mu_1, \quad (2.52)$$

где G — сила тяжести обрабатываемого изделия, H ; m_b — число прижимных вальцов; G_b — сила нажима одного вальца, H ; μ_1 — коэффициент сопротивления движению обрабатываемого изделия по вальцам.

В станках, производящих окорку колотых балансов, применяется цепная подача. При этом усилие подачи, H ,

$$P_u \approx P_p + (G + G_n + 2Lq - P_o) \mu_2, \quad (2.53)$$

где G — сила тяжести полена, Н; G_n — усилие прижима полена к фрезе, Н; L — длина подающего транспортера, м; q — сила тяжести одного погонного метра цепи, Н/м; P_o — сила отжима, Н; μ_2 — коэффициент трения цепи по направляющим.

В качестве подающего механизма может также применяться подпружиненный транспортер, работающий совместно с вальцом, или гусеничный механизм.

Часовую производительность, м³/ч, роторных окорочных станков определяют по формуле

$$P_{\text{ч}} = \frac{3600\varphi_1\varphi_2uV}{l_{\text{к}}}, \quad (2.54)$$

где φ_2 — коэффициент загрузки станка; u — скорость подачи, м/с; V — объем окариваемого кряжа, м³, учитывающий межторцовые разрывы; $l_{\text{к}}$ — средняя длина кряжа, м.

Групповая окорка лесоматериалов. В установках для групповой обработки окорка производится за счет ударов и трения бревен или поленьев между собой и об элементы машины. Установки такого типа называют корообдирочными. Окорка может быть сухой или мокрой. В первом случае она производится без воды, во втором — при обильном смачивании лесоматериалов или помещении их в водяную ванну. Установки для групповой окорки подразделяют на окорочные барабаны и бункерные окорочные машины.

Окорочные барабаны на лесопромышленных складах применяют, главным образом, для окорки круглых и колотых поленьев и толстых сучьев длиной до 1...1,5 м. Окорочные барабаны подразделяют на барабаны периодического и непрерывного действия.

Барабан периодического действия (рис. 2.19, а) представляет собой полый цилиндр 4 из листовой стали диаметром 2...3 м и длиной 3...5 м, установленный на поддерживающих роликах 8 и вращающийся с угловой скоростью 0,9...2,1 рад/с (частотой вращения 8...20 мин⁻¹). Вращение барабану передается от электродвигателя через редуктор, цилиндрическую шестерню 1 и зубчатый венец 3, укрепленный на ободе барабана. К внутренней поверхности барабана приварены ножи, ускоряющие процесс окорки. Со стороны загрузки барабан закрыт неподвижной стенкой 9, имеющей сверху загрузочный лоток 2. Выходная сторона барабана перекрывается поднимающимся шибером 6.

Работа окорочного барабана протекает следующим образом. При закрытом шибере барабан заполняется подлежащими окорке поленьями на 1/3...2/3 своего объема. При вращении барабана поленья перемешиваются внутри него, ударяются друг о друга, о стенки и ножи барабана. При этом кора и частично гниль (у колотых поленьев) отделяются и вываливаются из барабана сквозь прорези 5. Когда процесс окорки заканчивается, шибер 6 поднимается и

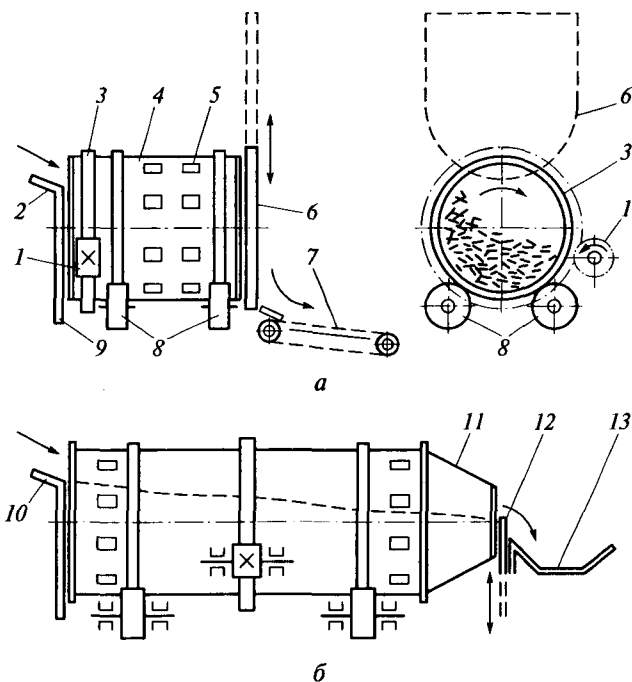


Рис. 2.19. Установки для групповой окорки:

a — барабан периодического действия; *б* — барабан непрерывного действия; 1 — цилиндрическая шестерня; 2, 10 — загрузочные лотки; 3 — зубчатый венец; 4 — полый цилиндр; 5 — прорезь; 6, 12 — шиберы; 7, 13 — выносные транспортеры; 8 — поддерживающие ролики; 9 — неподвижная стенка; 11 — воронка

окоренные поленья вываливаются на выносной транспортер 7. После этого барабан вновь заполняется и цикл повторяется.

Барабан непрерывного действия (рис. 2.19, *б*) имеет диаметр 3...4 м и длину 7...10 м. Неокоренные поленья подаются в него непрерывно через загрузочный лоток 10. С выходной стороны барабан заканчивается воронкой 11, частично перекрытой шибером 12. При вращении барабана находящиеся в нем поленья продвигаются вдоль него и вываливаются на транспортер 13 за счет различия уровней загрузочного и разгрузочного отверстий. Уровень наполнения барабана, а следовательно, и продолжительность нахождения в нем поленьев зависят от степени перекрытия выходного отверстия шибером.

Время, в течение которого поленья должны находиться в барабане для того, чтобы быть окоренными, зависит, в первую очередь, от требуемой степени окорки (процент оставшейся коры), породы и температуры окоряемых лесоматериалов, частоты вращения и степени загрузки барабана.

Наиболее интенсивное отделение коры происходит в течение первых 10...15 мин, после чего темп окорки значительно снижается.

На продолжительность окорки большое влияние оказывает температура окоряемых поленьев. Окорка мерзлых лесоматериалов (особенно ели) весьма затруднительна. С увеличением заполнения барабана продолжительность окорки также возрастает, так как при этом уменьшаются сила и число ударов, которые являются основной причиной отделения коры.

При длительном пребывании лесоматериалов в барабане размочаливаются торцы и обламываются острые кромки колотых поленьев, в результате чего часть древесины превращается в отходы.

Мощность N , кВт, которая необходима для вращения окорочного барабана, имеющего диаметр D , м, и длину L , м, может быть определена по формуле

$$N = kD^2L, \quad (2.55)$$

где k — удельная мощность, кВт/м³.

Для барабанов, производящих сухую окорку, $k = 0,6$ кВт/м³, при мокрой окорке $k = 0,8$ кВт/м³.

Часовую производительность, м³/ч, окорочных барабанов периодического действия находят по формуле

$$P_{\text{ч}} = \frac{15\varphi_1\pi D^2 L\psi\Delta}{(t_1 + t_2 + t_3)}, \quad (2.56)$$

где ψ — коэффициент заполнения барабана, зависящий от степени перекрытия входного отверстия шибером; Δ — коэффициент полндревесности размещения поленьев в барабане, $\Delta = 0,45 \dots 0,5$; t_1 — время загрузки барабана, мин; t_2 — время окорки, мин; t_3 — время разгрузки барабана, мин.

Часовая производительность барабанов непрерывного действия

$$P_{\text{ч}} = \frac{15\varphi_1\pi D^2 L\psi\Delta}{t_2}. \quad (2.57)$$

На лесопромышленных складах для окорки поленьев и отходов широко применяют барабаны периодического действия КБ-3 (см. рис. 2.19, а). Их диаметр $D \approx 3$ м, длина $L = 3,75$ м, частота вращения $n = 10$ мин⁻¹, мощность двигателя $N = 40$ кВт, производительность $P_{\text{ч}} = 4 \dots 5$ м³/ч. На лесопромышленных складах используются также окорочные барабаны непрерывного действия КБ-6 (см. рис. 2.19, б), имеющие следующие параметры: $D = 3$ м, $L = 7,5$ м, $n = 10$ мин⁻¹, $N = 55$ кВт, $P_{\text{ч}} = 6 \dots 10$ м³/ч.

На лесопромышленных складах целлюлозно-бумажных комбинатов для окорки балансов широко применяют окорочные барабаны, состоящие из нескольких последовательно установленных

секций. В них обычно проводят мокрую окорку, для чего первую секцию барабана частично заполняют водой (иногда теплой), что способствует лучшей окорке сухих или мороженных поленьев.

Бункерная окорочная установка предназначена для окорки бревен. Она представляет собой лесонакопитель треугольной формы вместимостью около 30 м³, работающий так же, как сучкорезная установка МСГ-3 (см. подразд. 2.2.1). Для большей интенсивности окорки и смывания коры бревна в бункере обмываются водой. Окорочные цепи, движущиеся со скоростью 0,5... 0,8 м/с, приводятся в действие двигателем мощностью 75... 100 кВт. Производительность установки составляет 40... 60 м³/ч.

Наиболее интенсивное перемешивание происходит в нижней части бункера. Эффективность окорки определяется общей массой загруженных в бункер бревен. Бункерные установки наиболее выгодно применять для окорки толстых длинных бревен. Для окорки тонкомерного коротья более целесообразно использовать окорочные барабаны.

2.3. Подъемно-транспортные операции на лесопромышленных складах

2.3.1. Подъемно-транспортное оборудование

Подъемно-транспортное оборудование предназначено для выполнения таких погрузочно-разгрузочных работ, как разгрузка подвижного состава лесовозных дорог, погрузка в железнодорожные вагоны, суда или автомашины различных лесоматериалов, укладка их в штабеля, а также скатывание бревен из штабелей на воду. К указанному оборудованию относятся различные виды кранов, лесопогрузчики, подъемно-транспортные механизмы и пневмотранспортные установки.

Краны. Мостовые и козловые краны относятся к кранам мостового типа. Их отличительной особенностью является горизонтальная несущая ферма, передвигающаяся по рельсовым путям в направлении, перпендикулярном ее оси. Вдоль несущей фермы перемещается грузовая тележка.

Козловые краны, у которых концы несущей фермы выступают за опоры в виде консолей, называются консольно-козловыми. Под консолями таких кранов можно дополнительно размещать штабеля, что позволяет создавать большой запас лесоматериалов.

Несущая ферма козловых кранов расположена на высоких опорах, основания которых установлены на ходовые тележки, передвигающиеся по крановым путям.

У мостовых кранов несущая ферма (мост) опирается непосредственно на ходовые колеса, а крановой путь прокладывается на высокой эстакаде. Расположение крановых путей мостового крана над территорией лесопромышленного склада позволяет размещать под эстакадой технологическое оборудование, транспортеры и пути внутрискладского рельсового и безрельсового транспорта, которые могут пересекаться (в плане) с крановыми путями. Благодаря этому улучшается использование территории склада и упрощается его компоновка.

Размеры территории, обслуживаемой кранами мостового типа, зависят от расстояния перемещения самого крана и хода грузовой тележки. С увеличением пролета крана значительно возрастают масса несущей фермы и, следовательно, масса всего крана, что резко увеличивает его стоимость. Поэтому при пролетах длиной более 45...50 м применение кранов мостового типа становится невыгодным.

Кабельные краны оборудованы гибким несущим стальным канатом, по которому передвигается грузовая тележка. Благодаря малому весу несущего каната кабельные краны могут иметь значительный пролет. Различают стационарные и передвижные кабельные краны. Первые используют на крупных лесопромышленных складах для выгрузки бревен из воды, штабелевки и погрузки лесоматериалов из штабелей на железнодорожный подвижной состав, вторые — для разгрузки подвижного состава.

Кабельные краны, имеющие пролет длиной до 300...500 м и передвижные опоры в виде металлических башен решетчатой конструкции высотой 30...50 м, передвигаются по рельсовым путям.

Мостокабельные краны имеют опоры, перекрытые жестким металлическим мостом, к концам которого присоединены несущие канаты. Мост крана находится под действием нагрузки от собственного веса и усилия, создаваемого натяжением канатов. Эти нагрузки, имея разные знаки, частично уравновешиваются, поэтому масса силовой конструкции моста относительно невелика, что позволяет доводить длину пролета до 100...150 м. Ширина крановых путей под каждой опорой мостокабельных кранов значительно меньше, чем у кабельных, благодаря чему лучше используется площадь лесопромышленного склада.

Стреловые краны применяют для погрузки и штабелевки сортиментов, щепы и т.д. В зависимости от конструкции и ходовой части эти краны подразделяют на автомобильные, гусеничные и краны с ходовыми тележками, передвигающимися по рельсовым путям. К числу последних относятся башенные краны, получившие широкое распространение на лесопромышленных складах. Внутренние размеры портала башенных кранов позволяют пропускать через него груженный подвижной состав широкой колеи. Однако в связи с тем что вдоль погрузочного тупика должна идти

эстакада для безопасной погрузки, а ширина портала существующих башенных кранов недостаточна для расположения внутри него и погрузочного тупика, и эстакады, погрузочный тупик размещается не внутри кранового пути, а рядом с ним.

Большинство автомобильных кранов монтируется на базе серийных автомобилей. Применяются также краны, устанавливаемые на специальные колесные шасси с пневматическими шинами. На раме шасси таких кранов размещается поворотная платформа, на которой находятся кабина оператора, механизмы поворота платформы и другое оборудование.

Преимуществом гусеничных кранов является большая устойчивость. Большинство моделей кранов на гусеничном ходу приспособлено к работе с крюком и грейфером. Их применяют для штабелевки бревен и погрузки с подтаскиванием. На береговых лесопромышленных складах для штабелевки, погрузки и сброски бревен на воду используют краны-манипуляторы на базе серийно выпускаемых тракторов.

Самоходные лесопогрузчики. Эти подъемно-транспортные машины применяются на крупных лесопромышленных складах с большим сезонным запасом и развитой переработкой лесоматериалов, на которых рельсовые краны, имеющие строго фиксированные пути перемещения и зоны обслуживания, не могут обеспечить требуемую технологичность внутрискладских переместительных операций. Преимуществами самоходных лесопогрузчиков являются высокая маневренность, универсальность и комплексная механизация всего процесса от захвата пачки до ее укладки.

Для нормальной эксплуатации лесопогрузчиков необходимо, чтобы дороги и площадки, по которым они перемещаются, имели твердое покрытие.

Большинство лесопогрузчиков оборудовано телескопическим грузоподъемником с захватным устройством. Грузоподъемник с подъемной вилкой неудобен при погрузке леса на железнодорожный подвижной состав, особенно в полувагоны. Поэтому для данного вида работы следует применять лесопогрузчики, имеющие стрелу с клещевым захватом.

Лесопогрузчики могут быть подразделены на три основные группы:

грузоподъемностью 0,6... 1,5 т с приводом от электродвигателей постоянного тока, питающихся от аккумуляторной батареи;

грузоподъемностью 3... 10 т с приводом от двигателя внутреннего сгорания;

грузоподъемностью 20... 30 т, предназначенные для выгрузки хлыстов и деревьев с подвижного состава лесовозных дорог, подачи пачек на разгрузочную эстакаду или в штабеля запаса.

Лесопогрузчики первой группы не имеют кабины (водитель размещается на открытом сиденье), они оборудованы массивны-

ми резиновыми шинами. Они предназначены для работы в закрытых помещениях и на ровных площадках с твердым покрытием. Лесопогрузчики второй группы используют для работы на открытых площадках, поэтому они снабжены закрытой кабиной и пневматическими шинами.

Автомобильные погрузчики второй группы подразделяют на погрузчики с фронтальным и боковым захватом. У погрузчиков с фронтальным захватом грузоподъемник с рабочими органами расположен впереди кабины, а у погрузчиков с боковым захватом — сбоку.

Погрузчики с боковым захватом удобны для работы на лесопромышленных складах со сравнительно узкими проездами между штабелями, так как при подходе к штабелю для укладки или захвата пачки они не должны разворачиваться на 90°. Кроме того, размещение длинномерных лесоматериалов вдоль оси погрузчика улучшает его проходимость по ограниченным складским территориям и не мешает обзору водителя.

Для устойчивости лесопогрузчика с боковым захватом служат два гидродомкрата, на которые он опирается при выполнении грузовых операций с выдвинутым грузоподъемником.

Пневмотранспортные установки. В таких установках частицы материала во взвешенном состоянии перемещаются воздушным потоком по закрытым каналам (трубам).

На лесопромышленных складах пневмотранспортные установки используют для транспортирования щепы от сортировочной установки к местам ее хранения (кучи, бункеры), погрузки щепы в транспортные единицы (железнодорожные вагоны, автомашины или баржи-щеповозы), перемещения насыпных отходов из цехов в бункеры, а также для удаления древесной пыли из цехов переработки. Существенными преимуществами пневматического транспорта являются: высокая производительность и непрерывность подачи материала; возможность перегибов транспортной магистрали практически под любым углом в плане и профиле; возможность собирать и транспортировать материалы одновременно из большого числа удаленных друг от друга мест; автоматизация выполнения всех операций по сбору, транспортированию и разгрузке перемещаемых материалов.

Грузозахватные устройства. Эти устройства, используемые на кранах и лесопогрузчиках, служат для захвата пачки, удержания ее на весу и укладки. Их конструкция должна обеспечивать быстрый захват и разгрузку пачки, полную механизацию труда при выполнении данных операций и надежный зажим пачек различного объема. Для лучшего использования грузоподъемности крана масса грузозахватного устройства должна быть минимальной. В качестве грузозахватных устройств применяют грейферы и стропные комплекты.

Грейферы подразделяют на радиальные и торцовые. Радиальный грейфер с гидроприводом (рис. 2.20, *а*) имеет несущую раму 2, к которой шарнирно присоединены челюсти 4. Для смыкания и размыкания челюстей служат гидроцилиндры 3. Штоки гидроцилиндров присоединены к серьгам, укрепленным на челюстях. Серьга 1 служит для подвешивания грейфера к грузоподъемному канату крана. Для захвата пачки из штабеля грейфер с раскрытыми челюстями опускается на него, заостренные концы челюстей под действием веса грейфера внедряются между стволами.

Отличительной особенностью торцовых грейферов является захват пачки с торцов двумя плоскими вертикальными челюстями-

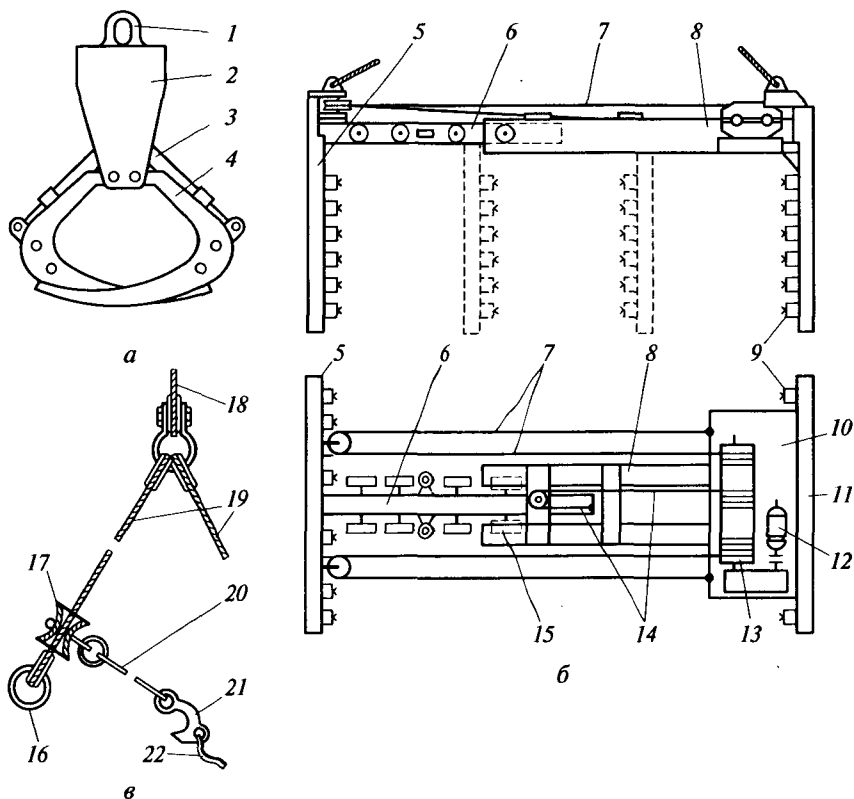


Рис. 2.20. Грузозахватные устройства кранов:

а — радиальный грейфер с гидроприводом; *б* — торцовый грейфер; *в* — стропный комплект; 1 — серьга; 2 — несущая рама; 3 — гидроцилиндры; 4, 5, 11 — челюсти; 6 — балка; 7, 14 — канаты; 8 — направляющие швеллеры; 9 — пружинные захваты; 10 — плита; 12 — электродвигатель; 13 — барабан; 15 — катки; 16 — кольцо; 17 — втулка; 18 — грузоподъемный канат; 19, 20 — длинная и короткая стопы; 21 — крюк; 22 — оттяжка

ми, сжимающими пачку по ее продольной оси. Торцовый способ захвата пачки значительно проще поперечного, который требует внедрения челюстей между бревнами. Кроме того, при торцовом захвате пачки механизмуется весьма трудоемкая операция по выравниванию торцов бревен.

Торцовыми грейферами можно захватывать пачку из штабеля и из накопителя, а также укладывать ее в штабель или на подвижной состав без участия стропальщиков. Торцовый захват пачки возможен, если она состоит из бревен примерно одинаковой длины.

На рис. 2.20, б показан грейфер с канатным приводом челюстей. Челюсти 5 и 11 грейфера представляют собой вертикальные стенки коробчатой конструкции. С внутренней стороны каждой челюсти по ее периметру размещены подпружиненные захваты 9, снабженные шипами. Захваты при нажиме на них торцов бревен утапливаются, что позволяет набирать пачку из бревен с разницей по длине до 0,15 м. На верхней части челюсти 11 закреплены два направляющих швеллера 8, в которые входит балка 6, соединенная с верхней частью челюсти 5. На плите 10 размещен привод грейфера, состоящий из электродвигателя 12, редуктора и барабана 13. При наматывании на барабан канатов 7 челюсти смыкаются, а при наматывании каната 14 — раздвигаются. Балка 6 перемещается по направляющим швеллерам 8, опираясь на них катками 15.

Для кранов с небольшой грузоподъемностью использование грейферов нецелесообразно, так как их значительная собственная масса резко снижает долю полезной нагрузки. На таких кранах применяют стропные комплекты. Стропный комплект, служащий для погрузки и штабелевки (рис. 2.20, в), состоит из двух длинных строп 19, присоединенных к серье грузоподъемного каната 18. По этим стропам свободно скользят втулки 17, к которым присоединены короткие стропы 20 с крючьями 21 на конце. Пачку бревен обносят длинными стропами снизу и продевают крючья в кольца 16. При натяжении грузоподъемного каната стропные петли затягиваются и сжимают пачку. К проушинам крючьев присоединены оттяжки 22, которыми строповщики выравнивают и разворачивают поднятую над подвижным составом пачку.

2.3.2. Технологические участки

Участки разгрузки. Эти участки организуют для выгрузки деревьев или хлыстов с подвижного состава лесовозной дороги, создания запасов и подачи сырья на основные поточные линии.

К разгрузочному оборудованию, которым можно создавать запасы деревьев или хлыстов в размере не более двух-трех пачек,

относятся бревносвалы, разгрузочно-растаскивающие установки, тракторные толкатели. При использовании этого оборудования резервные и сезонные запасы деревьев или хлыстов должны полностью укладываться в стороне от основного технологического потока на промежуточном складе.

К разгрузочному оборудованию, в зоне действия которого можно располагать до 5... 10 тыс. м³ деревьев или хлыстов, относятся двухниточные кабельные, козловые, консольно-козловые и мостовые краны грузоподъемностью 20...30 т. При использовании этих кранов межоперационные и резервные запасы (а иногда и часть сезонных запасов) находятся в основном технологическом потоке и обслуживаются основным разгрузочным оборудованием. На промежуточном складе размещается только сезонный запас сырья (полностью или частично).

К разгрузочному оборудованию, которым можно создавать запасы леса неограниченных размеров, относятся колесные лесоразгрузчики грузоподъемностью 20... 30 т. Оборудование такого типа обеспечивает создание всех видов запасов сырья в основном технологическом потоке. При этом нет необходимости организовывать промежуточные склады.

При определении потребного числа разгрузочных машин и установок наряду со сменным грузооборотом лесопромышленного склада следует учитывать общее число работающих на складе основных технологических поточных линий, а также число линий, обслуживаемых одной разгрузочной машиной или установкой. Бревносвал, разгрузочно-растаскивающая установка, кабельный кран могут подавать деревья или хлысты только на одну основную поточную линию; каждый козловой или консольно-козловой кран обслуживает две поточные линии; в зоне действия мостового крана могут быть расположены шесть—восемь основных поточных линий. Колесный лесоразгрузчик может подавать пачки деревьев или хлыстов к неограниченному числу сучкорезных или раскрывочных установок.

Расчетная производительность разгрузочного оборудования в значительной степени зависит от объема запасов деревьев или хлыстов, укладываемых в зоне его действия. С увеличением запасов возрастает продолжительность цикла и, следовательно, уменьшается производительность оборудования. В среднем сменная производительность козловых и консольно-козловых кранов может достигать 650... 800 м³/смена, мостовых кранов — 750... 900, колесных лесоразгрузчиков большой грузоподъемности — 650... 800 м³/смена.

На лесоперевалочных базах и лесопромышленных складах потребителей, получающих хлысты или сортиментное долготье сплавом, разгрузка подвижного состава лесовозной дороги заменяется выгрузкой леса из воды. Для этой цели используются лебедки с канатоблочными установками, передвижные кабельные краны с

пролетами длиной 300...400 м, козловые краны, продольные и поперечные транспортеры.

Своеобразным участком разгрузки считается промежуточный склад, который размещается, как правило, в непосредственной близости от лесопромышленного склада и является по существу его составной частью. Через промежуточный склад проходит только часть годового грузооборота лесопромышленного склада (обычно не более 10... 12 %). Это количество сырья (хлыстов или деревьев) подвергается двойной перегрузке: сначала выгружается с подвижного состава лесовозной дороги и штабелюется на промежуточном складе, а затем вновь грузится и доставляется к разгрузочному оборудованию основного потока лесопромышленного склада. На промежуточном складе работает погрузочно-разгрузочно-штабелевочное оборудование (кабельные, козловые, консольно-козловые краны, колесные и гусеничные разгрузчики большой грузоподъемности и т. п.), обслуживающее только этот склад.

В основном потоке лесопромышленного склада выгрузку деревьев или хлыстов с подвижного состава лесовозной дороги, создание некоторого их запаса и подачу к сучкорезным или раскряжевочным установкам осуществляет основное разгрузочное оборудование. В зоне его действия находятся межоперационный и резервный запасы, а также часть сезонного запаса. Остальная часть сезонного запаса специальным оборудованием укладывается в штабеля, расположенные на промежуточном складе, из которых по мере надобности этим же оборудованием грузится на автопоезда и доставляется к основному потоку лесопромышленного склада.

Участки штабелевки и погрузки лесоматериалов. Штабелевка готовой продукции на лесопромышленных складах необходима для создания запасов в связи с неравномерностью отгрузки. Для штабелевки обычно используют то же оборудование, что и для погрузки лесоматериалов на железнодорожный подвижной состав (на прирельсовых складах) или для зимней сплотки и сброски лесоматериалов на воду (на береговых складах). Чаще всего для штабелевки круглых, пиленых и колотых лесоматериалов на прирельсовых складах применяют консольно-козловые и башенные краны, а также автопогрузчики, на береговых складах — лебедки с канатоблочными установками, штабелеры и башенные краны, а на лесоперевалочных базах и лесопромышленных складах потребителей, где должны создаваться большие запасы лесоматериалов, — передвижные кабельные и мостокабельные краны. Укладка в кучи технологической щепы на складах открытого хранения производится ленточными транспортерами или пневмотранспортными установками.

При погрузке лесоматериалов на подвижной состав железных дорог необходимо соблюдать установленные сроки погрузки, а

также полностью использовать грузоподъемность подвижного состава. По железным дорогам лесоматериалы перевозят на платформах, в полувагонах, а иногда и крытых вагонах. Для полного использования грузоподъемности четырехосных платформ и полувагонов круглые длиномерные лесоматериалы на эти виды подвижного состава укладывают с «шапкой», т. е. с использованием верхней суженной части габарита.

Погрузка лесоматериалов на железнодорожные платформы и в полувагоны производится кранами различных типов (консольно-козловыми, башенными, автомобильными и железнодорожными стреловыми и др.) или автопогрузчиками.

Коротье грузят в открытые вагоны передвижными транспортерами или автопогрузчиками, технологическую щепу — в вагоны-щеповозы ленточными транспортерами или пневмотранспортными установками.

При расчете необходимого числа погрузочных средств следует учитывать неполную их загрузку в течение смены, так как продолжительность их работы зависит от допускаемых сроков простоя порожняка, регламентируемых уставом железных дорог.

Участок производства балансов и рудничной стойки. Балансы и рудничную стойку отгружают с лесопромышленных складов в виде неокоренного долготья или готовой продукции. В последнем случае рудничную стойку разделяют на отрезки длиной 0,5... 3,2 м (в зависимости от диаметра) и подвергают грубой окорке. Выход готовой продукции при выработке рудничной стойки составляет около 95 %, при выработке балансов чистой окорки — 82 %.

Поточные линии для выработки балансов и рудничной стойки имеются как на лесопромышленных складах, так и на большинстве лесоперевалочных баз. Для разделки долготья используют балансирные пилы. Разделка балансового долготья может производиться также на слешерных, а рудстоечного — на триммерных установках. Для грубой окорки применяют станки роторного типа ОК-35 или ОК-40, продольные ножевые станки ЛО-23, бункерные и барабанные окорочные установки. Чистую окорку экспортных балансов выполняют на роторных окорочных станках, снабженных ножевым режущим устройством. При использовании роторных окорочных станков и бункерных окорочных установок сначала производят окорку, а затем разделку. При применении продольных ножевых окорочных станков и окорочных барабанов разделка предшествует окорке. Балансовое коротье чаще всего не сортируют. Для сортировки рудничной стойки используют продольные и поперечные транспортеры.

Простейшие поточные линии для выработки балансов и рудничной стойки (рис. 2.21) состоят из балансирной пилы 1 и окорочного станка 2. Производительность линии такого типа около 40... 50 м³/смена.

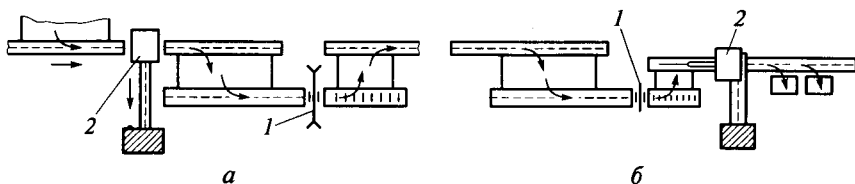


Рис. 2.21. Поточные линии для выработки балансов и рудничной стойки: *а* — с роторным окорочным станком ОК-35; *б* — с продольным ножевым окорочным станком ЛО-23; 1 — балансирующая пила; 2 — окорочный станок

Участок шпало- и лесопиления. Шпальные кряжи и пиловочник в ряде случаев отгружают с лесопромышленных складов в круглом виде (особенно с береговых и мелких прирельсовых лесопромышленных складов). На прирельсовых лесопромышленных складах, имеющих годовой грузооборот более 200 тыс. м³, обычно устраивают шпалорезные и лесопильные цехи. Такие цехи часто организуют и на лесоперевалячных базах.

Производство шпал включает в себя продольную распиловку шпальных кряжей и окорку (оправку) шпал. Одновременно в шпалорезных цехах перерабатывают получающиеся при производстве шпал горбыли в тарные дощечки или технологическую щепу.

Сырьем для шпалорезных цехов служат шпальные кряжи длиной 2,75 м и диаметром 26 см и более. Продукцией шпалопиления являются обрезные и необрезные шпалы, переводные брусья, шпальные вырезки (доски) и горбыли. Схемы раскроя шпальных кряжей зависят в основном от диаметра кряжа. Средний выход продукции при раскрое шпальных кряжей составляет: шпалы 55...60 %, доски и горбыли по 10...15 %.

Для распиловки шпальных кряжей используют автоматические и неавтоматические шпалорезные станки, для окорки шпал — шпалооправочные станки, для переработки горбылей — ребровые, обрезные и торцовочные станки, для выработки щепы — рубительные машины.

2.3.3. Поточные линии, участки и цехи лесопромышленных складов

На лесопромышленных складах применяют различные технологические и подъемно-транспортные машины и установки, из которых оформляют *поточные линии*. Несколько поточных линий, выполняющих одинаковые функции, а также обслуживающее их дополнительное (не входящее в состав линий) подъемно-транспортное оборудование, сооружения и запасы лесоматериалов, образуют *функциональные участки* лесопромышленного склада.

Участки, технологический процесс которых заканчивается выпуском готовой продукции, отгружаемой со склада, называются *цехами*.

Лесопромышленные склады лесозаготовительных предприятий содержат:

производственный участок по выгрузке вывезенного леса, созданию запасов сырья и подаче его в первичную обработку;

основные технологические линии по производству круглых лесоматериалов (по очистке деревьев от сучьев, раскряжевке хлыстов, сортировке круглых лесоматериалов, производству щепы);

дополнительные технологические линии по производству короткомерных круглых лесоматериалов;

технологические линии по механической переработке лесоматериалов (по шпало- и лесопилению, производству тарных дощечек, выработке технологической щепы);

вспомогательные технологические линии по переработке сучьев, коры, древесной зелени и т. п.;

линии по штабелевке и отгрузке готовой продукции.

Очистка деревьев от сучьев на лесопромышленных складах с малым грузооборотом производится электросучкорезками РЭС-6 или передвижными сучкорезными машинами (ЛП-30Б и др.). На лесопромышленных складах с годовым грузооборотом более 100 тыс. м³ целесообразно использовать стационарные сучкорезные установки типа ПСЛ-2А или ЛО-69. Для очистки деревьев от сучьев на крупных лесопромышленных складах, перерабатывающих в основном хвойные лесоматериалы, можно применять установки групповой обработки МСГ-3.

Раскряжевка хлыстов на мелких и временных лесопромышленных складах может производиться электропилами ЭПК-6 или ЭПЧ-3. На складах с годовым грузооборотом более 50...70 тыс. м³ экономически оправдано применение стационарных раскряжевочных установок с продольным перемещением хлыстов и поштучной их обработкой (типа ЛО-15С для тонкомерных и средних лесоматериалов и ЛО-68 — для крупномерных). При годовом грузообороте склада больше 150 тыс. м³ целесообразно использовать установки с поперечным перемещением хлыстов (триммеры МР-8 или слешеры ЛО-65). В некоторых случаях могут применяться установки ЛО-62, производящие групповую раскряжевку хлыстов. Вопрос о выборе типа раскряжевочной установки следует решать на основании технико-экономических расчетов.

Раскряжевка хлыстов на лесопромышленных складах может осуществляться двух- или одноступенчатым методом. При двухступенчатом методе хлыст на раскряжевочной установке распиливается на долготье, которое затем в случае надобности (например, рудстоечное, балансовое и низкокачественное долготье) передается на стационарные установки, разделяющие его на

коротье. При одноступенчатом методе хлыст на раскряжевочной установке распиливается сразу на отрезки ликвидной длины (в том числе и на коротье).

Схемы поточных линий зависят от принятой системы машин, сменного грузооборота, характеристики сырья, поступающего на линию, и продукции, получающейся в результате обработки. Наиболее отработаны поточные линии типа ИНС на базе оборудования для поштучной раскряжевки хлыстов при их продольном перемещении. На простейшей из таких линий (рис. 2.22, а) очистка деревьев от сучьев производится одной сучкорезной установкой 3 (ПСЛ-2 или ЛО-69). Отделенные при этом сучья рубительной машиной 2 (ДУ-2) измельчаются в щепу, которая ссыпается в бункер 1. Хлысты через площадку 4 поступают на раскряжевочную установку 5 (ЛО-15С или ЛО-68), которая распиливает их на сортименты. Вершины и низкокачественные отрезки сбрасываются с приемного стола раскряжевочной установки влево и поперечным транспортером 6 подаются в цех переработки тонкомерной и низкокачественной древесины. Деловые сортименты с приемного сто-

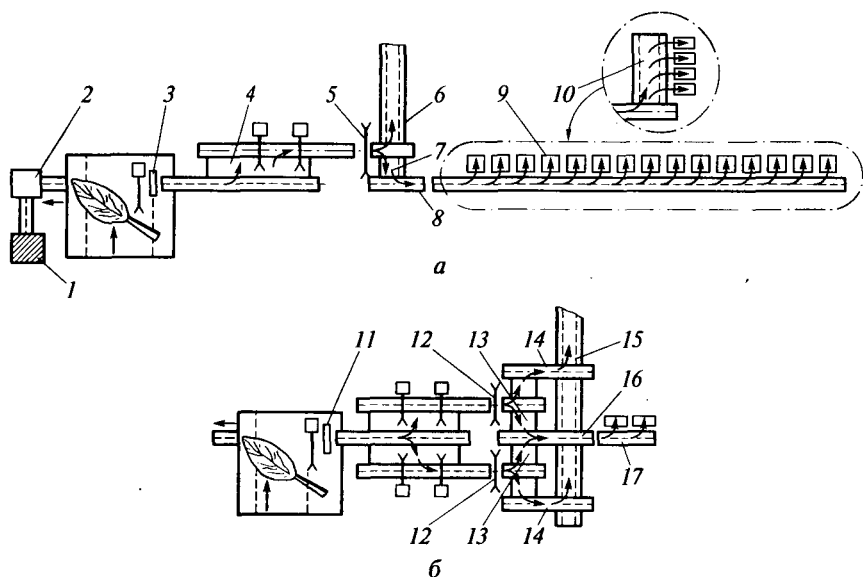


Рис. 2.22. Основные поточные линии нижних складов типа ИНС:

а — с одной сучкорезной и одной раскряжевочной установками; б — с одной сучкорезной и двумя раскряжевочными установками; 1 — бункер; 2 — рубительная машина; 3, 11 — сучкорезные установки; 4 — площадка; 5, 12 — раскряжевочные установки; 6, 15 — поперечные транспортеры; 7, 13 — буферные магазины; 8, 16 — промежуточные транспортеры; 9, 17 — продольные сортировочные транспортеры; 10 — поперечный сортировочный транспортер; 14 — короткие продольные транспортеры

ла раскряжевочной установки сбрасываются вправо, проходят через буферный магазин 7 и промежуточным транспортером 8 подаются на продольный сортировочный транспортер 9 (ЛТ-86), на котором сортируются по любым признакам. Вместо продольного транспортера линия может быть снабжена поперечным сортировочным транспортером 10. Сменная производительность такой линии при объеме хлыстов 0,2...0,6 м³ составляет 125...190 м³/смена.

Линия, изображенная на рис. 2.22, б, отличается от рассмотренной тем, что в нее включены две раскряжевочные установки 12, на которые хлысты поступают от одной сучкорезной установки 11. В связи с этим протаскивающий транспортер сучкорезной установки должен иметь возможность сбрасывать хлысты в обе стороны. Деловые сортименты от обеих раскряжевочных установок через буферные магазины 13 поступают на промежуточный транспортер 16, а с него на продольный сортировочный транспортер 17. Вершины хлыстов и низкокачественные отрезки от обеих раскряжевочных установок проходят через короткие продольные транспортеры 14 и поступают на общий поперечный транспортер 15, доставляющий их в цех переработки. Сменная производительность такой линии составляет 155...215 м³/смена.

В поточных линиях типа 2НС для поштучной раскряжевки хлыстов при их поперечном перемещении (рис. 2.23, а, б) очистка деревьев от сучьев производится сучкорезной установкой 7(МСГ-3). Хлысты через буферный магазин 6 подаются на ориентирующий транспортер 5, а с него на раскряжевочную установку триммерного типа (триммер) 4 марки МР-8 (см. рис. 2.23, а) или на слешерную установку (слешер) 16 марки ЛО-65 (см. рис. 2.23, б).

Деловые сортименты, полученные на триммере 4 (см. рис. 2.23, а), поступают в буферный магазин 3, откуда подаются на продольный сортировочный транспортер 2 (ЛТ-86). Вершины хлыстов продольным транспортером 1 перемещаются в цех переработки тонкомерных лесоматериалов. Сучья измельчаются рубительной машиной 8 (ДУ-2). Образующаяся в результате щепы поступает в бункер 9. Сменная производительность такой линии при объеме хлыста 0,2...0,6 м³ составляет 220...370 м³/смена.

На линии, производящей раскряжевку с помощью слешера 16 (см. рис. 2.23, б), вершины падают на продольный транспортер 10 и выносятся в цех технологической щепы.

Получившиеся в результате раскряжевки стандартные вершинные отрезки поступают на продольный транспортер 11 и направляются в цех переработки тонкомерных лесоматериалов. Остальные отрезки стандартной длины через два буферных магазина 12 и 13 попадают на продольные сортировочные транспортеры 14 и 15 (ЛТ-86), на которых сортируются по любым признакам. Сменная производительность этой линии составляет 380...520 м³/смена.

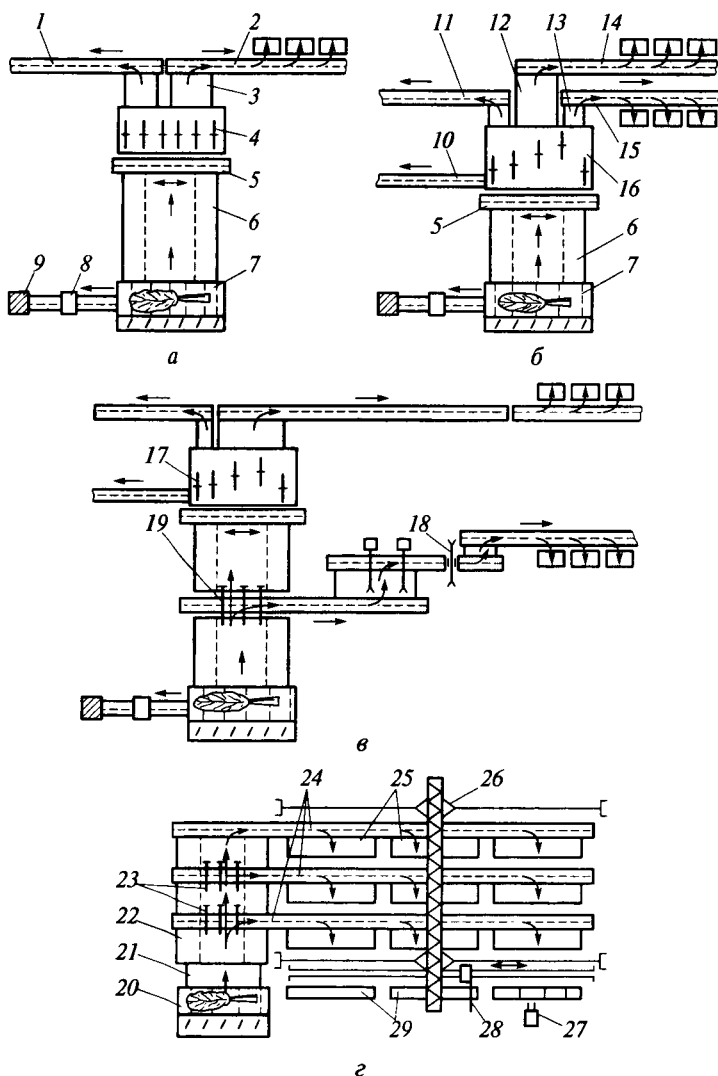


Рис. 2.23. Основные поточные линии нижних складов типов 2НС и 3НС: *а* — типа 2НС с триммером; *б* — типа 2НС со слешером; *в* — комбинированная линия типа 2НС; *г* — линия типа 3НС на базе установки, производящей групповую раскряжевку хлыстов; 1, 10, 11 — продольные транспортеры; 2, 14, 15, 24 — продольные сортировочные транспортеры; 3, 6, 12, 13 — буферные магазины; 4 — триммер; 5 — ориентирующий транспортер; 7, 20 — сучкорезные установки; 8 — рубительная машина; 9 — бункер; 16, 17 — слешеры; 18 — раскряжевочная установка с продольным перемещением хлыстов; 19 — устройство для сортировки хлыстов; 21 — разделитель пачек; 22 — трехсекционный поперечный сортировочный транспортер; 23 — откидные балки; 25 — накопители; 26 — консольно-козловой кран; 27 — автопогрузчик; 28 — установка для групповой раскряжевки хлыстов; 29 — приемные устройства

При поступлении на лесопромышленный склад деревьев различных пород, резко различающихся по качеству, целесообразно их подсортировать. В случае сортировки деревьев на лесосеке каждая из сортогрупп поступает на отдельную поточную линию лесопромышленного склада и обрабатывается независимо от других сортогрупп. При этом применяются разнотипные поточные линии. В случае сортировки на лесопромышленном складе все деревья поступают на комбинированную поточную линию типа 2НС (рис. 2.23, в), которая включает в себя раскряжевочные установки как с продольным, так и с поперечным перемещением хлыстов. После очистки от сучьев хвойные высококачественные хлысты подаются на слешерную раскряжевочную установку (слешер) 17 (ЛО-65), а лиственные и низкокачественные хвойные — на раскряжевочную установку 18 (ЛО-15С). Сортировка хлыстов на две группы производится с помощью специального устройства 19, представляющего собой поперечный транспортер с люком, перекрытым откидными балками (затворами). Хлысты, перемещаясь в поперечном направлении, проходят над люком и поступают на слешер 17. При необходимости передать хлыст на раскряжевочную установку 18 люк по команде оператора открывается и хлыст проваливается в него. Сменная производительность такой линии составляет 440...600 м³/смена.

На поточной линии ЗНС с установкой для групповой раскряжевки (рис. 2.23, г) очистка деревьев от сучьев производится сучкорезной установкой 20 (МСГ-3). Хлысты, выгруженные из бункера этой установки, поступают в разделитель пачек 21 (ЛТ-80), из которого поштучно передаются на трехсекционный поперечный сортировочный транспортер 22. С помощью люков, перекрываемых откидными балками 23, хлысты сортируются — распределяются по трем продольным сортировочным транспортерам 24, на которых дополнительно рассортировываются еще на несколько групп. Пачки однородных хлыстов консольно-козловым краном 26 (ККЛ-12 или ЛТ-62А) забираются из накопителей 25 и подаются на приемные устройства 29 установки 28 (ЛО-62), производящей групповую раскряжевку. Пачки сортиментов снимаются с приемного устройства раскряжевочной установки 28 автопогрузчиком 27.

Сменная производительность такой линии ограничивается производительностью сучкорезной установки 20 и составляет 550...650 м³/смена.

Поточные линии типа 4НС на базе комплекта мобильных машин для первичной обработки заготовленного леса применяются в основном на мелких береговых лесопромышленных складах. Такая линия состоит из передвижной сучкорезно-раскряжевочной установки ЛО-76, последовательно с которой (при примыкании склада к реке с плотовым сплавом) размещается передвижной

продольный сортировочный транспортер ЛТ-20. Сменная производительность такой линии составляет около 100 м³/смена. В данном случае может также использоваться сучкорезно-раскряжево-чно-сортировочная установка НСК.

При поступлении на лесопромышленный склад тонкомерного леса и допустимости обезличенного способа раскряя хлыстов наиболее целесообразно применять поточные линии с групповой очисткой деревьев от сучьев и групповой раскряжевкой хлыстов. Такие линии должны получить распространение на лесопромышленных складах, осуществляющих полную переработку круглых лесоматериалов, т.е. производящих лесопиление, выработку тарных дощечек, технологической щепы и т.п. При поступлении среднетолщинного и крупномерного леса и допустимости обезличенного или программного способа раскряя хлыстов лесопромышленные склады следует оборудовать поточными линиями, снабженными слешерными или триммерными раскряжевочными установками. Поточные линии на базе машин с индивидуальной раскряжевкой при продольной подаче хлыста должны устанавливаться на лесопромышленных складах в тех случаях, когда лесосечный фонд содержит значительное количество лиственного и перестойного хвойного леса и со склада отгружаются потребителям, в основном, круглые лесоматериалы.

При поступлении на лесопромышленные склады хлыстов в состав поточных линий включается то же раскряжевочное и сортировочное оборудование, что и при поступлении деревьев. Таковыми же остаются и схемы поточных линий.

2.4. Технологические схемы и проектирование лесопромышленных складов

2.4.1. Общие вопросы проектирования

Проектирование лесопромышленных складов включает в себя изыскательские и проектные работы. Этим работам должно предшествовать составление задания на проектирование, содержащего основные исходные данные: район расположения, назначение и грузооборот склада, пути внешнего транспорта, условия и объем переработки, источник электроснабжения и т.п.

При создании проекта разрабатывают генеральный план лесопромышленного склада с указанием расположения зданий и сооружений, выбирают оборудование, подсчитывают потребность в рабочей силе, составляют сметы, приводят технико-экономические показатели. Рабочие проекты включают в себя планы и разрезы с указанием расположения оборудования, частей зданий и

сооружений, чертежи нестандартного оборудования и т.п. По рабочим чертежам ведутся строительные и монтажные работы. При проектировании необходимо максимально использовать типовые проекты.

Проектирование лесопромышленного склада начинают с составления режима его работы. Сначала устанавливают в целом и по каждому сортименту в отдельности годовые и суточные объемы поступления сырья на склад, переработки, выхода готовой продукции и отгрузки со склада. После этого выбирают принципиальную схему технологического процесса: намечают способы выгрузки, раскряжевки хлыстов, сортировки, определяют число и расположение отдельных цехов, размещение запасов леса, погрузочных тупиков и т.п. Затем выбирают типы и подсчитывают необходимое количество технологического оборудования, после чего разрабатывают технологические схемы цехов и участков. Целесообразно вместо отдельных специализированных цехов организовывать на складе объединенные цехи, полностью исключая межцеховые перевозки полуфабрикатов. Это позволяет также снизить расходы на строительство.

Дальнейшим этапом проектирования является определение площадей, необходимых для размещения сезонных, резервных и межоперационных запасов сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Для этого рассчитывают объемы этих запасов, выбирают типы и размеры штабелей и определяют их число. Затем вычерчивают генеральный план склада, тщательно продумав взаимное расположение отдельных его элементов, предусмотрев средства для перевозок сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, а также отходов и мусора. При составлении генерального плана необходимо учитывать правила пожарной безопасности, охраны труда, сохранения окружающей среды.

Проект заканчивается определением общих технико-экономических показателей, важнейшими из которых являются: производительность труда, приведенные затраты, срок окупаемости капиталовложений. По ним в основном и выбирают оптимальный вариант компоновки лесопромышленного склада.

2.4.2. Прирельсовые лесопромышленные склады

На прирельсовых лесопромышленных складах обычно принимают, обрабатывают и частично перерабатывают лесоматериалы в течение 250...300 дней в году. Работа ведется в две смены. Отгрузка готовой продукции производится в течение всего года. Наиболее распространены прирельсовые лесопромышленные склады, на которые вывозят хлысты. Сортименты на такие склады вывозят редко.

Основное влияние на общий технологический процесс и технико-экономические показатели прирельсового лесопромышленного склада оказывают его годовой грузооборот, средний объем хлыста, принятая система машин, степень переработки лесоматериалов.

Наиболее характерными являются прирельсовые лесопромышленные склады с годовым грузооборотом 75...250 тыс. м³.

Почти на каждом лесопромышленном складе имеются цехи по переработке низкокачественной древесины и отходов. Лесопильные и шпалорезные цехи также встречаются достаточно часто, особенно на складах с большим грузооборотом. Объем лесоматериалов, подвергающихся переработке на лесопромышленном складе, достигает 30...40 % общего грузооборота склада.

Внутрискладские транспортные операции можно выполнять по двум принципиально различным схемам. Первая схема предусматривает транспортирование лесоматериалов в пределах склада посредством продольных и поперечных транспортеров, а также кранов, перемещающихся по рельсовым путям. При значительном грузообороте применение этой схемы связано с существенными трудностями, так как от нескольких раскрывочных установок лесоматериалы должны подаваться к нескольким перерабатывающим цехам. В результате появляются параллельные и пересекающиеся грузопотоки, возникают трудности в создании запасов полуфабрикатов и т. д.

При второй схеме перемещение лесоматериалов в пределах склада осуществляется безрельсовыми подъемно-транспортными машинами (колесными лесоразгрузчиками и автопогрузчиками). В этом случае может быть принято любое взаимное расположение отдельных участков, цехов, запасов лесоматериалов, погрузочных тупиков и т. п. Направления грузопотоков различных лесоматериалов не зависят друг от друга. Одни и те же подъемно-транспортные машины можно использовать на различных участках нижнего склада. Однако применение колесных лесоразгрузчиков и автопогрузчиков связано с необходимостью иметь на лесопромышленном складе достаточно высококачественную дорожную сеть, что связано со значительными капиталовложениями.

На прирельсовом лесопромышленном складе, использующем раскрывочные установки с поштучной продольной подачей хлыста и имеющем годовой грузооборот 75...100 тыс. м³ (рис. 2.24), пачки деревьев выгружаются с автопоездов разгрузочно-растаскивающей установкой 5 (РРУ-10) и подаются на площадку 4. Обрезку сучьев и раскрывку хлыстов осуществляют на установке 6 (ЛО-30). Сортировка круглых лесоматериалов производится на продольном сортировочном транспортере 8 (ЛТ-86). Деловые сортаменты укладываются башенным краном 9 (КБ-572) в штабеля 10,

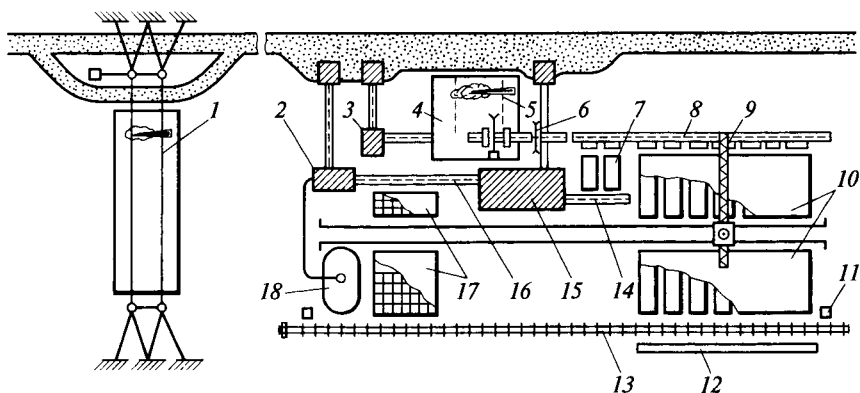


Рис. 2.24. Схема прирельсового нижнего склада с годовым грузооборотом 75... 100 тыс. м³:

1 — кабельный кран; 2 — цех переработки низкокачественной древесины в технологическую щепу; 3 — здание, в котором установлена рубительная машина для измельчения сучьев и вершин в щепу; 4 — площадка; 5 — разгрузочно-растаскивающая установка; 6 — установка для обрезки сучьев и раскряжевки хлыстов; 7 — штабеля низкокачественной древесины; 8 — продольный сортировочный транспортер; 9 — башенный кран; 10 — штабеля деловых сортиментов; 11 — маневровая лебедка; 12 — эстакада для безопасной погрузки; 13 — железнодорожный тупик; 14, 16 — транспортеры; 15 — цех переработки низкокачественной древесины в колотые балансы и дрова; 17 — штабеля дров и колотых балансов; 18 — куча технологической щепы

а затем грузятся на железнодорожный подвижной состав, подаваемый в тупик 13. Передвижение вагонов во время погрузки производится маневровой лебедкой 11. Вдоль фронта погрузки устраивается эстакада для безопасной погрузки 12. Низкокачественная древесина с сортировочного транспортера 8 поступает в штабеля 7, а из них транспортером 14 подается к расположенным в цехе 15 маятниковой пиле АЦ-3М, гидроколуну ЛО-46, станку Н-10 и перерабатывается в колотые балансы и дрова. Эта продукция удаляется из цеха продольным транспортером 16 и укладывается краном 9 в штабеля 17. Низкокачественная древесина, подлежащая переработке в технологическую щепу, тем же транспортером 16 подается в цех 2, снабженный окорочным барабаном КБ-3, рубительной машиной и установкой для сортировки щепы. Технологическая щепка пневмотранспортной установкой переносится в кучу 18. Сучья и вершины измельчаются в щепу на рубительной машине ДУ-2, установленной в здании 3. Сезонный запас хлыстов хранится на промежуточном складе, обслуживаемом кабельным краном 1 (КК-20).

Повышение годового грузооборота лесопромышленного склада приводит к необходимости увеличения числа автоматизированных раскряжевочных установок с продольным перемещением

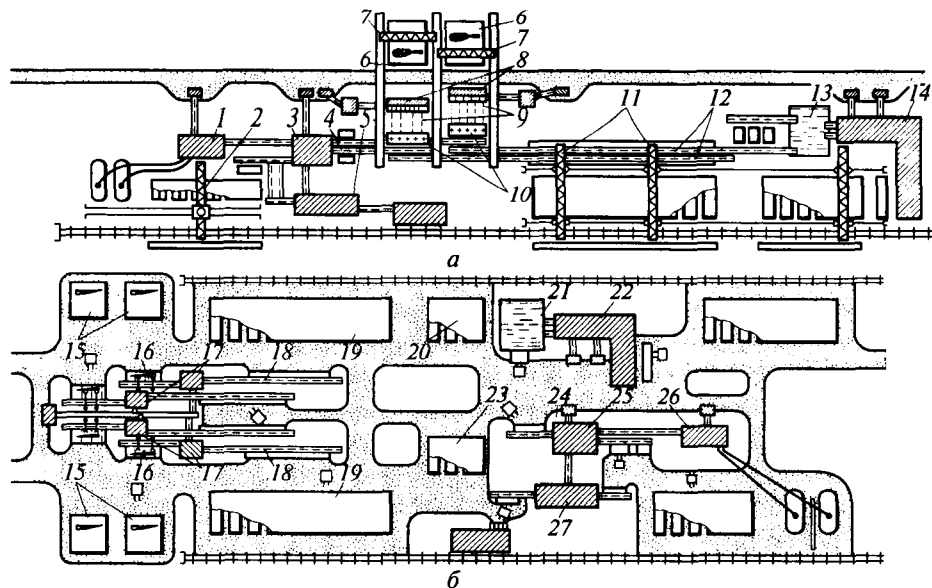


Рис. 2.25. Схемы прирельсовых нижних складов с годовым грузооборотом 300...400 тыс. м³:

а — с применением рельсовых кранов; *б* — с применением колесных лесоразгрузчиков и автопогрузчиков; 1, 26 — цехи переработки низкокачественной древесины в технологическую щепу; 2 — башенный кран; 3, 25 — цехи переработки низкокачественной древесины в колотые балансы и дрова; 4 — транспортеры для подачи низкокачественной древесины; 5, 27 — тарные цехи; 6, 15, 20 — резервные штабеля деревьев, хлыстов и пиловочника; 7 — мостовые краны; 8 — установки для групповой очистки деревьев от сучьев; 9 — буферные магазины; 10 — триммеры; 11 — консольно-козловые краны; 12, 18 — продольные сортировочные транспортеры; 13, 21 — бассейны; 14, 22 — лесопильные цехи; 16 — площадки для хлыстов; 17 — раскряжевочные установки с продольным перемещением хлыстов; 19 — штабеля круглых сортиментов; 23 — штабеля низкокачественной древесины; 24 — площадка для низкокачественной древесины

хлыста. При этом схема грузопотоков на складе становится весьма сложной, так как одинаковые сортименты, получающиеся на различных раскряжевочных установках, необходимо подавать в одни и те же перерабатывающие цехи. Данный вопрос может быть решен либо переходом на раскряжевочные установки с поперечным перемещением хлыста, либо заменой транспортеров и рельсовых кранов на безрельсовые подъемно-транспортные машины (колесные лесоразгрузчики и автопогрузчики).

На лесопромышленном складе, базирующемся на системе машин с поштучной поперечной подачей хлыста в раскряжевочные установки, имеющем годовой грузооборот 300...400 тыс. м³, получающем деревья и снабженном двумя раскряжевочными установками триммерного типа (рис. 2.25, а), два мостовых крана 7 (КМ-30Г) выгружают пачки деревьев с автопоездов и подают их в установки для групповой очистки от сучьев 8 (МСГ-3) или в резервные штабеля 6. Хлысты через буферные магазины 9 поступают к триммерам 10 (МР-8). Деловое долготье сортируется продольными сортировочными транспортерами 12, штабелируется и отгружается консольно-козловыми кранами 11. Пиловочник через бассейн 13 поступает в лесопильный цех 14. Низкокачественная и тонкомерная древесина с обеих раскряжевочных установок транспортерами 4 подается в перерабатывающий цех 3. Кроме того, она поступает в цехи технологической щепы 1 и тарный 5. Отгрузка колотых балансов, тарных комплектов, дров и щепы производится башенным краном 2.

На лесопромышленном складе, имеющем такой же грузооборот, как у рассмотренного ранее, и базирующемся на раскряжевочных установках с поштучной продольной подачей хлыстов (рис. 2.25, б), приходится устанавливать четыре раскряжевочные установки 17 (ЛО-15С). Склад работает с использованием безрельсовых подъемно-транспортных машин. Выгрузка пачек хлыстов с автопоездов и подача их на площадки 16 или в резервные штабеля 15 производится колесными лесоразгрузчиками грузоподъемностью 20...30 т. Сортировка долготья осуществляется продольными сортировочными транспортерами 18 (ЛТ-86). Из лесонакопителей сортименты забирают автопогрузчики грузоподъемностью 5...6 т. При этом сортименты, отгружаемые с нижнего склада в круглом виде, доставляются ими в штабеля 19, пиловочник — в бассейн 21 или резервные штабеля 20, низкокачественная древесина — на площадку 24 или в штабеля 23.

Переработка пиловочника осуществляется в лесопильном цехе 22. Низкокачественная древесина перерабатывается в цехах 25 (на колотые балансы и дрова), 27 (на тарные дощечки) и 26 (на технологическую щепу).

Штабелевка и погрузка готовой продукции также производятся автопогрузчиками.

2.4.3. Береговые лесопромышленные склады

Отличительной особенностью береговых лесопромышленных складов являются круглогодичное прибытие и сезонная отгрузка, в связи с чем на складах этого типа создаются значительные запасы лесоматериалов. Чаще всего на береговые лесопромышленные склады вывозят хлысты. В некоторых случаях на такие склады, в основном с малым грузооборотом, вывозят сортименты. Вывозка деревьев на береговые лесопромышленные склады распространения не получила. Наиболее типичными являются береговые лесопромышленные склады с годовым грузооборотом 50...75 тыс. м³.

На лесопромышленных складах, примыкающих к рекам с мелевым сплавом, первичная обработка заготовленного леса ограничивается раскряжевкой хлыстов на долготье и пролыской тонкомерных бревен хвойных пород. Сортировка чаще всего производится только на три-четыре группы: хвойные, не требующие просушки; хвойные, требующие просушки; лиственные (деловые и дрова).

Контрольные вопросы

1. Как классифицируют лесопромышленные склады?
2. Перечислите виды запасов древесины на лесопромышленных складах.
3. Перечислите виды хранения древесины.
4. Как классифицируют раскряжевочные установки?
5. Перечислите основные виды пиломатериалов.
6. Для чего и при помощи какого оборудования производится окорка лесоматериалов?
7. Опишите принцип действия стационарных сучкорезных установок для поштучной обработки деревьев.
8. Укажите оборудование, применяемое на лесопромышленных складах для выполнения подъемно-транспортных операций.
9. Опишите устройство и принцип действия грейфера.
10. Перечислите и охарактеризуйте основные технологические участки лесопромышленных складов.
11. В каких случаях в поточные линии включается слешер или триммер?
12. В чем состоит особенность береговых лесопромышленных складов?
13. Что оказывает основное влияние на общий технологический процесс и технико-экономические показатели прирельсового лесопромышленного склада?
14. По каким двум схемам выполняются внутрискладские транспортные операции?

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

3.1. Ресурсы и характеристика низкокачественной древесины и древесных отходов

3.1.1. Структура биомассы дерева и классификация древесного сырья

Структура биомассы дерева. Дерево состоит из корневой системы, ствола и кроны. Последняя включает в себя сучья, ветви, древесную зелень и вершину. Биомасса в растущем дереве распределена неравномерно (рис. 3.1). Соотношение ее основных компонентов зависит от состава основных лесообразующих пород, возраста древостоя, лесорастительных условий и ряда других факторов. Для основных лесообразующих древесных пород западноевропейской части России соотношение компонентов биомассы дерева приведено в табл. 3.1.

Важным фактором при переработке древесного сырья является наличие коры. Содержание коры у стволовой древесины значительно ниже, чем у ветвей; оно зависит как от диаметра древостоев, так и от района произрастания.

Классификация древесного сырья. Приоритетным источником древесного сырья являются спелые леса. Рост объемов лесозаготовок должен обеспечиваться не только освоением лесных массивов, но и эффективным лесо-

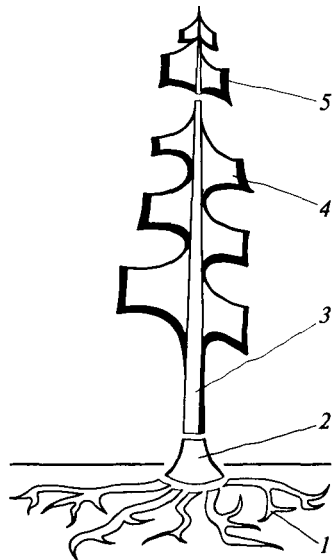


Рис. 3.1. Схема распределения биомассы дерева:

- 1 — корневая древесная масса (10... 17 %);
- 2 — пневая древесная масса (5... 10 %);
- 3 — основная стволовая древесная масса (60... 65 %);
- 4 — древесная зелень (8... 15 %);
- 5 — верхняя часть стволовой древесины (5 %)

пользованием, более полным использованием биомассы дерева. Создание и развитие предприятий химической и химико-механической переработки древесины позволяет расширить спектр продукции лесопромышленного комплекса и вовлечь в производство неиспользовавшееся ранее древесное сырье.

Древесное сырье, получаемое лесозаготовительными предприятиями в составе отводимого лесосечного фонда, можно подразделить на основное и дополнительное (рис. 3.2).

Основное древесное сырье служит для выработки продукции различного назначения — хлыстов, круглых и колотых лесоматериалов, сырья для химико-механической переработки и древесного топлива.

К дополнительному древесному сырью относятся древесина низкой товарной сортности, маломерная древесина, отходы лесозаготовок и деревообработки. В зависимости от технологии лесозаготовок дополнительное сырье может образовываться на лесосеке, лесопогрузочном пункте или лесном складе.

Низкокачественной древесиной считаются лиственные и хвойные круглые лесоматериалы, в том числе хлысты, которые по качественным показателям и размерным характеристикам не отвечают требованиям стандартов или технических условий на деловую древесину. Использовать низкокачественную древесину как полноценное сырье возможно только после ее предварительной подготовки (облагораживания).

Отходами называются остатки сырья, материалов или полуфабрикатов, образующиеся на всех стадиях технологического процесса производства основных видов продукции, частично или полностью утратившие потребительскую ценность исходного сырья и материалов.

Ресурсы дополнительного сырья принято разделять на потенциальные, реальные и экономически доступные.

Таблица 3.1

Относительный объем частей дерева, % биомассы дерева

| Порода | Ствол | Корни | Крона |
|-------------|---------|---------|---------|
| Лиственница | 77...82 | 12...15 | 6...8 |
| Сосна | 65...77 | 15...25 | 8...10 |
| Береза | 78...90 | 5...12 | 5...10 |
| Бук | 55...70 | 20...25 | 10...20 |
| Клен | 65...75 | 15...20 | 10...15 |
| Дуб | 60...75 | 15...20 | 10...20 |



Рис. 3.2. Классификация древесного сырья

Потенциальные ресурсы включают в себя весь объем дополнительного сырья, находящегося в составе отводимого в рубку лесосечного фонда, а также образующегося при переработке древесного сырья и материалов.

Реальные ресурсы определяют как потенциальные за вычетом неизбежных потерь, возникающих в процессе заготовки, транспортировки, переработки и хранения. При этом к потерям относят древесину, расходуемую на производственные нужды в процессе лесосечных работ, а также технологические потери при валке, транспортировке, погрузке (опилки, отпавшие сучья, ветви, хвоя, листья) и переработке (усушка, распыл, упрессовка) и др.

Экономически доступные ресурсы представляют собой часть реальных ресурсов, освоение и переработка которых в конечные продукты экономически эффективна в данный момент времени.

3.1.2. Низкокачественная древесина и древесные отходы

Низкокачественная древесина. Количество низкокачественной древесины, поступающей на склады лесозаготовительных предприятий, зависит от класса товарности и породного состава древостоев, а также от общего объема вывозки. Выход низкокачественной древесины равняется в среднем 20... 40 %.

Диаметр заготавливаемой низкокачественной древесины определяется таксационными показателями эксплуатируемых древостоев.

Основным сортообразующим пороком, характеризующим низкокачественную древесину, является внутренняя гниль. Большинство сортиментов (85 %) попадает в разряд низкокачественной древесины именно из-за наличия гнили и лишь небольшая часть (до 15 %) — в связи с другими пороками (кривизна, неправильный наклон волокон, свилеватость, сучковатость и др.).

В низкокачественной древесине, предназначенной для сухой перегонки или используемой в качестве топлива, допускаются все пороки, при этом внутренняя гниль может занимать до 65 % площади торца. В дровяной древесине, используемой как технологическое сырье, внутренняя гниль в зависимости от диаметра может занимать от 1/3 до 1/2 площади торца, а в отдельных случаях — до 2/3 площади одного из торцов.

Дополнительная обработка и переработка низкокачественной древесины позволяют применять ее для производства деловых сортиментов, короткомерных пиломатериалов, черновых заготовок, технологической щепы и другой продукции. Наиболее перспективным и эффективным направлением использования низкокачественной древесины следует считать производство технологической щепы для предприятий химико-механической переработки древесного сырья.

Древесные отходы. Практически на всех стадиях технологического процесса лесозаготовительного производства образуются древесные отходы.

В основу их классификации (рис. 3.3) положены следующие признаки:

размерно-качественный (породный состав, вид отходов и их размеры);

экономический (места образования отходов, примыкания транспортных путей, размещения производственных мощностей по переработке, наличие и степень удаленности потребителя);

производственный (лесозаготовка, первичная обработка, деревообработка).

При оценке этих признаков можно определить направление использования и место переработки древесных отходов, провести оценку потребительских свойств конечной продукции, выполнить

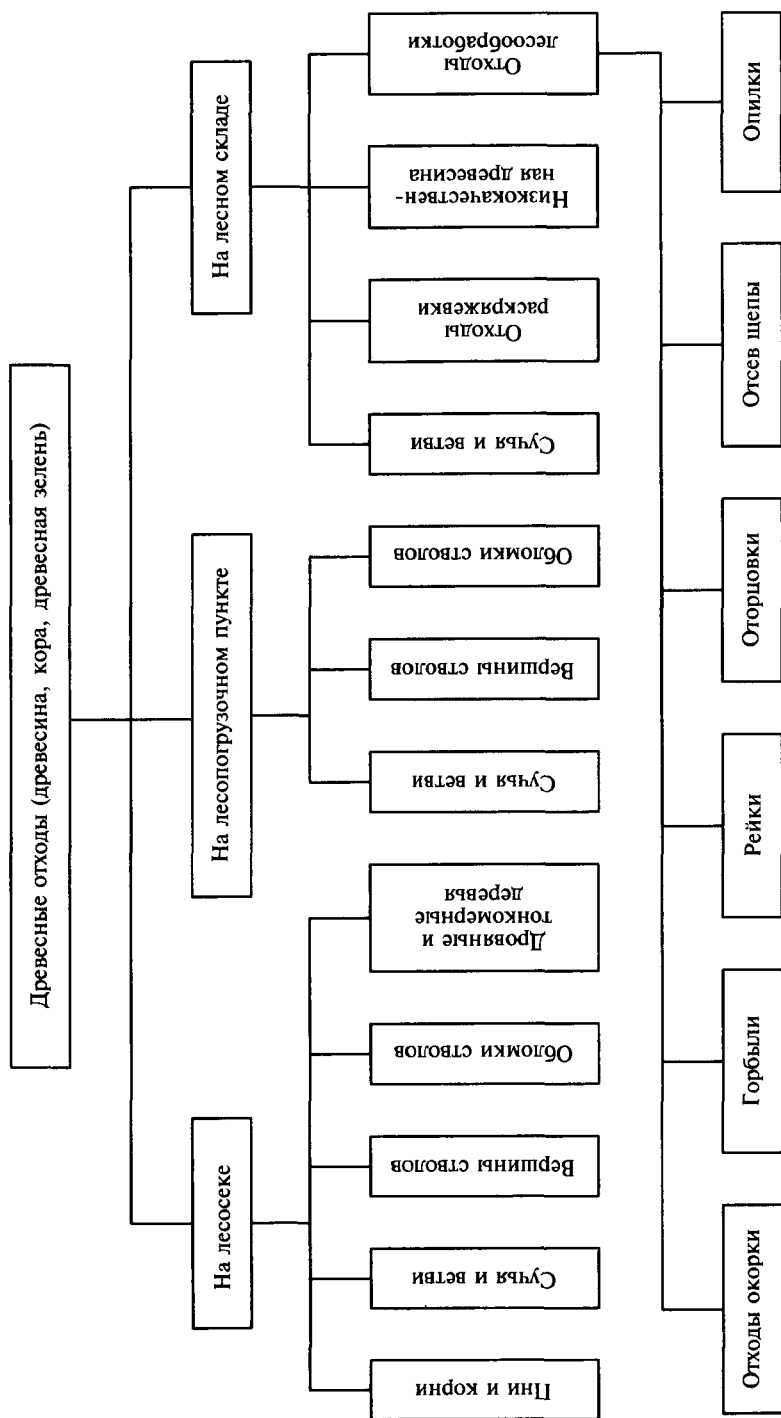


Рис. 3.3. Классификация древесных отходов

анализ экономической доступности освоения ресурсов и эффективности промышленной переработки с учетом всех затрат.

Отходы лесозаготовок. Характеристика и объемы древесных отходов, образующихся в процессе лесозаготовок, зависят от состава насаждений, почвенно-грунтовых и климатических условий, принятой технологии, используемых машин и оборудования, а также от квалификации персонала.

Основными видами кусковых древесных отходов лесозаготовок являются пни, корни, ветви, сучья, вершины, откомлевки, козырьки и др.

Наибольшее количество лесосечных отходов образуется при технологическом процессе лесозаготовок с обрезкой сучьев на лесосеке и при обработке габаритов пакета на верхнем складе (погрузочной площадке). Технологический процесс, предусматривающий вывозку деревьев на лесовозном транспорте без обработки габаритов пакета, является малоотходным (отходы составляют 5...7% объема заготавливаемой древесины).

При разработке древостоев машинным способом, особенно в многоярусных насаждениях, на лесосеке и лесопогрузочных пунктах образуются отходы в виде вершин, обломков стволов, тонкомерной древесины (5...7% общего запаса отводимой в рубку древесины), сучьев и ветвей. Ресурсы отходов лесозаготовок в составе отводимого в рубку лесосечного фонда, весьма значительны (табл. 3.2).

Физико-механические и химические свойства древесины сучьев незначительно отличаются от аналогичных свойств древесины

Таблица 3.2

**Нормативы образования отходов в виде сучьев, ветвей и вершин,
% объема вывозки древесины**

| Показатель | Всего отходов | В том числе | | |
|-------------------------|---------------|-------------|--------|--------|
| | | сучьев | ветвей | вершин |
| Сосна | 13,0 | 5,0 | 7,1 | 0,9 |
| Ель | 14,0 | 8,6 | 4,1 | 1,3 |
| Береза | 19,0 | 8,2 | 8,8 | 2,0 |
| Осина | 15,0 | 6,7 | 6,7 | 1,6 |
| Лиственница | 13,0 | 6,6 | 5,6 | 0,8 |
| В среднем по хозяйству: | | | | |
| хвойному | 13,5 | 6,8 | 5,85 | 0,85 |
| лиственному | 17,0 | 7,5 | 7,7 | 1,8 |
| В среднем всего | 14,5 | 7,0 | 6,4 | 1,1 |

ствола за исключением твердости, которая у основания сучьев в 1,5—3 раза больше, чем у стволовой древесины. Кору на сучьях содержится в 1,5—2 раза больше, чем на стволе. Так как окорка сучьев и ветвей связана с большими трудностями, их перерабатывают на технологическую щепу неокоренными. Полученная щепка используется для производства древесноволокнистых плит (ДВП), арболита, а также в качестве топлива. Выход из лесосечных отходов технологической щепы для производства ДВП составляет 75 %, для энергохимических производств — 90 %.

В процессе лесозаготовок неизбежны потери древесных отходов и их расход на технологические нужды (укрепление трелевочных волоков, лесовозных усов и др.). Реальные ресурсы отходов лесозаготовок, пригодных к использованию, составляют 3,1 % объема вывозки древесины.

Зная объем вывозки древесины $Q_{\text{в}}$, м^3 , и нормативы образования отходов лесозаготовок $N_{\text{отх}}$, %, ресурсы отходов, м^3 , определяют по формуле

$$V_{\text{отх}} = \frac{Q_{\text{в}} N_{\text{отх}}}{100}. \quad (3.1)$$

При отсутствии нормативов образования отходов лесозаготовок реальные ресурсы отходов в виде сучьев, ветвей, вершин и кусков стволовой древесины можно подсчитать по формуле

$$V_{\text{отх}} = 0,06 Q_{\text{в}} - 0,05(Q_{\text{м}} + Q_{\text{т}}), \quad (3.2)$$

где $Q_{\text{м}}$, $Q_{\text{т}}$ — объемы вывозки соответственно мягко- и твердолиственной древесины, м^3 .

Древесная зелень. Решение проблемы комплексного использования лесных ресурсов предполагает вовлечение в переработку древесной зелени и коры. Под древесной зеленью понимают побеги с диаметром среза до 6 мм, покрытые хвоей и листьями. Количество древесной зелени (хвои, листьев, одревесневших и недревесневших побегов) на растущих деревьях, ее структурный состав зависят от ряда факторов, в том числе породы древесины, диаметра и высоты деревьев.

В древесной зелени содержится значительное количество биологически активных веществ (витаминов, ферментов, белков, жиров, углеводов, гормонов и др.), наличие которых определяет направление ее переработки для получения лечебных, косметических препаратов и пищевых продуктов.

Использование пней и корней, оставшихся на лесосеке, позволяет увеличить выход древесины с единицы лесной площади на 15...20 %. Оценку потенциальных ресурсов пневой и корневой древесины выполняют с учетом состава насаждений и распределения средних диаметров деревьев. Реально доступные ресурсы

пневой и корневой древесины оценивают ориентировочно. Определение объемов вторичных материальных ресурсов по отраслевой методике в лесной и деревообрабатывающей промышленности позволяет оценить ресурсы пней (2...3 % объема заготовленной древесины) и корней (11 % объема ствола дерева).

Отходы лесобрабатывающих производств. Оторцовки образуются при первичной обработке круглых лесоматериалов на лесопромышленных складах лесозаготовительных предприятий и представляют собой комлеву часть ствола с пороками формы и дефектами, возникающими при валке. Длина их не превышает 1 м. Древесина откомлевок мало отличается от стволовой древесины, поэтому пригодна для производства технологической щепы. Однако наличие у такой древесины характерного порока — наклона волокон — вызывает при измельчении ее на щепу в рубительных машинах образование мелких частиц толщиной менее допустимой и со смятыми кромками. Доля древесины откомлевок в общей массе перерабатываемого на лесопромышленных складах сырья составляет в среднем 2,5 %.

При распиловке образуется от 45 до 63 % отходов, количество и качество которых зависят от сортности и породы распиливаемого сырья, дробности сортировки, вида получаемой продукции, технической вооруженности предприятия и его мощности. Часть сырья безвозвратно теряется в результате распыла и усушки.

Кусковые отходы деревообрабатывающих предприятий (рейки, горбыли, оторцовки, обрезки досок), получающиеся в результате продольной распиловки древесины в лесопильных, шпалорезных и тарных цехах, являются наиболее ценным сырьем для производства технологической щепы. Все эти отходы получают из заболонной части бревен, содержащей минимальное число сучков и других пороков. Кроме того, по данным Всероссийского научно-исследовательского института бумаги (ВНИИБ), щепа из отходов деревообработки содержит целлюлозы на 1,5...2,0 % больше и имеет в 2—2,5 раза меньшую смолистость по сравнению со щепой, получаемой из балансовой древесины. Для нее характерна высокая скорость пропитки варочными реагентами в процессе варки. Поэтому отходы лесопиления перерабатывают (обязательно окоренными) преимущественно на технологическую щепу для целлюлозно-бумажного производства.

Короткие доски длиной 0,3...1,0 м не относятся к отходам лесопиления, однако из-за трудностей сбыта они используются в качестве сырья для выработки щепы.

При поперечной и продольной распиловке круглых лесоматериалов образуются опилки в объеме 9...16 % от объема распиливаемого сырья. Длина таких опилок в среднем составляет 1...5 мм, толщина — 1...3 мм.

Практическое значение имеют опилки длиной более 3 мм. Они используются в качестве добавок к сырью при производстве цел-

люлозы, бумаги, картона, находят широкое применение как сырье для гидролизного производства. Породный состав, количество примесей и размерный состав опилок как технологического сырья для гидролиза регламентируются государственным стандартом.

Процесс обработки круглых лесоматериалов при производстве балансов, рудничной стойки, столбов линий связи и электропередачи, переработке шпального кряжа, пиловочника в большинстве случаев предусматривает предварительную окорку лесоматериалов.

Количество коры, получаемой при окорке бревен, зависит от породы и возраста деревьев, их диаметра и условий произрастания. При расчетах среднее объемное содержание коры у хвойных пород принимают равным 10 % объема древесины. Пригодность коры для различных видов промышленного использования зависит от химических и физико-механических свойств исходного сырья, способа окорки, применяемого оборудования и ряда других факторов.

3.1.3. Основные методы и способы определения объемов образования древесных отходов

Методы оценки ресурсов древесных отходов. Для оценки ресурсов древесных отходов используют три метода: нормативный, балансовый и нормативно-балансовый.

Нормативный метод применяют в основном для оценки сверхбалансовых видов отходов (сучьев, ветвей, древесной зелени, отходов раскряжевки, пней, корней, коры и др.). Суть его заключается в том, что ресурсы определяют как произведение объема сырья на норматив, полученный экспериментальным путем:

$$Q_o = \frac{VN}{100}, \quad (3.3)$$

где Q_o — объем отходов данного вида, м³; V — объем сырья, используемого в данном производстве (при определении отходов лесозаготовок — объем вывозки); N — норматив образования данного вида отходов, %.

Метод не отличается высокой точностью, но, тем не менее, является удовлетворительным для практического использования. Нормативы отходов берут из справочников.

Балансовый метод основывается на определении разницы между объемами перерабатываемого сырья и выходом готовой продукции:

$$Q_{o+n} = V - V_{пр}; \quad (3.4)$$

$$Q_{o+n} = V \left(1 - \frac{1}{H} \right) - V_{пр}(H - 1), \quad (3.5)$$

где Q_{o+n} — объем отходов и потерь (сырья), m^3 ; V — объем сырья, используемого в данном производстве, m^3 ; $V_{пр}$ — объем продукции, вырабатываемой из данного объема сырья, m^3 ; H — удельный расход сырья на выработку 1 m^3 продукции, m^3/m^3 .

Недостаток метода заключается в том, что он дает суммарные объемы кусковых отходов и безвозвратных потерь (распыл), поэтому применяют его обычно для проверки полученных результатов расчетов.

Нормативно-балансовый метод предусматривает определение суммарных объемов отходов балансовым методом с дальнейшим разделением полученных результатов по отдельным видам отходов с помощью имеющихся нормативов.

При известных нормативах образования отдельных видов отходов и потерь из указанного объема сырья или продукции неизвестный объем отхода определяют по следующим формулам:

$$Q_{общ} = Q_k + Q_{оп} + Q_{б.п}; \quad (3.6)$$

$$Q_{оп} = \frac{VN_{оп}}{100}; \quad Q_{б.п} = \frac{VN_{б.п}}{100}; \quad (3.7)$$

$$Q_k = V \left(1 - \frac{1}{H} - \frac{N_{б.п}}{100} - \frac{N_{оп}}{100} \right) = V \left[H - 1 - \frac{H}{100} (N_{б.п} + N_{оп}) \right], \quad (3.8)$$

где $Q_{общ}$ — общий объем отходов, m^3 ; Q_k — объем кусковых отходов, m^3 ; $Q_{оп}$, $Q_{б.п}$ — объемы соответственно опилок и безвозвратных потерь, m^3 ; $N_{оп}$, $N_{б.п}$ — нормативы образования соответственно опилок и безвозвратных потерь, %.

При известной структуре образующихся видов отходов (например, при производстве шпона объемы отходов в виде карандашей, шпона-рванины и объем усушки определены в зависимости от суммарного объема отходов) применяют формулу

$$Q_i = \left(1 - \frac{1}{H} \right) \gamma_i \frac{V}{100}, \quad (3.9)$$

где Q_i — объем отходов i -го вида, m^3 ; γ_i — доля i -го вида отхода в общем их объеме, %.

Кроме того, для определения количества лесосечных отходов можно воспользоваться регрессионной зависимостью между объемом этих отходов и запасом древесины на 1 га

$$y = 0,12q + 14,3, \quad (3.10)$$

где y — объем лесосечных отходов, которые были собраны и переработаны в щепу, m^3 ; q — запас древесины на 1 га, $m^3/га$.

Способы опытной количественной оценки дополнительного сырья на лесосеке. Объем кусковых лесосечных отходов может опреде-

ляться способами сплошного пересчета, пробных площадей, измерения выходов технологической щепы и линейных пересечений.

Способ сплошного пересчета предусматривает учет и обмер всех видов кусковых отходов на всех лесосеках. Он обеспечивает хорошую точность, но достаточно трудоемок.

Способ пробных площадей предусматривает измерение длины и диаметра лесосечных отходов на заложенных площадях (50 × 50 м) и определение на основании этого объема отходов в расчете на 1 га. Данный способ не требует больших затрат, но для получения более достоверных данных необходимо закладывать не менее четырех пробных площадей (общей площадью не менее 5 % площади вырубленной лесосеки) в характерных местах (на волоках, на границах между двух смежных пасек и т. д.). Отходы, образующиеся на лесопогрузочном пункте, необходимо учитывать отдельно. Таким же способом оценивают объемы пневого осмола.

Способ измерения выхода технологической щепы применяют для быстрой оценки объемов лесосечных отходов. На пробных площадях (50 × 50 м) все лесосечные отходы собирают механизированным способом и измельчают в щепу. По объему щепы оценивают запасы лесосечных отходов. Объем щепы из собранных лесосечных отходов составляет примерно 33 % объема неокоренной стволовой древесины.

Сущность способа линейных пересечений заключается в пересчете всех кусковых отходов, попавших на линию отбора образцов, которую проводят в произвольном направлении на вырубленной лесосеке. По полученным данным оценивают объем кусковых отходов на единице площади.

3.1.4. Виды и свойства измельченной древесины

Виды измельченной древесины. В процессе механической обработки древесного сырья получают измельченную древесину, т. е. древесные частицы различных форм и размеров. К измельченной древесине относятся щепа, дробленка, стружка, опилки, древесная мука, древесная пыль.

Щепа — древесные частицы, получаемые в результате измельчения древесного сырья рубительными машинами или режущими устройствами. Различают щепу технологическую, зеленую и топливную.

Технологическая щепа — древесные частицы заданных длины и толщины в виде косоугольного параллелепипеда с острым углом 30...60°, предназначенные для производства целлюлозы, древесных плит, продукции лесохимических и гидролизных предприятий.

Топливная щепа — измельченное древесное сырье, которое по своему качеству может быть использовано только как топливо.

Зеленая щепа — содержащие примеси коры, хвои и листьев, древесные частицы, получаемые при измельчении целых тонкомерных деревьев, лесосечных отходов, сучьев и ветвей. Зеленую щепу используют в виде добавок при производстве древесных плит, гидролизных продуктов, а также как топливо.

Дробленка — древесные частицы, получаемые при измельчении древесного сырья в дробилках и молотковых мельницах.

Древесная стружка — тонкие длинные древесные частицы, образующиеся при резании древесины на стружечных станках. Различают резаную стружку для производства древесных плит, древесную стружку для производства цементного фибролита и упаковочную стружку.

Микростружка — мелкие древесные частицы толщиной до 0,25 мм и длиной 6...8 мм, получаемые из древесных стружек или опилок на специальном размольном оборудовании. Микростружку наряду с древесной пылью используют для формирования наружных слоев древесно-стружечных плит с мелкоструктурной поверхностью.

Технологические опилки в отличие от обычных мелких древесных опилок имеют вид тонких длинных частиц, получающихся в процессе пиления древесины специальными пилами.

Древесная пыль — мелкие древесные частицы, размером менее 1 мм, образующиеся при шлифовании и другой механической обработке древесины.

Древесная мука — мелкие, измеряемые десятками и сотнями микрометров, древесные частицы заданного гранулометрического состава, получаемые механическим размолотом сухих древесных опилок и стружек.

Классификация и свойства щепы. Щепу классифицируют по назначению, гранулометрическому составу, виду используемого древесного сырья и способу измельчения.

По назначению щепу подразделяют на технологическую и топливную.

По гранулометрическому составу различают щепу кондиционную, крупной и мелкой фракций.

В зависимости от используемого древесного сырья, его вида и качества различают щепу из пневой и корневой древесины, сучьев и целых тонкомерных деревьев (зеленая щепа), круглых и колотых лесоматериалов, отходов лесо- и шпалопиления. По породному составу исходного сырья различают щепу хвойных, лиственных и смешанных пород. В щепе хвойных пород отдельно выделяют щепу из древесины ели и пихты, а также щепу из древесины лиственницы. В щепе из древесины лиственных пород выделяют щепу твердо- и мягколиственных пород.

По способу переработки древесного сырья различают щепу, полученную измельчением в дисковых барабанных рубительных

машинах, и щепу, полученную фрезерованием древесины специальным инструментом.

Щепа по геометрической форме древесных частиц, их размерам и составу является однородным сыпучим материалом. Условие однородности такого материала характеризуется коэффициентом неоднородности частиц.

Структура щепы как сыпучего материала является важнейшим фактором, определяющим ее механические свойства. Для щепы характерны связность частиц, их подвижность, смерзаемость, уплотнение при статических и динамических воздействиях, сводообразование при истечении из бункеров и силосов. Как материал органического происхождения щепа гигроскопична, подвержена поражениям микроорганизмов. Подобно другим растительным материалам большая масса щепы обладает способностью саморазогреваться и при определенных условиях самовозгораться. Основными параметрами, характеризующими свойства щепы, являются объемная масса, влажность, коэффициент полндревесности, коэффициент уплотнения, угол естественного откоса, коэффициент внутреннего трения, начальное сопротивление сдвигу, коэффициент трения скольжения о различные поверхности.

Объемная масса щепы характеризует плотность ее укладки, которая зависит от плотности измельчаемой древесины, влажности сырья, коэффициента полндревесности щепы, а также степени ее уплотнения и фракционного состава. Доля объема щепы, занятого древесиной, определяется коэффициентом полндревесности — важнейшим показателем в системе учета вырабатываемой щепы. Значительное уплотнение щепы происходит под действием динамических нагрузок, возникающих, например, при транспортировке или пневмопогрузке.

На практике коэффициент уплотнения щепы определяют как отношение начальной высоты слоя свободно отсыпанной щепы к его высоте после уплотнения. Для свободно отсыпанной щепы коэффициент уплотнения равен 1. При уплотнении щепы статическим нагружением коэффициент уплотнения достигает 1,15...1,47, при хранении щепы в открытых кучах коэффициент уплотнения в нижних слоях может достигать до 1,5.

Подвижность щепы характеризуется углом естественного откоса, коэффициентом внутреннего трения, начальным сопротивлением сдвигу. Угол естественного откоса α — это угол, который плоскость естественного откоса свободно отсыпанной кучи сыпучего материала образует с горизонталью. Для щепы $\alpha = 30...40^\circ$. Чем большей подвижностью обладают частицы щепы, тем меньше угол α . Подвижность слежавшейся при длительном хранении щепы значительно меньше, чем свободно отсыпанной. Влажность щепы также оказывает заметное влияние на ее подвижность. Лучшая сыпучесть наблюдается у щепы с меньшей влажностью.

3.2. Заготовка вторичного древесного сырья на лесосеке

3.2.1. Производство технологической щепы в условиях лесосеки

Увеличения съема древесины с 1 га лесопокрытой площади можно достичь за счет вовлечения в рубку малоценной, низкокачественной и тонкомерной древесины, а также лесосечных отходов. В настоящее время этот показатель в России составляет $0,21 \text{ м}^3/\text{га}$, в то время как в Финляндии, Швеции, Канаде — $2,5 \dots 3,5 \text{ м}^3/\text{га}$.

Благодаря развитию химической и химико-механической переработки древесного сырья предприятиями лесопромышленного комплекса вторичные древесные ресурсы, образующиеся на лесосеке, можно использовать как технологическое сырье для производства щепы.

Технологические процессы производства щепы на лесосеке состоят из ряда последовательных операций различной трудоемкости. Трудозатраты на 1000 м^3 заготовленной древесины при производстве щепы из лесосечных отходов составляют примерно 230 чел.-дней, из тонкомерных деревьев при рубках ухода — 240 чел.-дней.

Геометрические размеры перерабатываемого на лесосеке древесного сырья (диаметр поперечного сечения, диаметр измельчаемых отрезков) оказывают влияние на техническую характеристику рубильных машин (мощность привода, сменная производительность, размеры приемного окна загрузочного патрона).

При разработке лесосек с сохранением жизнеспособного подраста и заготовкой хлыстов отходы лесозаготовок собирают и укладывают вдоль трелевочного волока в пачки объемом до $0,5 \text{ м}^3$. При необходимости эти отходы разделяют на отрезки длиной до 2 м с помощью бензиномоторных пил. Погрузочно-транспортные машины типа ЛП-23 или ЛТ-168 доставляют их на лесопогрузочный пункт для переработки с помощью передвижной рубильной машины.

Если подрост хвойных пород отсутствует, при разработке лесосеки возможен сбор лесосечных отходов с использованием подборщиков (схемы сбора представлены на рис. 1.15).

При заготовке сортиментов с применением многооперационных машин, а также при заготовке хлыстов с обрезкой сучьев сучкорезными машинами отходы лесозаготовок концентрируются на волоках. В данном случае целесообразно применение манипуляторного подборщика и рубильной машины.

Таким образом, для сбора отходов и формирования из них валов и куч используются грабельные подборщики, для сбора и транспортировки к месту переработки — манипуляторные погрузочно-

транспортные машины, для измельчения — передвижные рубительные машины.

Для измельчения отходов и тонкомерной древесины на лесозаготовках широко применяют передвижные рубительные машины «Валмет» финского производства, российские машины ГТ-1000ТУ, УРП-1, ЛО-63, ПРМ-1 и шведские типов 850М, 1500RT, 1200 СТ.

Помимо порубочных остатков для производства щепы можно использовать тонкомерные и низкотоварные насаждения, непригодные для выработки деловых сортиментов. В этом случае технологический процесс включает в себя валку деревьев, трелевку их на верхний склад и измельчение с одновременной подачей щепы в контейнер или автощеповоз. В летний период целесообразно применять биологическую сушку деревьев, подлежащих дроблению. Щепа служит для изготовления плит и гидролизного производства. Данная схема используется при рубках ухода, а также выборочных рубках. Для переработки деревьев тонкомерных на щепу

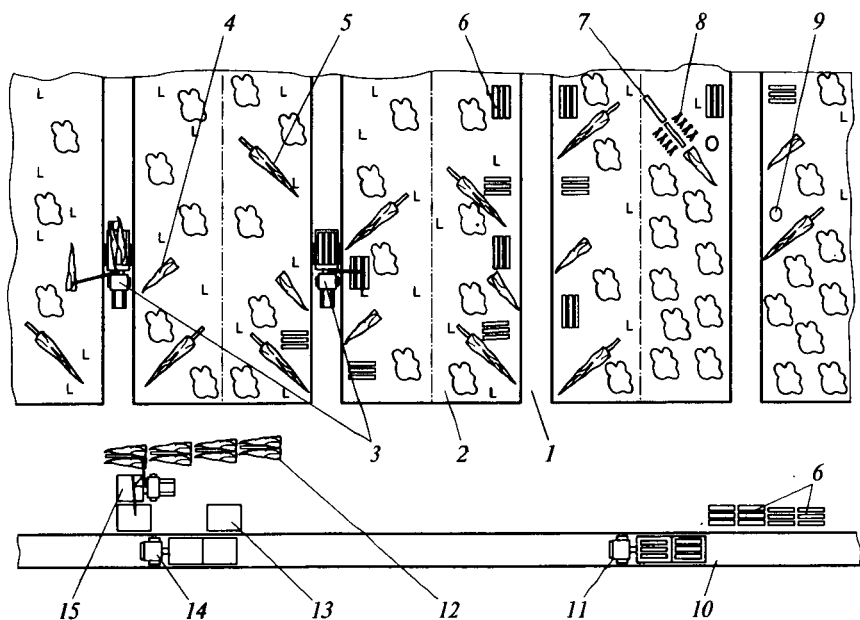


Рис. 3.4. Технологическая схема производства зеленой щепы и сортиментов при рубках ухода:

1 — пясечный волок; 2 — пясечка; 3 — погрузочно-транспортные машины; 4 — верхинная часть крупномерного дерева; 5 — тонкомерное дерево; 6 — штабеля; 7 — сортименты; 8 — сучья; 9 — вальшик; 10 — автодорога; 11 — автопоезд; 12 — штабель тонкомерных деревьев; 13 — контейнер; 14 — контейнерный автопоезд; 15 — рубительная машина

может быть рекомендована технология с применением валочно-трелевочной машины, передвижной рубительной машины и контейнерного автопоезда.

Помимо переработки целых деревьев на щепу возможны и другие технологические схемы, в частности производство зеленой щепы и сортиментов, используемых для получения пиломатериалов. Щепа, вырабатываемая по схеме, показанной на рис. 3.4, применяется для изготовления плит или в качестве топлива.

Переработка тонкомерной и лиственной древесины на технологическую щепу является достаточно перспективным направлением. Предварительные окорка и удаление древесной зелени (производство окоренной щепы на лесосеке) позволяют расширить возможности использования технологической щепы, в частности для целлюлозно-бумажного производства. Удаление коры возможно с помощью сучкорезно-окорочной машины, разработанной Карельским научно-исследовательским институтом лесной промышленности (КарНИИЛП). Данная технология может применяться при заготовке сортиментов и рубках ухода.

3.2.2. Заготовка и переработка пнейвой и корневой древесины

Основными потребителями пнейвой и корневой древесины являются лесохимические канифольно-экстракционные заводы, традиционно перерабатывающие пни, корни и пневый осмол — просмолившуюся ядровую часть древесины пней и корней сосны и кедра. Различают свежий и спелый осмолы, имеющие разное содержание смолистых веществ. В свежем пне возрастом до трех лет количество смолы в ядровой части составляет 8... 15 % объема пня. Спелым считается осмол, образовавшийся в процессе отгнивания заболони и малосмолистой древесины корней за период около 10 лет после оставления пня на лесосеке.

Пневая корневая древесина широко используется для производства древесноволокнистых и древесностружечных плит, цементно-древесных материалов, сульфатной древесной массы в целлюлозно-бумажной промышленности,

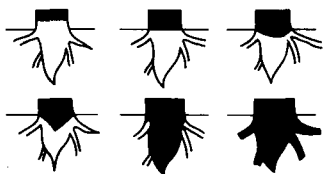


Рис. 3.5. Варианты заготовки пнейвой и корневой древесины.

уксусной кислоты, древесно-спиртовых растворителей, древесной смолы и продуктов ее переработки, фурфурола — продукта гидролиза растительных материалов, сырья для получения фурана и некоторых лекарств, древесного угля и др.

При заготовке пнейвой и корневой древесины можно применять различ-

ные способы подрезки пней (рис. 3.5). Уменьшение высоты пня на 5 см позволяет получить дополнительно 1 % сырья.

При сборе пневой и корневой древесины следует обязательно захватывать боковые корни. Если ограничиться только пневой частью, то потери составят у сосны половину, а у ели — до двух третей потенциального сырья.

Оценку сырьевых ресурсов пневого осмола выполняют в три этапа. Сначала проводят камеральные работы. По таксационным материалам лесоустройства, лесорубочным билетам и другим учетным документам выбирают площади, пригодные для промышленной заготовки. Затем выполняют натурные исследования выбранных площадей и устанавливают средние диаметр и высоту пня, число пней и средний запас осмола на 1 га, степень и характер лесовозобновления, качество сырья. На заключительном этапе определяют состав и границы сырьевой базы с запасами осмола. Площади вырубок считаются эксплуатационными, если запас осмола на 1 га составляет не менее 2... 3 кл. м³.

Основным показателем качества осмола является содержание в нем канифоли. Стандартный сосновый осмол должен содержать не менее 130 кг канифоли в 1 т сырья влажностью 20 %. Размеры его отдельных кусков не должны превышать 60 см, а в поперечном сечении — 40 × 40 см. В соответствии с ОСТ 13-131-82 пневый осмол должен быть очищен от остатков почвы, заболони и обугленных частей.

К основным характеристикам пневой и корневой древесины относятся плотность, содержание коры, экстрактивных веществ и минеральных примесей, свойства волокон.

Пни представляют собой часть ствола, поэтому их древесина по своему строению и физико-механическим свойствам не отличается от древесины ствола.

Недостатки пневой и корневой древесины как технологического сырья являются: наличие пороков строения (наклона волокон, крени, свилеватости), разнообразие форм и размеров кусков древесины, сложность окорки, значительная засоренность минеральными примесями и даже камнями, которые нередко зарастают в корнях.

Трудность заготовки пневого осмола в первую очередь обусловлена низкой концентрацией сырья на единице площади (15... 30 м³ на 1 га для свежего осмола и 3... 10 м³ на 1 га для спелого).

Кроме того, существенное влияние на заготовку пневого осмола оказывают грунтовые условия, проходимость машин, усилия корчевки, прилипание грунта к корням, сезонность работ (зимой вести заготовку практически невозможно) и их большая трудоемкость (дневная выработка на корчевке пней колеблется от 3,3 до 7,0 пл. м³/чел.), отсутствие лесных дорог (при заготовке спелого осмола), размеры и форма заготовленных пней, неудобная транспортировка, малая полнодревесность.

Заготовка пневого осмола может производиться ручным, взрывным и механизированным способами. Ввиду значительной трудоемкости ручного способа заготовки, малой производительности и опасности взрывного способа, они не нашли широкого применения.

Наибольшее распространение получил механизированный способ заготовки пневого осмола, включающий в себя операции механизированной корчевки пней, транспортировки, разделки и очистки сырья, складирования и отгрузки продукции потребителю. При этом наиболее трудоемкой является операция разделки и очистки сырья.

Механизированная корчевка пней может осуществляться машинами КМ-1 на базе трактора ТДТ-55 с технологическим оборудованием в виде гидравлически управляемых клиньев, ЛД-9 на базе трактора Т-130 с технологическим оборудованием в виде семизубого упора, ЛД-15 на базе трактора ТТ-4, а также агрегатом АКП-1 на базе трактора ТДТ-55.

Технологическое оборудование агрегата АКП-1 (рис. 3.6) состоит из двухзвенного манипулятора 3, имеющего вылет от 1,5 до 7,29 м, механизма поворота стрелы 2 и захвата-корчевателя. Для повышения устойчивости агрегат снабжен двумя парами аутригеров 1. Захват выполнен в виде двух подпружиненных рам. Силовая рама 6 имеет форму арки. На ее концах смонтированы гидродомкраты 7, а в середине — арка подвески. Грузовая рама оборудована челюстями 5, гидроцилиндрами 4 и вибратором.

Агрегат АКП-1 дает возможность заготавливать спелые пни в молодых древостоях и стряхивать при этом до 60...80 % земли, что

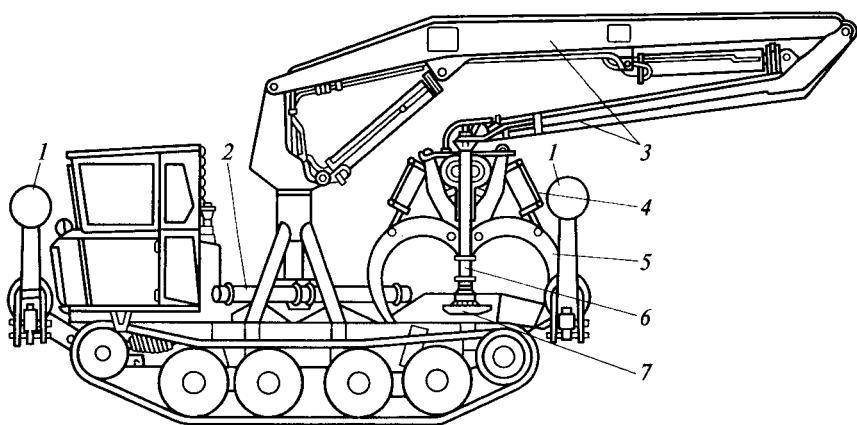


Рис. 3.6. Агрегат АКП-1:

1 — аутригеры; 2 — механизм поворота стрелы; 3 — двухзвенный манипулятор;
4 — гидроцилиндры; 5 — челюсти; 6 — силовая рама; 7 — гидродомкрат

является важным фактором для транспортировки и последующей переработки пней. Малая мощность АКП-1, тяжелая гусеничная база, недостаточная маневренность не позволяют эффективно его использовать на грунтах с низкой несущей способностью. При сильно развитой в горизонтальном направлении корневой системе упоры гидродомкратов попадают на корни пня, что увеличивает требуемое усилие корчевания в 1,5—2 раза.

Корчевание пней выполняется следующим образом. Агрегат подходит к пню, устанавливает аутригеры, манипулятором захватывает пень и с помощью вибратора расшатывает его. Затем гидродомкратами и манипулятором агрегат извлекает пень из земли, после чего встряхивает его, очищая тем самым от земли.

Дальнейшие работы выполняют с применением системы машин.

Разделка пней производится на передвижном станке ЛО-60, смонтированном на двухколесном шасси, которое прикреплено к задней балке аутригеров агрегата АКП-1. Пень манипулятором АКП-1 загружается в станок, надвигается на ножи и продавливается через ножевую решетку. При этом боковые корни обрезаются кольцевым ножом, а внутренние ножи раскалывают пень на части. Куски пня выталкиваются из ножевой головки следующим подаваемым на обработку пнем и попадают на приемный стол, где происходит отделение грунта и гнили.

Для сбора, погрузки и транспортировки пневого осмола, отходов деревообработки, штучных грузов, сыпучих материалов используется агрегат ПЛО-1А. Сбор и укладка в кузов пневого осмола осуществляются манипулятором. После набора пней агрегат следует к месту их концентрации (сборочной площади верхнего склада) и сгружает пни на землю. Для вывозки пневого осмола применяют самосвальный автощеповоз ЛТ-7А, автопоезд ТМ-12 на базе автомобиля МАЗ-509А и другие машины.

3.2.3. Заготовка и основные направления переработки древесной зелени и коры

Комплексное освоение лесных ресурсов предусматривает переработку древесной зелени и коры. Наиболее освоенными на сегодняшний день являются технологии промышленного производства хвойно-витаминной муки, хлорофилло-каротиновой пасты, хвойного лечебного экстракта. Разработаны и применяются способы получения хлорофиллина натрия, бальзамической пасты, провитаминного концентрата, используемых в парфюмерии и медицине.

Запасы древесной зелени на лесосеке оценивают следующими способами:

по массе древесной зелени с учетом диаметра дерева на высоте груди (1,3 м), разряда высоты и числа деревьев на лесосеке;

по массе древесной зелени, отнесенной на 1 м³ заготавливаемой древесины, с учетом среднего диаметра хлыста и общего запаса древесины на лесосеке;

по массе древесной зелени, отнесенной на 1 м³ заготавливаемой древесины, с учетом потерь при заготовке.

Количество древесной зелени зависит от полноты насаждений, времени года и технологии лесосечных работ.

Ориентировочно (по данным ЦНИИМЭ) на 1 м³ заготавливаемой древесины приходится 56 кг древесной зелени, содержащей 36 кг хвои и листьев.

К недостаткам древесной зелени как технологического сырья для переработки относятся: низкий объем на единице лесной площади, невозможность создания значительных запасов из-за быстрой порчи, низкая производительность труда на сборе, значительные потери и подверженность засоренности минеральными примесями.

Качественные характеристики древесной зелени. В древесной зелени содержатся витамины, углеводы, протеины, аминокислоты. Из нее изготавливают хвойно-витаминную муку — ценную кормовую добавку. Из хвои извлекают хлорофилло-каротиновую пасту и эфирные масла, которые используют в парфюмерии и фармацевтике.

Кроме того, в древесной зелени содержатся различные виды сахаров (фруктоза, глюкоза, сахароза), содержание которых в зимний период увеличивается. Листья по качественному составу сахаров мало отличаются от хвои. Белковых веществ в древесной зелени меньше, чем углеводов. Обнаруженные в ней простые белки (протеины) и ряд аминокислот позволяют отнести древесную зелень к одному из важных источников кормов. Больше всего протеина содержится в молодых листьях.

У сосны содержание протеина составляет 14,2% сухого вещества, у березы — 11%, у ивы — 15,7%. Меньше протеина обнаружено в хвое; его сезонное колебание у сосны составляет 9,4... 11,8%, у ели — 5,6... 8,3%.

Количество нерастворимых элементов (хлорофилл и каротиноиды) подвержено значительным колебаниям (наибольшее — у сосны и ели). Содержание каротина зависит от возраста дерева и древесной зелени, времени года и суток. Хвоя более старшего возраста в спелых насаждениях богаче каротином, чем у молодняка и молодых деревьев.

Древесная зелень богата витаминами таких групп, как E, K, P, C.

Древесная зелень содержит легколетучие вещества сложного состава (эфирные масла), которые обладают характерным запа-

хом. Их содержание максимально в летний период. Наибольшей ценностью обладает пихтовое эфирное масло, используемое для получения синтетической и медицинской камфары.

Заготовка древесной зелени. Заготовку производят в соответствии с требованием ГОСТ 21769—76. Состав сырья: ветви диаметром не более 8 мм, 60 % хвои и неодревесневших побегов, 30 % одревесневших побегов, листья, мох и др. Примесей должно быть не более 0,2 %. Древесная зелень поставляется на переработку предприятиям как в виде целых ветвей, так и в измельченном виде. Характерная особенность сырья — ограниченный срок хранения. Для неизмельченного сырья при отрицательной температуре он составляет 20 сут, при положительной — 7 сут, для измельченного — соответственно 10 и 2 сут.

При заготовке древесной зелени соблюдается такая последовательность операций: сбор сырья, отделение хвои и неодревесневших побегов, транспортировка на склад предприятия.

Наиболее трудоемкая операция при заготовке древесной зелени — отделение ее от сучьев, вершин и тонкомерных деревьев ручным и механизированным инструментом (дневная производительность не превышает 200 ... 300 кг/чел.).

Отделение древесной зелени производится в стационарных или передвижных хвоеотделителях. Рабочим органом стационарного механизированного отделителя, например типа ОДЗ-12А (рис. 3.7), является барабан с шарнирно укрепленными на его обечайке штифтами. Сучья и тонкомерные деревья загружают комлем вперед в приемную часть конвейера 3, после чего они захватываются

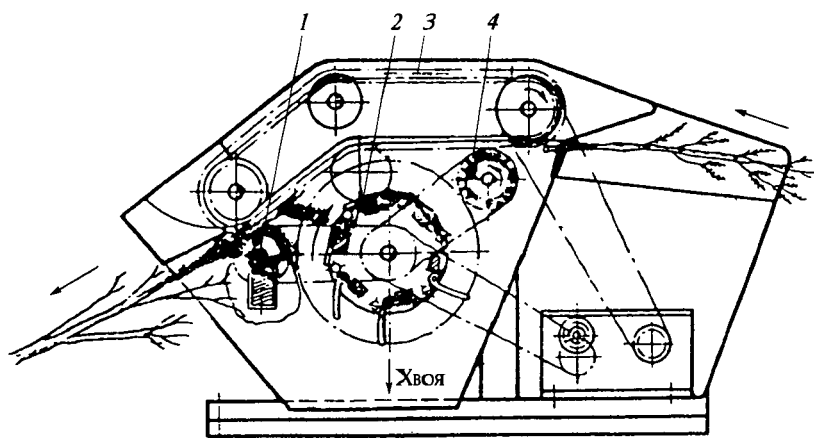


Рис. 3.7. Хвоеотделитель ОДЗ-12А:

1 — выводной валец; 2 — барабан со штифтами; 3 — конвейер; 4 — ребристые вальцы

ребристыми вальцами 4, которые подают сырье в рабочую часть барабана 2. При этом длина сучьев должна быть не менее 1 м, а диаметр — не более 60 мм. Хвоя и тонкие ветви под воздействием штифтов, вращающихся вместе с барабаном, отделяются от сучьев. Сучья попадают в пространство между конвейером 3 и выводным вальцом 1 и выносятся наружу. Часовая производительность ОДЗ-12А составляет 450...600 кг древесной зелени.

Для работы на лесосеке или верхнем складе предназначен передвижной барабанный отделитель ОЗП. Привод его осуществляется от трактора через карданный вал. Наибольший диаметр сучьев и тонкомерных деревьев составляет 80 мм, часовая производительность отделителя — до 1 000 кг зелени.

Разработана передвижная установка для получения из сучьев щепы и древесной зелени (рис. 3.8). На базовой машине смонтированы механический хвоеотделитель с вентилятором 2 и рубительная машина 1, имеющие общий привод. Древесная зелень из хвоеотделителя поступает в трубопровод и выбрасывается в один из контейнеров 3. Заслонка 4 позволяет вести сортировку хвои по породам, что особенно важно для производства эфирного пихтового масла. Очищенные сучья перерубаются в щепу, которая также подается в один из контейнеров. Контейнеры после заполнения отвозят на склад. Недостатками данной установки являются: низкое качество продукта, поштучная подача сучьев, большие затраты ручного труда.

Наиболее перспективной является технология производства древесной зелени из зеленой щепы на стационарных установках. Для предотвращения потерь и получения чистого продукта, не загрязненного минеральными примесями, лесосечные отходы собирают и отвозят на нижний склад. Сучья, вершины и тонкомерные деревья собирают в кучи на месте валки или очистки деревьев от сучьев. Окуренные отходы с помощью тросовой сетки длиной 10 м и ши-

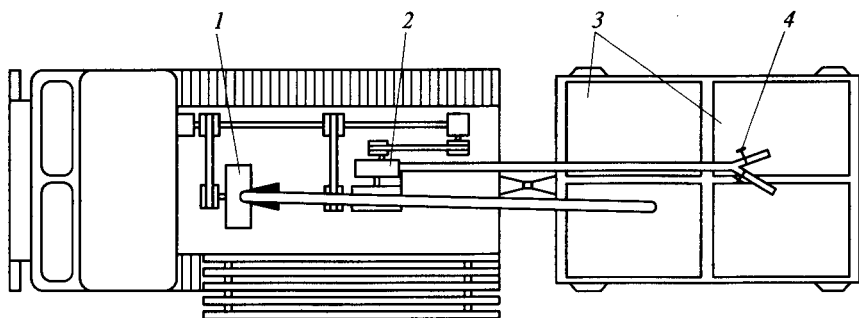


Рис. 3.8. Передвижная установка для получения древесной зелени и щепы: 1 — рубительная машина; 2 — механический хвоеотделитель с вентилятором; 3 — контейнеры; 4 — заслонка

риной 4,5 м стягивают в пакеты, которые трелюют в погруженном состоянии на верхний склад (погрузочную площадку), а затем транспортируют на нижний склад. Стационарные установки позволяют получать одновременно зелень и очищенную щепу. Технологический процесс включает в себя предварительное измельчение отходов в зеленую щепу и сортировку пневматическим способом.

Древесная зелень может применяться для производства кормовой (витаминной) добавки к другим кормам. Для веточного корма пригодны хвойные и лиственные породы. Исключено использование колючих кустарников — облепихи, черемухи, бузины, волчьей ягоды, ограничено применение древесной зелени дуба, каштана, лещины, содержащей большое количество дубильных веществ.

Заготовка и использование коры. Основными направлениями использования коры, образующейся при окорке круглых лесоматериалов, являются изготовление топливных брикетов, плитных и строительных материалов, кормовых продуктов и удобрений, производство дубильных веществ. Все виды промышленного применения коры связаны с выполнением целого ряда подготовительных операций: сбора и хранения, транспортировки, измельчения и сортировки.

Значительные требования при переработке коры предъявляются к влажности сырья. Поэтому в состав подготовительных операций входит обезвоживание, которое может осуществляться с помощью короотжимных прессов, а также путем естественной или искусственной сушки. Механическим способом первоначальную влажность коры 80...85 % (после мокрой окорки на ЦБК) удается снизить до 55...60 %.

Для измельчения коры преимущественно используются машины роторного типа, различного типа дробилки и установки для более тонкого измельчения ее на фракции.

Сушка измельченной коры производится в барабанных сушилках, применяющихся для изготовления древесностружечных плит, пневматических трубах-сушилках с восходящим потоком и других установках.

Экономически доступным способом утилизации коры является использование ее в качестве топлива и удобрений. По теплотехническим свойствам топливные брикеты из коры занимают промежуточное положение между торфяными и угольными. Значительное количество лигнина и большой гумусовый потенциал коры позволяют применять ее после специальной переработки (разложение в течение 5...7 лет) в сельском хозяйстве в качестве удобрения или стимулятора почвы.

Наличие в коре клетчатки и ряда ценных питательных веществ позволяет использовать ее для производства кормовых продуктов — кормовой муки, грубых кормов, добавок и полуфабрикатов для кормопримесей.

3.2.4. Использование древесных отходов в качестве биотоплива

Ежегодно на предприятиях лесопромышленного комплекса образуется около 50 млн м³ древесных отходов, а в потенциале они могут возрасти до 200 млн м³. Рациональной переработке подвергается менее трети из них. Эффективное, технически совершенное энергохимическое использование древесных отходов — экологически и экономически оправданный путь сбережения средств на лесопромышленных предприятиях.

«Киотский протокол» и другие международные соглашения, направленные на ограничение выброса в атмосферу газов и предупреждение парникового эффекта, являются мощным стимулом для масштабных проектов по производству дешевой электроэнергии из древесных отходов.

Биотопливо (древесное сырье) не нарушает естественного природного равновесия, поскольку выделяемый при его сгорании диоксид углерода (углекислый газ) полностью поглощается зелеными насаждениями в процессе фотосинтеза. Снижение использования ископаемого топлива (уголь, мазут, газ) и переход на биотопливо улучшают экологическую обстановку, позволяют достигнуть определенного экономического эффекта.

В качестве биотоплива могут быть использованы щепа, кора, опилки влажностью до 35... 50 %. Данные по выбросам в атмосферу при сжигании различных видов топлива приведены в табл. 3.3.

Сжигание твердого топлива связано с образованием золы и шлака. Их количество при сжигании древесины зависит от вида топлива и породы дерева.

Таблица 3.3

Показатели сжигания различных видов топлива

| Показатель | Мазут | Уголь | Щепа |
|--|-------|-------|------|
| Содержание серы, % | 2,4 | 0,61 | 0,01 |
| Выброс в атмосферу при сжигании, мг/МДж: | | | |
| сера (S) | 642 | 341 | 4,3 |
| оксида углерода (CO) | 106 | 432 | 18,1 |
| диоксида углерода (CO ₂) | 76 | 76 | 108 |
| диоксида азота (NO ₂) | 129 | 143 | 80 |
| летучей золы | 89 | 439 | 28,7 |
| КПД котла, % | 85 | 87 | 71 |

Содержание энергии в разных видах топлива

| Топливо | Содержание энергии в 1 т топлива, кВт·ч | Соотношение с энергией, содержащейся в 1 т нефти |
|----------------------------|---|--|
| Нефть | 11 806 | 1,0 |
| Уголь | 7 528 | 0,63 |
| Кокс | 7 750 | 0,65 |
| Дизельное | 11 806 | 1,0 |
| Древесный уголь | 7 861 | 0,66 |
| Древесное (влажность 30 %) | 1 722 | 0,35 |

Древесное (единственное возобновляемое) сырье в настоящее время используется недостаточно и малоэффективно.

К древесному топливу относятся все виды биологического топлива, полученные из древесных материалов: малоценная и низкокачественная древесина, отходы лесозаготовок, в том числе пни, отходы рубок осветления, прореживания, кора, опилки, горбыль и др.

Древесное топливо подразделяют на первичное, полученное на лесозаготовках, и вторичное, ранее использовавшееся в других целях (рейки, ящичная тара, отходы от строительства).

По способу производства и форме древесное топливо может быть необлагороженным и облагороженным. К необлагороженному древесному топливу относятся топливные дрова, топливная щепа, стружка, опилки, отходы после раскряжевки и лесопиления, к облагороженному — топливные брикеты, пеллеты, древесный порошок.

Важнейшими качественными показателями древесного топлива являются влажность, фракционный состав, доля мелких фракций, содержание золы, удельный вес, теплосодержание, наличие механических примесей. Влага и зольность находятся в прямой зависимости от времени валки и способа хранения древесины.

Основные требования к топливной щепе определяются ТУ 13-735-83 «Щепа технологическая из тонкомерных деревьев и сучьев для котельных установок».

В ряде зарубежных стран уделяется большое внимание биомассе как энергоресурсу, планируется создание плантаций энергетических лесов, что говорит о серьезном пересмотре отношения к биотопливу, разрабатываются проекты по созданию лесонасаждений и комплексной утилизации биомассы, в том числе и в качестве топлива.

Древесное топливо не может конкурировать с нефтепродуктами по содержанию энергии (табл. 3.4), но оно имеет перед ними преимущество с экологической, а в ряде случаев и с экономической точек зрения.

Производство высококалорийного топлива из отходов лесозаготовок и деревообработки с последующим его сжиганием в топочных устройствах промышленных котлов малой и средней мощности является перспективным для экономики страны. В настоящее время достаточно интенсивно развивается производство топливных гранул и брикетов из различных видов отходов.

3.3. Производство продукции из вторичного древесного сырья на лесопромышленных складах

3.3.1. Технология производства щепы из низкокачественной древесины

Производство технологической щепы из низкокачественной древесины включает в себя подготовку древесного сырья, его измельчение, сортировку технологической щепы, складирование, хранение, погрузочно-разгрузочные и транспортные операции.

Подготовка древесного сырья является важнейшей частью технологического процесса, обеспечивающей возможность использования низкокачественной древесины для получения технологической щепы с допустимой стандартом засоренностью корой и гнилью. Подготовка включает в себя: разделку технологических дров на коротье (кряжи) длиной 1,0... 1,25 м; раскалывание коротья на две, четыре или шесть частей в зависимости от диаметра; удаление коры и гнили с колотых поленьев.

Технологическую щепу из такого сырья вырабатывают на установках различной мощности и производительности. Наибольшее распространение на складах лесопромышленных предприятий получили установки УПЩ-3А и УПЩ-6А.

Цех по производству щепы на базе установки УПЩ-3А (рис. 3.9) имеет в своем составе узел подготовки древесного сырья 9, в котором осуществляются распиловка долготья и раскалывание лесоматериалов какой-либо одной породной группы. Далее древесное сырье цепным конвейером подается в окорочный барабан периодического действия 6 (КБ-3А). После загрузки барабана на 50... 60 % объема включают его привод. Во время работы барабана цепной конвейер подает сырье в накопитель 8. При достижении заданной чистоты окорки барабан останавливают и открывают разгрузочный шибер. В открытом состоянии барабан снова включают на 30... 60 с,

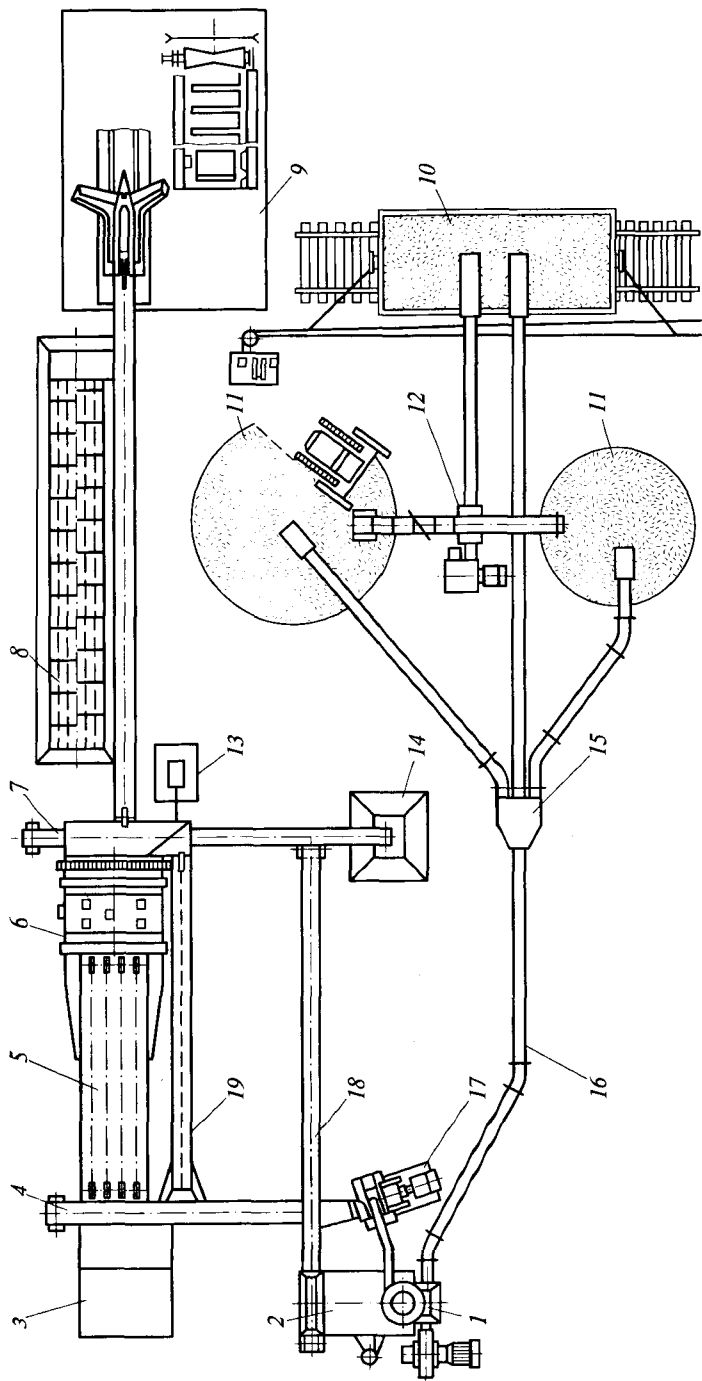


Рис. 3.9. Схема цеха по производству щепы на базе установки УПЩ-3А:

1 — питатель пневмотранспортной установки; 2 — сортировочная установка; 3, 8 — накопители; 4, 7, 18 — ленточные конвейеры; 5 — приемный стол; 6 — окорочный барабан периодического действия; 9 — узел подготовки сырья; 10 — вагон; 11 — кучи щепы; 12 — пневмопогрузчик; 13 — устройство для гидротермической обработки; 14 — бункер; 15 — трехпозиционный переключатель; 16 — трубопровод; 17 — рубильная машина; 19 — цепной конвейер

благодаря чему окоренные лесоматериалы выгружаются на приемный стол 5. После выгрузки барабан останавливают, закрывают шибер и вновь заполняют сырьем. Пятицепной конвейер, которым оборудован приемный стол, равномерно подает окоренное сырье на ленточный конвейер 4 или в накопитель 3. Плохо окоренные лесоматериалы возвращаются на доокорку в барабан цепным конвейером 19. Чистоокоренная продукция со скоростью 0,6 м/с подается ленточным конвейером 4 в рубительную машину 17 (МРНП-10). Из нее измельченная древесина по трубопроводу поступает в циклон и равномерно сыпается в сортировочную установку 2 (СЩМ-60). После сортировки щепа поступает в питатель 1 пневмотранспортной установки ПНТУ-2М и далее по трубопроводу 16 через трехпозиционный переключатель 15 направляется в открытые кучи 11 или вагон 10. Одна из куч предназначена для хранения хвойной щепы, другая — лиственной. Для погрузки щепы служит пневмопогрузчик 12.

Отходы окорки и некондиционные частицы перемещаются ленточными конвейерами 7 и 18 в бункер 14, откуда по мере накопления вывозятся в котельную. Затраты сырья на выработку 1 м³ щепы составляют в среднем 1,4... 1,5 м³, поэтому количество отходов довольно значительно. Эти отходы целесообразно использовать не только в энергетических целях, но и для удобрения лесных почв. Некондиционные частицы (отсев) могут быть использованы в составе щепы для производства плит. Средняя сменная производительность цеха составляет 20 пл. м³ щепы.

Цех по производству щепы на базе установки УПЩ-6А (рис. 3.10) имеет узел подготовки древесного сырья 1. Раскряжевка дровяного долготья производится автоматической пилой АЦ-3С.

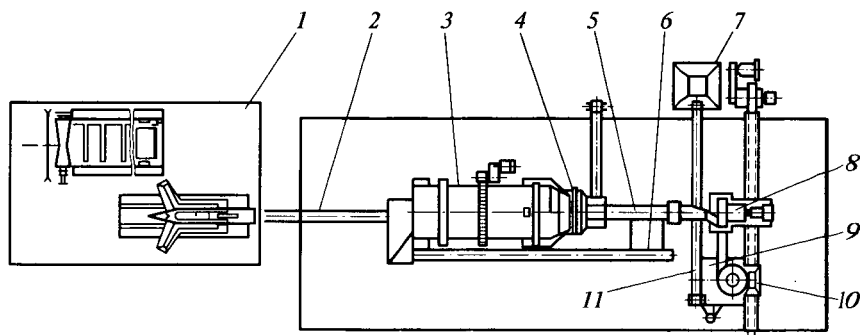


Рис. 3.10. Схема цеха по производству щепы на базе установки УПЩ-6А: 1 — узел подготовки сырья; 2, 6 — цепные конвейеры; 3 — окорочный барабан непрерывного действия; 4 — шиберное устройство; 5, 11 — ленточные конвейеры; 7 — бункер-накопитель; 8 — рубительная машина; 9 — сортировочная установка; 10 — питатель пневмотранспортной установки

Для раскалывания лесоматериалов предусмотрен гидроколун ЛО-46 или КГ-8А. Колотые и тонкомерные лесоматериалы загрузочным цепным конвейером 2 направляются в окорочный барабан непрерывного действия 3 (КБ-6). После окорки лесоматериалы из выгрузочного конуса барабана шибберным устройством 4 подаются на ленточный конвейер 5 и далее в рубительную машину 8 (МРНП-30). Плохо окоренные лесоматериалы сбрасываются на цепной конвейер 6 и возвращаются на доокорку в барабан. На ленточном конвейере 5 установлен металлоискатель, заблокированный с приводом. Щепа из рубительной машины выбрасывается в циклон, откуда равномерно сыпается на приемный лоток сортировочной установки 9 (СЩ-1М). Кондиционная щепа сыпается в питатель 10 пневмотранспортной установки ПНТУ-2М и перемещается на склад. Отходы окорки и сортировки щепы ленточным конвейером 11 выносятся в бункер-накопитель 7. Средняя сменная производительность установки 40 пл. м³ щепы. Для устойчивой работы цеха необходимо создавать буферный запас сырья.

3.3.2. Технология производства щепы из отходов лесобработывающих производств

Технологический процесс производства щепы из отходов лесобработывающих производств включает в себя обязательную окорку пиловочника или шпальника. Горбыли, рейки и оторцовки поступают на сборный конвейер 1 (рис. 3.11). Далее загрузочным конвейером 2, привод которого заблокирован с металлоискателем 3, отходы направляются в рубительную машину 4. В цехах лесо- и шпалопиления преимущественно используют рубительные машины с горизонтальной подачей, которые удобнее для измельчения длинных горбылей и реек. Такие машины имеют дополнительный загрузочный патрон с наклонной подачей, используемый для измельчения коротких отходов и крупной фракции щепы, поступающей от сортировочной установки 7. Раздельное измельчение коротких и длинных отходов позволяет более эффективно использовать рубительную машину. Так, часовая производительность машины МРГ-40 возрастает до 45 пл. м³ щепы. После измельчения отходов щепа поступает на сортировку в установку 7. Если рубительная машина имеет нижний выброс щепы, то загрузка установки осуществляется специальным конвейером 5. После сортировки крупные частицы направляются конвейером 8 на доизмельчение, а мелкая фракция и кондиционная щепа конвейерами 6 выносятся из цеха в бункер или на открытый склад. Выход щепы из отходов составляет 85 %.

Перспективными для переработки тонкомерной древесины являются технологии получения щепы одновременно с пилома-

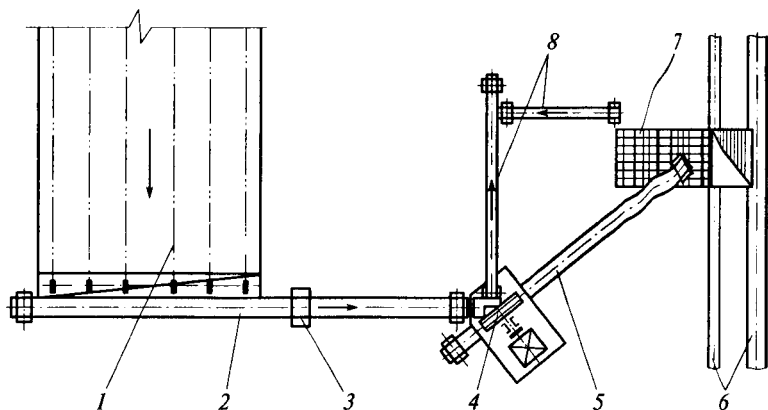


Рис. 3.11. Технологическая схема переработки в щепу отходов лесо- и шпалопиления:

1 — сборный конвейер; 2 — загрузочный конвейер; 3 — металлоискатель; 4 — рубильная машина; 5, 6, 8 — конвейеры; 7 — сортировочная установка

териалами, брусом или шпалами. Фрезерно-брусующие линии наиболее эффективны при переработке тонкомерных бревен диаметром 8...15 см. Линии агрегатной переработки бревен, используемые для переработки пиловочника диаметром 14...18 см, рекомендуются при годовом объеме поступающего тонкомерного сырья не менее 50 тыс. м³. Фрезерно-пильные линии для переработки окоренного и рассортированного по диаметрам пиловочника рекомендуется применять при объеме поступающего тонкомерного сырья не менее 70 тыс. м³ в год.

3.3.3. Хранение и внутрискладской транспорт щепы

Хранение щепы. Существование складов хранения щепы обусловлено неравномерностью производства щепы и ее отгрузки потребителям. В зависимости от объема единовременно хранящейся щепы склады условно подразделяют на малой, средней и большой вместимости. Склады малой вместимости рассчитаны на хранение запаса щепы, соответствующего 7-сменной выработке, средней вместимости — 36-сменной выработке. Такие склады используют при вывозке щепы вагонами и автощеповозами. Склады большой вместимости предназначены для отгрузки щепы в суда.

Различают три основных способа хранения щепы: закрытый — в бункерных галереях, открытый — в кучах на специальных площадках, контейнерный — в небольших емкостях.

Закрытые склады щепы оборудованы механизированными бункерными галереями, которые представляют собой систему желе-

зобетонных или деревянных бункеров призматической или цилиндрической формы с боковым или нижним расположением разгрузочных люков. Закрытое хранение позволяет защитить щепу от неблагоприятных воздействий окружающей среды. Однако бункерные галереи требуют больших капиталовложений и имеют ограниченную вместимость (50... 100 м³ при вывозке автощеповозами, 650... 1 500 м³ при вывозке вагонами).

Открытые склады для кучевого хранения щепы получают все большее распространение благодаря относительно низким затратам на устройство и содержание, экономичному использованию производственной площади и неограниченной вместимости.

Склады для открытого хранения щепы вмещают 100... 700 тыс. м³ щепы, а высота куч достигает 30 м. На лесозаготовительных предприятиях для кучевого хранения устраивают сравнительно небольшие площадки размерами от 25 × 25 до 65 × 70 м. На нижнем складе можно сделать несколько таких площадок в зависимости от породы древесины, назначения и качества щепы. Твердое покрытие площадок выполняют асфальтобетонным или гравийным с уклоном для отвода воды. Береговые открытые склады щепы можно устраивать на причалах эстакадного типа или свайном основании из бревен. Объем щепы, хранимой на таких площадках, достигает 4... 5 тыс. м³ при высоте куч 8... 10 м. Открытые склады оборудуют ленточными конвейерами и пневмотранспортными установками.

К недостаткам способа открытого хранения щепы относятся: развитие биохимических процессов, вызывающих деструкцию щепы; потери древесины, легкогидролизуемых и смолистых веществ; воздействие на щепу окружающей среды — загрязнение минеральными примесями, смерзание наружных слоев, потемнение и деструкция древесины под действием солнечной радиации.

Контейнерный способ хранения по сравнению с бункерным и кучевым способами позволяет избежать механического повреждения щепы и дает ей возможность сохранить свое качество.

Внутрискладской транспорт щепы. Различают внутрицеховое и междцеховое перемещения щепы.

Междцеховой транспорт предназначен для перемещения измельченной древесины от цехов по ее производству к перерабатывающим цехам или пунктам ее хранения и отгрузки. Выбор междцеховых транспортных средств зависит от объема, вида и назначения измельченной древесины, режима работы и технологической схемы нижнего склада. На большинстве современных нижних складов междцеховой транспорт измельченной древесины осуществляется транспортирующими машинами непрерывного действия, обеспечивающими последовательное выполнение междцеховых и внутрицеховых транспортных задач, организацию сквозной транспортировки измельченной древесины от пункта производства к местам ее потребления.

Внутрицеховой транспорт предназначен для перемещения измельченной древесины внутри цеха между отдельными машинами и механизмами в соответствии с технологическим процессом производства. Внутрицеховой транспорт осуществляется транспортирующими машинами непрерывного действия. В зависимости от способа перемещения измельченной древесины они подразделяются на механические и пневматические транспортные средства.

Механические транспортеры. На предприятиях лесной и деревообрабатывающей промышленности для внутри- и межцехового перемещения измельченной древесины широко применяются скребковые транспортеры с прямоугольными желобами. Измельченная древесина в этом случае перемещается по деревянному или обшитому сталью желобу специальными скребками (стальными, деревянными или резиновыми), закрепленными на тяговой рабочей цепи или тросе.

Ленточные транспортеры с тканевой прорезиненной лентой применяются для перемещения измельченной древесины в горизонтальном и наклонном направлениях от пункта ее производства до потребителя на расстояние до 400 м. Несущим и тяговым элементом транспортера является бесконечная лента, движущаяся по роликами или скользящая по настилу.

При перемещении измельченной древесины наклонными транспортерами для предупреждения ее обратного сползания угол наклона не должен превышать 12° . Загрузка ленточного транспортера измельченной древесиной производится через загрузочные воронки или специальные бункера. При этом необходимо обеспечить равномерную подачу измельченного материала на ленту. При подаче измельченной древесины из бункеров равномерная загрузка ленты обеспечивается специальными устройствами — дозаторами.

Ленточные транспортеры бывают стационарными и передвижными.

Пневмотранспортные установки. Отличительной особенностью таких установок является перемещение твердых частиц материала воздушным потоком в герметичном трубопроводе. Воздух в трубопровод подается воздуходувной машиной, а измельченная древесина — через всасывающие приемники или специальные загрузочные устройства — питатели. Отделение щепы от воздуха в конце трубы производится в основном в циклонах-отделителях.

В последние годы этот вид транспорта находит все более широкое применение на предприятиях лесозаготовительной, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности для внутри- и межцехового перемещения щепы, дробленки, стружки, коры и опилок. Это объясняется его значительными преимуществами перед механическими транспортными средствами. К та-

ким преимуществам относятся поточность и непрерывность транспортировки сыпучего материала без перегрузок и пересыпок, высокая производительность, гибкость (подача материала под любым углом в плане и профиле трассы) и маневренность транспорта при сравнительно небольших габаритных размерах, возможность совмещения процесса транспортировки с последующими операциями технологического процесса (сортировка, погрузка, уплотнение, перемешивание, аспирация, укладка щепы в кучи), сравнительная легкость полной автоматизации управления транспортной системой, незначительные капиталовложения и низкие эксплуатационные расходы.

Недостатками пневматического транспорта являются: высокий удельный расход энергии на 1 т перемещаемого груза, некоторое измельчение перемещаемого материала, значительный износ трубопровода в коленах (отводах).

3.3.4. Технология и оборудование для производства древесной стружки

Древесная стружка представляет собой тонкие, узкие и длинные ленты древесины. Она широко применяется в качестве упаковочного материала и как технологическое сырье, ее часто называют древесной шерстью.

Сырьем стружечного производства являются чураки длиной 0,43... 0,51 м, которые используют в целом виде или раскалывают на две, четыре части и более при больших диаметрах. Лучшим сырьем для производства стружки считается древесина с большим содержанием заболони и небольшим числом сучков. При наличии сучков часть стружки получается ломаной, увеличивается процент мусора (стружка короче 50 мм). Косослойная и свилеватая древесина труднее строгаются и дают короткую стружку. Примесь коры в стружке снижает ее качество, а песок в коре ускоряет затупление ножей стружечного станка.

Для получения кондиционной древесной стружки с определенной влажностью необходимо подсушивать древесину до влажности, близкой к равновесной.

Основным сырьем для стружечного производства служит здоровая часть дровяной древесины, поэтому стружечный цех целесообразно размещать вблизи дровяного узла нижнего склада.

Станки, используемые для производства стружки, бывают двух типов: с прямолинейно-возвратным движением режущих инструментов и вращательным (ротационные станки). Наиболее распространены станки с прямолинейно-возвратным движением режущих инструментов, которые, в свою очередь, подразделяются: по направлению движения ножевых плит — на горизонтальные и верти-

кальные; по использованию ходов ножевой плиты — на станки простого и двойного действия, т.е. с холостым ходом ножей и без него; по числу слоев древесины, снимаемых за один ход, — на одно-, двух-, трех- и четырехкратные; по числу одновременно строгаемых поленьев — на одно-, двух-, четырех- и восьмиполенные.

Выход стружки из чураков диаметром 12...24 см составляет в среднем 70...75%. Отходами являются горбыль (15%) и мусор, получающийся в процессе работы (10...15%). При влажности древесины более 50% строгать становится затруднительно, ножи забиваются, а качество стружки резко снижается. Производительность станков в основном зависит от толщины стружки и колеблется от 0,3 до 3 т стружки в смену.

Применение искусственной сушки древесной стружки особенно важно в тех случаях, когда нижние склады и лесоперевалочные базы ограничены по площади и нет возможности создать большой запас просушенного сырья.

Для высушивания стружки применяют камерные, конвейерные и тоннельные сушилки. Наиболее совершенной является тоннельная сушилка непрерывного действия. Нагретый воздух продувается через слой стружки в поперечном направлении. При этом желательно обеспечить различное направление движения воздуха в разных участках камеры.

Для удобства транспортировки и хранения древесную стружку прессуют в тюки и полутюки. В них она хорошо сохраняет свои качества и менее опасна в пожарном отношении. Размеры тюков 500×585×485 мм. Тюки и полутюки прочно увязывают двумя поясами отожженной проволоки диаметром 1,8...2 мм. На планки тюков и полутюков наносят марку с указанием породы древесины, условного обозначения, толщины, ширины и веса стружки, а также название завода-изготовителя.

Древесную стружку следует хранить в закрытых складах, предохраняя тюки от атмосферных осадков и обеспечивая проветривание.

3.3.5. Производство арболита

Арболитом называют легкий бетон на органических заполнителях, получаемый в результате формования и твердения смеси, состоящей из древесной дробленки, минерального вяжущего, химических добавок и воды. Он подразделяется на пять марок. Каждая марка представляет собой число, соответствующее прочности арболита на сжатие в десятых долях мегапаскала. Арболит марок 5 и 10 применяют для изготовления теплоизоляционных, а марок 15, 25 и 35 — конструктивно-теплоизоляционных изделий. Этот строительный материал сочетает в себе многие положительные

свойства как древесины, так и бетона. Он легкий, не горит, относительно био- и морозостоек, нетоксичен, легко поддается механической обработке, благодаря своим хорошим теплофизическим свойствам способствует поддержанию устойчивых тепловых режимов в помещениях.

К недостаткам арболита следует отнести значительный расход вяжущего, масса которого в 1,5—1,6 раза превышает массу древесины, а также сравнительно низкие прочностные показатели. Наружный слой ограждающих конструкций должен иметь отделочный слой, обеспечивающий защиту арболита от увлажнения. Влияние водорастворимых веществ и сахаров можно снизить длительной выдержкой древесины или введением ускорителей твердения цемента.

Из арболита изготавливают панели, блоки, стеновые камни, тепло- и звукоизоляционные плиты, широко применяемые для малоэтажного строительства жилых, общественных и промышленных зданий при незначительных капиталовложениях.

Технологический процесс производства арболита включает в себя следующие основные операции: приготовление древесной дробленки, минерализация древесины, приготовление арболитовой смеси, формование, твердение, хранение и транспортировка арболитных изделий. Сырьем для производства арболита могут служить отходы лесозаготовок и лесобрабатывающих предприятий. Эти отходы предварительно измельчают в щепу, окорка сырья не требуется. Длина частиц должна быть не более 40 мм при наибольшей толщине 5 мм и ширине 10 мм. Щепка не должна содержать более 20% коры, 5% хвои и листьев, 2% гнили и 4% минеральных примесей. Сырье рекомендуется выдерживать на открытом воздухе не менее 2 мес.

В качестве вяжущего используют, как правило, портландцемент марок 400 и 500. Для получения арболита повышенной прочности рекомендуются быстросхватывающиеся цементы. Для лучшего схватывания цемента и древесины дробленку подвергают минерализации — обработке растворами минеральных солей.

Состав арболитовой смеси подбирают расчетно-экспериментальным путем. Исходный состав зависит от используемого древесного сырья, марки арболита и определяется действующими нормативными документами. Так, для 1 м³ изделия из арболита марки 10 требуется следующее количество исходных материалов: 190 кг (сухая масса) дробленки из отходов лесозаготовок хвойных пород, 300 кг портландцемента марки 400, 8 кг хлористого кальция или жидкого стекла, 330 кг воды.

Арболитовую смесь готовят в смесителях циклического действия с принудительным перемешиванием компонентов. При этом используют оборудование, применяемое на заводах сборного железобетона.

3.3.6. Производство тарных комплектов

Одним из направлений увеличения степени использования низкокачественной древесины является ее переработка на различные виды короткомерной пилопродукции (детали, заготовки и комплекты ящичной тары). Используемое для переработки сырье лиственных и хвойных пород поражено преимущественно ядровой гнилью, которая резко снижает прочность древесины. Поэтому гниль не допускается ни в одном из видов получаемой продукции и при раскрое ядровая часть древесины, пораженная гнилью, идет в отходы. Деревянную ящичную тару классифицируют по назначению, типу конструкции, материалу изготовления, сроку и режиму эксплуатации.

По назначению тару подразделяют на промышленную и плодовоовощную, по типу конструкции — на разборную, неразборную, складную и разборно-складную, по сроку использования — на многооборотную и разового пользования.

Основной продукцией цехов по производству тарных пиломатериалов являются тарная дощечка, бочковая дощечка (клепка) различного вида, черновые заготовки. Тарные дощечки отгружаются потребителям комплектами, связанными проволокой.

Технология переработки низкокачественной древесины на тарные комплекты включает в себя следующие операции: подготовка и подача лесоматериала в цех; первичный раскрой кряжей; раскрой промежуточных материалов (брусков, лафетов, досок и др.); формирование толщины, ширины и длины полуфабрикатов; укладка полуфабрикатов в пакеты и сушильные штабеля; сушка полуфабрикатов с последующей нормализацией внутренних напряжений; окончательное формирование размеров пилопродукции; сортировка, пакетирование, хранение и отгрузка потребителю; утилизация древесных отходов.

Применяют групповой и индивидуальный способы раскроя кряжей. При групповом способе учитывают лишь общие размерно-качественные показатели перерабатываемого сырья, не сортируя его по толщине и качеству. Основным преимуществом данного способа является более высокая производительность и простота технологии. Однако выход товарной продукции при этом снижается.

При индивидуальном способе раскроя учитывают особенность каждого перерабатываемого кряжа, что способствует повышению выхода продукции. Эффективность применения того или иного способа зависит от качества сырья.

Особенностями работы тарных цехов являются ограниченность или отсутствие промежуточных запасов сырья, большое разнообразие его размеров и качества.

Основное технологическое оборудование (тип и количество) подбирают в соответствии с заданной производительностью. За

Основную расчетную единицу, определяющую производительность потока, принимают головной станок. Расчет производительности и выбор станков ведут с учетом увеличения числа заготовок для каждого последующего станка.

Эффективность работы потока обеспечивается созданием межоперационных запасов полуфабрикатов, подбором оборудования по производительности, механизацией буферных устройств, организацией уборки и выноса за пределы цеха различного рода отходов.

Головным станком тарных потоков чаще всего является шпалорезный станок ЦДТ6. Наряду с круглопильными станками в качестве головного оборудования используются лесопильные рамы (одноэтажные коротышевые и двухэтажные).

Для нижних складов эффективной является переработка древесины в комбинированных лесопильно-тарных или шпалорезно-тарных цехах.

Контрольные вопросы

1. Какова структура биомассы дерева?
2. Как классифицируют древесные отходы?
3. Перечислите методы определения объемов образования отходов. Каковы их преимущества и недостатки?
4. Какие виды измельченной древесины получают в результате механической переработки?
5. Что такое щепа? Дайте ее классификацию и назовите основные свойства.
6. Приведите схемы производства технологической щепы в условиях лесосеки.
7. Назовите способы заготовки пней и корневой древесины.
8. Какие машины и механизмы используют для заготовки пней и корневой древесины?
9. Как оценивают запасы древесной зелени?
10. Как осуществляется заготовка древесной зелени? Перечислите основные технологические операции и применяемое оборудование.
11. Каковы основные направления использования коры?
12. Какие виды древесного топлива вы знаете? Назовите экологические и энергетические показатели использования биотоплива.
13. Какие схемы производства технологической щепы в условиях лесных складов используются на лесозаготовительных предприятиях?
14. Опишите технологию производства щепы на базе установок УПЩ-3А и УПЩ-6А.
15. Какие виды внутрискладского транспорта щепы используются на предприятиях лесной отрасли?
16. Опишите технологию производства упаковочной стружки и укажите применяемое оборудование.
17. Что такое арболит? Дайте его классификацию и опишите технологический процесс производства.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

4.1. Транспорт леса и его значение в технологических процессах лесного комплекса

4.1.1. Общая характеристика лесотранспортных систем

Транспорт леса — это технологический процесс перемещения по лесным дорогам и дорогам общего пользования лесных грузов от мест их погрузки на тяговый и прицепной состав до мест доставки потребителю.

Эффективная работа лесного комплекса, в который входят лесохозяйственные, лесозаготовительные и лесоперерабатывающие предприятия, невозможна без развитой сети лесных дорог. Повышение плотности дорожной сети в лесном комплексе позволяет снизить затраты на заготовку лесной продукции, повысить продуктивность леса, обеспечить выполнение лесовосстановительных работ, проведение рубок ухода и санитарных рубок, а также улучшить условия охраны леса от вредителей и пожаров.

Затраты на транспорт леса составляют до 30...40 % стоимости лесопродукции.

В технологических процессах лесохозяйственных и лесозаготовительных предприятий используются следующие виды транспорта: сухопутный (автомобильный, железнодорожный, воздушно-канатный); водный (плоты, суда, баржи); воздушный (вертолеты, дирижабли); трубопроводный.

Применение того или иного вида транспорта обусловлено типом транспортного средства, природными и производственными условиями и технико-экономическими показателями.

Одной из главных особенностей транспорта леса является собирательный характер работы, определяемый лесосырьевой базой как грузообразующей площадью с неравномерной концентрацией сырья на единицу площади. Положение лесных дорог на лесной площади зависит не столько от ее деления на различные выделы, кварталы, урочища в системе лесоустройства, сколько от зоны тяготения лесных грузов к дороге.

Виды лесной продукции (деревья, хлысты, сортименты, пиломатериалы, щепа, осмол и др.) имеют разные значения объем-

ной плотности, размеров, сбежистости. Некоторые сыпучие материалы требуют использования специального тягового и прицепного состава. Незначительная концентрация лесных грузов на единицу площади (ликвидный запас древесины 30... 60 м³/га для выборочных и постепенных рубок) требует устройства большого числа погрузочных пунктов (через каждые 80... 120 м) и подъездных путей к ним.

Характерной особенностью является односторонность грузопотока (лесной груз движется только из леса), что предопределяет неизбежные порожние пробеги транспортных средств.

Дороги общего пользования по интенсивности движения и грузонапряженности подразделяют в соответствии со СНиП 2.05.02-85 на дороги пяти категорий (I, II, III, IV, V) и подъездные пути. Лесовозные автомобильные дороги в соответствии со СНиП 2.05.07-85 делят на магистрали (I-л, II-л, III-л, IV-л, V-л), ветки и усы. Лесохозяйственные дороги в соответствии с ВСН 07-82 подразделяют на три типа:

I тип — дороги, сооружаемые на весь срок действия предприятий лесного комплекса, проходящие практически через весь лесной массив и объединяющие другие дороги в единую сеть. Магистраль лесохозяйственной дороги I типа соответствует магистрали лесовозной дороги IV-л с интенсивностью движения до 50 автомобилей в сутки;

II тип — дороги, прокладываемые для освоения отдельных частей лесосырьевой базы и проведения лесохозяйственных мероприятий;

III тип — дороги для разработки отдельных лесосек, противопожарные, к кордонам и егерским участкам и лесохозяйственного назначения.

Лесохозяйственные дороги служат не только для доставки потребителей лесного сырья, но и для выполнения лесовосстановительных работ, работ по охране лесов от вредителей и пожаров, а также мероприятий хозяйственного назначения. Классификация лесохозяйственных дорог по назначению приведена в табл. 4.1.

При формировании структуры транспортных подразделений лесного комплекса учитывают объем выполняемых работ, дальность перевозки лесных грузов, состояние дорог и другие условия. Структура транспортного процесса определяется технологической взаимосвязью со смежными фазами производственного процесса.

В лесном комплексе наиболее широкое применение получили три основных вида транспортно-технологических схем:

прямая вывозка (без перегрузки), при которой древесину от места валки на лесосеке доставляют до потребителя с использованием специальных тракторов на пневмошинном ходу;

одноступенчатая вывозка, при которой древесина трелюется прямо на лесосеке на верхние склады к лесным дорогам, где ее грузят на

Классификация лесохозяйственных дорог

| Тип дороги | Лесохозяйственное назначение |
|------------|---|
| I | Магистральные дороги Внешние дороги Дороги в зеленых зонах |
| II | Дороги с выходом на магистраль Дороги, соединяющие лесохозяйственные объекты с дорогами общего пользования |
| III | Противопожарные дороги Дороги для вывозки лесохимического сырья Дороги к временным лесопитомникам Дороги к постоянным лесосеменным участкам Дороги к кордонам и егерским участкам |

транспортные средства и вывозят на нижние склады или потребителям;

многоступенчатая вывозка, при которой древесину с верхних складов вывозят на промежуточные склады, а оттуда доставляют потребителям или на нижний склад. При многоступенчатой вывозке могут применяться различные типы автопоездов, процесс вывозки может разделяться по времени (первая ступень — зимой, вторая — летом).

4.1.2. Технические и технико-экономические показатели работы лесотранспортных систем

Функционирование лесотранспортных систем оценивают природными, техническими и технико-экономическими показателями. Эффективная работа лесного транспорта возможна только при правильных и рациональных учете и оценке природных условий региона (климат, рельеф, почва, грунты, таксационные показатели лесонасаждений и др.).

К техническим показателям лесотранспортных систем лесного комплекса относятся: протяженность дорог, эксплуатационная длина дорог в расчетный год работы предприятия, грузооборот дороги, интенсивность движения, расчетная скорость движения.

Технико-экономические показатели работы лесотранспортных систем — это затраты на строительство и эксплуатацию лесных

дорог, затраты на приобретение или аренду транспорта, сменная производительность транспортных и погрузочно-разгрузочных машин и ряд других показателей.

Для анализа и оценки работы транспорта определяют основные измерители лесотранспорта. Исходными данными для определения этих измерителей являются: общая площадь лесного массива $S_{об}$, га или км²; длина массива A , км; ликвидный запас древесины на 1 га γ_n , м³/га.

Протяженность магистральных дорог (I тип) и *веток* (II тип) определяют с использованием схемы транспортного освоения всей лесосырьевой базы по формулам

$$\begin{aligned} L_I &= (x + x_1)k_m; \\ \sum L_{II} &= (l_1 + l_2 + \dots + l_n)k_b, \end{aligned} \quad (4.1)$$

где x — длина магистральной дороги от пункта примыкания до границы лесного массива; x_1 — длина магистральной дороги в пределах лесного массива; k_m, k_b — коэффициенты удлинения трассы из-за рельефа местности, $k_m = 1,05 \dots 1,1$, $k_b = 1,1 \dots 1,2$; l_1, l_2, \dots, l_n — длины веток.

Густота дорожной сети в лесном массиве, км/100 га, определяется по формуле

$$\Gamma = \frac{L_I + \sum L_{II}}{0,01S_{об}}. \quad (4.2)$$

Грузооборот дороги — это общее количество грузов, вывезенных по дороге за единицу времени (год):

$$Q_{год} = q_1 + q_2 + \dots + q_n, \quad (4.3)$$

где q_1, q_2, \dots, q_n — количество грузов, вывезенных с каждого из погрузочных пунктов, т или м³.

Грузовая работа — это сумма произведений объема лесного сырья, отгружаемого с каждого погрузочного пункта, и расстояния вывозки от пункта погрузки до места разгрузки (потребителя):

$$R = q_1 l_1 + q_2 l_2 + \dots + q_n l_n, \quad (4.4)$$

где l_1, l_2, \dots, l_n — расстояния между каждым из пунктов погрузки и местом разгрузки.

Данный измеритель имеет важное значение при расчетах потребности в топливно-смазочных материалах, числа тягового и прицепного состава, штата работников дороги и для организации производства.

Средневзвешенное расстояние вывозки лесопродукции по данной дороге или по всей лесосырьевой базе определяется по формуле

$$L_{\text{ср.взв}} = \frac{R}{Q_{\text{год}}}. \quad (4.5)$$

Эксплуатационная длина дорог — это общая протяженность части магистрали и веток, находящихся в эксплуатации в расчетный год:

$$L_{\text{эк}} = L_{\text{м}} + \sum L_{\text{в}}, \quad (4.6)$$

где $L_{\text{м}}$, $\sum L_{\text{в}}$ — длины соответственно части магистрали и веток, по которым в расчетный год вывозят лесную продукцию.

Коэффициент пробега — это отношение средневзвешенного расстояния вывозки лесопродукции к эксплуатационной длине:

$$\alpha_{\text{пр}} = \frac{L_{\text{ср.взв}}}{L_{\text{эк}}}. \quad (4.7)$$

Коэффициент пробега показывает, какую часть общей протяженности путей пробегает в среднем каждая тонна или каждый кубометр древесины.

Оптимальными для коэффициента пробега являются значения в диапазоне 0,4...0,6; меньшие, чем в данном диапазоне, значения указывают на значительный разброс и удаление погрузочных пунктов с небольшим объемом лесного сырья, а большие означают, что проводятся концентрированные рубки.

Грузонапряженность дороги — это объем грузовой работы, приходящийся на 1 км эксплуатационной длины дороги:

$$W = \frac{R}{L_{\text{эк}}}. \quad (4.8)$$

Интенсивность движения N определяется числом транспортных средств, проходящих по дороге за единицу времени (час, сутки, месяц, год) в обоих направлениях.

При освоении участков лесосырьевой базы годовой грузооборот дороги лесохозяйственного или лесозаготовительного назначения определяют по формуле

$$Q_{\text{год}} = \frac{S_{\text{хв}} \gamma_{\text{л.хв}}}{n_{\text{хв}}} + \frac{S_{\text{л}} \gamma_{\text{л.л}}}{n_{\text{л}}} + Q_{\text{пр}}, \quad (4.9)$$

где $S_{\text{хв}}$, $S_{\text{л}}$ — площади лесонасаждений соответственно хвойных и лиственных пород, га; $\gamma_{\text{л.хв}}$ и $\gamma_{\text{л.л}}$ — ликвидный запас древостоя на 1 га спелых и приспевающих лесонасаждений соответственно хвойных и лиственных пород, выделенных для рубок главного пользования, м³/га; $n_{\text{хв}}$, $n_{\text{л}}$ — возрасты рубок древостоя соответственно хвойных и лиственных пород, лет; $Q_{\text{пр}}$ — ежегодный объем товарной древесины от рубок промежуточного пользования, м³/год.

4.1.3. Лесотранспортные средства

Лесотранспортные средства — это автомобили, трактора, локомотивы, вагоны, сцепы и автопоезда, предназначенные для перевозки грузов различного назначения: хлыстов, полухлыстов, сортиментов, пиломатериалов, технологической щепы, дров, осмола, лесной и дорожной техники, дорожно-строительных материалов и других хозяйственных грузов.

Предприятия лесного комплекса для перевозки лесных грузов, в том числе сыпучих, используют одиночные автомобили и автопоезда, состоящие из автомобилей-тягачей и прицепного состава (ропуски, прицепы, полуприцепы). Транспортные средства серийно выпускают российские и зарубежные предприятия. Промышленность изготавливает лесовозные автопоезда в широком диапазоне по мощности двигателя (110... 350 кВт), грузоподъемности (5... 50 т) и осевой нагрузке (от легких — менее 6 т на ось, до тяжелых — 12,5 т на ось). Это дает возможность выбора автопоезда для соответствующих дорожных условий и объемов перевозимого лесного сырья.

К автомобилям-тягачам выпускается соответствующий им по грузоподъемности прицепной состав, имеющий свои конструктивные особенности и характерные параметры.

Прицеп-ропуск — это транспортное средство, предназначенное для перевозки длинномерных грузов, несущее на себе часть груза и соединенное с тягачом с помощью специального устройства. Прицеп-ропуск (рис. 4.1), представляет собой одноосную или двухосную балансирную тележку 3 с односкатными или двухскатными колесами, на которой установлена рама 6 с технологическим оборудованием — коником 2, стойкой 1 и дышлом 5. Де-

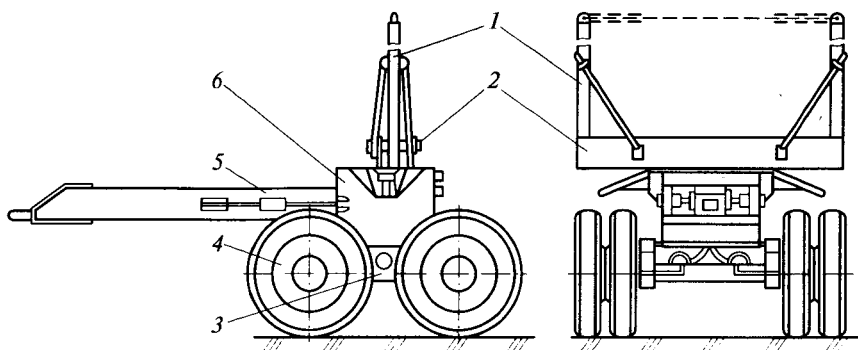


Рис. 4.1. Общий вид прицепа-ропуски:

1 — стойка; 2 — коник; 3 — балансирная тележка; 4 — колесо; 5 — дышло; 6 — рама

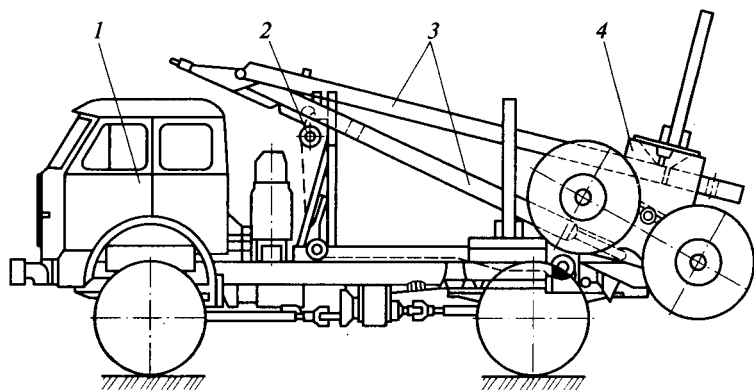


Рис. 4.2. Общий вид автомобиля со складывающимся дышлом:

1 — автомобиль-тягач; 2 — трособлочная крестообразная сцепка; 3 — складывающееся дышло; 4 — рама прицепа-ропуска

ревянное дышло круглого или квадратного сечения одним концом закреплено с некоторой степенью свободы в раме с помощью шкворня. Другой его конец с помощью сцепной петли закрепляют в замке фаркопа автомобиля-тягача.

Выпускаются прицепы-ропуски с нескладывающимся или складывающимся металлическим дышлом. Управление последним осуществляется с помощью трособлочной крестообразной сцепки 2 (рис. 4.2). У длиномерного дышла прицепов-ропусков можно изменять длину в пределах 9... 11 м благодаря наличию дополнительных отверстий под шкворень.

Прицеп-сортиментовоз — это транспортное средство, несущее на себе груз в полном объеме, имеющее переднюю и заднюю тележки с одной или несколькими (до четырех) осями и односкатными или двухскатными колесами. Передняя тележка прицепа, соединенная со сцепным устройством автомобиля, поворотная, что обеспечивает движение прицепа по следу автомобиля-тягача на кривых участках пути. Прицепы-сортиментовозы имеют жесткую профильную платформу или раму, на которой устанавливают коники с внутренней шириной 2,2... 2,5 м и стойки высотой 1,5... 2,5 м. Длина перевозимого сырья регламентируется длиной платформы, на которую укладывают один или несколько штабелей сортиментов. При этом число стоек на один штабель должно быть не менее двух.

Полуприцеп-сортиментовоз — это транспортное средство, несущее на себе груз в полном объеме и передающее часть нагрузки через седельное сцепное устройство на тягач. Полуприцеп имеет от одной до трех осей. Технологическое оборудование — коники и стойки — закреплено жестко на платформе.

Автомобили-тягачи МАЗ-5434, КрАЗ-255Л, КрАЗ-6437, «Урал»-43204 для погрузки прицепа-ропуска на шасси тягача оборудованы установленной на раме тяговой балкой, лебедкой и поворотным коником со стойками. В автопоездах, оборудованных прицепами-ропусками с деревянными дышлами и крестообразной канатной сцепкой, можно изменять расстояние между кониками тягача и ропуска при изменении длины хлыстов. Крестообразная сцепка обеспечивает движение колес ропуска по следу колес тягача.

Для правильного распределения массы по осям автопоезда расстояние между кониками (рис. 4.3) определяют по формуле

$$l_k = \frac{Q'_{\text{пол}}(rL_T - a)}{q_p}, \quad (4.10)$$

где $Q'_{\text{пол}}$ — полезная масса груза автопоезда, т; r — коэффициент, учитывающий положение центра тяжести пакета, для хлыстов $r = 0,33$, для деревьев с кронами $r = 0,37$, для длиномерных сортиментов $r = 0,30$; L_T — длина транспортного пакета, м; a — свес комлевой части пакета за передний коник тягача, для автопоезда с прицепом-ропуском $a \leq 1,0$ м, для автопоезда с полуприцепом $a \leq 2,5$ м; q_p — грузоподъемность ропуска, т.

Полезная масса груза автопоезда $Q'_{\text{пол}} = q_a + q_p$, где q_a — грузоподъемность автомобиля, т.

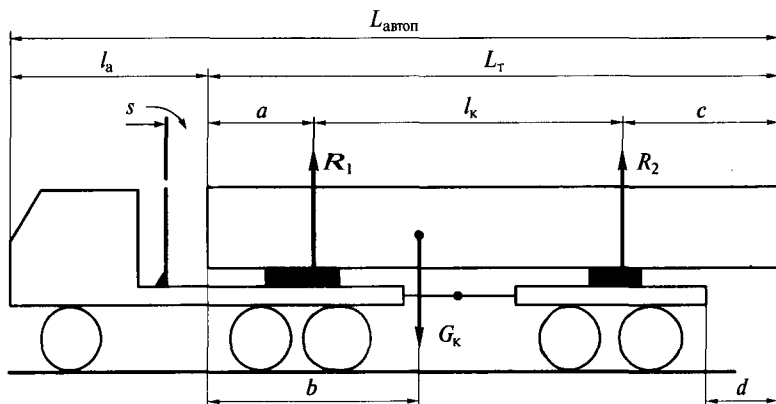


Рис. 4.3. Схема для расчета расстояния между кониками автопоезда:

$L_{\text{автоп}}$ — длина автопоезда с транспортным пакетом хлыстов (сортиментов); l_a — длина автомобиля до комлевой части пакета; L_T — длина транспортного пакета; s — расстояние между ограждением автомобиля и комлевой частью пакета; a — свес комлевой части пакета; l_k — расстояние между кониками; c — свес вершинной части пакета; R_1, R_2 — силы реакций коников на груз; G_k — вес пакета; b — расстояние от комлевой части пакета до его центра тяжести; d — выступание вершинной части пакета за габарит автопоезда

При выборе автопоезда необходимо учитывать требования правил дорожного движения. На дорогах общего пользования высота транспортного средства вместе с грузом не должна превышать 4,0 м, ширина — 2,5 м, длина автопоезда седельного типа должна быть не более 20 м, автопоезда с прицепом-ропуском — не более 24 м. Свес вершинной части пакета за габариты автопоезда должен быть не более 2 м (на лесовозных дорогах — не более 9 м).

Нагрузка на ось и на весь автопоезд не должна превышать допустимую по дорожным условиям (категория дороги, тип дорожной одежды, сезон эксплуатации, состояние проезжей части, мостов, труб и др.).

При вывозке хлыстов полезный объем груза $Q_{\text{пол}}$, м³, возможный по тяговой характеристике автомобиля, необходимо проверять по максимальной загрузке V_{max} :

$$Q_{\text{пол}} \leq V_{\text{max}} = F_0 q_{\text{хл}}, \quad (4.11)$$

где F_0 — площадь поперечного сечения пакета хлыстов на конике автомобиля, м²; $q_{\text{хл}}$ — объем хлыстов, размещенных на 1 м² поперечного сечения коника, при среднем объеме хлыста 0,14...0,21 м³ $q_{\text{х}} = 4,5$ м³/м², при среднем объеме 0,4...0,49 м³ $q_{\text{хл}} = 6$ м³/м².

При вывозке сортиментов ($l_{\text{сорт}} > 2,5$ м) полезную нагрузку на автопоезд в составе тягача и прицепа проверяют по максимальной возможной загрузке, определяемой геометрическими параметрами технологического оборудования и длиной сортиментов:

$$Q_{\text{пол}} \leq V_{\text{max}} = k_{\text{полн}} v_{\text{к}} h_{\text{ст}} l_{\text{сорт}} n_{\text{шт}}, \quad (4.12)$$

где $k_{\text{полн}}$ — коэффициент полндревесности; $v_{\text{к}}$ — внутренняя ширина коника, м; $h_{\text{ст}}$ — высота стойки, м; $l_{\text{сорт}}$ — длина сортимента в штабеле, м; $n_{\text{шт}}$ — число штабелей.

Коэффициент полндревесности — это отношение плотного объема $V_{\text{пл}}$ древесины в штабеле к складочному объему $V_{\text{скл}}$. Данный коэффициент зависит от породы древесины, длины сортимента и степени укладки (принимают его в соответствии с требованиями ОСТ 13-43—79).

Для вывозки короткомерных круглых или колотых лесоматериалов (длиной менее 2,5 м), а также технологической щепы используют специализированный транспорт, имеющий объемные кузова или контейнеры.

На базе автомобилей-тягачей седельного типа и полуприцепов созданы щеповозы со специальным самосвальным или транспортным оборудованием для выгрузки щепы из кузова. Кузов щеповоза имеет систему обогрева щепы в зимний период и устройство, обеспечивающее вибрирование кузова при выгрузке. Загрузка щепы осуществляется сверху через боковые борта фронтальным погрузчиком, выгрузка — опрокидыванием кузова.

Разработаны и выпускаются транспортные средства для перевозки осмола (ТМ-15, ТМ-18) и лесосечных отходов (САС-2А).

Все виды мелких лесных грузов (коротье, щепа и различного вида отходы) способны перевозить специальные автопоезда-контейнеровозы.

Эффективность работы лесотранспортных предприятий в небольшой степени зависит от производительности погрузочно-разгрузочных машин и механизмов, возможности их работы на лесах, лесных терминалах и складах потребителей.

4.2. Основные элементы и проекции пути

4.2.1. Конструктивные элементы пути

Лесной путь — это сложное инженерное сооружение, предназначенное для перемещения по нему транспортных машин и прицепного состава в процессе перевозки различных грузов и людей. Конструкция пути зависит от типа дороги, объема перевозимого груза, местных условий (рельеф, грунтово-гидрологические условия). Лесной путь состоит из земляного полотна, дорожной одежды, водоотводных и водопропускных сооружений.

Земляное полотно — это естественно или искусственно созданное сооружение из грунтового массива, на котором устраивают дорожную одежду. В зависимости от положения проектной линии продольного профиля земляное полотно может иметь форму насыпи или выемки, а на косогоре — полунасыпи-полувыемки (рис. 4.4).

Насыпь представляет собой призматOID переменной сечения, выемка — земляное сооружение в виде траншеи трапецеидальной формы с двумя боковыми канавками-кюветами.

Основными размерами земляного полотна дороги являются ширина земляного полотна B , измеряемая между бровками, высота насыпи H_n и глубина выемки H_v , определяемые как разность отметок бровки земляного полотна и поверхности земли по оси дороги.

Бровка земляного полотна — это линия пересечения плоскости откоса с поверхностью земляного полотна дороги.

Откосы земляного полотна представляют собой наклонные плоскости, ограниченные бровкой земляного полотна и подошвой насыпи. Наружный откос выемки формируется плоскостью (линией) дна кювета и линией выхода на дневную поверхность земли.

Крутизна откосов характеризуется коэффициентом крутизны откоса m , который определяется как отношение заложения отко-

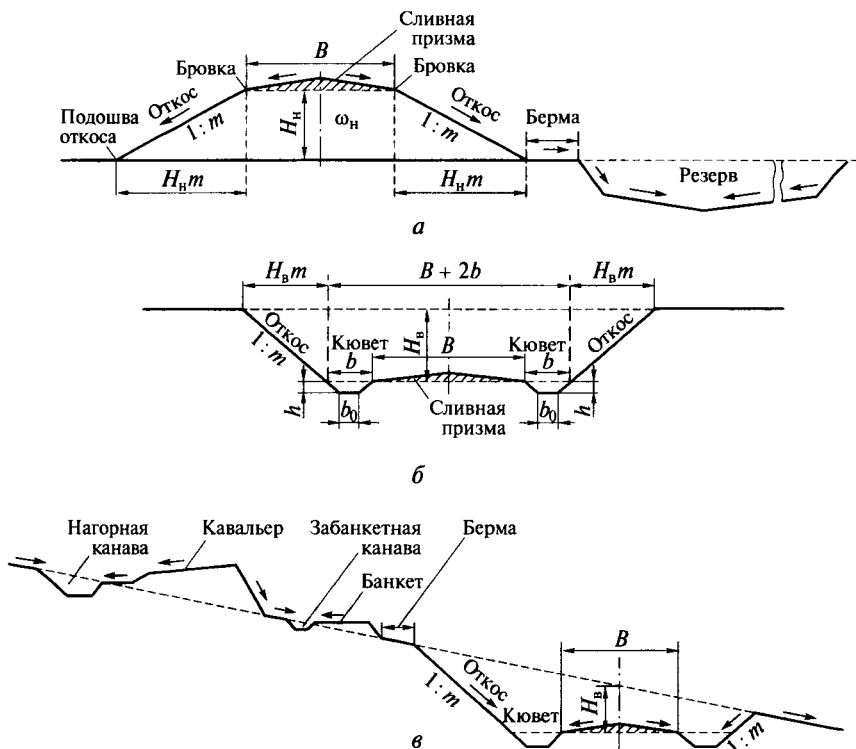


Рис. 4.4. Основные элементы земляного полотна лесовозной дороги:

a — насыпь; *б* — выемка; *в* — выемка на косогоре; B — ширина земляного полотна; H_n — высота насыпи; H_b — глубина выемки; ω_n — площадь поперечного сечения насыпи; m — коэффициент крутизны откоса; b — ширина кювета поверху; b_0 — ширина кювета по дну

са к высоте насыпи или глубине выемки. Крутизна откосов обозначается на чертежах надписью $1 : m$. Величина m зависит от вида грунта и технологии возведения земляного полотна, на лесных дорогах $m = 1,5 \dots 3$.

Сливная призма земляного полотна — это треугольная призма его верхней части, предназначенная для отвода воды, проникающей через дорожную одежду.

Резерв — это уширенная боковая канава, образовавшаяся в результате выемки грунта, для возведения земляного полотна в насыпи.

Дорожная одежда — это прочная, ровная и износостойкая конструкция из одного или нескольких слоев дорожно-строительных материалов, непосредственно воспринимающая нагрузку от колес автомобиля и прицепного состава и передающая ее в распределенном виде на земляное полотно.

Дорожная одежда характеризуется шириной и уклонами проезжей части, толщиной слоев по оси и на кромках проезжей части, а также на бровках дороги при укреплении обочин.

Водоотводные сооружения дороги — это лотки, каналы (продольные, осушительные, нагорные), дренажные и водопоглощающие устройства, сливная призма земляного полотна, откосы, бермы и другие защитные устройства, обеспечивающие устойчивость насыпей и выемок.

Водопрпускные сооружения дороги — это мосты и трубы в деревянном, железобетонном или металлическом исполнении, служащие для пропуска воды с одной стороны дороги на другую и проезда по ним транспорта.

4.2.2. Проекция пути

Для изображения на чертежах конструкции лесных дорог используют три основные проекции: план дороги — проекция пути в виде линий на горизонтальную плоскость; продольный профиль — проекция пути на вертикальную плоскость, проходящую через геометрическую ось дороги (т. е. вертикальный разрез дороги); поперечный профиль — проекция пути на вертикальную плоскость, перпендикулярную геометрической оси дороги.

План дороги. В мелких масштабах на чертежах план дороги изображают в виде одной линии — оси дороги.

Ось дороги — это воображаемая линия, проходящая вдоль пути посередине поверхности земляного полотна на уровне бровок.

Ось дороги, расположенная на местности или топографической карте, называется *трассой*.

Трассирование — это процесс размещения трассы и закрепление ее направления на местности (карте).

Основными характеристиками плана дороги являются: длина дороги L , м; суммарная длина прямых $\sum L_{пр}$, м, и кривых $\sum K$, м; минимальный радиус кривых $R_{мин}$, м; средний радиус кривых $R_{ср}$, м, определяемый по формуле $R_{ср} = 57,3 \sum K / \sum \alpha$; сумма всех углов поворота $\sum \alpha$, град; коэффициент развития (удлинения) трассы $K_p = L / L_b$, где L_b — расстояние по воздуху между началом и концом дороги по карте; шаг трассирования $l_{тр}$, мм.

Шаг трассирования — это наименьшее расстояние между горизонталями при заданном уклоне участка трассы. Его определяют по формуле

$$l_{тр} = \frac{10^6 \cdot \Delta h}{M i_{тр}}, \quad (4.13)$$

где Δh — сечение горизонталей топографической карты, м; M — знаменатель масштаба карты; $i_{тр}$ — уклон продольного профиля,

руководящий уклон или максимальный спуск с учетом возможного снижения в кривых, ‰.

Коэффициент развития трассы определяют отдельно для магистрали (I тип), веток (II тип) и усов (III тип) лесных дорог. Для равнинной и холмистой местности допустимое значение коэффициента развития магистрали находится в пределах 1,05...1,1, веток — 1,2...1,4, усов — 1,5...1,8.

Максимальный радиус круговой кривой принимают по нормам проектирования лесных дорог с учетом требований ВСН01-82, СНиП 2.05.02-85 и рельефа местности.

На крупных планах трасс (масштабы 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500 и крупнее) наносят искусственные (мосты, трубы) и водоотводные (канавы, резервы) сооружения, а также элементы обстановки дороги.

Обстановка дороги — это дорожные знаки (километровые, указательные, предупреждающие), ограждения и другие устройства, обеспечивающие безопасность движения.

Продольный профиль дороги. Это сложный технический документ, содержащий большое число инженерных решений по плану трассы, земляному полотну, водоотводу и искусственным сооружениям.

Чертеж продольного профиля лесной дороги (рис. 4.5) выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 21.511—83 в масштабах: горизонтальный 1 : 5 000, вертикальный 1 : 500, грунтовый разрез 1 : 50.

На продольном профиле длина дороги принимается равной ее горизонтальной проекции. Отметка бровки земляного полотна является *проектной отметкой*. Разность между ней и поверхностью земли, именуемая *рабочей отметкой*, соответствует высоте насыпи или глубине выемки.

Отметки пикетов, плюсовых точек, реперов указывают на положение их относительно среднего уровня Балтийского моря, т. е. находятся в абсолютной системе высот. Если исходный уровень принят другим, то отметки находятся в условной системе высот.

Элементом продольного профиля называется участок проектной линии между двумя смежными переломами. Уклон элемента продольного профиля — это превышение одной его крайней точки над другой, деленное на длину элемента. Величина уклона i выражается в тысячных или промилле (‰).

Участки лесных дорог подразделяются на подъемы, спуски и горизонтальные участки с нулевым уклоном.

На продольном профиле назначают уклоны различной величины, зависящие от рельефа местности и категории дороги. Характерными уклонами, которые определяют эксплуатационные качества и строительную стоимость лесной дороги, являются руководящий подъем и максимальный спуск.



Рис. 4.5. Продольный профиль дороги

Руководящий подъем — это наибольший по абсолютной величине подъем в грузовом направлении на прямом участке пути длиной не менее длины автопоезда, преодолеваемый автопоездом с расчетной массой на второй передаче с равномерной скоростью.

Максимальный спуск — это наибольший по абсолютной величине спуск в грузовом направлении, по которому рассчитывают тормозные средства так, чтобы автопоезд, движущийся с расчетной скоростью, мог остановиться на расстоянии видимости (см. подразд. 4.4.2).

Основными характеристиками продольного профиля лесных дорог являются: руководящий подъем $i_{\text{рук}}$, ‰; максимальный спуск $i_{\text{max сп}}$, ‰; шаг проектирования — наименьшая длина элемента продольного профиля; профильный объем земляных работ (насыпи + + выемки) и их среднее значение на 1 км пути; средний уклон дороги, определяемый как отношение разности отметок начала и конца пути к его протяженности.

Поперечный профиль дороги. Поперечный профиль земляного полотна (см. рис. 4.4) характеризует дорогу как инженерное сооружение. На нем указаны ее основные размеры и формы (насыпь, выемка, полувыемка-полунасыпь на косогорах), место нулевых работ, где насыпь переходит в выемку.

Площадь поперечного сечения насыпи (см. рис. 4.4, а) определяют по формуле

$$\omega_n = a + BH_n + mH_n^2, \quad (4.14)$$

где a — площадь сливной призмы, м²; B — ширина земляного полотна, м; H_n — высота насыпи, м; m — коэффициент крутизны откоса.

Площадь сливной призмы земляного полотна

$$a = \frac{iB^2}{4}, \quad (4.15)$$

где i — поперечный уклон верха земляного полотна.

Площадь поперечного сечения выемки (см. рис. 4.4, б) определяют по формуле

$$\omega_b = 2K - a + (B + 2b)H_b + mH_b^2, \quad (4.16)$$

где K — площадь поперечного сечения кювета, м²; b — ширина кювета поверху, м; m — коэффициент крутизны откоса кювета.

Значения K и b находят по формулам

$$K = (b_0 + mh_k)h_k; \quad b = b_0 + 2mh_k,$$

где b_0 — ширина кювета по дну, м; h_k — глубина кювета, м.

Определение объемов земляных работ основано на расчете участка земляного полотна в виде призматоида (рис. 4.6, а).

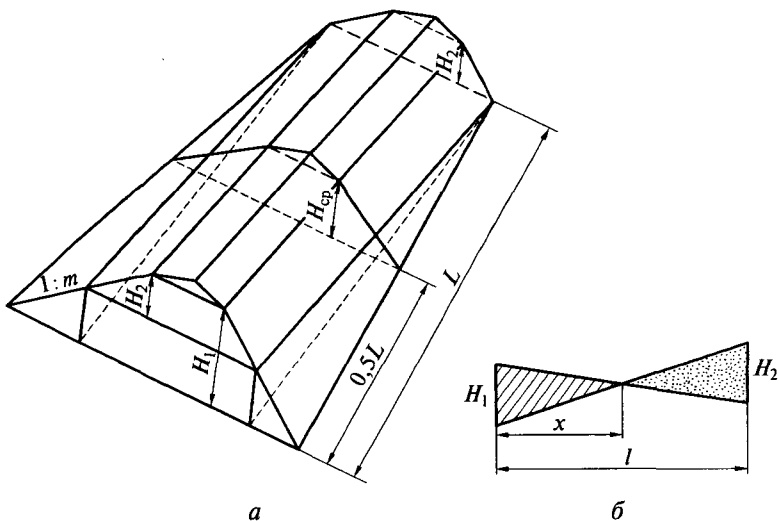


Рис. 4.6. Расчетные схемы для определения объема насыпи (а) и точки перехода насыпи в выемку (б):

H_1 , H_2 , H_{cp} — высота насыпи в начале, конце и середине участка земляного полотна; x — расстояние от рабочей отметки H_1 до $H = 0$; l — длина смежных участков насыпи и выемки

Объем насыпи

$$V_n = L \left[a + BH_{cp} + mH_{cp}^2 + \frac{m(H_1 - H_2)^2}{12} \right]. \quad (4.17)$$

Объем выемки

$$V_v = L \left[(a - 2K) + (B + b)H_{cp} + mH_{cp}^2 + \frac{m(H_1 - H_2)^2}{12} \right], \quad (4.18)$$

где H_{cp} — среднее значение рабочей отметки участка земляного полотна, $H_{cp} = (H_1 + H_2)/2$.

Выражение $m(H_1 - H_2)^2/12$ называют *призматической поправкой*, которая учитывается при разности $H_1 - H_2 \geq 1$ м.

При проектировании лесных дорог используют попикетный метод расчета объема земляных работ по данным продольного профиля. Такой объем называют *профильным*.

В местах перехода насыпи в выемку (рис. 4.6, б) определяют место нулевых работ, т.е. расстояние x от рабочей отметки H_1 до $H = 0$:

$$x = \frac{H_1 l}{(H_1 + H_2)}. \quad (4.19)$$

Кроме основных объемов земляных работ определяют дополнительные объемы в виде поправок на отдельных участках продольного профиля, обусловленных наличием разъездов на однополосных дорогах, кривых в плане, болот, растительного слоя, водоотводных и осушительных канав, спрямления русел водотоков и т. д.

Поправку на уширение земляного полотна на кривых определяют по формуле

$$\Delta V_{\text{уш}} = \frac{(H_1 + H_2)\Delta b_0 L}{2}, \quad (4.20)$$

где Δb_0 — величина уширения земляного полотна на кривой, зависящая от радиуса кривой, длины автопоезда, числа полос движения, направления поворота (левый или правый) и определяемая по таблице инструкции ВСН01-82.

На участках разъездов однополосных дорог величину уширения определяют как разность значений ширины двухполосной и однополосной дорог:

$$\Delta b_0 = B_{\text{двухп}} - B_{\text{одноп}}. \quad (4.21)$$

Поправку на компенсацию снятого растительного слоя на участках, где высота насыпи земляного полотна менее 0,5 м, определяют по формуле

$$\Delta V_{\text{р.сл}} = [B + m(H_1 + H_2) + 2mh_{\text{р.сл}}]Lh_{\text{р.сл}}, \quad (4.22)$$

где $h_{\text{р.сл}}$ — толщина растительного слоя, м.

Поправку на осадку насыпи на болотах вычисляют по формуле

$$\Delta V_6 = [B + m(H_1 + H_2)]zL, \quad (4.23)$$

где z — величина осадки насыпи на болотах. Эта величина зависит от глубины болот и принимается равной $(0,3 \dots 0,4)H_6$, где H_6 — средняя глубина болота, м.

4.2.3. Классификация дорожных одежд и их поперечные профили

Классификация дорожных одежд. Дорожные одежды подразделяют на жесткие (покрытие — цементобетон, железобетон, деревянные колесопродовы) и нежесткие (все остальные типы покрытий).

По числу конструктивных слоев дорожные одежды могут быть однослойными и многослойными.

Среди основных конструктивных слоев различают покрытие, основание, подстилающий слой и слой поверхностной обработки.

Покрытие — это верхний слой, который воспринимает воздействие колес автопоезда и природных факторов и отвечает требованиям прочности, ровности, условиям сцепления, долговечности.

Основание — это нижний слой, который распределяет нагрузку от слоя покрытия, уменьшая ее до допустимой для земляного полотна.

Подстилающий слой — это дополнительные слои, укладываемые на земляное полотно для отвода воды, защиты от морозного пучения и других целей.

Слой поверхностной обработки — это слой дорожной одежды из горячего битума и мелкого щебня для защиты покрытия от атмосферных осадков и увеличения шероховатости (толщина 1,5... 3 см).

В зависимости от категории и назначения дорог, вида дорожно-строительного материала и способа его укладки покрытия дорожных одежд подразделяют на капитальные, облегченные, переходные и низшие.

К капитальным и облегченным относятся цементно-асфальтобетонные покрытия, а также щебеночные и гравийные покрытия, обработанные битумом; к переходным — щебеночные, гравийные, грунтощебеночные и грунтогравийные покрытия подобранного состава, а также покрытия из местных каменных и гравелисто-песчаных грунтов, обработанных вяжущими материалами; к низшим — грунтовые покрытия, улучшенные скелетными добавками щебня, гравия, шлака, а также покрытия из древесины (лежневые, сплошные бревенчатые настилы).

На лесных дорогах широко используются переходные и низшие покрытия.

Типы поперечных профилей дорожных одежд. К основным типам поперечных профилей лесных дорог относятся серповидный, корытный, полукорытный (рис. 4.7) и колеяный профили.

Серповидный поперечный профиль одежды принимают для грунтовых дорог, улучшенных минеральными добавками, а также гравийных и щебеночных покрытий из местных материалов.

Корытный профиль применяют для покрытий из дорогостоящих материалов (цементобетон, асфальтобетон, черный щебень) в целях экономии, а также для гравийных и щебеночных покрытий из привозных материалов при дальности доставки более 10... 15 км и грунтов, укрепленных вяжущими материалами.

Полукорытный профиль — промежуточный тип профиля — применяют для слоев из укрепленных грунтов и гравийных дорог магистрального типа с толщиной слоя более 15 см и шириной обочины более 1 м.

Колейный профиль выполняют из отдельных железобетонных плит сборной или сборно-разборной конструкции, древесины с покрытием из дренирующего грунта или без него, гравийных (щебеночных) материалов и грунтов, укрепленных вяжущими мате-

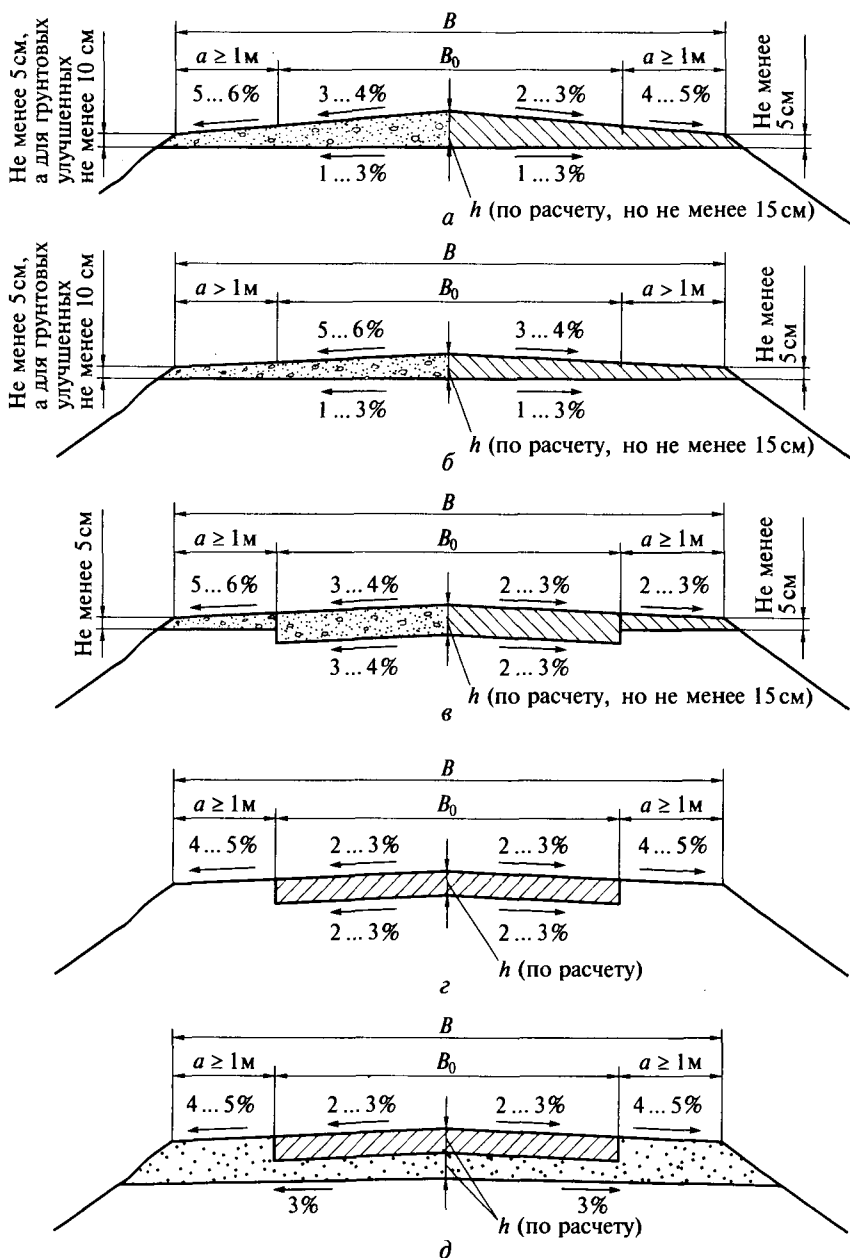


Рис. 4.7. Поперечные профили дорожных одежд лесных дорог:

a — серповидный двухполосных дорог; $б$ — серповидный однополосных дорог; $в$ — полукорытный; $г$ — корытный на дренирующих грунтах; $д$ — корытный на глинистых грунтах; B — ширина земляного полотна; B_0 — ширина проезжей части; a — ширина обочины; h — толщина дорожной одежды

риалами. Ширина колеи обычно равняется 1 м, межколейное пространство составляет 0,9... 1,0 м.

Железобетонные плиты изготавливают по ОСТ 13-79-85 длиной 3 м с ненапрягаемой арматурой и 6 м с предварительно напряженной арматурой прямоугольной или трапецеидальной формы в плане.

Деревянные и деревогрунтовые колеиные покрытия обеспечивают круглогодичную работу транспорта, но требуют большого расхода древесины (500 м³ и более на 1 км). Широко применяют инвентарные деревянные колеиные покрытия.

На слабых (торф) или переувлажненных глинистых грунтах в качестве дорожного покрытия лесных дорог может применяться сплошной поперечный настил из низкосортной древесины с засыпкой дренирующими материалами. Часто вместо древесины используют хворостяную выстилку толщиной 20... 30 см с укладкой на нее гравийного материала.

4.2.4. Зимние дороги

Зимние дороги относятся к дорогам сезонного действия. Располагаются они, как правило, в низких, заболоченных местах лесного массива. Зимние дороги подразделяют на магистрали, ветки (как правило, двухполосные дороги с шириной просеки 12... 14 м) и усы (однополосные дороги шириной 6... 7 м).

Наиболее распространенными зимними дорогами являются снежно-уплотненные на спланированном земляном основании и снежно-ледяные дороги, для которых предусмотрены поливка водой и уплотнение выпадающего снега до толщины общего слоя 50 см и более.

Земляное полотно зимних дорог устраивают, как правило, в нулевых рабочих отметках без сливной призмы и боковых канав. На болотах I типа при толщине торфа более 1 м и на болотах II типа отсыпают насыпь высотой до 0,4 м, а на болотах III типа устраивают сплошной поперечный настил из дровяного долготья.

Водопропускные сооружения на зимних дорогах предусматривают в местах пересечения незамерзающих водотоков с быстрым течением воды.

4.3. Теория движения лесовозных автопоездов

4.3.1. Система сил, действующих на автопоезд

При движении транспортных средств на них действуют различные силы, основными из которых являются внешние, подразделяемые на вертикальные, продольные (действующие по направ-

лению движения) и поперечные (действующие перпендикулярно направлению движения) силы. К вертикальным силам относятся сила тяжести транспортного средства (статическая сила) и вертикальная динамическая составляющая сил, действующих при движении автопоезда по неровностям пути, к поперечным — центробежные силы, возникающие при движении на кривых участках дороги, к продольным — силы тяги, силы сопротивления движению и тормозные силы.

Силы тяги. *Касательная сила тяги* — это внешняя сила, создаваемая двигателем автомобиля, передаваемая через трансмиссию в точку касания колеса с дорогой и направленная в сторону его движения. Данную силу, H , определяют через мощность двигателя или развиваемый двигателем вращающий момент по формулам

$$F_k = \frac{10^3 N_e \eta \gamma \beta}{v}; \quad (4.24)$$

$$F_k = \frac{M_{вр} i_{мех} \eta \gamma \beta}{r_k}, \quad (4.25)$$

где N_e — номинальная мощность двигателя, кВт; η — коэффициент полезного действия силовой передачи; γ — коэффициент, учитывающий потерю мощности на вспомогательные механизмы; β — коэффициент, учитывающий неполное использование мощности; v — скорость движения автомобиля, м/с; $M_{вр}$ — максимальный вращающий момент, Н·м; $i_{мех}$ — суммарное передаточное число; r_k — динамический радиус колеса, м.

Скорость движения находят по формуле $v = 2\pi n r_k / i_{мех}$, где n — частота вращения коленчатого вала двигателя, с⁻¹.

Суммарное передаточное число $i_{мех} = i_{гл} i_{кпп} i_p$, где $i_{гл}$, $i_{кпп}$, i_p — передаточные числа соответственно главной передачи, коробки перемены передач и раздаточной коробки.

Сила тяги имеет два ограничения: по мощности двигателя и по сцеплению колес с дорогой. Силу сцепления колес, H , определяют по формуле

$$F_{сц} = 10^3 \varphi_{сц} g Q'_{сц}, \quad (4.26)$$

где $\varphi_{сц}$ — коэффициент продольного сцепления ведущих колес с дорожным покрытием, зависящий от его типа (гравийное, грунтовое, снежное) и состояния (сухое, влажное, мокрое, грязное), для гравийных покрытий летом $\varphi_{сц} = 0,3 \dots 0,4$, зимой $\varphi_{сц} = 0,2 \dots 0,3$; g — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²; $Q'_{сц}$ — масса автопоезда, приходящаяся на ведущие колеса, т.

Крюковая сила тяги — это сила, приложенная в сцепном устройстве автопоезда и вызывающая перемещение прицепного состава с грузом:

$$F_{\text{кр}} = F_{\text{к}} - F_{\text{пр}}, \quad (4.27)$$

где $F_{\text{пр}}$ — сила сопротивления движению тяговой машины от прицепного состава, Н.

Касательную силу автомобиля-тягача можно найти по тяговой характеристике $F_{\text{к}} = f(v)$, где v — скорость движения автопоезда. Расчетное значение касательной силы тяги определяют на второй передаче коробки перемены передач.

Силы сопротивления движению. Различают *основное* и *дополнительные сопротивления движению* автомобиля. Основное сопротивление движению, обуславливающее постоянные затраты энергии при движении автомобиля (автопоезда), возникает в результате деформации шин и дорожного покрытия, трения качения, сопротивления воздуха, неровностей пути и ряда других факторов. Дополнительные сопротивления движению автомобиля (автопоезда) возникают при движении на подъемах, в кривых, при трогании с места и торможении.

Основное или дополнительное сопротивление движению автомобиля (автопоезда), отнесенное к полной его массе, называется *удельным сопротивлением движению*, Н/т. На лесных дорогах при хорошем состоянии дорожного покрытия основное удельное сопротивление движению может быть принято равным: для грунтовой дороги — 500 Н/т; для гравийной 300...400 Н/т; для снежной и ледяной дорог — 150...200 Н/т.

Основное удельное сопротивление движению определяют экспериментальным методом, при котором учитываются все постоянно действующие силы сопротивления, в том числе от воздушной среды:

$$\omega = c + dv + ev^2,$$

где c , d и e — коэффициенты, зависящие от типа и состояния дорожного покрытия и транспортного средства.

При выполнении тяговых расчетов для лесных дорог с переходным типом покрытия и скорости движения не более 11 м/с, основное удельное сопротивление определяют по эмпирической зависимости

$$\omega = 170 + 12,5v. \quad (4.28)$$

Сопротивление воздушной среды обусловлено реактивным давлением воздуха, перемещением массы воздуха перед автомобилем и трением частиц воздуха о поверхность подвижного состава и груза. Это сопротивление можно определить по экспериментально полученной зависимости

$$W_{\text{в}} = 10K F v^2, \quad (4.29)$$

где K — коэффициент сопротивления воздушной среды, зависящий от обтекаемости формы автомобиля (автопоезда); F —

площадь лобового сечения автомобиля, м^2 ; v — скорость движения, м/с .

Соппротивление от уклона пути, H , определяют с помощью расчетной схемы действия внешних сил от автопоезда на дороге:

$$I = 10^3 Q' g \sin \alpha \approx 10^3 Q' g \operatorname{tg} \alpha = 10^3 Q' g i, \quad (4.30)$$

где Q' — масса автопоезда, t ; α — угол наклона дороги, $^\circ$; i — уклон дороги, $\%$.

Удельное сопротивление от уклона ω_i , H/t , определяют как произведение величины уклона, выраженной в тысячных, и ускорения свободного падения:

$$\omega_i = \frac{I}{Q'} = g i. \quad (4.31)$$

Соппротивление от движения по кривой обусловлено тем, что на участке кривой автопоезд испытывает действие центробежных сил и дополнительную деформацию (увод) колес. Для автомобильных дорог удельное сопротивление от движения по кривой $\omega_{кр}$, H/t , определяют по эмпирической формуле

$$\omega_{кр} = \frac{820g}{R}, \quad (4.32)$$

где R — радиус кривой, м .

Уклон, вызывающий удельное сопротивление движению, численно равное удельному сопротивлению от движения по кривой, называется эквивалентным уклоном $i_{экр}$, $\%$; $i_{экр}g = \omega_{кр}$.

Сумма геометрического и эквивалентного уклонов называется приведенным уклоном

$$i_{прив} = i_{геом} + i_{экр}. \quad (4.33)$$

Соппротивление при трогании с места возникает в связи с увеличением деформации шин и дороги на стоянках, а также вследствие того, что трение покоя больше трения движения. Дополнительное удельное сопротивление троганию с места на автомобильных лесных дорогах составляет 100... 150 H/t .

Тормозная сила возникает при торможении автопоезда. В момент прижатия тормозных колодок к тормозным барабанам возникает сила трения

$$T = P_{кл} \mu_{тр}, \quad (4.34)$$

где $P_{кл}$ — сила нажатия колодки, H ; $\mu_{тр}$ — коэффициент трения между тормозной колодкой и барабаном.

Сила трения колодок вызывает появление реакции дорожного покрытия — внешних сил, уравнивающих пару сил в колодках колес. Тормозная сила, оставшаяся неуравновешенной в этой

системе, действует на оси тормозных колодок в сторону, противоположную движению.

Условие торможения автопоезда на дороге можно записать в виде неравенства $P_{\text{кл}\mu_{\text{тр}}} < 10^3 \varphi_{\text{сц}} g Q'_T$, где Q'_T — масса автопоезда, приходящаяся на тормозные оси, т. Таким образом, сила сцепления колес с дорогой должна быть больше сил трения T , в противном случае колеса заклинит и автопоезд пойдет юзом. Для автомобильных дорог тормозную силу рассчитывают, исходя из равенства $P_{\text{кл}\mu_{\text{тр}}} = 10^3 \varphi_{\text{сц}} g Q'_T$. Удельная тормозная сила b , Н/т, определяется зависимостью

$$b = \frac{B_T}{(Q'_T + Q'_{\text{нет}})} = \frac{10^3 \varphi_{\text{сц}} g Q'_T}{(Q'_T + Q'_{\text{нет}})}, \quad (4.35)$$

где $Q'_{\text{нет}}$ — масса автопоезда, приходящаяся на нетормозные оси, т.

4.3.2. Уравнение движения автопоезда и его анализ

Рассматривая автомобиль (автопоезд) как материальную точку массой m , движущуюся по дороге под действием силы F , на основании второго закона Ньютона можно записать $F = ma$, где a — ускорение движения, м/с².

В режиме тяги автомобиль движется под действием равнодействующей всех сил

$$R_d = \frac{F_k - W \pm I}{(1 + \gamma)}, \quad (4.36)$$

где F_k — касательная сила тяги, Н; W — полное основное сопротивление движению, Н; I — сопротивление от уклона пути, Н; γ — коэффициент, учитывающий потерю энергии на вращательные ускорения агрегатов автомобиля.

Для грузовых автомобилей $\gamma = 0,04 + \alpha i_{\text{кпп}}^2$, где α — коэффициент, принимаемый равным 0,05...0,07; $i_{\text{кпп}}$ — передаточное число коробки перемены передач.

Заменяв в формуле второго закона Ньютона F на R_d , m на $10^3 Q'$, а на dv/dt , можно записать уравнение (4.36) в виде

$$R_d = 10^3 Q' \frac{dv}{dt}. \quad (4.37)$$

Тогда ускорение автомобиля

$$\frac{dv}{dt} = \frac{R_d}{10^3 Q'} = \frac{F_k - W \pm I}{10^3 Q' (1 + \gamma)} = \frac{f_k - \omega \pm gi}{10^3 (1 + \gamma)}, \quad (4.38)$$

где f_k — удельная касательная сила тяги, Н/т, $f_k = F_k/Q'$; ω — основное удельное сопротивление движению, Н/т, $\omega = W/Q'$; gi — удельное сопротивление от уклона, Н/т.

Выражение (4.38) называется *уравнением движения автомобиля в тяговом режиме*.

При равномерном движении автомобиля $dv/dt = 0$ и уравнение движения автомобиля имеет вид

$$f_k - \omega \pm gi = 0 \quad (4.39)$$

или

$$F_k = Q'(\omega \pm gi). \quad (4.40)$$

Формула (4.40), отражающая равенство касательной силы тяги и всех сил сопротивления при равномерном движении автомобиля (автопоезда), называется *уравнением тягового баланса*. Данное уравнение используют при расчетах массы брутто автопоезда, полезной нагрузки и обоснования норм проектирования продольного профиля автомобильных дорог.

В режиме торможения ускорение dv/dt величина отрицательная, вместо удельной касательной силы тяги f присутствует удельная тормозная сила b , поэтому уравнение движения автомобиля имеет вид

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{b + \omega \pm gi}{10^3(1 + \gamma)}. \quad (4.41)$$

4.3.3. Определение расчетной массы автопоезда и расчетного полезного объема груза

Для лесных дорог расчетную массу автопоезда с грузом $Q'_{бр}$, т, определяют из условия обеспечения возможности его равномерно-го движения на руководящем подъеме i_p в грузовом направлении:

$$Q'_{бр} = \frac{F_k}{(\omega \pm gi_p)}. \quad (4.42)$$

После подбора прицепного состава расчетный полезный объем груза автопоезда $Q_{пол}$, м³, определяют по формуле

$$Q_{пол} = \frac{(Q'_{бр} - Q'_a - Q'_{пр})}{\gamma_{об}}, \quad (4.43)$$

где Q'_a , $Q'_{пр}$ — массы соответственно автомобиля-тягача и прицепного состава без груза, т; $\gamma_{об}$ — объемная плотность древесины, в среднем $\gamma_{об} = 0,8$ т/м³.

Расчетный полезный объем груза должен быть меньше или равен объему, определяемому номинальной грузоподъемностью автомобиля и прицепного состава:

$$Q_{\text{пол}} \leq Q_{\text{пол}}^{\text{норм}} = \frac{(q_a + q_{\text{пр}})}{\gamma_{\text{об}}}, \quad (4.44)$$

где q_a , $q_{\text{пр}}$ — номинальные (паспортные) грузоподъемности соответственно автомобиля и прицепного состава, т.

4.4. Размещение и проектирование лесных дорог

4.4.1. Размещение лесных дорог

Размещение дорог на площади лесного массива — сложная инженерная задача. Чтобы найти ее оптимальное решение необходимо учитывать лесозаготовительные показатели, объем и технологию лесозаготовок, типы дорожной конструкции и транспортных средств, а также ряд других факторов. Проблемой размещения лесных дорог занимались многие институты нашей страны. В Санкт-Петербургской лесотехнической академии (СПбЛТА) под руководством проф. Б.А. Ильина была разработана и обоснована теория размещения дорог в лесных массивах лесозаготовительных предприятий.

К основным задачам, решаемым в процессе размещения дорог, относятся: обоснование границ лесных массивов, определение расчетного объема заготовки древесины в год, выбор одного или нескольких пунктов примыкания проектируемых лесных дорог к существующим дорогам, выбор принципиальной схемы размещения лесных дорог и определение очередности их ввода в эксплуатацию.

Для решения вышеуказанных задач необходимо определить основные параметры лесного массива: общую лесную площадь $S_{\text{об}}$, га или км²; эксплуатационную площадь $S_{\text{экспл}}$, га или км²; длину лесного массива A , км; среднюю ширину лесного массива B , км, $B = S_{\text{об}}/A$; расстояние от границы лесного массива до нижнего склада X , км; общий $M_{\text{об}}$ и эксплуатационный (перестойный, спелый и приспевающий) $M_{\text{экспл}}$ запасы древостоя, млн м³; ликвидный запас древостоя в пределах эксплуатационной площади γ_l , м³/га, $\gamma_l = M_{\text{экспл}}/S_{\text{экспл}}$.

Лесные массивы, сложные по конфигурации или разделенные труднопреодолимыми препятствиями (реки, горные хребты), делят на участки и для каждого из них определяют свои параметры.

Наиболее распространенные схемы расположения лесных дорог на площади лесного массива приведены на рис. 4.8.

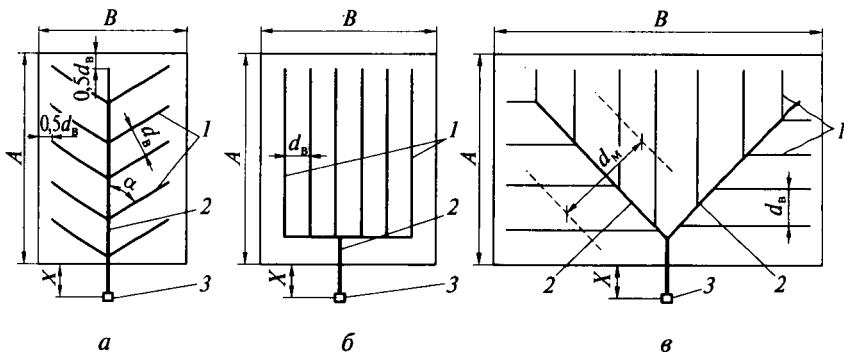


Рис. 4.8. Схемы расположения дорог на площади лесного массива:

a — «елочка»; *б* — вильчатая; *в* — с двумя магистралями; 1 — ветки; 2 — магистраль; 3 — нижний склад; *A*, *B* — длина и ширина массива; d_B , d_M — ширина зон тяготения лесонасаждений соответственно к веткам и магистралям; *X* — расстояние от нижнего склада до границы лесного массива; α — угол примыкания ветки к магистрали

Выбор схемы транспортного освоения лесного массива зависит от коэффициента формы массива $m = B/A$, т.е. от отношения ширины лесного массива к его длине. Наибольшее распространение получила схема «елочка» (рис. 4.8, *a*), при которой общая протяженность веток и среднее расстояние вывозки лесных грузов меньше, чем при вильчатой схеме (рис. 4.8, *б*).

Вильчатую схему целесообразно применять для узких лесных массивов ($m < 1$). По данной схеме длина магистрали наименьшая, но среднее расстояние вывозки лесных грузов больше, чем при схеме «елочка».

В случае широких лесных массивов ($m > 1,5$) применяют схему дорог с двумя магистралями (рис. 4.8, *в*). Она может быть использована при разделении лесного массива на летнюю и зимнюю зоны или при наличии в центре массива открытых незалесенных болот.

Среднее расстояние вывозки лесных грузов при схеме «елочка» определяют по формуле

$$l_{cp} = (X + 0,5A + mB)K_p + l_{yc}. \quad (4.45)$$

Здесь $m = 0,25 \dots 0,35$; K_p — средний коэффициент удлинения трассы, зависящий от условий рельефа и принимаемый равным для магистрали 1,1, для веток — 1,2...1,3, для усов — 1,3...1,5; l_{yc} — среднее расстояние вывозки по усу;

$$l_{yc} = 0,5d_B - l_{tp}, \quad (4.46)$$

где d_B — ширина зоны тяготения лесонасаждений к веткам (дорогам II типа); l_{tp} — среднее расстояние подвозки лесных грузов по трелевочным волокам к усам или дорогам III типа, $l_{tp} = 0,3 \dots 0,5$ км.

Направление магистральных дорог I типа или лесовозных дорог определяют по общему направлению грузопотока с учетом равенства запасов древесины слева и справа от данного направления. Для этого план лесного массива делят на полосы расчетной ширины b_p , км, перпендикулярные общему направлению грузопотока и определяют на этих полосах центры тяжести. Линия соединения центров тяжести будет основным направлением — так называемой экономической трассой без учета рельефа местности.

Метод размещения магистральных путей был предложен в 30-х годах прошлого столетия Н. М. Невесским и улучшен позднее А. А. Ранцевым. В настоящее время на базе этого метода в СПбЛТА под руководством проф. Б. А. Ильина разработан метод обоснования оптимальной ширины b_p каждой полосы по минимуму приведенных затрат на строительство магистрали и эксплуатационных затрат на вывозку лесных грузов. При этом

$$b_p = 0,1 \sqrt{\frac{t_b(C_m + b_m Q_{\text{год}} \lambda_m) \sin \alpha}{b_b \gamma_l \lambda_b}}, \quad (4.47)$$

где t_b — срок действия веток в данной полосе, лет; C_m — стоимость строительства 1 км магистрального пути, р; b_m, b_b — удельные стоимости содержания дороги и вывозки леса соответственно по магистралям (I тип) и веткам (II тип), р/(м³·км); $Q_{\text{год}}$ — грузооборот дороги, м³; λ_m, λ_b — коэффициенты учета отдаленности расходов на вывозку соответственно по магистралям и веткам; α — угол примыкания веток к магистрали, °; γ_l — ликвидный запас древесины, м³/га.

Коэффициенты учета отдаленности расходов на вывозку определяют по формуле

$$\lambda_{m(b)} = \sum_{i=1}^t \frac{1}{(1 + E_n)^{(i-1)}}, \quad (4.48)$$

где t — срок эксплуатации магистрали (ветки), лет; i — порядковый номер года эксплуатации магистрального пути (ветки); E_n — нормативный коэффициент экономической эффективности эксплуатационных затрат, принимаемый равным 0,08.

Размещение в лесном массиве веток и усов обусловлено оптимальной шириной $d_{\text{в опт}}$ зоны тяготения к ним лесных грузов, которая соответствует минимальным приведенным затратам $P_{\text{уд}}$ на строительство и содержание данных путей. Решая задачу определения минимума функции $P_{\text{уд}} = f(d_b)$, получаем

$$d_{\text{в опт}} = 0,2 \sqrt{\frac{(E_{\text{об}} C_b + B_b) K_b}{(b_{\text{тр}} + 0,8 f S) q_{\text{ср}} K_{\text{yc}}}}, \quad (4.49)$$

где $E_{об}$ — обобщенный показатель эффективности капитальных затрат с добавлением амортизационных отчислений $\Pi_{ам}$, %, $E_{об} = E_n + 0,01\Pi_{ам} = 0,18$; C_B — стоимость строительства 1 км ветки, р.; B_B — стоимость содержания ветки в год, р.; K_B , $K_{ус}$ — коэффициенты удлинения трассы ветки (тип II) и уса (тип III); $b_{тр}$ — удельная стоимость подвозки лесосырья к веткам (переменные затраты), р./($м^3 \cdot км$); f — средние ежегодные трудовые затраты на лесохозяйственные мероприятия, отнесенные к 1 $м^3$ лесного сырья, ч/ $м^3$; S — средняя часовая зарплата с начислениями рабочего персонала, р./ч; $q_{ср}$ — средняя грузоотдача зоны тяготения, т/га.

Последнюю составляющую находят по формуле

$$q_{ср} = \frac{0,01(Q'_{гл.п} + Q'_{пр.п})}{S_{лп}}, \quad (4.50)$$

где $Q'_{гл.п}$ и $Q'_{пр.п}$ — годовые объемы рубок соответственно главного и промежуточного пользования в зоне тяготения к дороге, т; $S_{лп}$ — лесопокрытая площадь (эксплуатационный фонд), $км^2$.

Оптимальная ширина зоны тяготения к магистральному пути (тип I) $d_{м опт}$ определяется при минимальных приведенных затратах $P_{уд}$ на строительство магистрали и веток и вывозку лесного сырья по веткам и магистралям.

Решая задачу определения минимума функции $P_{уд} = f(d_m)$, получаем

$$d_{м опт} = 0,2 \sqrt{\frac{[(E_{об}C_m + B_m)K_m\beta - (E_{об}C_B + B_B)K_{с.п}K_B]\sin\alpha}{q_{ср}(b_B K_B - b_B \cos\alpha)}}, \quad (4.51)$$

где B_m — стоимость содержания магистрали в год, р.; K_m — коэффициент развития трассы магистрали; β — коэффициент, учитывающий прокладку магистрали через нелесные площади, $\beta = 1,05$; $K_{с.п}$ — коэффициент, учитывающий дополнительные затраты на строительство соединительных путей, $K_{с.п} = 1,15$.

Число возможных магистралей лесосырьевой базы определяется отношением $n = B/d_{м опт}$.

Оптимальная ширина зоны тяготения древостоя к усам (тип III) $d_{ус опт}$ может быть определена при минимальных отнесенных к 1 $м^3$ лесного сырья затратах $P_{уд}$ на строительство и содержание усов и трелевку древесины.

Решая задачу определения минимума функции $P_{уд} = f(d_{ус})$, получаем

$$d_{ус опт} = \sqrt{\frac{C_{ус} + B_{ус}K_{ус}}{100\gamma_{л}b_{тр}\delta}}, \quad (4.52)$$

где $C_{ус}$ — стоимость строительства 1 км уса, р.; $B_{ус}$ — стоимость содержания уса в год, р.; δ — коэффициент, учитывающий отно-

шение среднего расстояния трелевки к расстоянию между усами, $\delta = 0,25 \dots 0,50$.

Ежегодный объем строительства лесовозных усов летнего и зимнего действия определяют по формуле

$$\sum L_{yc} = 0,01 \frac{Q_{сез} K_{yc}}{\gamma_n d_{yc}}, \quad (4.53)$$

где $Q_{сез}$ — объем вывозки древесины зимой или летом, m^3 .

4.4.2. Основные параметры и нормы проектирования лесных дорог

К основным параметрам относятся расчетная скорость движения, расчетное расстояние видимости, число полос движения, расчетные нагрузки на ось.

Расчетная скорость дороги — это скорость, которая должна быть обеспечена на всех участках дороги. Она зависит от категории дороги, руководящего подъема, расстояния видимости и используемого вида подвижного состава.

Расчетное расстояние видимости — это расстояние до препятствия или встречного автомобиля в закрытых от обзора местах (переломы продольного профиля, кривые), необходимое для того, чтобы водитель мог остановить автомобиль на безопасной дистанции. Его определяют по формулам

$$S_B = S_n + S_T + S_p; \quad (4.54)$$

$$S_B = t_n v_p + \frac{500 K_3 v_p^2}{b + \omega - gi} + S_p, \quad (4.55)$$

где S_n — потерянный путь за время реакции водителя $t_n = 2$ с, м; S_T — тормозной путь автомобиля, м; S_p — резервное расстояние до препятствия после остановки автомобиля, м; K_3 — коэффициент, учитывающий эксплуатационное состояние тормозов автопоезда, $K_3 = 1,4$; v_p — расчетная скорость, м/с; b — удельная тормозная сила, Н/т; ω — основное удельное сопротивление движению, Н/т; gi — удельное сопротивление от уклона, Н/т.

Число полос движения зависит от пропускной способности дороги, стоимости строительства дороги, эксплуатационных затрат по вывозке древесины. Лесные магистральные дороги и лесовозные категорий I-л, II-л, III-л проектируют двухполосными с максимальной пропускной способностью 180...200 пар автопоездов в час. Остальные лесовозные и лесохозяйственные дороги проектируют однополосными с разъездами для встречных автомобилей

через 300... 500 м с максимальной пропускной способностью 8...10 пар автопоездов в час.

Основные нормы проектирования лесных дорог приведены в инструкции ВСН 01-82, СНиП 2.02.05-85 и СНиП 2.05.07-85.

Лесохозяйственные дороги (магистралы) I типа должны проектироваться по нормам СНиП 2.05.07-85 как лесовозные магистралы категории IV-л, дороги II типа — по нормам проектирования лесовозных веток, дороги III типа — по нормам проектирования лесовозных усов.

Расчетные нагрузки на ось лесовозного подвижного состава для автомобилей группы А составляют 100 кН (автомобили МАЗ, КраЗ), группы Б — 60 кН (ЗИЛ, КамАЗ, «Урал» и др.). Эти нагрузки определяют необходимую прочность дорожной одежды, мостов и труб.

4.4.3. Проектирование плана лесных дорог

Проектирование ведут в три этапа. На первом решают технико-экономическую задачу оптимального размещения лесных путей на площади лесного массива, на втором выполняют камеральное трассирование дороги на топографической карте, на третьем — перенос трассы на местность и ее закрепление.

Трасса представляет собой сочетание прямых и кривых в плане. При трассировании вычисляют основные элементы кривых: тангенс $T = R \operatorname{tg} 0,5\alpha$; длину кривой $K = \pi R\alpha/180$; биссектрису $B = R(\sec 0,5\alpha - 1)$. Здесь R — радиус кривой, м; α — угол поворота, °.

Проектирование плана дороги на кривых малых радиусов имеет свои особенности. При движении автопоезда на кривой на него действует центробежная сила, стремящаяся опрокинуть его в направлении внешней стороны кривой. Для обеспечения устойчивого движения на кривых необходимо проектировать вираж и переходные кривые.

Вираж — это участок дороги на кривой, имеющий односкатный поперечный профиль с уклоном к центру кривой. При движении на кривой радиусом R на автопоезд действует поперечная сила

$$Y = 10^3 Q' \left(\frac{v_p^2}{R} \pm g i_n \right), \quad (4.56)$$

где Q' — масса автопоезда, т; v_p — расчетная скорость автопоезда, м/с; i_n — поперечный уклон пути, ‰.

Отношение поперечной силы Y к силе тяжести автопоезда gQ' называется коэффициентом поперечной силы μ :

$$\mu = \frac{Y}{10^3 gQ'} = \frac{v_p^2}{gR} \pm i_n. \quad (4.57)$$

Тогда уклон виража

$$i_b = \frac{v_p^2}{gR} - \mu. \quad (4.58)$$

Согласно СНиП 2.05.07-85 для лесных дорог $\mu = 0,12 \dots 0,20$. Если по расчету $i_b > 60 \text{‰}$, то его принимают равным 60‰ , но снижают скорость движения до значения, определяемого из формулы (4.58).

Отгон виража — это участок плавного перехода от двухскатного поперечного профиля к односкатному, совмещаемый с переходной кривой. Длина данного участка

$$L_{\text{отг}} = \frac{B_0 i_b}{i_{\text{отг}}}, \quad (4.59)$$

где B_0 — ширина проезжей части дороги, м; $i_{\text{отг}}$ — уклон отгона виража, принимаемый равным 10‰ .

Поперечный уклон обочин совмещают с уклоном проезжей части до начала отгона виража.

Переходные кривые — это кривые с переменным радиусом, значение которого изменяется от бесконечности до величины радиуса круговой кривой. Их выполняют методом разбивки математической клотоиды, координаты x , y которой определяются формулами кубической параболы:

$$x = s; \quad y = \frac{S^3}{6C}; \quad C = RL_{п.к},$$

где S — текущая длина кривой, м; C — параметр кривой, м^2 ; $L_{п.к}$ — длина переходной кривой, м.

Данный метод применяют для разбивки переходных кривых в случаях, когда $R > 5 L_{п.к}$. При $R < 250$ м разбивку выполняют по таблицам, приведенным в СНиП 2.05.07-85.

В связи с перевозкой по лесным дорогам длинномерных грузов уширение проезжей части на кривых участках делают значительно больше, чем по расчетам для одиночного автомобиля. При этом руководствуются таблицами, приведенными в СНиП 2.05.07-85. Уширение выполняют с внутренней стороны кривой на участке переходной кривой или отгона виража.

Для обеспечения безопасности движения на кривых в закрытой местности необходимо обеспечивать расчетное расстояние видимости S_b путем уширения выемки с внутренней стороны или расчистки дорожной полосы от кустарника и деревьев на величину

$$z_B \approx \frac{S_B^2}{8R}. \quad (4.60)$$

Действительная величина расчистки может быть определена по формуле

$$d = z_B - z_0, \quad (4.61)$$

где z_0 — расстояние от оси автопоезда до откоса выемки или стены леса, которое обеспечивает видимость.

4.4.4. Проектирование продольного профиля лесных дорог

Продольный профиль состоит из элементов, каждый из которых характеризуется своими длиной и уклоном или вертикальной кривой. Уклоны, как уже отмечалось в подразд. 4.2.2, подразделяются на подъемы, спуски и горизонтальные площадки. Проектная линия может проектироваться как обертывающая или секущая.

Обертывающая проектная линия проходит параллельно поверхности земли. Ее используют в тех местах, где естественные уклоны земли не превышают руководящий подъем и максимальный спуск. Это обеспечивает минимальные объемы земляных работ.

Секущая проектная линия используется в пересеченной местности, где уклоны поверхности земли больше руководящего подъема и максимального спуска.

Положение проектной линии на продольном профиле дороги устанавливают в соответствии с требованиями СНиП 2.05.07-85 по минимуму высоты насыпи и глубины выемки в зависимости от вида грунта и уровня грунтовых вод. При этом учитывают также возвышение низа дорожной одежды над длительно стоящими поверхностными водами, высоту снежного покрова и другие параметры.

Расчетную величину руководящего подъема, ‰, определяют по массе брутто автопоезда $Q'_{бр}$, т, расчетной касательной силе тяги F_k , Н, и основному удельному сопротивлению движению автопоезда ω , Н/т, зависящему от вида дорожного покрытия и его эксплуатационного состояния:

$$i_p \leq \left(\frac{F_k}{Q'_{бр}} - \omega \right) \frac{1}{g}. \quad (4.62)$$

Расчетную величину максимального спуска в грузовом направлении, ‰, определяют из условия возможности торможения автопоезда на расстоянии видимости

$$i_{сн\ max} \leq \left(b + \omega - \frac{10^3 K_3 v_p^2}{2(S_B - t_n v_p - S_p)} \right) \frac{1}{g}, \quad (4.63)$$

где b — удельная тормозная сила, Н/т; K_3 — коэффициент, учитывающий эксплуатационное состояние тормозов; v_p — расчетная скорость, м/с; S_b — расчетное расстояние видимости, м; t_p — время на подготовку к торможению (реакции водителя), с; S_p — расстояние от автомобиля до препятствия на дороге после остановки автопоезда, м.

При проектировании продольного профиля высоту насыпи следует принимать не менее 0,5 м по условиям снеготранспортируемости. При этом устраняется необходимость снимать растительный слой и корчевать пни.

Продольные уклоны канав и кюветов необходимо назначать более 5‰ для предотвращения заиливания дна.

Если максимальный уклон продольного профиля приходится на кривую малого радиуса, необходимо смягчать уклон: на 3‰ при $R = 100$ м и на 10‰ при $R = 50$ м. На косогорах проектную линию наносят на продольный профиль одновременно с проектированием поперечных профилей земляного полотна.

Вертикальные кривые (выпуклые и вогнутые) обеспечивают плавность движения автопоездов и снижают динамические нагрузки; кроме того, выпуклые вертикальные кривые обеспечивают расчетное расстояние видимости S_b .

Минимальный радиус выпуклой кривой определяют по формуле

$$R_{\min}^{\text{вып}} = \frac{S_b^2}{2d}, \quad (4.64)$$

где d — высота глаз водителя над поверхностью дороги, $d = 1,2$ м.

Минимальный радиус вогнутой вертикальной кривой

$$R_{\min}^{\text{вог}} = \frac{v_p^2}{a_{\text{доп}}}, \quad (4.65)$$

где $a_{\text{доп}}$ — допускаемое центробежное ускорение, $a_{\text{доп}} = 0,5$ м/с².

При проектировании вертикальной кривой на продольном профиле учитывают алгебраическую разность смежных углов $\Delta i = |\pm i_1| - |\pm i_2|$, где i_1, i_2 — уклоны элементов профиля, ‰. Пикетажные значения начала (НК), конца (КК) и середины (СК) кривой определяют через пикетажное значение вершины кривой (ВК).

При сопряжении уклонов разных знаков существует 10 вариантов расчета начала, конца и середины кривой, которые приведены в ГОСТ 21.511—83.

При проектировании смежных выпуклой и вогнутой вертикальных кривых их радиусы R_1 и R_2 должны удовлетворять условию

$$S = L_{\text{автоп}} + T_1 + T_2 = \frac{R_1 \Delta i_1 + R_2 \Delta i_2}{2000}, \quad (4.66)$$

где S — расстояние между переломами продольного профиля, м; $L_{\text{автоп}}$ — длина автопоезда, м; T_1, T_2 — тангенсы вертикальных кривых смежных элементов профиля, м; Δi_1 и Δi_2 — алгебраическая разность смежных уклонов выпуклой и вогнутой кривых, %.

В настоящее время при проектировании продольного профиля лесных дорог используют системы автоматизированного проектирования ROAD, CREDO и ряд других. Эти системы выполняют весь комплекс проектных работ и представляют материалы в виде графиков и таблиц.

4.5. Основы расчета на прочность нежестких дорожных одежд

4.5.1. Методика расчета дорожной одежды на прочность

Действие на дорожную одежду колес автопоезда определяется рядом факторов — упругостью и деформацией шин, кратковременностью (0,1 с) и динамическим характером воздействия.

Характер деформации дорожного покрытия показан на рис. 4.9. При движении автопоезда возникают горизонтальные и вертикальные усилия. Приложенные к поверхности покрытия вертикальные усилия (сила тяжести, приходящая на колеса, и динамическое воздействие колебательного характера) вызывают напряжение σ_z по всей глубине конструкции. Горизонтальные усилия

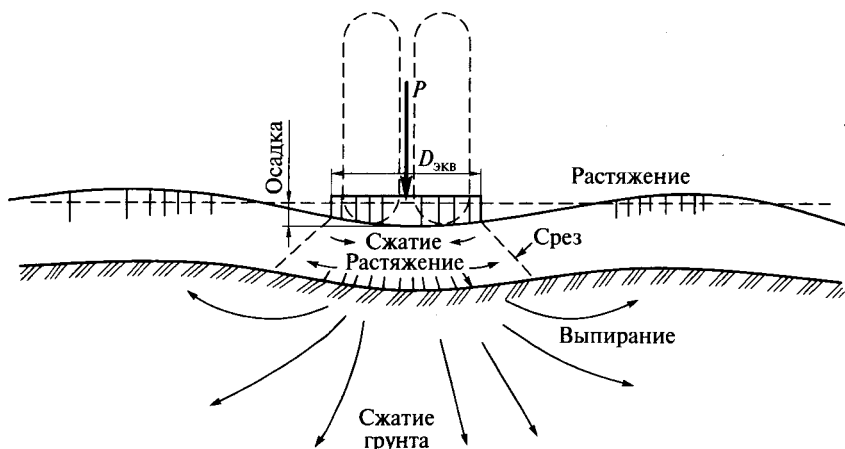


Рис. 4.9. Деформация и напряжения в дорожной одежде от колесной нагрузки:

$D_{\text{экв}}$ — диаметр круга, равновеликого следу колеса эллиптической формы; P — сила тяжести автопоезда, приходящаяся на колесо

(касательная сила тяги, тормозные и центробежные силы) создают сдвигающее напряжение σ_x .

Дорожная одежда представляет собой слоистую упругую систему, лежащую на грунтовом массиве. Основным показателем, характеризующим деформативные свойства материалов слоев, является модуль упругости. Расчет дорожной одежды заключается в определении необходимой толщины ее слоев. В соответствии с инструкцией ВСН 46-83 его выполняют по методу допустимого упругого прогиба с проверкой на сдвиг несвязных материалов в земляном полотне и подстилающих слоях.

Давление от колеса на поверхность дороги передается через след колеса эллиптической формы, которую приводят к кругу равновеликой площади. Диаметр этого круга определяют по формуле

$$D_{\text{экв}} = 0,0357 \sqrt{\frac{Pk_{\text{дин}}}{p}}, \quad (4.67)$$

где P — статическая нагрузка на колесо, кН; $k_{\text{дин}}$ — динамический коэффициент, для движущегося автопоезда $k_{\text{дин}} = 1,3$; p — среднее давление колеса на дорогу, МПа, принимается по табл. 4.2.

Расчет дорожных одежд выполняют с учетом требований надежности, т. е. исходя из условия обеспечения безотказной работы дороги с переходным покрытием до капитального ремонта в течение 8 лет. Уровень надежности покрытия дороги характеризуется *коэффициентом надежности* K_n , который представляет собой отношение протяженности участков дороги, не требующих капитального ремонта, к общей протяженности дороги. Для дорог с переходным типом покрытия $K_n = 0,6$.

При расчетах учитывают также *коэффициент прочности* $K_{\text{пр}}$ — отношение общего модуля упругости $E_{\text{общ}}$ дорожной конструкции (включая земляное полотно), зависящего от числа слоев и их толщины, к требуемому модулю упругости $E_{\text{тр}}$, зависящему от параметров автопоезда и расчетной интенсивности движения N_p . Дол-

Таблица 4.2

Основные параметры для расчета дорожной одежды по инструкции ВСН 46-83

| Группа транспортного средства | Номинальная статическая нагрузка на ось, кН | Среднее давление колеса на дорогу, МПа | Расчетный диаметр равновеликого круга, м, для колеса | |
|-------------------------------|---|--|--|-------------|
| | | | неподвижного | движущегося |
| А | 100 | 0,6 | 0,33 | 0,37 |
| Б | 60 | 0,5 | 0,28 | 0,32 |

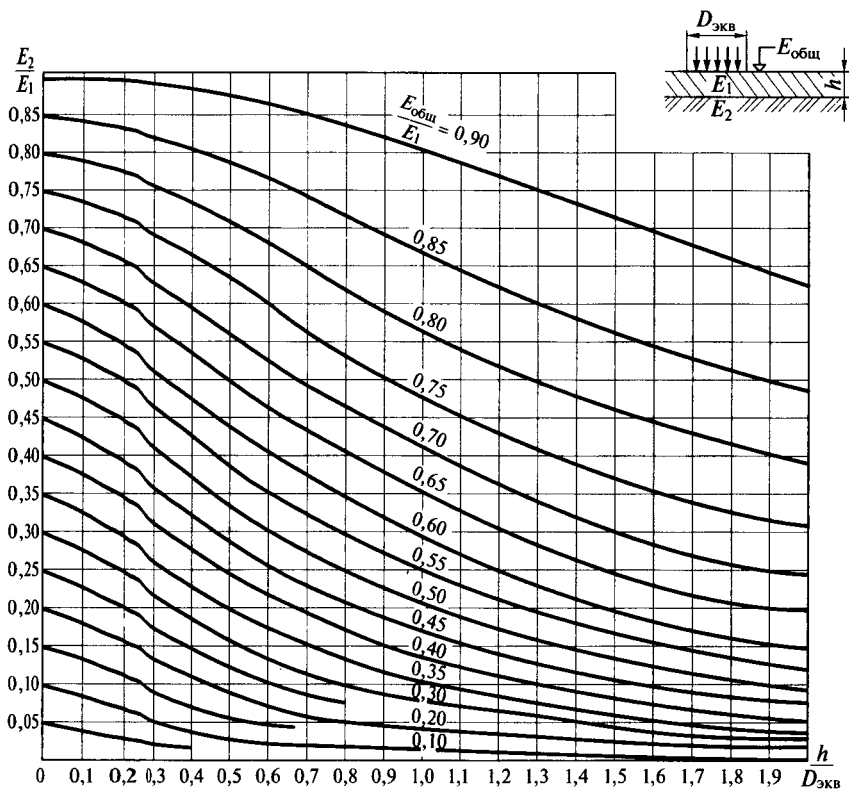


Рис. 4.10. Номограмма для определения общего модуля упругости двух-слойной системы

жно соблюдаться условие $K_{пр} \leq E_{общ}/E_{тр}$, или $E_{общ} \geq K_{пр}E_{тр}$. Для дорог с переходным типом покрытия $K_{пр} = 0,65$.

Требуемый модуль упругости определяют по зависимости

$$E_{тр} = a + b \lg N_p, \quad (4.68)$$

где a , b — коэффициенты, для транспортных средств группы А $a = 65$, $b = 65$, для группы Б $a = 5$, $b = 70$.

Расчетная интенсивность движения

$$N_p = \alpha \sum_{i=1}^n N_{\phi i} S_{сумм i}, \quad (4.69)$$

где α — коэффициент, учитывающий число полос движения, при одной полосе $\alpha = 1$, при двух $\alpha = 0,55$; n — общее число марок автопоездов; $N_{\phi i}$ — фактическое число автопоездов i -й марки, проезжающих за сутки; $S_{сумм i}$ — суммарный коэффициент приведе-

ния воздействия всех колес автопоезда i -й марки на дорожную одежду к расчетной нагрузке.

Фактическое число автопоездов, проезжающих за сутки, определяют по формуле

$$N_{\phi} = \frac{Q_{\text{сез}} K_{\text{н}}}{A_{\text{сез}} Q_{\text{пол}}}, \quad (4.70)$$

где $Q_{\text{сез}}$ — сезонный объем вывозки древесины (весенне-летней), м^3 ; $K_{\text{н}}$ — коэффициент неравномерности вывозки древесины в сезонный период, $K_{\text{н}} = 1,02 \dots 1,05$; $A_{\text{сез}}$ — число рабочих дней в сезон (150 дней); $Q_{\text{пол}}$ — полезный объем груза автопоезда, м^3 .

Расчет дорожной одежды может быть выполнен с помощью номограммы (рис. 4.10), представляющей собой график, на оси ординат которого отложено отношение E_2/E_1 , а на оси абсцисс — $h/D_{\text{экв}}$. Здесь E_1, E_2 — модули упругости материалов верхнего и нижнего слоев, МПа; h — высота верхнего слоя, м; $D_{\text{экв}}$ — диаметр эквивалентного (равновеликого) круга, м. Кривые на графике соответствуют отношению общего модуля упругости двухслойной системы $E_{\text{общ}}$ к модулю упругости верхнего слоя E_1 .

Номограмма позволяет определить любой неизвестный из пяти параметров $E_1, E_2, h, D_{\text{экв}}, E_{\text{общ}}$, если заданы четыре остальных.

Расчетные характеристики грунтов и дорожно-строительных материалов принимают по таблицам инструкции ВСН 46-83 или СНиП 2.02.05-85.

4.5.2. Методика расчета нежесткой дорожной одежды по сдвигу

Проверку прочности дорожной конструкции на сдвиг в земляном полотне или промежуточных слоях из малосвязных материалов выполняют, пользуясь выражением закона Кулона

$$\tau_{\text{max}} - \sigma_{\text{н}} \text{tg} \varphi \leq c, \quad (4.71)$$

где τ_{max} — максимальное касательное напряжение; $\sigma_{\text{н}}$ — составляющая напряжений, нормальная к площади, где действуют максимальные касательные напряжения; φ — угол внутреннего трения грунта; c — сцепление грунта.

Расчет на сдвиг выполняют с использованием номограммы, которая представлена в инструкции ВСН 46-83.

В настоящее время расчет дорожной одежды выполняют с помощью систем автоматизированного проектирования ROAD, CREDO и ряда других.

При расчете дорожных одежд лесных дорог используют табличные (из инструкции ВСН 46-83) значения модуля упругости

различных грунтов. Для сыпучих и малосвязанных грунтов, не зависящих от влажности, эти значения равны, МПа: песок гравелистый — 150, песок крупный — 130, песок средней крупности — 120, песок мелкий — 100, супесь легкая крупная — 65, песок пылеватый — 54. Для глинистых грунтов, сильно зависящих от влажности, при относительной влажности, например, $W_{отн} = 0,85$ принимают следующие значения, МПа: супесь легкая — 42, супесь тяжелая — 27, супесь пылеватая тяжелая — 27, суглинки легкие и тяжелые — 25, суглинки пылеватые — 27.

4.6. Проектирование водопропускных и водоотводных сооружений

4.6.1. Водно-тепловой режим земляного полотна

Под водно-тепловым режимом земляного полотна понимают закономерные изменения влажности и температуры в различных его точках в течение года. Эти изменения зависят от конструкции земляного полотна (насыпь, выемка) и природных факторов — осадков, испарения, колебаний температуры, продолжительности морозного периода, глубины промерзания, мощности снежного покрова.

Вся территория России условно разделена на пять дорожно-климатических зон (ВСН 46-83), из которых II зона с избыточным увлажнением, или зона лесов, разделена на две подзоны. Внутри каждой зоны (подзоны) различают три типа местности в зависимости от характера увлажнения:

I тип — сухие места с обеспеченным стоком поверхностных вод, грунты дренирующие, грунтовые воды расположены глубоко;

II тип — сырые места с избыточным увлажнением, поверхностный сток не обеспечен, и наблюдается застой воды весной и осенью, грунтовые воды расположены глубоко, грунты суглинистые;

III тип — мокрые места с избыточным увлажнением, вода застаивается в течение больше 30 сут, грунты торфяные или заболоченные.

Изменение влажности грунтов земляного полотна описывается уравнением водного баланса

$$W = O + K + П + D - (C + И + Пр), \quad (4.72)$$

где O — вода, поступающая в земляное полотно в результате выпадения осадков; K — вода, поднимающаяся по капиллярам от уровня грунтовых вод; $П$ — пленочная вода, перемещающаяся под действием молекулярных сил по поверхности частиц грунта, и

вода в парообразном состоянии, заполняющая пустые крупные поры; D — вода, поступающая из канав и других прилегающих к земляному полотну мест; C — вода, стекающая по откосам, канавам, трубам; I — испаряющаяся вода; Pr — вода, просачивающаяся в глубинные слои грунта.

Сезонные изменения водно-теплового режима земляного полотна в значительной мере влияют на прочностные свойства грунтов и мероприятия по содержанию и ремонту дорожных конструкций.

Мероприятия по улучшению водно-теплового режима земляного полотна предусматривают в процессе его проектирования. К таким мероприятиям относятся: строительство водоотводных сооружений, возведение высоких насыпей, применение дренажных устройств (открытых и закрытых), выполнение дренирующих прослоек и частей земляного полотна, устройство противозаиливающих и морозозащитных слоев.

Минимальное возвышение дорожного покрытия над уровнем грунтовых вод и над поверхностью земли при небольшом стоке проектируют в соответствии с требованиями СНиП 2.02.05-85.

4.6.2. Расчет водопропускных сооружений

На лесных дорогах основными видами водопропускных сооружений являются мосты и трубы в деревянном, железобетонном или металлическом исполнении.

К параметрам водопропускного сооружения относятся его отверстие, длина, высота и диаметр (для круглых труб), а также расчетный расход воды.

Отверстие моста — это ширина потока воды в сооружении за вычетом ширины промежуточных опор (сваи, ряжи).

Расчетный расход воды Q_p , м³/с, — это количество воды, притекающее к водопропускному сооружению в единицу времени с определенной площади водосбора.

Площадь водосбора F , км², — это расположенный выше отверстия водопропускного сооружения, ограниченный водораздельными линиями и насыпью дороги участок территории, с которого вода притекает к сооружению. Площадь водосбора является основным параметром, определяющим вид требующегося водопропускного сооружения (мост или труба) и его размеры. При $F \leq 100$ км² строят малые мосты с отверстием $b < 30$ м; при $F > 100$ км² — средние ($b = 30 \dots 100$ м) и большие ($b > 100$ м) мосты. Трубы предусматривают при небольшой площади водосбора и расчетном расходе воды $Q_p \leq 20$ м³/с. Иногда для пропуска расчетного расхода воды и снижения высоты насыпи земляного полотна укладывают многоочковые трубы.

При проектировании мостов и труб расчетный расход определяют, пользуясь картой ливневых районов.

Ливневый расход находят по формуле МАДИ

$$Q_{\text{л}} = 16,7\alpha a_p \varphi F, \quad (4.73)$$

где α — коэффициент потерь стока; a_p — расчетная интенсивность ливня, мм/мин; φ — коэффициент редукии стока.

Коэффициент потерь стока зависит от вида грунта. Для дренирующих грунтов (песок, гравий) $\alpha = 0,1 \dots 0,2$, для супесей $\alpha = 0,2 \dots 0,5$, для суглинков $\alpha = 0,5 \dots 0,9$.

Расчетную интенсивность ливня определяют по формуле

$$a_p = k_t a_{\text{ч}}, \quad (4.74)$$

где k_t — коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к расчетной; $a_{\text{ч}}$ — интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин.

Коэффициент k_t , зависящий от длины бассейна L_6 , км, и среднего уклона бассейна по главному тальвегу i_6 , находят по специальным таблицам. Для уклонов $i_6 = 0,001 \dots 0,7$ при $L_6 < 0,75$ км $k_t = 2,08 \dots 5,24$, при $L_6 = 1 \dots 2$ км $k_t = 1,07 \dots 5,18$, при $L_6 = 2 \dots 15$ км $k_t = 0,19 \dots 3,27$ (наибольшее значение коэффициента соответствует наименьшей длине бассейна и наибольшему уклону).

Интенсивность ливня часовой продолжительности зависит от ливневого района и вероятности превышения уровня паводковых вод (ВП). Для второго ливневого района (Мурманская область и северные районы Архангельской области) при ВП 1...10% $a_{\text{ч}} = 0,29 \dots 0,50$; для четвертого ливневого района (Республика Карелия, Ленинградская, Вологодская, Ярославская, Новгородская области и др.) $a_{\text{ч}} = 0,45 \dots 0,90$ (наименьшее значение $a_{\text{ч}}$ соответствует наименьшей ВП).

Коэффициент редукии стока определяют по формуле

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{10F}}. \quad (4.75)$$

При $F \leq 0,1$ км², $\varphi = 1$.

Расход талых вод подсчитывают по формуле МАДИ

$$Q_{\text{т}} = \frac{k_0 h_p F}{(F+1)^n} \delta_1 \delta_2, \quad (4.76)$$

где k_0 — коэффициент дружности половодья, для лесной зоны северо-запада России $k_0 = 0,01$; h_p — расчетный суммарный слой стока, мм; δ_1 — коэффициент, учитывающий наличие озер на площади водосбора F , $\delta_1 = 0,9$ при озерности 2...5%, $\delta_1 = 0,7$ при озерности 15% и более; δ_2 — коэффициент, учитывающий залеженность и заболоченность бассейна, $\delta_2 = 1$ при отсутствии лесов и

болот, $\delta_2 = 0,5$ при залесенности бассейна 60 % или заболоченности 32 %, $\delta_2 = 0,3$ при залесенности бассейна 100 % или заболоченности 60 %; n — показатель степени, для лесной зоны северо-запада России $n = 0,17$.

Расчетный суммарный слой стока определяют по четырем параметрам — ВП, среднему многолетнему слою $h_{\text{ср}}$, принимаемому по карте ливневых районов (для северо-запада России $h_{\text{ср}} = 140$ мм, за Полярным кругом $h_{\text{ср}} = 200$ мм), коэффициенту вариации C_v (в южных районах северо-запада России $C_v = 0,35$, в северных — $C_v = 0,2$) и коэффициенту асимметрии C_s (для равнинных районов северо-запада России $C_s = 3C_v$). Расчет ведут по формуле

$$h_p = k_m h_{\text{ср}}, \quad (4.77)$$

где k_m — модульный коэффициент, определяемый в зависимости от ВП и коэффициентов C_v и C_s (для южных районов северо-запада России при ВП = 2 % $k_m = 2$, для северных районов северо-запада России при ВП = 10 % $k_m = 1,5$).

Если расход воды, пропускаемой через отверстие моста (трубы) меньше расчетного, часть воды будет накапливаться перед сооружением (т.е. аккумулироваться), образуя пруд.

Расход при аккумуляции стока определяют по формуле

$$Q_{\text{акк}} = Q_{\text{л}} \left(1 - \frac{V_{\text{пр}}}{0,7V} \right), \quad (4.78)$$

где $V_{\text{пр}}$ — объем пруда перед сооружением, м³; V — объем полного стока, м³.

Объем пруда

$$V_{\text{пр}} = \frac{m_1 + m_2}{6i_{\text{л}}} H^3, \quad (4.79)$$

где m_1, m_2 — коэффициенты крутизны откосов лога; H — глубина воды перед водопропускным сооружением (глубина пруда), м; $i_{\text{л}}$ — уклон лога у сооружения, обычно $i_{\text{л}} = 0,004 \dots 0,006$.

Объем полного стока

$$V = 60\,000 \frac{F \alpha \varphi}{\sqrt{k_t}}. \quad (4.80)$$

Если расход воды при аккумуляции $Q_{\text{акк}}$ меньше расхода воды при таянии снега $Q_{\text{т}}$, то в качестве расчетного следует принимать расход $Q_{\text{т}}$.

Отверстие моста b , м, рассчитывают по формулам гидравлики для водослива с широким порогом. Используются две расчетные схемы — при свободном истечении и с затопленным водосливом.

Выбор схемы зависит от соотношения бытовой глубины h_6 , м, которая соответствует естественным условиям протекания воды в русле водотока при заданном значении ВП, и критической глубины потока в сооружении $h_{кр}$, м, подсчитываемой по формуле

$$h_{кр} = v_c^2/g \quad (4.81)$$

где v_c — скорость воды, протекающей через сооружение, м/с.

Если $h_6 \leq 1,3 h_{кр}$, то расчет ведут по схеме свободного истечения, определяя отверстие моста по формуле

$$b = \frac{Q_p}{1,33\sqrt{H^3}}. \quad (4.82)$$

Здесь Q_p — расчетный расход воды, м³/с; H — расчетная глубина потока (напор), м;

$$H = \frac{1,46v_c^2}{g}, \quad (4.83)$$

где $v_c = 0,5 \dots 1,0$ м/с.

Если $h_6 \geq 1,3 h_{кр}$, то расчет ведут по схеме затопленного водослива, определяя отверстие моста по формуле

$$b = \frac{Q_p}{h_6 v_c}. \quad (4.84)$$

Здесь

$$h_6 + \frac{v_c^2}{2g\phi^2}, \quad (4.85)$$

где ϕ — коэффициент скорости, при устоях с конусами $\phi = 0,9$, при опорах с заборными стенками $\phi = 0,75$.

Бытовую глубину h_6 определяют методом подбора по зависимости бытового расхода $Q_6 = f(h_6)$, пользуясь формулами

$$Q_6 = \omega v_c = \omega C \sqrt{Ri_n}; \quad (4.86)$$

$$R = \omega/\chi; \quad (4.87)$$

$$\omega = 0,5(m_1 + m_2)h_6^2, \quad (4.88)$$

где ω — площадь живого сечения, м²; C — скоростной множитель; R — гидравлический радиус, м; χ — смоченный периметр живого сечения, м.

Если полученное значение Q_6 не превышает Q_p более чем на 10 %, выбранное значение h_6 принимают для определения схемы водослива.

Высоту моста H_m , м, определяют по формуле

$$H_m = 0,88H + Z + H_{пр}, \quad (4.89)$$

где Z — просвет между уровнем воды под мостом при Q_p и низом пролетного строения; $H_{пр}$ — высота пролетного строения, м.

Длину моста L_m , м, определяют по формуле

$$L_m = b + \sum d + 2m_k(H_m - 0,5h_p) + 2q, \quad (4.90)$$

где b — отверстие моста; $\sum d$ — суммарная ширина промежуточных опор; m_k — коэффициент крутизны откосов конусов; H_m — высота моста; h_p — глубина воды в сооружении при расчетном расходе; q — строительный размер, $q = 0,5 \dots 1$ м.

У водопропускных труб различают три режима работы: безнапорный, полунапорный, напорный. При безнапорном режиме глубина воды на входе трубы $H < 1,2h_b$, где h_b — высота входного сечения, которое при этом заполнено водой частично. При полунапорном режиме $H > 1,2h_b$, на входе отверстие полностью заполнено водой, на остальном протяжении трубы поток имеет свободную поверхность.

Напорный режим требует наличия у трубы специальных оголовков конической формы. На лесных дорогах такой режим используется редко.

Пропускную способность безнапорных труб определяют по площади живого сечения потока воды в трубе:

$$Q_{тр} = \varphi \omega_{ж.с} \sqrt{2g(H - h_c)}, \quad (4.91)$$

полунапорных — по площади трубы:

$$Q_{тр} = \varphi \epsilon \omega_T \sqrt{2g(H - h_{сж})}, \quad (4.92)$$

где φ — коэффициент скорости, $\varphi = 0,82 \dots 0,85$; $\omega_{ж.с}$ — площадь живого сечения, м², при глубине воды в свободном сечении $h_c = 0,5H$; g — ускорение свободного падения (9,81 м/с²); H — напор воды на входе, м; ϵ — доля живого сечения потока в площади поперечного сечения трубы, $\epsilon = 0,6$; ω_T — площадь поперечного сечения трубы, м²; $h_{сж}$ — глубина воды в сжатом сечении, м.

Глубина $h_{сж} = 0,6h_T$, где h_T — высота поперечного сечения трубы, м.

Трубы с диаметром отверстия 0,5, 0,75 и 1,0 м проектируют с порталными оголовками.

Минимальная высота насыпи для безнапорных труб $H_{\min} = h_T + \delta + h_3$, для полунапорных $H_{\min} = H + h_3$, где δ — толщина стенки трубы, м; h_3 — запас высоты насыпи над трубой, $h_3 = 0,5$ м.

Длина трубы

$$L_{тр} = B + 2m(H_n - d_{тр}) + 2M, \quad (4.93)$$

где B — ширина земляного полотна, м; m — коэффициент крутизны откоса, $m = 1,5$; H_n — высота насыпи у трубы, м; $d_{тр}$ — наружный диаметр трубы, м; M — длина оголовка, при $d_{тр} = 1,0$ м $M = 2,25$ м.

4.6.3. Основы проектирования водоотвода лесных дорог

Для защиты земляного полотна и дорожной одежды от действия воды поперечные профили проектируют с соответствующими уклонами в обе стороны от оси. Исключение составляет поперечный профиль на участках дороги, где проектируют односторонний вираж. Отвод воды с поверхности дороги и прилегающей местности осуществляется по продольным, водоотводным, осушительным и нагорным канавам, а также по дну боковых резервов.

В условиях равнинной местности при отсутствии поперечного уклона отвод воды естественным путем затруднен. Для него требуются продольные и водоотводные каналы с уклонами не менее 3 ‰.

На местности с поперечным уклоном более 1:3 канаву проектируют с одной стороны (нагорной).

Поперечные профили канав зависят от вида грунта. При суглинистых и супесчаных грунтах выбирают трапецеидальное сечение с крутизной откосов $m = 1,5$, а при песчаных — треугольное с m , равной 2 или 3.

На участках дороги с высокими насыпями, у труб и мостов каналы не делают, а на смежных участках дно канавы выводят на поверхность земли, направляя в сторону от дороги.

Глубина канавы (кювета) должна быть не менее 0,5 м, а ширина по дну — 0,4 м (при трапецеидальном сечении). Продольный уклон канавы для предотвращения заиливания должен быть не менее 5 ‰.

На участках болот предусматривают осушительные каналы с продольным уклоном не менее 2 ‰, глубиной до минерального дна или не менее 1 м, трапецеидального сечения с крутизной откосов 1:1.

На участках местности с необеспеченным стоком воды водоотводные каналы должны располагаться под углом к оси дороги и иметь уклон дна не менее 2 ‰.

На участках дороги с поперечным уклоном более 1:10 вдоль выемок проектируют с верховой стороны нагорные каналы шириной по дну и глубиной не менее 0,5 м.

Расчетный расход воды в канавах находят по формуле полного стока

$$Q_{п.с.} = 87,5a_q F, \quad (4.94)$$

где $Q_{п.с.}$ — расход полного стока, м³/с; a_q — интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин; F — площадь водосбора с прилегающей местности и дороги, км².

Рабочую площадь поперечного сечения канавы ω , м², определяют при условии обеспечения пропуска воды с запасом по глубине канавы на 10...15 см по формуле

$$\omega > \frac{Q_{п.с.}}{C\sqrt{Ri}}. \quad (4.95)$$

Расчет геометрических размеров канавы по расходу воды выполняют по участкам длиной 100...150 м с нарастающим расходом (рис. 4.11), используя формулу (4.88).

При уклонах канав до 10‰ дно проектируют без укрепления, при уклонах 10...30‰ предусматривают засев трав или одерновку дна канавы, при уклонах 30...50‰ — бетонные плиты или мощение камнем, при уклонах более 50‰ — устройство специальных сооружений (перепады и быстротоки).

Перепад представляет собой ступенчатый профиль дна канавы с предельно допустимым уклоном без размыва (10...20‰) и укрепленной стенкой (из железобетонных плит, камня, древесины или других материалов). Необходимое число перепадов на участке канавы определяют по формуле

$$n = \frac{L}{l} = \frac{L(i_1 - i_2)}{h}, \quad (4.96)$$

где L — длина участка канавы с перепадами, м; l — длина уступа; i_1 — продольный уклон канавы; i_2 — уклон ступеньки перепада (уступа); h — высота уступа, м.

Дно канавы под уступом укрепляют щебневанием на 1...1,5 м длины перепада.

Быстротоки — это участки канав со сплошным покрытием из бетонных или деревянных элементов. Для перехвата и отвода грунтовых вод от земляного полотна используют специальные инженерные сооружения — дренажи. Наиболее распространенными из

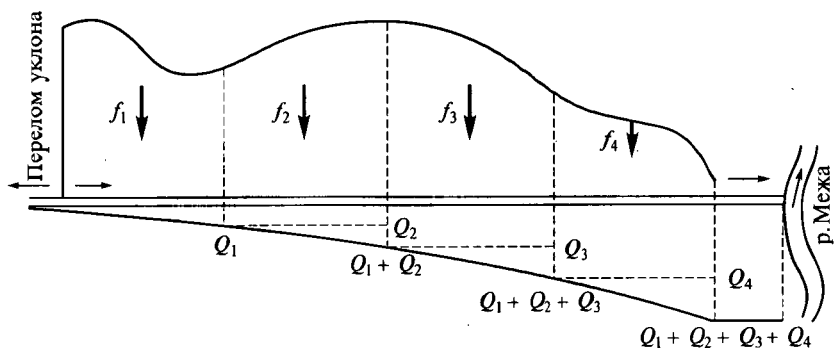


Рис. 4.11. Схема расчета геометрических размеров канавы по расходу воды: f_1 — f_4 — площади водосбора с прилегающих участков местности и дороги; Q_1 — Q_4 — расходы полного стока с участков местности

них являются открытые канавы и закрытый трубчатый дренаж (совершенный и несовершенный). Совершенный дренаж (закрытый) служит для перехвата грунтовых вод и их отвода в сторону от земляного полотна, несовершенный дренаж (открытый или закрытый) — для понижения уровня грунтовых вод под земляным полотном.

Закрытый дренаж представляет собой многослойную конструкцию над керамической (асбестоцементной, полимерной) трубой диаметром 0,15... 0,3 м в виде каменной засыпки (толщиной 0,2 м), слоев крупнозернистого песка (0,4 м), глины (0,1 м), грунта (0,3 м) и дерна.

Расход воды через дренажное сооружение определяют по формуле

$$Q_{др} = K_{ф} h l i_{в}, \quad (4.97)$$

где $K_{ф}$ — коэффициент фильтрации водоносного слоя, м/сут; h — глубина воды водоносного слоя, м; l — длина дренажной трубы, м; $i_{в}$ — уклон водоносного слоя, ‰.

Диаметр дренажной трубы находят по эмпирической формуле

$$d_{тр} = \sqrt[8]{\left(\frac{K_{др}}{24}\right)^3}, \quad (4.98)$$

где $K_{др}$ — расходная характеристика дренажной трубы, м³/сут.

Проектирование водопропускных и водоотводных сооружений выполняют на ПЭВМ с использованием систем автоматизированного проектирования ROAD, KREDO-MIS и ряда других.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируют лесные дороги по их назначению?
2. Перечислите основные измерители работы лесотранспортных систем.
3. По каким признакам классифицируют лесотранспортные системы?
4. Назовите основные элементы пути и укажите их назначение.
5. Что такое руководящий подъем и максимальный спуск?
6. Назовите параметры поперечного профиля лесных дорог.
7. Перечислите виды дорожных одежд.
8. Какие силы действуют на автопоезд во время его движения?
9. Опишите принципиальные схемы размещения лесотранспортных путей в лесных массивах.
10. Укажите параметры и нормы проектирования лесных дорог.
11. Как рассчитывают конструкцию дорожной одежды на прочность?

Глава 5

РЕМОНТ И СОДЕРЖАНИЕ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

5.1. Основные задачи эксплуатации и ремонта лесных дорог

5.1.1. Требования к лесным дорогам

Лесная дорога является одним из основных сооружений лесного предприятия. С первых дней ее эксплуатации необходимо организовать надлежащий уход за всеми дорожными сооружениями для правильного, безопасного и экономичного их использования.

К лесным дорогам предъявляются следующие требования:

дорога должна быть достаточно прочной и в то же время возможно более дешевой;

поверхность дороги должна быть ровной и обеспечивать движение с расчетными для ее категории скоростями, а также минимальное сопротивление движению, расход горючего, стоимость перевозки лесных грузов;

содержание дороги должно требовать минимальных трудозатрат;

конструкция дороги должна обеспечивать проведение ремонтных работ механизированным способом;

дорога должна быть построена преимущественно из местных дорожно-строительных материалов.

Надежная работа дорог предопределяет эффективность осуществления лесным предприятием лесохозяйственных мероприятий, охраны леса и вывозки древесины.

Комплекс работ по эксплуатации лесной дороги включает в себя:

обеспечение безопасности движения;

организацию и регулирование движения автомобилей и автопоездов, выполняющих перевозки лесохозяйственных грузов;

надзор за дорожными сооружениями и их охрану;

содержание дорожных сооружений в исправном состоянии и чистоте;

поддержание в исправном состоянии системы водоотвода;

изучение и анализ условий и характера работы дороги и ее сооружений.

5.1.2. Факторы, влияющие на состояние лесных дорог

В процессе эксплуатации дороги на ее состояние влияют многочисленные природные и производственные факторы. Основным из них является динамическое воздействие колес транспортных средств, вызывающее упругие и пластические деформации в конструктивных слоях дороги и дорожных сооружениях. Среди природных факторов следует выделить постоянно изменяющиеся температурные и гидрологические условия. Очень существенным отрицательным фактором является несвоевременное выполнение работ по текущему содержанию и ремонту дороги.

Кроме того, на состояние дороги влияют факторы, связанные с недостатками при проектировании и строительстве, а также с перегрузками лесовозных поездов: недоучет роста интенсивности движения и осевых нагрузок, превышение допустимых осевых нагрузок при вывозке древесины, неправильное конструирование и расчет дорожной одежды, неоднородность и несоответствие проектным требованиям использованных дорожно-строительных материалов, недоучет природных факторов и грунтово-гидрологических условий, недостаточное уплотнение земляного полотна и слоев дорожной одежды, некачественное выполнение строительных работ.

Для долговечности дороги как инженерного сооружения необходимо, чтобы все ее элементы работали в стадии упругих деформаций. На второстепенных дорогах допускаются остаточные деформации, равномерно распределенные по площади. Неоднородные деформации должны срочно устраняться, так как они снижают скорость движения, ухудшают безопасность и приводят к быстрому разрушению дороги.

5.1.3. Деформации и износ основных элементов дороги и причины их возникновения

В результате воздействия колес подвижного состава и природных факторов происходят износ и деформирование дорожных конструкций.

Деформации дорожных одежд подразделяют на три группы: просадки; трещины в покрытии; деформации, обусловленные отделением и перемещением материала покрытия.

К первой группе деформаций относятся:

плавные неровности — впадины и просадки из-за недостаточного уплотнения покрытия и основания или вследствие пучинообразования;

мелкие колеи в покрытии в связи с ездой по одному следу и недостаточной толщиной покрытия;

глубокие колеи из-за недостаточно прочного слоя основания, роста интенсивности движения, проезда тяжелых автомобилей или повышения уровня грунтовых вод;

волны (гребенка) — однообразные поперечные неровности с шагом около 1 м вследствие движения по дороге однотипных автомобилей с одинаковыми скоростями.

Ко второй группе деформаций относятся:

трещины и переломы в плитах из-за недостаточной прочности плит, слабого основания или вымывания материала подстилающего слоя в стыковой зоне;

сетка трещин на покрытии из укрепленного грунта вследствие недостаточной морозостойкости материала покрытия или появления трещин в основании.

К третьей группе деформаций относятся:

выбоины — вырывание материала из-за ударов колес, прохода гусеничных машин;

отслаивание — нарушение связи покрытия с основанием;

шелушение на покрытиях из укрепленных грунтов в связи с низкой морозостойкостью или излишней жесткостью и крупностью материала;

отделение крупных частиц гравийного материала из-за неправильного подбора зернового состава;

выступы крупных камней в покрытии также из-за неправильного подбора зернового состава.

От ровности покрытия зависит скорость движения автопоездов по дороге. Деформации дороги в виде небольших неровностей высотой 3...5 мм полностью компенсируются шинами и не вызывают толчков и колебаний. Более крупные неровности вызывают колебания подвижного состава и появление динамических усилий. Для измерения ровности покрытия на лесных дорогах чаще всего используют трехметровую рейку. Просвет между рейкой и поверхностью дороги измеряют линейкой. Допускаемый просвет для щебеночных и гравийных покрытий составляет 15 мм.

Случаи отклонения от этой величины не должны превышать 5% общего числа промеров. Максимальные просветы не должны превышать 30 мм.

Скорость движения, обусловленную влиянием поврежденных участков покрытия, можно приблизительно определить по формуле

$$v_n = v_p \frac{v_{\min}}{(1 - \alpha)v_{\min} + \alpha v_p}, \quad (5.1)$$

где v_p — расчетная скорость; v_{\min} — скорость движения по поврежденному участку; α — отношение поврежденной площади к общей площади участка.

5.1.4. Основные виды дорожно-ремонтных работ

Для поддержания дороги в эксплуатационном состоянии организуется дорожно-ремонтная служба. Дорожно-ремонтные работы подразделяют на следующие виды: содержание, текущий, средний и капитальный ремонт.

Содержание дороги заключается в систематическом уходе за самой дорогой, дорожными сооружениями и полосой отвода для поддержания их в надлежащем порядке в течение всего периода эксплуатации дороги в целях обеспечения непрерывного и безопасного движения автотранспорта с установленными нагрузками и скоростями.

Текущий ремонт дороги включает в себя работы по предупреждению и устранению отдельных деформаций и разрушений дорожных покрытий, искусственных сооружений, водоотводной системы и земляного полотна.

Средний ремонт представляет собой комплекс ремонтных работ, проводимых один раз в несколько лет для восстановления дорожных сооружений, возмещения слоя износа и улучшения транспортно-эксплуатационных качеств дороги и дорожных сооружений.

Капитальный ремонт включает в себя работы по восстановлению до проектных норм прочностных характеристик и геометрических параметров дороги с одновременной заменой изношенных и утративших прочность и требуемые свойства конструктивных элементов. Состояние дороги характеризуют ее работоспособность и технико-экономическими показателями.

5.1.5. Оценка эксплуатационных свойств дороги

Для своевременного выявления дефектов дорожных конструкций, составления оперативных планов работ по содержанию и ремонту проводят техническое освидетельствование дорог и искусственных сооружений.

В процессе эксплуатации дороги выполняют следующие виды ее обследования:

оперативное, например на месте дорожно-транспортного происшествия;

текущее, проводимое дорожным мастером регулярно в целях выявления участков, требующих срочного ремонта, контроля общего состояния дороги и качества выполнения дорожно-ремонтных работ;

комплексное, проводимое ежегодно перед началом летней вывозки в целях выявления последствий весенней распутицы и разработки плана работ на текущий год;

паспортизацию дороги, выполняемую один раз в пять лет в целях составления нового или корректировки существующего паспорта дороги.

На основе материалов комплексного обследования дороги определяют показатели, характеризующие состояние дорожной конструкции. Основными эксплуатационными показателями дорог являются: обеспечиваемая состоянием дороги скорость движения, максимально возможная интенсивность движения, допускаемая нагрузка на ось транспортных средств, степень безопасности движения.

При определении состояния дороги и необходимого объема ремонтных работ используют следующие эксплуатационные коэффициенты:

службы

$$K_{\text{сл}} = \frac{v_{\text{ф}}}{v_{\text{р}}}; \quad (5.2)$$

износа

$$K_{\text{изн}} = \frac{\Delta h_{\text{ф}}}{\Delta h}; \quad (5.3)$$

прочности

$$K_{\text{пр}} = \frac{E_{\text{ф}}}{E_{\text{пр}}}; \quad (5.4)$$

проезжаемости

$$K_{\text{п}} = \frac{m_{\text{ф}}}{m_{\text{р}}}; \quad (5.5)$$

Таблица 5.1

Потребность в проведении видов ремонта дорог

| Виды работ | Значения коэффициентов | | | | |
|------------------------------------|------------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | $K_{\text{сл}}$ | $K_{\text{п}}$ | $K_{\text{ск}}$ | $K_{\text{изн}}$ | $K_{\text{пр}}$ |
| Содержание | < 0,8 | ≤ 1 | > 0,5 | < 1 | > 1 |
| Текущий ремонт | < 0,8 | > 1 | < 0,5 | < 1 | > 1 |
| Средний ремонт | < 1 | > 1 | < 0,5 | > 1 | ≥ 1 |
| Капитальный ремонт дорожных одежд: | | | | | |
| усовершенствованных капитальных | < 1 | > 1 | < 0,5 | > 1 | < 0,95 |
| усовершенствованных облегченных | < 1 | > 1 | < 0,5 | > 1 | ≤ 0,8 |
| переходных | < 1 | > 1 | < 0,5 | > 1 | ≤ 0,7 |

Межремонтные периоды для лесных дорог

| Типы покрытия | Периоды, лет, между ремонтами | |
|---|-------------------------------|----------|
| | капитальными | средними |
| Колейные железобетонные на песчаном или песчано-гравийном основании | 15...20 | 7...10 |
| Щебеночные и гравийные из смесей оптимального состава на песчаном основании | 8...10 | 4...5 |
| Щебеночные и гравийные из несортированных смесей | 8...10 | 3...4 |
| Грунтощебеночные, грунтогравийные, грунтолежневые | — | 2...3 |
| Грунтовые улучшенные | — | 2...3 |

скользкости

$$K_{ск} = \frac{\varphi_{ф}}{\varphi_{р}}. \quad (5.6)$$

В приведенных формулах $v_{ф}$, $v_{р}$ — фактическая и расчетная скорости движения на данном участке дороги; $\Delta h_{ф}$, Δh — фактическая и проектная величины износа; $E_{ф}$, $E_{пр}$ — фактический и проектный модули упругости; $m_{ф}$, $m_{р}$ — фактическая и расчетная суммы неровностей покрытия, определяемые толчкомером или трехметровой рейкой; $\varphi_{ф}$, $\varphi_{р}$ — фактический и расчетный коэффициенты сцепления шин с дорогой.

На основании анализа указанных коэффициентов можно судить о необходимости проведения отдельных видов ремонта (табл. 5.1).

Ориентировочные межремонтные периоды для лесных дорог с различными типами покрытия приведены в табл. 5.2.

5.2. Текущее содержание и ремонт лесных дорог

5.2.1. Организация дорожной службы

Дорожная служба организуется в каждом лесном предприятии для содержания и ремонта эксплуатируемой сети дорог, а также строительства временных дорог — усов. Объем работ по содержанию и ремонту дорог определяется по результатам весеннего обследования.

Для содержания и текущего ремонта дорог лесотранспортную сеть разделяют на дорожно-мастерские участки, имеющие приве-

денную длину 35...50 км. Для определения приведенной длины дорог установлены следующие переводные коэффициенты: 1,2 — для грузосборочных магистралей с цементно- или асфальтобетонным покрытием; 1,0 — для лесных магистралей; 0,75 — для служебных дорог и веток независимо от типа покрытия; 0,5 — для усов летнего и зимнего действия.

Число рабочих, требующихся для содержания и ремонта дороги, определяют по формулам:

для дорог с гравийными и щебеночными покрытиями в неморозный период

$$N_{\text{лет}} = 0,25L + 0,0018R_{\text{лет}} + n_{\text{ус}}l_{\text{ус}}; \quad (5.7)$$

для дорог с покрытиями из железобетонных плит

$$N_{\text{лет}} = 0,3L + 0,00058R_{\text{лет}} + n_{\text{ус}}l_{\text{ус}}; \quad (5.8)$$

для дорог круглогодического действия в зимний период

$$N_{\text{зим}} = 0,132L + 0,0006R_{\text{зим}} + n_{\text{ус}}l_{\text{ус}}; \quad (5.9)$$

для снежно-ледяных дорог

$$N_{\text{сез}} = 0,186L + 0,0006R_{\text{зим}} + n_{\text{ус}}l_{\text{ус}}; \quad (5.10)$$

где L — приведенная длина магистралей и веток, эксплуатируемых в данный период, км; $R_{\text{лет}}$, $R_{\text{зим}}$ — грузовая работа соответственно в летний и зимний периоды, тыс. м³·км; $n_{\text{ус}}$ — число рабочих, требующихся для содержания в исправности 1 км уса, находящегося в эксплуатации, $n_{\text{ус}} = 0,2...0,4$; $l_{\text{ус}}$ — протяженность усов, находящихся одновременно в эксплуатации, км.

Дорожно-мастерский участок возглавляется мастером, которому подчинены ремонтные бригады и бригады по строительству усов. За дорожным мастером закрепляются необходимые машины, оборудование и инструмент. Количественный состав бригады для обслуживания участка устанавливают исходя из объема и характера работ по содержанию и ремонту дорог, а также наличия средств механизации.

5.2.2. Содержание дорог

Содержание дорог в исправности предусматривает выполнение следующих работ по сезонам года:

весной — очистка от снега и отвод воды с проезжей части и обочин; обеспечение исправной работы водоотвода для скорейшего просыхания дороги; укладка временных щитов в местах с недостаточной прочностью и признаками пучения; устройство на обочинах пучинистых участков воздушных поперечных ровиков с уклоном дна 40...50 % в сторону откоса, шириной 0,25...0,5 м че-

рез 3...4 м в шахматном порядке на глубину, соответствующую толщине дорожной одежды; закрытие движения по грунтовым и гравийным дорогам на период распутицы; раскрытие отверстий водопропускных сооружений; пропуск ледохода под мостами; уборка снегозащитных щитов; планировка проезжей части после ее достаточного просыхания (при достижении влажности, близкой к оптимальной);

летом — обеспечение ровности покрытия систематической планировкой поверхности, обеспыливание, обеспечение равномерного износа покрытия, ликвидация размывов обочин, пропуск воды по канавам и другим водоотводным сооружениям с их очисткой в отдельных местах от ила, скашивание травы и вырубка кустарника на обочинах, устранение неисправностей мостов и труб, приведение в порядок дорожных знаков и указателей;

осенью — обеспечение водоотвода с устранением рытвин, выбоин и колеи, в которых может задержаться вода; подготовка и установка снегозащитных щитов; закрытие перед снегопадом отверстий труб и мостов; выравнивание поверхности проезжей части профилированием перед началом заморозков;

зимой — борьба со снежными заносами и гололедом; постройка снежно-ледяных и ледяных покрытий и ледяных переправ.

Обеспыливание. Особенностью покрытий песчано-гравийных, щебеночных, грунтощебеночных и грунтовых дорог является их высокая пылимость в сухое время года. Это вызывает повышенный износ проезжей части дороги и подвижного состава, ухудшает условия работы водителей, снижает безопасность движения и отрицательно отражается на росте придорожных древостоев.

Пылимость зависит от затененности дороги и типа местности по условиям увлажнения.

Для обеспыливания дорог с переходными и низшими типами покрытий применяют минеральные и органические вещества. Нормы расхода обеспыливающих материалов для I—III дорожно-климатических зон на 1 м² покрытия составляют: хлористые натрия и кальция (порошок) — 0,4...0,8 кг, 30 %-ный раствор хлористого кальция — 1...2 л, сырые нефти, нефтешлам — 0,7...1,2 л.

Для ослабления влияния солей на коррозию металлических деталей автомобилей эти соли смешивают с ингибиторами. К хлористому натрию добавляют 2...3 % (от массы хлористого натрия) однозамещенного фосфата натрия, 5...7 % двухзамещенного фосфата натрия, 3...5 % суперфосфата, к хлористому кальцию — 5...7 % суперфосфата, 1...2 % гексаметафосфата натрия, 10...15 % нитрата кальция. Порошковые вещества наносят специальными распределителями, пескоразбрасывателями, солераспределителями, распределителями щебня и сельскохозяйственных удобрений, жидкие вещества — поливочными машинами, автогудронаторами, автоцистернами, оборудованными распределительными устройствами.

Борьба со снежными заносами и гололедом. В зимний период работа лесных дорог значительно осложняется из-за снежных заносов. До 50 % годовых трудозатрат приходится на борьбу со снегом и льдом, в том числе до 25 % — на снегозадержание и снегоочистку.

По степени снегозаносимости участки дорог подразделяют на четыре категории:

сильнозаносимые — нераскрытые выемки глубиной 6 м и более;

среднезаносимые — раскрытые выемки, нулевые места и насыпи высотой менее средней толщины снежного покрова;

слабозаносимые — насыпи высотой более высоты снежного покрова;

незаносимые — высокие насыпи, участки, проложенные в узких просеках.

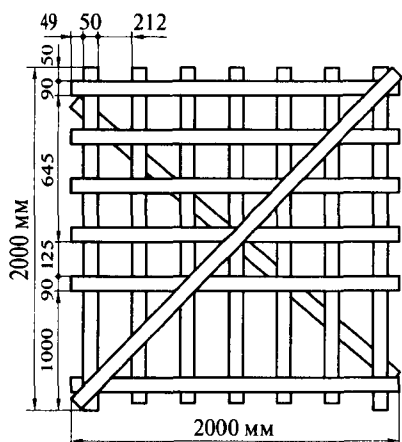
Меры борьбы со снежными заносами могут быть пассивными (снегозадержание) и активными (очистка от снега). Снегозащитные устройства подразделяют на постоянные (полосы леса шириной 60 м вдоль дорог) и временные (деревянные щиты, снежные валы, стенки, траншеи, ряды вершинок и крупных сучьев).

Переносные деревянные щиты (рис. 5.1) применяют на участках местности, где нет постоянных снегозащитных устройств и рельеф не позволяет проложить снежные траншеи.

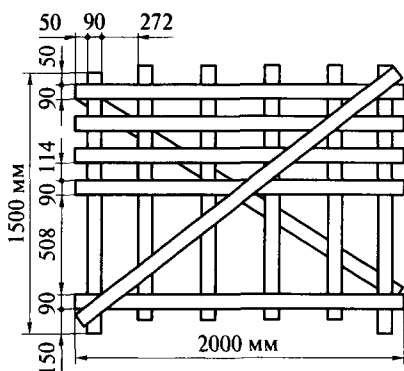
Щиты устанавливают в конце осени вдоль дороги со стороны господствующего зимой ветра на расстоянии 20... 25 м, а в сильнозаносимых местах — 40... 45 м от бровки кювета или выемки с разрывами в один щит через каждые три—четыре щита. Колья для закрепления щитов забивают до замерзания грунта по линии снегозащиты на расстоянии 1,9 м друг от друга. Щиты привязывают к кольям только с верхней стороны. После заноса щитов на 2/3... 3/4 высоты их переставляют в последовательности, показанной на рис. 5.2.

На временных дорогах применяют снегозащитные устройства в виде снежных траншей и валов. Снежные траншеи и валы, прокладываемые бульдозером, достаточно эффективны, и устройство их дешевле, чем установка щитов. Осенью подготавливают полосу, свободную от пней и других препятствий, и обозначают ее вешками. Снежные траншеи прокладывают параллельно дороге. Ближняя траншея должна находиться от дороги на расстоянии не менее 30 м, расстояние между соседними траншеями составляет 12... 15 м, глубина траншей — 1,0... 1,5 м. Одна траншея задерживает 5... 16 м³ снега на 1 пог. м дороги. После прекращения метели вместо засыпанных траншей устраивают новые.

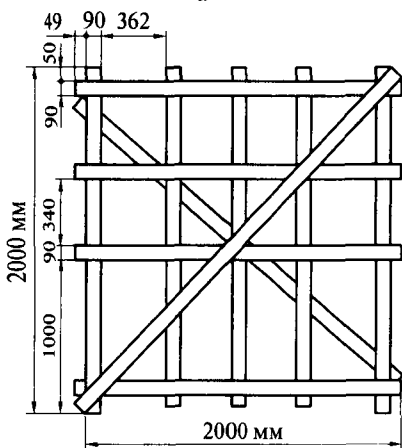
Для обеспечения непрерывного и безопасного движения по дороге в зимний период необходимо поддерживать поверхность проезжей части в ровном и плотном состоянии. Для очистки дорог от снега применяют различные снегоочистители, автогрейде-



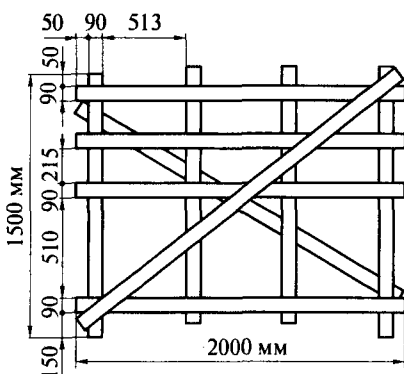
a



б



в



г

Рис. 5.1. Переносные деревянные щиты:
a — тип I; *б* — тип II; *в* — тип III; *г* — тип IV

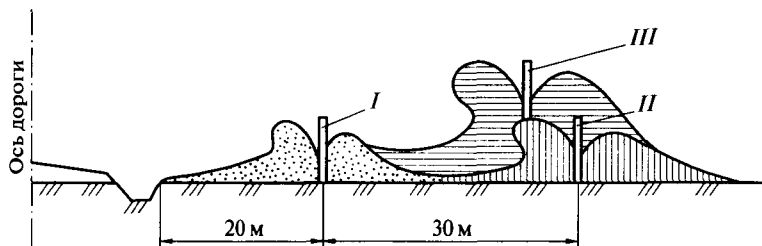


Рис. 5.2. Схема перестановки щитов при сильных снежных заносах:
 цифрами I, II, III указана последовательность переноса щитов по мере накопления сугробов

ры, бульдозеры, а при больших снеготаносах — шнеко-роторные снегоочистители. На дорогах с усовершенствованными покрытиями снег удаляют полностью, а на дорогах с переходными и грунтовыми дорожными одеждами оставляют слой толщиной 5...6 см. Снег необходимо удалять и с обочин, не допуская образования на них снежных валов.

Гололед возникает при понижении температуры воздуха после оттепели с выпадением осадков, а также в результате образования ледяной корки при уплотнении снега колесами автомобилей. Для удаления с дорожных покрытий твердых ледяных и снежно-ледяных корок используют химические вещества, понижающие температуру таяния снега и льда, благодаря чему ледяной слой размягчается и может быть сравнительно легко счищен автогрейдером. При температуре выше -12°C рекомендуется применять хлористый натрий, при более низких температурах — хлористый кальций. Можно использовать и другие соли, водные растворы которых имеют достаточно низкую температуру замерзания. Как и при обеспыливании, в состав солей добавляют ингибиторы.

При гололеде по поверхности проезжей части рассыпают крупный и средний песок, мелкий гравий, каменную мелочь, топливный шлак. Чтобы предотвратить смерзание материалов для посыпки покрытий при хранении, их следует смешивать с солями.

Норма россыпи сыпучих материалов на участках дорог с уклоном менее 20 ‰ составляет $0,1 \dots 0,2 \text{ м}^3$ на $1\,000 \text{ м}^2$. На участках с уклоном более 20 ‰, на кривых, подходах к пересечениям дорог ее увеличивают до $0,3 \dots 0,4 \text{ м}^3$ на $1\,000 \text{ м}^2$.

5.2.3. Ремонт дорог

Текущий ремонт. При текущем ремонте покрытий выравнивают поперечный профиль, заделывают колеи, трещины, выбоины, ямы, рассыпают высевки и мелкий гравий. Профилирование производят автогрейдерами или грейдерами. Для создания выпуклого поперечного профиля в отдельных местах добавляют гравий и уплотняют покрытие.

При ремонте земляного полотна и системы водоотвода выполняют следующее:

- исправляют отдельные повреждения земляного полотна, водоотводных сооружений, резервов, защитных, укрепительных и регуляционных сооружений;

- осуществляют подсыпку, срезку и планировку обочин на отдельных участках;

- производят частичную планировку откосов насыпей и выемок, в случае размыва укрепляют их камнем, щебнем, одерновкой или посевом трав;

протищают канавы на заплывших участках, углубляют кюветы, придавая им продольный уклон не менее 5‰;

до начала заморозков провешивают ось водоотводных канав в местах, подлежащих очистке от снега в весеннее время, убирают камни, хлысты и другие предметы, которые могут помешать расчистке дороги от снега;

выполняют работы по предупреждению пучинообразования, для чего на обочинах участков, подверженных пучинообразованию, прорывают ровики до основания дренирующего слоя дорожной одежды и засыпают крупнозернистым материалом;

исправляют небольшие повреждения отдельных элементов искусственных сооружений, выполняют частичную смену и подтяжку деталей соединений, заделку трещин, сколов.

На kolejных покрытиях выравнивают колесопроводы, выправляют плиты, заменяют разрушившиеся плиты, выравнивают обочины и межколейное пространство, устраняют просадки.

Средний ремонт. Средний ремонт выполняют, руководствуясь результатами весеннего обследования. Он осуществляется на отдельных участках дороги длиной 3...5 км. Если планируется увеличение объема перевозок, одновременно с восстановлением слоя износа увеличивают толщину покрытия.

Средний ремонт земляного полотна начинают с полной прочистки водоотводных сооружений и коренной перестройки пучинистых мест. Прочистку канав ведут навстречу возможному течению воды, особое внимание уделяя заиливающимся участкам. Для выпуска воды из резервов устраивают водоотводные канавы. Производят срезку и подсыпку грунта на откосах выемок, насыпей и на обочинах с укреплением его в местах размывов. В случае просадок дополнительно уплотняют земляное полотно, улучшая отдельные участки каменными материалами. При наличии в теле насыпи грязевых мешков делают поперечные прорезы для просушки внутренней части земляного полотна, затем прорезы засыпают дренирующим грунтом и послойно уплотняют его.

К среднему ремонту относятся также восстановление профиля щебеночных, гравийных и улучшенных грунтовых дорог, ямочный ремонт, восстановление слоя износа.

При выполнении ямочного ремонта из ям удаляют грязь, вскирковывают гравий (рис. 5.3, а), делают отвесные стенки (рис. 5.3, б). Полученный при раскировке материал укладывают на дно, сверху насыпают привезенный гравийный материал такого же состава, что и на дороге, и уплотняют его так, чтобы он возвышался на 1...2 см (рис. 5.3, в). При последующем уплотнении возвышение устраняют (рис. 5.3, г).

Для сплошного выравнивания гравийные и щебеночные покрытия профилируют с добавлением нового материала до 500 м³ на 1 км покрытия. Работу начинают с очистки покрытия от грязи, пыли,

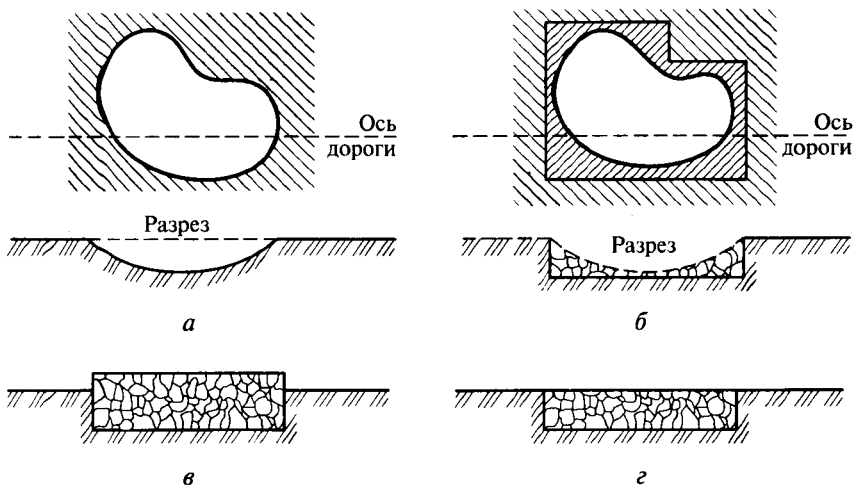


Рис. 5.3. Стадии (а—г) выполнения ямочного ремонта

устранения больших ям, просядок, глубоких выбоин и колеи. Затем производят сплошную кировку на полную глубину ям и выбоин, распределяют материал, профилируют и уплотняют. По щебеночному покрытию после уплотнения дополнительно рассыпают мелкий щебень в количестве 1...2 м³ на 100 м² покрытия.

При недостатке в гравии связующего материала следует вскирковать верхний слой и внести в него небольшую добавку суглинистого грунта (5...7%), а затем гравийный слой укатать во влажном состоянии с добавлением 30 %-го раствора хлористого кальция. Если при дожде поверхность гравийной дороги затягивается тонкой пленкой глинистого раствора, что указывает на избыток пылеватых и глинистых частиц, верхний слой также вскирковывают, добавляют до 3% гашеной извести и вновь уплотняют.

На дорогах с колеиным покрытием увеличивают или обновляют песчаную подушку на участках до 30% протяженности дороги, производят подъемку и выравнивание железобетонных плит, выполняют мелкий ремонт плит или частичную их замену, досыпают и уплотняют промежутки между колесопроводами, восстанавливают поперечный дренаж.

Производят перестройку обветшалых деревянных труб и малых мостов, по возможности заменяют их на железобетонные, устраняют отдельные дефекты и повреждения мостов, выполняют окраску, антисептирование и оштукатуривание элементов мостов, ремонт подпорных стен, защитных, укрепительных и регулиционных сооружений, частичную замену элементов.

К среднему ремонту относятся также работы по ремонту или замене поврежденных звеньев и оголовков железобетонных труб, восстановление всех дорожных знаков, указателей и ограждений.

Капитальный ремонт. Капитальный ремонт является ремонтом дорожной одежды в целом и назначается, когда прочность дорожной одежды становится значительно ниже первоначальной, предусмотренной проектом. При капитальном ремонте повышают прочность дорожной одежды, совершенствуют конструкцию проезжей части, устраивают новые износостойкие шероховатые покрытия, заменяют отдельные слои дорожной одежды, формируют дренажные и теплоизолирующие слои для улучшения водно-теплового режима и ликвидации возможности образования пучин.

Капитальный ремонт дороги может включать в себя смягчение крутых уклонов, увеличение малых радиусов, уширение земляного полотна, спрямление извилистых участков, улучшение системы водоотвода, капитальный ремонт искусственных сооружений.

Повышение прочности и усовершенствование дорожных одежд при капитальном ремонте могут выполняться следующими способами:

разборкой старой дорожной одежды и устройством новой;

разборкой только покрытия с усилением основания и устройством нового, более совершенного покрытия;

использованием старой дорожной одежды в качестве основания с устройством сверху нового слоя покрытия и слоя износа.

Капитальный ремонт выполняют на основании проекта и сметы. Если в связи с ростом объемов перевозок по дороге необходимо перевести ее в другую, более высокую категорию, назначают реконструкцию дороги.

5.3. Экологические и эстетические аспекты проектирования, строительства и эксплуатации лесных дорог

5.3.1. Экологические аспекты

Дороги как линейные сооружения оказывают существенное воздействие на окружающую среду.

Влиянию дорог и движущихся по ним транспортных средств подвергаются значительные территории (4...6 га на 1 км дороги).

Строительство дорог нарушает экологическое равновесие по следующим причинам:

нарушается водно-тепловой режим местности;

прерываются или изменяются пути миграции животных;

нарушается вид живописных природных ландшафтов;

повышается опасность возгорания лесов;

нарушается устойчивость склонов, особенно в горной местности;

окружающая среда загрязняется отработавшими газами, противопыльными и противогололедными препаратами;

из-за пыли и сажи ухудшается фотосинтез растений близ дорог;

повышенный уровень шума отрицательно влияет на рекреационные свойства леса.

Требования охраны окружающей среды необходимо учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации транспортной сети.

При проектировании надо предусматривать мероприятия, снижающие ущерб от изъятия земель для прокладки дороги. Для этого следует, по возможности, прокладывать трассы лесных дорог по малоценным землям, совмещать трассы дорог с квартальными просеками, линиями электропередач, трассами нефте- и газопроводов, лесомелиоративной сетью, противопожарными разрывами и т. п.

Сократить площади, изымаемые под строящиеся дороги, можно за счет проектирования откосов крутизной 1:1,5 вместо 1:3, устройства односторонних, а не двусторонних резервов, размещения резервов не в дорожной просеке, а в стороне — на полянах, вырубках, малопродуктивных землях.

В процессе строительства дорог нарушается почвенный покров. После завершения строительства нарушенные земли необходимо привести в состояние, допускающее их использование в сельском или лесном хозяйстве, т. е. произвести рекультивацию земель. Работы по рекультивации начинают в процессе подготовительных работ, когда снимается растительный слой. Чаще всего растительный слой снимают бульдозером или скрепером и укладывают в валы на борту карьера или резерва. При этом нельзя допускать перемешивания растительного слоя с лежащими ниже слоями минерального грунта.

Процесс рекультивации состоит из двух фаз — технической и биологической. Техническая (геотехническая) фаза заключается в подготовке территории, планировке отвалов, придании им пригодной для использования формы, надвигании плодородных грунтов, создании подъездных путей.

В целях предотвращения эрозионных процессов уклоны поверхностей резервов и карьеров после их рекультивации не должны превышать:

при подготовке площадей под пашни — 1...2°, под сенокосы и пастбища — 2...4°;

при подготовке площадей для создания лесных культур — 3° в направлении рядов лесных культур, 10° в направлении, перпендикулярном рядам лесных культур.

Техническая фаза включает в себя проведение противоэрозионных мероприятий.

Биологическая фаза рекультивации заключается в восстановлении земель и их плодородия путем выращивания сельскохозяйственных культур или посадки древесных пород. Первоначально культивируют малотребовательные культуры с большой массой, а затем высаживают древесные породы. Для укрепления откосов иногда применяют специальные эмульсии, имеющие в своем составе питательные вещества, которые склеивают поверхность. Дальнейшее укрепление происходит за счет корневой системы.

Технология работ по рекультивации земель должна быть отражена в технорабочем проекте дороги. В проекте указывают: площади, постоянно занятые дорогой и дорожными сооружениями; площади, временно занятые в процессе строительства карьерами, резервами и подлежащие рекультивации; виды рекультивации и цели ее проведения; уклоны откосов; размещение плодородного слоя; расстояния перемещения, мероприятия по рекультивации; объемы работ, их обоснование; стоимость работ.

Для снижения отрицательного влияния дорог на водный режим местности необходимо увязывать проектирование осушительной и дорожной сетей. Если осушительная сеть уже построена, при проектировании дорожных канав следует увязывать отметки дна с ближайшими осушителями или собирателями. Если осушительная сеть проектируется после устройства дороги, необходимо предусматривать использование дорожных канав в качестве осушителей или собирателей (после выполнения соответствующих углублений или уширений) и включать их в общую осушительную систему.

Построенные дороги часто преграждают традиционные пути миграции животных, нарушая экологическое равновесие в природе. Для защиты животных и снижения аварийности следует соответствующие участки дорог ограждать забором с мелкой сеткой, а на обочинах устанавливать специальные металлические рефлекторы, отпугивающие животных. В местах интенсивной сезонной и суточной миграции на дорогах должны быть специальные предупреждающие знаки и щиты, разъясняющие водителям ситуацию, информирующие о наиболее опасных периодах и указывающие на необходимость снижения скорости.

Если дорога проходит через населенный пункт, шум от движущихся транспортных средств и загазованность отрицательно влияют на условия труда и отдыха жителей, поэтому следует предусматривать обходы населенных пунктов. При невозможности устройства обходов необходимо принимать меры по снижению транспортного шума, зависящего от скорости и интенсивности движения. Уровень шума транспортного потока, в котором доля грузовых автомобилей составляет более 60 %, на расстоянии 7 м от крайнего ряда машин определяется по эмпирической формуле

$$L_7 = 46 + 11,8 \lg N + \sum D, \quad (5.11)$$

где N — интенсивность движения, т. е. число автомобилей, проезжающих по дороге за 1 ч; $\sum D$ — сумма поправок, учитывающих отклонение данных условий от средних типичных, для лесных дорог $\sum D = 6 \dots 8$ дБа.

Внешний шум грузовых автомобилей не должен превышать 84...93 дБа. Рядом с домами допускается уровень шума 30...40 дБа. На ровной открытой местности ослабление шума составляет 2,8 дБа на 100 м, при вспаханной поверхности или траве — 3,3 дБа, при высокой густой траве — 6,6 дБа, при кустарнике — 10...16,5 дБа на 100 м. Узкая полоса леса и кустарника снижает уровень шума всего на 5...15 дБа. Чтобы предохранить жилую территорию от шума, надо относить трассу лесной дороги от защищаемых объектов на значительное расстояние.

Во время движения автомобилей происходит выброс токсичных веществ в окружающую среду. Наибольший объем в отработавших газах занимают оксид углерода (СО), углеводороды (C_nH_m), окислы азота (NO_x). Выброс, состав и распространение отработавших газов существенно зависят от режима работы двигателя, технического состояния и интенсивности движения автотранспорта, продольного профиля дороги, скорости движения, типа и состояния дорожного покрытия, направления и скорости ветра. Исследованиями установлено, что на подъемах концентрация СО в 2—2,5 раза выше, чем на горизонтальных участках. В лесных массивах значительно меньшую загазованность имеют дороги, проложенные по направлению господствующих ветров.

При проектировании лесных дорог необходимо учитывать, что они являются опорными линиями для остановки пожара. При эксплуатации дороги следует очищать дорожные просеки от остатков древесины. На просеках должны быть проложены дополнительные минерализованные полосы. Для верховых пожаров дорожные просеки шириной 20...40 м не являются препятствием. Чтобы иметь возможность локализовать такой пожар, вдоль дорожных просек необходимо путем реконструкции хвойных лесных насаждений создавать широкие полосы из древостоев с преобладанием лиственных пород.

5.3.2. Эстетические аспекты

Леса имеют большое рекреационное значение, что необходимо учитывать при проектировании лесных дорог. Основы ландшафтного проектирования требуют, чтобы трасса дороги воспринималась как пространственная кривая, плавно вписанная в естественные изгибы местности. Плавные кривые большого ра-

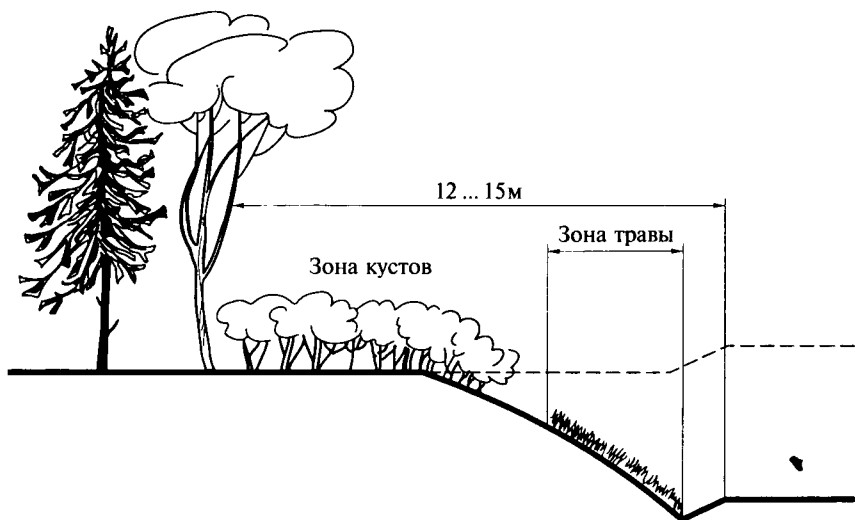


Рис. 5.4. Размещение растительности у дороги

диуса не только обеспечивают безопасность движения, но и создают эстетически красивые виды лесного ландшафта. Плавность трассы пространственной кривой достигается совмещением поворотов в плане с переломами продольного профиля, что возможно только при больших радиусах кривых. Вход дороги в лесной массив следует устраивать на кривых или под углом к границе насаждения. Просеки должны быть переменной ширины и иметь впадины и выступы, которые вместе с насаждениями создают красивую линию опушки. Групповые посадки, разбросанные вдоль дороги, создают ощущение широты и украшают пейзаж, снижая тем самым утомление водителей. На внутренней стороне кривых, у съездов и пересечений дорог нельзя оставлять сильно разросшиеся деревья, уменьшающие видимость. Посадки на внешней стороне кривых облегчают ориентировку. Расстояния от растущих деревьев до дороги должны обеспечивать предохранение покрытий от разрушения корнями. Группы деревьев, растущих у подножия высокой насыпи, снимают ощущение высоты и ослабляют чувство неуверенности у водителей. На откосах выемок надо высаживать кустарники. Мелкий кустарник у бровки должен переходить в крупный, постепенно сливаясь с окружающими деревьям (рис. 5.4).

После рекультивации сухих карьеров и резервов в них следует высаживать деревья. При высоком стоянии грунтовых вод в карьерах можно проектировать пруды. Для сохранения природной среды съезды автомашин с дорог на лесную территорию должны быть запрещены.

5.4. Организация вывозки древесины

5.4.1. Основные эксплуатационные показатели работы лесотранспортного цеха

Вывозка древесины как технологическая фаза лесозаготовительного процесса может иметь различную организационную структуру. Наиболее часто в лесозаготовительных предприятиях создают лесотранспортные цеха, конкретный состав которых определяется объемом работ и местными условиями. Для обеспечения лесотранспортного процесса необходим ряд структурных подразделений: дорожно-строительная служба, служба текущего содержания и ремонта лесных дорог и дорожных сооружений, служба текущего содержания и ремонта подвижного состава и погрузочно-разгрузочных механизмов, диспетчерская служба.

Основными эксплуатационными показателями работы лесотранспортного цеха являются производительность лесовозных поездов, удельные затраты труда на вывозке и себестоимость вывозки.

Эксплуатационная производительность лесовозного тягача измеряется числом кубических метров древесины, вывезенной тягачом в единицу времени — год, квартал, месяц, сутки, смену.

Сменную производительность, $\text{м}^3/\text{смена}$, определяют по формуле

$$P_{\text{см}} = n Q_{\text{пол}}, \quad (5.12)$$

где n — число рейсов в смену; $Q_{\text{пол}}$ — полезный объем груза автопоезда, м^3 .

Число рейсов в смену можно найти по формуле

$$n = \frac{(T - t_{\text{п.з}})k_{\text{в}}}{120 \left(\frac{l_{\text{м}}}{v_{\text{м}}} + \frac{l_{\text{в}}}{v_{\text{в}}} + \frac{l_{\text{ус}}}{v_{\text{ус}}} \right) + T_1 + T_2}, \quad (5.13)$$

где T — продолжительность рабочей смены, мин; $t_{\text{п.з}}$ — подготовительно-заключительное время, приходящееся на одну смену, мин, для автомобилей с карбюраторными двигателями $t_{\text{п.з}} = 20$ мин, с дизельными — $t_{\text{п.з}} = 30$ мин; $k_{\text{в}}$ — коэффициент использования рабочего времени, $k_{\text{в}} = 0,85 \dots 0,9$; $l_{\text{м}}$, $l_{\text{в}}$, $l_{\text{ус}}$ — протяженность участков соответственно магистрали, ветки и уса, км; $v_{\text{м}}$, $v_{\text{в}}$, $v_{\text{ус}}$ — среднетехническая скорость движения соответственно по магистрали, ветке и усу, км/ч; T_1 — время пребывания автопоезда на погрузочном пункте, мин; T_2 — время пребывания автопоезда на пункте разгрузки, мин.

Время пребывания автопоезда на погрузочном пункте

$$T_1 = t_0 + t_1 Q_{\text{пол}}, \quad (5.14)$$

где t_0 — время на установку автопоезда под погрузку и ожидание погрузки, мин; t_1 — время на погрузку 1 м^3 древесины, мин/ м^3 , при погрузке челюстными погрузчиками $t_1 = 1,2$ мин/ м^3 , кабельными или козловыми кранами $t_1 = 0,5$ мин/ м^3 , автомобильными кранами $t_1 = 1,8$ мин/ м^3 , манипуляторами — $t_1 = 2,2$ мин/ м^3 .

Время пребывания автопоезда на нижнем складе (пункте разгрузки)

$$T_2 = t'_0 + t'_1, \quad (5.15)$$

где t'_0 — время на установку автопоезда под разгрузку и ожидание разгрузки, мин; t'_1 — время разгрузки автопоезда, мин, при использовании кабельных или козловых кранов $t'_1 = 10$ мин.

Если разгрузка осуществляется в несколько приемов, считают, что на каждый прием затрачиваются 5 мин.

Подсчитанное по формуле (5.13) значение n округляют до целого числа.

5.4.2. Определение необходимого количества перевозочных средств и горючесмазочных материалов

Рабочий парк автомобилей, ежедневно выпускаемых на линию для вывозки древесины, определяют по формуле

$$N_{\text{раб}} = \frac{Q_{\text{пл}} k_n}{m A P_{\text{см}}}, \quad (5.16)$$

где $Q_{\text{пл}}$ — объем вывозки за планируемый период (год, сезон, месяц) м^3 ; k_n — коэффициент неравномерности работы дороги, $k_n = 1,1 \dots 1,2$; m — число смен работы на вывозке в сутки; A — число рабочих дней в планируемом периоде; $P_{\text{см}}$ — сменная производительность автопоезда, $\text{м}^3/\text{смена}$.

Инвентарный парк автомобилей, т. е. их число, которое необходимо иметь в гараже, находят по формуле

$$N_{\text{инв}} = \frac{N_{\text{раб}}}{k_{\text{т.г}}} + 0,17 N_{\text{раб}}, \quad (5.17)$$

где $k_{\text{т.г}}$ — коэффициент технической готовности автомобилей, при работе в одну смену $k_{\text{т.г}} = 0,85$, в две смены — $k_{\text{т.г}} = 0,8$, в три — $k_{\text{т.г}} = 0,75$; $0,17$ — коэффициент, учитывающий наличие резервных автомобилей.

Необходимое число единиц прицепного состава определяют по формуле

$$N_{\text{пр}} = \frac{N_{\text{раб}} n z}{k_p}, \quad (5.18)$$

где n — число единиц прицепного состава в одном автопоезде; z — число сменных прицепных составов, приходящихся на один автомобиль-тягач; k_p — коэффициент, учитывающий нахождение части прицепного состава в ремонте, $k_p = 0,85 \dots 0,9$.

Годовая потребность в моторном топливе для вывозки древесины может быть подсчитана по формуле

$$Q_T = \left[(q_1 + q_2 Q'_{\text{пр}}) \frac{L_0}{100} + q_2 \frac{R_0}{100} \right] \gamma_T k_1 k_2 k_3, \quad (5.19)$$

где q_1 — норма расхода топлива на 100 км пробега, л/100 км; q_2 — норма расхода топлива на каждые 100 т · км грузовой работы, л/100 т · км; $Q'_{\text{пр}}$ — масса прицепного состава без груза, т; L_0 — общий пробег лесовозных автопоездов за год, км; R_0 — грузовая работа дороги, (т · км)/год; γ_T — плотность топлива, кг/л; k_1 — коэффициент, учитывающий расход топлива на гаражные нужды, $k_1 = 1,01$; k_2 — коэффициент, учитывающий дополнительный расход топлива при вывозке древесины по усам и при работе в зимнее время, $k_2 = 1,05 \dots 1,08$; k_3 — коэффициент, учитывающий дополнительный расход топлива при вывозке деревьев, $k_3 = 1,11 \dots 1,25$.

Общий пробег лесовозных автопоездов

$$L_0 = (2l_{\text{ср}} + l_n) \frac{Q_T}{Q_{\text{пол}}}, \quad (5.20)$$

где $l_{\text{ср}}$ — среднее расстояние вывозки древесины в планируемый период, км; l_n — дополнительный (нулевой) пробег за один рейс на нижнем складе, погрузочном пункте, в гараже, на заправку, км; Q_T — годовой грузооборот дороги, м³.

Потребность в смазочных материалах определяется в процентах от расхода топлива. Так, потребность в автале составляет 3,5% от расхода бензина; в дизельном масле — 5% от расхода дизельного топлива; в нигроле — 1,0%, солидоле — 1,5%, керосине — 1,5% от годовой потребности в топливе.

Общую годовую потребность в авторезине определяют исходя из общего пробега шин за год и нормы пробега шин до полного износа.

Движение поездов организуется по заранее составленному расписанию — суточному графику движения, который вычерчивают на специальной сетке в координатах времени (горизонтальная ось) и пути (вертикальная ось). Каждая горизонтальная линия на гра-

Фике соответствует положению погрузочного пункта. Движение автопоездов отображают наклонными линиями. Тангенс угла наклона этих линий к горизонтальной оси в принятом масштабе представляет собой скорость движения поезда на соответствующем участке дороги.

Число одновременно работающих погрузочных пунктов определяют по формуле

$$m = \frac{Q_{\text{сут}}}{n_{\text{см}} q_{\text{пог}}}, \quad (5.24)$$

где $Q_{\text{сут}}$ — суточный объем погрузки, м^3 ; $n_{\text{см}}$ — число смен работы погрузчика; $q_{\text{пог}}$ — средняя производительность погрузчика в смену, $\text{м}^3/\text{смена}$.

Контрольные вопросы

1. Перечислите требования к дорогам и факторы, влияющие на состояние дорог.
2. Назовите основные виды дорожно-ремонтных работ и укажите их периодичность.
3. Перечислите основные эксплуатационные показатели дорог.
4. Какие виды работ по содержанию и текущему ремонту дорог выполняют по сезонам года?
5. Как защищают лесные дороги от снежных заносов?
6. Какие виды работ необходимо выполнить при среднем и капитальном ремонте лесных дорог?
7. Назовите основные мероприятия, снижающие отрицательное влияние дорог на окружающую среду.
8. Какие основные эксплуатационные показатели необходимо учитывать при организации вывозки древесины?

Глава 6

ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ ЛЕСА

6.1. Общие сведения о водном транспорте леса

6.1.1. Виды водного транспорта леса

Неравномерность распределения лесов по территории страны и отдаленность потребителей от основных лесозаготовительных районов обуславливает необходимость транспортировки лесоматериалов на большие расстояния.

Одним из видов транспорта лесоматериалов является водный транспорт, который состоит из комплекса производственных и подготовительных процессов, связанных с перемещением лесных грузов по водным путям. Водный транспорт леса включает в себя лесосплав и судовые перевозки леса.

(При *лесосплаве* используется плавучесть древесины. Лесосплав может быть молевым, кошельным и плотовым.

Молевой лесосплав — это перемещение не связанных между собой лесотранспортных единиц течением реки (потока). Данный вид лесосплава применяют в верховьях рек при ограниченных ширине и глубине реки. При этом в качестве лесотранспортных единиц используются либо круглые лесоматериалы (бревна), либо совокупности лесоматериалов, объединенных в специальную плоточную единицу (пучок, плитку, пакет).

Разновидностью молевого лесосплава является лесосплав плоточных единиц, или лесосплав вольницей.

Кошельный лесосплав — это перемещение силой течения реки или силой тяги буксировщика не связанных между собой лесотранспортных единиц, заключенных в специальное плавучее ограждение (оплотник).

Плотовый лесосплав — это перемещение специальных лесотранспортных единиц — плотов, сформированных с помощью системы продольных и поперечных гибких и жестких связей из плоточных единиц (пучков, пакетов, плиток), силой течения реки (самосплав) или силой тяги буксировщика (буксировка).

Плотовый лесосплав подразделяют на первоначальный и магистральный. Первоначальный плотовый лесосплав — это лесосплав

по первоначальным сплавным путям (рекам), осуществляемый, как правило, судами поставщика (ранее — Минлесбумпрома).

Магистральный плотовой лесосплав — это плотовой лесосплав по магистральным судоходным рекам, осуществляемый специализированной организацией (ранее Минречфлотом).

Судовые перевозки леса — это перевозки по водным путям лесных материалов и круглого леса в судах или на самоходных и несамоходных баржах.

В судах перевозят, главным образом, древесину лиственных пород, короткомерные круглые лесоматериалы, а также обработанную продукцию из различных пород древесины. Водный транспорт леса наиболее экономичный и наименее энергоемкий вид транспорта. Потребление энергии при лесосплаве на сопоставимый объем работ в 4 раза меньше, чем при перевозках железнодорожным транспортом и в 17 раз меньше, чем автомобильным.

Это объясняется тем, что водный транспорт использует для перевозки готовый путь — реку, озеро, водохранилище, море, а затраты на содержание и обслуживание водного пути значительно ниже, чем путей, используемых при других видах транспорта.

По скорости доставки грузов водный транспорт уступает всем другими видам транспорта, потому что сопротивление движению груза по воде с увеличением скорости движения растет значительно быстрее, чем сопротивление движению вагонов по рельсам и автомашин по дорогам. Буксировку плотов осуществляют при скорости движения относительно воды 0,4...1,2 м/с. В этом случае сопротивление движению груза по воде меньше, чем движению вагонов по железной дороге.

К недостаткам водного транспорта относится также его сезонность. Перерыв в лесосплаве вызывает необходимость создания складов большой вместимости в пунктах отправления и прибытия.

Малые скорости доставки грузов и сезонность работ требуют значительного объема оборотных средств для нормальной организации лесозаготовительных и лесосплавных предприятий.

Начинается лесосплав пуском лесотранспортных единиц по воде, а заканчивается прибытием их в пункт приплава. Под пуском понимают начальную операцию лесосплава, при которой лесотранспортные единицы сбрасываются или снимаются паводком и начинают двигаться по водному пути.

6.1.2. Транспортно-технологические схемы

Технология лесосплава определяется транспортными условиями водного пути, на которые оказывают большое влияние разнообразные природные и климатические факторы, гидрологическая характеристика бассейна и отдельной реки.

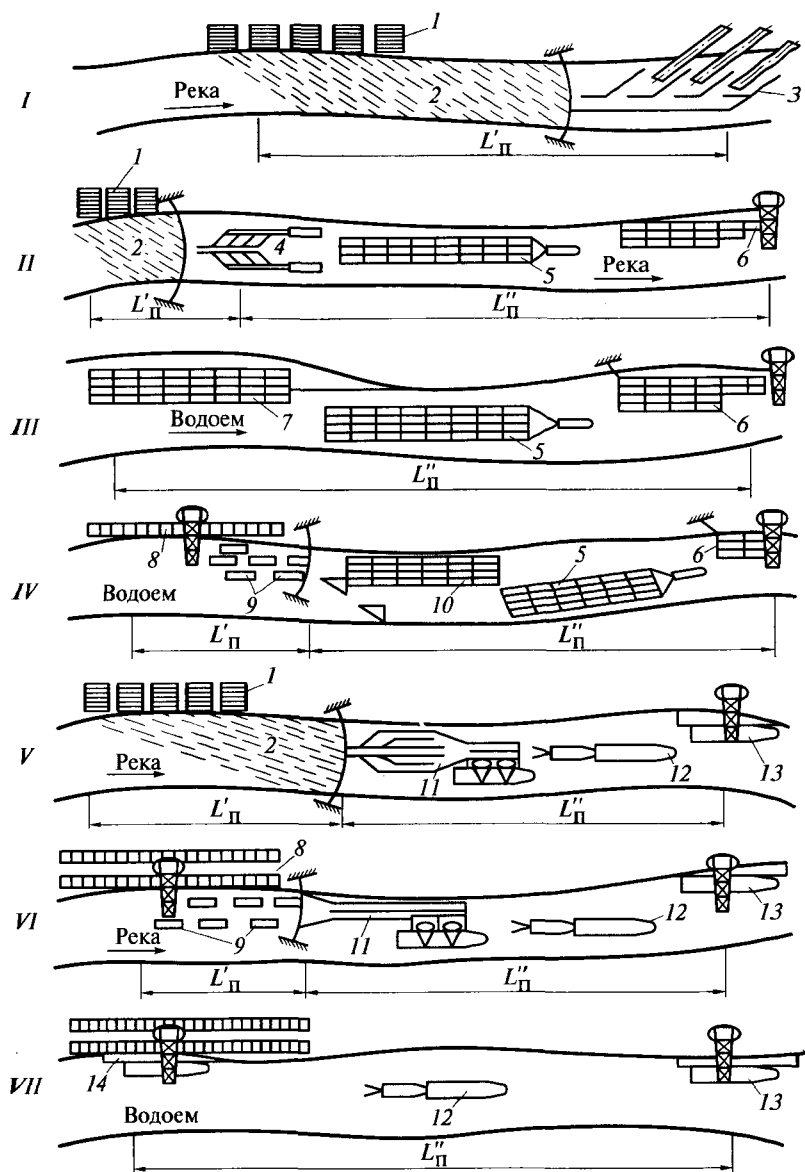


Рис. 6.1. Транспортно-технологические схемы (I—VII) водного транспорта леса по внутренним водным путям:

1 — береговой склад; 2 — лесоматериалы, доставляемые молевым лесосплавом; 3 — лесозадерживающие сооружения; 4 — сортировочно-слоточный рейд; 5 — плот; 6 — рейд приплыва; 7 — затопляемое плотбище; 8 — незатопляемое плотбище; 9 — слоточные единицы; 10 — формировочный участок; 11 — участок (рейд) погрузки леса в суда; 12 — баржа или судно для перевозка леса; 13 — рейд (участок) выгрузки лесоматериалов из судов; 14 — береговой склад с причалом

Транспортно-технологические схемы организации водного транспорта леса по внутренним водным путям приведены на рис. 6.1.

Схема *I* предусматривает доставку лесоматериалов молевым лесосплавом на расстояние L'_n до потребителя или до пункта перевалки — лесоперевалочной базы (ЛПБ). При этой схеме лесозаготовительные предприятия вывозят деревья или хлысты с лесосеки, разделяют их и штабелюют на береговом складе. Сразу после ледохода производится сброска лесоматериалов на воду и начинается их лесосплав до пункта приплава. На отдельных участках реки с малыми скоростями течения или по озерам лесоматериалы транспортируются в кошелях, а затем продолжается молевой сплав.

В пунктах приплава лесоматериалы поступают в лесохранилище, ниже которого располагаются сортировочные устройства. Рассортированные лесоматериалы подают под выгрузку. При выгрузке нерассортированных лесоматериалов их сортируют на берегу.

Схема *II* предусматривает доставку лесоматериалов молевым лесосплавом на расстояние L'_n до лесосплавных путевых рейдов, где осуществляется переход на другие виды лесосплава. Лесоматериалы на рейдах сортируют, сплачивают в пучки, формируют в секции и плоты и отправляют по магистральным рекам до пункта приплава на расстояние L''_n . Расстояние L'_n может быть различным. В тех случаях когда рейдовый участок находится напротив склада, $L'_n = 0$. В пути следования, если изменяются условия проплава, плоты можно переформировывать — изменять габариты. В пункте приплава плоты расформируют у специальных причалов и выгружают лесоматериалы на берег. В случае роспуска пучков применяют специальные размолочные устройства.

Схемы *III* и *IV* предусматривают организацию береговой сплотки на приречных складах. Водный транспорт леса по этим схемам является наиболее перспективным, так как позволяет исключить потери лесоматериалов от утопа, использовать более эффективно габарит лесосплавного пути, ускорить доставку потребителям лесоматериалов, организовать круглогодичную работу берегового склада.

Схему *III* используют при наличии затопляемых в весенний период плотбищ. При этой схеме деревья или хлысты вывозят с верхнего склада, разделяют их на лесоматериалы, сортируют и формируют в накопителях пучки. Пучки обвязывают, доставляют на берег к месту формирования плотов и укладывают в секцию или плот. С открытием навигации секции отдельно или в составе плота буксируют до пункта приплава.

Схему *IV* используют на тех реках, где возможен плотовой лесосплав, но отсутствуют затопляемые плотбища. При этой схеме пучки укладывают не в плот, а в штабеля. С открытием навигации пучки сбрасывают и вольницей проплавливают на расстояние L'_n до запани. Там пучки сортируют, формируют в секции и плоты, которые буксируют до пункта приплава.

Схема V отличается от схемы II тем, что на магистральных путях осуществляется погрузка лесоматериалов в суда.

Схема VI отличается от схемы IV тем, что лесоматериалы грузят в суда после лесосплава вольницей.

Схема VII предусматривает погрузку лесоматериалов в суда непосредственно с берегового склада.

6.1.3. Типы лесотранспортных единиц

Под лесотранспортной единицей для водной доставки леса понимают отдельное бревно либо совокупность бревен, объединенных с помощью связей (сплоточного такелажа) в специальную грузоединицу — пучок, плитку или пакет. Лесотранспортной единицей также может являться совокупность отдельных крупных лесоматериалов или хлыстов, сплоченных либо соединенных с помощью специальных связей (формировочного такелажа) в однорейсовое гидротехническое сооружение (плот, сигару и т.д.), обладающее плавучестью и другими транспортными свойствами, обеспечивающими водную доставку лесоматериалов до потребителя.

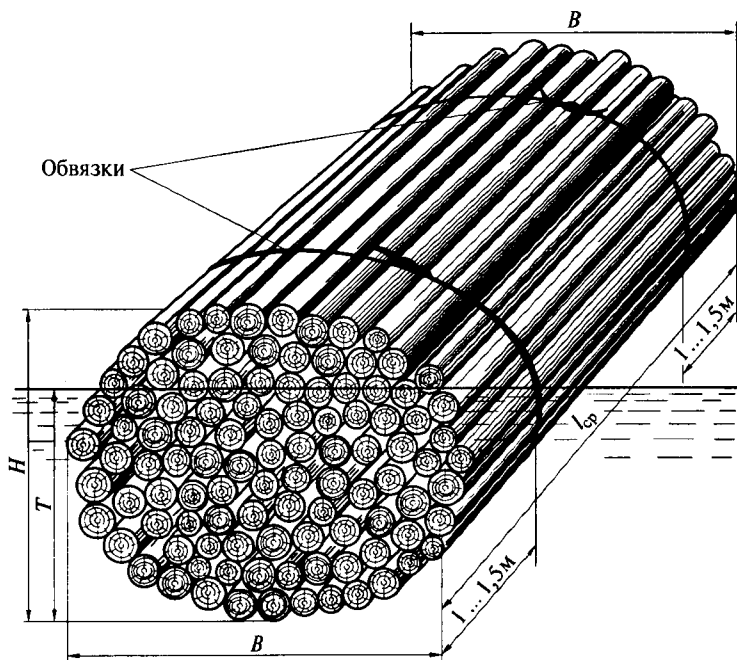


Рис. 6.2. Пучок из сортиментов:

B, H, T, l_{cp} — соответственно ширина, высота, осадка и средняя длина пучка

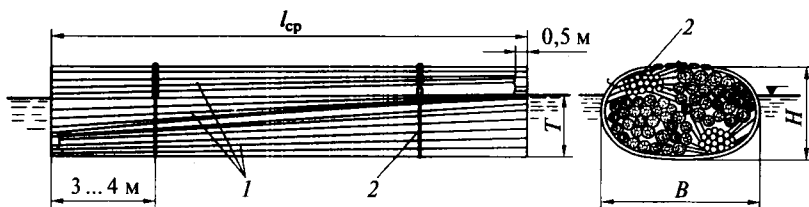


Рис. 6.3. Пучок из хлыстовых пачек:

1 — пачки хлыстов; 2 — обвязка

Пучок — это лесотранспортная единица, сплоченная (сформированная) из параллельно расположенных сортиментов, хлыстов или хлыстовых пучков, соединенных пучковыми обвязками, и имеющая эллипсовидное (овальное) поперечное сечение (рис. 6.2 и 6.3). Пучок как самая простая в изготовлении и дешевая лесотранспортная единица получил наиболее широкое распространение.

Плитка — это плоская лесотранспортная единица прямоугольной формы, состоящая из одного или нескольких рядов крупных лесоматериалов. Разновидностью плиток являются ранее применявшиеся клетки, обрубы, ерши.

Сигара — это лесотранспортная единица эллипсовидной формы в поперечном сечении и сигарообразной — в продольном, сформированная в рамках — люльках или поддонах. Расположение сортиментов или хлыстов — горизонтальное, рядами с перекрытием стыков по высоте и длине.

Лесотранспортные единицы для водной доставки должны обладать плавучестью, волноустойчивостью и прочностью.

Плавучесть зависит от плотности древесины перед пуском и интенсивности водопоглощения.

Под волноустойчивостью понимают способность лесотранспортной единицы противостоять выплыванию из сплоченных единиц отдельных сортиментов, хлыстов или разрушению их при буксировке либо стоянке плота при волнении.

Прочность лесотранспортной единицы — это ее способность противостоять разрушению от воздействия внутренних и внешних сил.

6.2. Плотовой лесосплав

6.2.1. Первоначальный плотовой лесосплав

Первоначальный плотовой лесосплав проводится в начальный период навигации при самых высоких сплавных горизонтах по судоходным и временно судоходным рекам. При этом обычно сплав-

ляют транспортные грузоединицы береговой межнавигационной или навигационной сплотки. Ими, как правило, являются плоты и крупные сплоточные единицы больших осадок и размеров, требующие значительных глубин и габаритов водных путей.

Период проведения сплава совпадает с половодьем на водных путях после вскрытия рек ото льда. В этот период резко увеличиваются глубины рек и, следовательно, скорости течения, а также габариты водного пути.

Особенностью временно судоходных рек в отличие от судоходных является высокая меандричность и извилистость их русел. Встречаются участки с малыми радиусами кривизны русла (30...50 м), осложняющие проводку плотов и управление ими.

Водные пути, используемые для транспортировки плотов в период половодья, отличаются неустановившимся характером движения потока, обуславливающим неустойчивость русла, размывы, изменение уклонов реки и скоростей течения.

Особенности водных путей в период их использования для лесосплава (в половодье) существенно влияют на конструкцию и

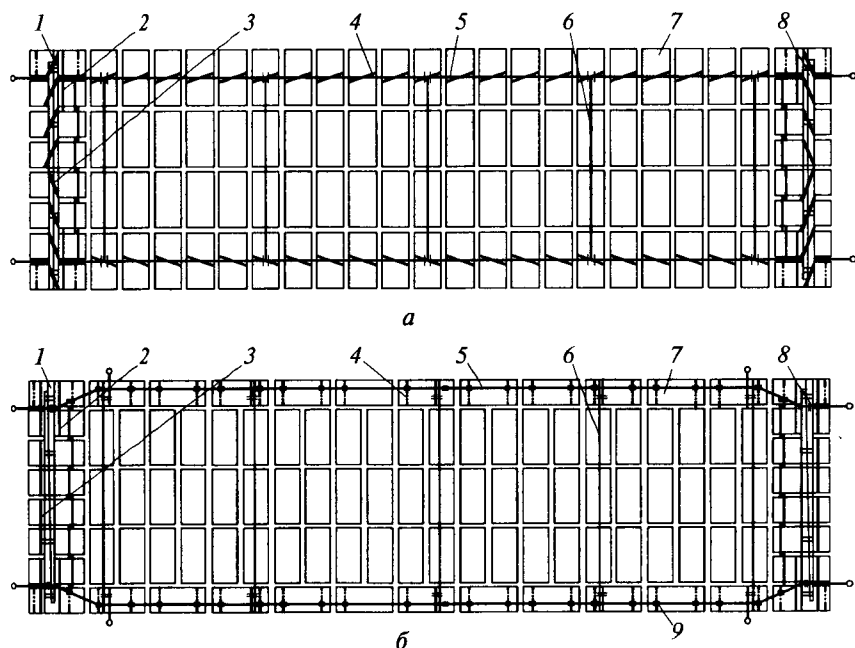


Рис. 6.4. Схемы плотов для первоначального лесосплава:

а — с поперечным расположением пучков; *б* — с обортовкой продольными пучками; 1 — брусстер; 2 — хомут; 3 — брусстерный комплект; 4 — борткомплект; 5 — бортовой лежень; 6 — счал «поверху»; 7 — пучок; 8 — дуговой сжим; 9 — пластинчатый сжим

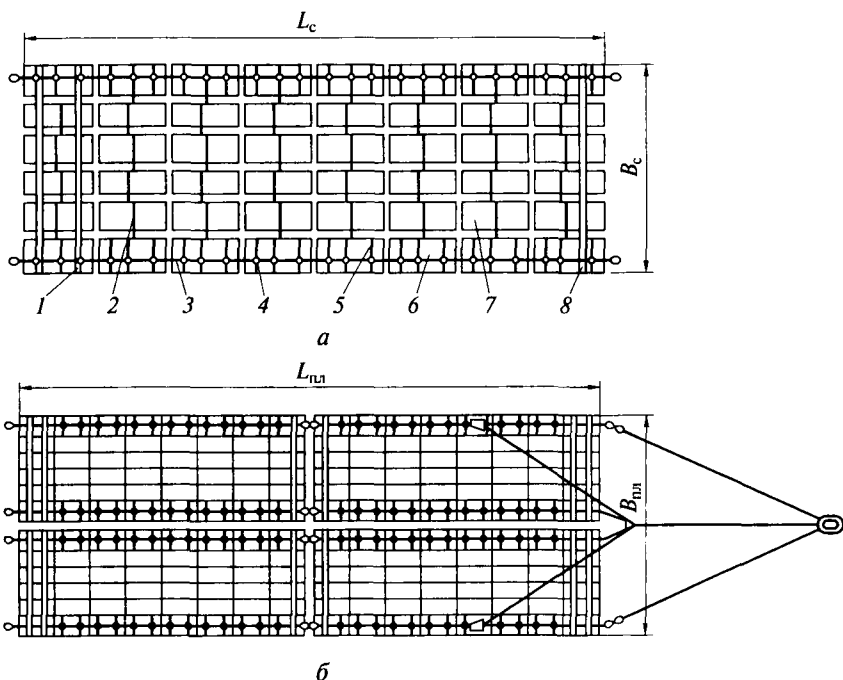


Рис. 6.5. Схема плота без оплотника для озерных условий буксировки:
a — секция; *b* — буксируемый плот; 1, 8 — брустерные крепления; 2 — поперечный счал; 3 — продольные лежни; 4 — пластинчатый сжим; 5 — бортовые комплекты; 6 — бортовой пучок; 7 — продольный (внутренний) пучок

габариты плотов, а также на способы управления ими при буксировке.

Учитывая малые радиусы кривых сплавного пути, для первоначального сплава применяют плоты гибких конструкций. К гибким относятся плоты лежневого типа с продольной или поперечной установкой сплочных единиц и интервалами между ними, обеспечивающими вписывание плота в ограниченные габариты лесосплавного хода на поворотах. Примеры таких плотов показаны на рис. 6.4 и 6.5.

Габариты и другие характеристики плота для конкретных сплавных бассейнов устанавливаются бассейновыми правилами сплава. При назначении ширины плота B можно руководствоваться следующими условиями:

при однорядном движении $B \leq b_0/1,5$;

при двухрядном движении $B \leq (b_0 - B_{вс})/6$,

где b_0 — ширина реки в лимитирующем створе (в период буксировки); $B_{вс}$ — ширина каравана (судов или других плавсредств), идущего встречным курсом.

При назначении габаритов плотов для первоначального сплава учитывают наличие на используемых для этого реках плотин, мостовых переходов, гидроузлов и других сооружений. Поскольку неделимой единицей плота является его секция, габариты плота должны быть кратными размерам секций. Размеры секций плотов транзитного назначения устанавливают по путевым условиям. Например, для Северодвинского бассейна ширина секций транзитных плотов должна составлять 18... 20 м, длина — 80... 100 м; для Волжско-Камского бассейна — соответственно 27 м и 115... 120 м.

Длина плота может быть ориентировочно определена по формуле

$$L_{пл} = 20,4 \sqrt{\frac{W_{пл}}{B_{пл}}}, \quad (6.1)$$

где $W_{пл}$ — объем плота, м³.

При объеме плота $W_{пл} = 3000$ м³ и ширине его $B_{пл} = 20$ м длина составит около 240 м, что соответствует речному плоту для первоначального лесосплава из трех секций длиной по 80 м или из двух секций длиной по 120 м.

Ориентировочные интервалы по длине между секциями плота назначают, пользуясь формулой

$$i = \frac{K_{ж.с} L_c B_c}{r_0}, \quad (6.2)$$

где $K_{ж.с}$ — коэффициент, учитывающий жесткость счала, по данным ЦНИИ лесосплава для речных плотов транзитного сплава $K_{ж.с} = 0,1$, для речных плотов местного сплава $K_{ж.с} = 0,13$; L_c , B_c — соответственно длина и ширина секции; r_0 — внутренний радиус кривизны русла реки в лимитирующем створе.

Объем плота определяют по формуле

$$W_{пл} = k_{пл} B_{пл} L_{пл} T_{пл}, \quad (6.3)$$

где $k_{пл}$ — коэффициент полндревесности плота (по осадке); $B_{пл}$, $L_{пл}$, $T_{пл}$ — ширина, длина и осадка плота.

Осадку плотов для первоначального лесосплава назначают с учетом съемного уровня воды (СУВ) обеспеченностью 95 %:

$$T_{пл} = \nabla_{СУВ} - \nabla_{пл} Z, \quad (6.4)$$

где $\nabla_{СУВ}$, $\nabla_{пл}$ — отметки съемного уровня воды и поверхности плотбища; Z — донный запас, принимаемый равным 0,2... 0,3 м.

Первоначальный сплав производится, как правило, целыми плотами, а не секциями.

Сплав плотов береговой сплотки производят за тягой. Такие плоты формируют на водосъемных плотбищах, на льду плотбищ водо-

емов, а также на незатопляемых плотбищах после сброски сплотовых единиц в воду. От мест формирования плоты перемещаются буксирными судами сплавных предприятий. В составе лесосплавного флота эти суда выполняют разнообразные рейдовые работы: установку наплавных сооружений, буксировку плотов, плавучих самоходных машин и т.д. Большинство таких судов относится к группе «Р». Они приспособлены для плавания по мелководным путям, имеют тяговое усилие на гаке 17,2... 37,8 кН и мощность 110... 220 кВт. Наиболее распространенными из них являются суда типа ЛС-56А, пр. 433, пр. 1427, пр. 1606.

Буксирные суда выбирают по их тяговым характеристикам с учетом размеров плотов (сопротивления их движению по воде) и скорости течения реки.

Число буксирных судов, необходимых для вывода и буксировки плотов береговой сплотки, определяют расчетом в зависимости от числа плотов и числа оборотов судна за срок буксировки.

6.2.2. Магистральный плотовый лесосплав

Условия буксировки и конструктивные особенности плотов. Формирование плотов производится на плотбищах в межнавигационный период или на рейдах отправления в навигационный период.

Плоты изготовляют в соответствии с Правилами (техническими условиями) сплотки, формирования и оснастки плотов, разработанными для конкретных бассейнов по результатам производственных испытаний. Правила согласовываются с судоводными инспекциями, пароходствами и утверждаются вышестоящими организациями.

При транспортировке плотов взаимоотношения между пароходствами и лесосплавными организациями регламентируются Уставом внутреннего водного транспорта и Правилами буксировки плотов.

Технологические схемы буксировки плотов определяются путевыми, гидрологическими и климатическими условиями плотовой трассы. В технологии плотового лесосплава оговариваются: условия буксировки плотов, участки трассы движения плотов; конструкции, габариты и объемы плотов, рекомендуемые буксиры и их мощности, скорости движения плотокараванов по отдельным участкам трассы, трудные участки реки и условия их прохождения, средства управления плотами, рекомендуемые места остановки и отстоя плотов в штормовую погоду, пункты переформирования, порядок прохождения плотов через гидросооружения и т.д.

В разных бассейнах для буксировки леса обычно использовались плоты различной конструкции, причем это было связано не

столько со специфическими условиями бассейна, сколько со сложившимися традициями в формировании плотов. В связи с этим ЦНИИ лесосплава была проведена работа по унификации конструкции плотов, основанная на использовании при их формировании типовых узлов креплений и типового такелажа.

Процесс формирования плота обычно включает в себя следующие этапы: установка сортиментных пучков в секцию, из которых формируется либо используемый, либо буксируемый плот; установка хлыстовых пучков либо в секцию, либо в линейки, из которых формируют плоты.

На рис. 6.5 приведена схема плота без оплотника для озерных условий буксировки с типовыми креплениями и узлами соединений.

Основной формирующей единицей плота является секция, определяющая размеры формируемого такелажа. Размеры секций обычно зависят от габаритов шлюзовых камер.

Секции отличаются друг от друга габаритами, а также расположением формируемого такелажа и пучков, которое может быть продольным, поперечным, смешанным и с хлыстовой обортовкой по периметру плота. Секция типовой конструкции позволяет формировать плот необходимой прочности и габаритов для любых бассейнов страны и типов буксирных судов.

Важнейшим элементом плота является формирующий такелаж, поскольку он определяет прочность плота и сплоченных единиц.

Основные узлы формирующего такелажа. К основным узлам формирующего такелажа относятся оплотник, бруствер и поперечный счал.

Оплотник — это крепление, состоящее из бревен, которые расположены в одну линию и соединены оплотными цепями. Оплотник подразделяется на поперечный и продольный. Его изготавливают из лесоматериалов хвойных пород, не имеющих кривизны, надломов, трещин, гнили. Для продольного оплотника используют круглые лесоматериалы диаметром не менее 0,2 м, а для поперечного — не менее 0,18 м в верхнем отрубе. Максимальный диаметр хлыстов в комле должен быть не более 0,4 м. На расстоянии не менее 0,3 м от торцов бревен просверливают отверстия диаметром 60...65 мм для оплотных цепей калибра 12...16 мм.

Виды соединений оплотника показаны на рис. 6.6.

Бруствер — это жесткая связь в виде пакетного бона из круглых лесоматериалов или хлыстов, накладываемая на первые и последние ряды секции или плота в целях придания им дополнительной прочности и волноустойчивости.

Для бруствера применяют сортименты длиной не менее 5 м и диаметром в верхнем торце не менее 0,18 м, а также хлысты диаметром в верхнем торце не менее 0,14 м, которые укладывают с

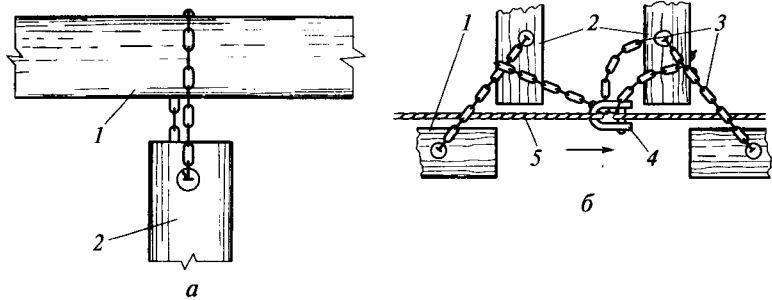


Рис. 6.6. Виды соединений оплотника:

a — соединение поперечного и продольного оплотника; *б* — соединение секций оплотника; 1 — продольный оплотник; 2 — поперечный оплотник; 3 — оплотная цепь; 4 — замок-скоба; 5 — бортовой секционный лежень

разгонкой стыков. При этом каждый стык должен располагаться между двумя хомутами, изготовляемыми из четырех ниток проволоки диаметром 6,3 мм.

Брустверы крепят к пучкам борткомплектами, которые охватывают каждый пучок и через бруствер стягиваются лебедкой или

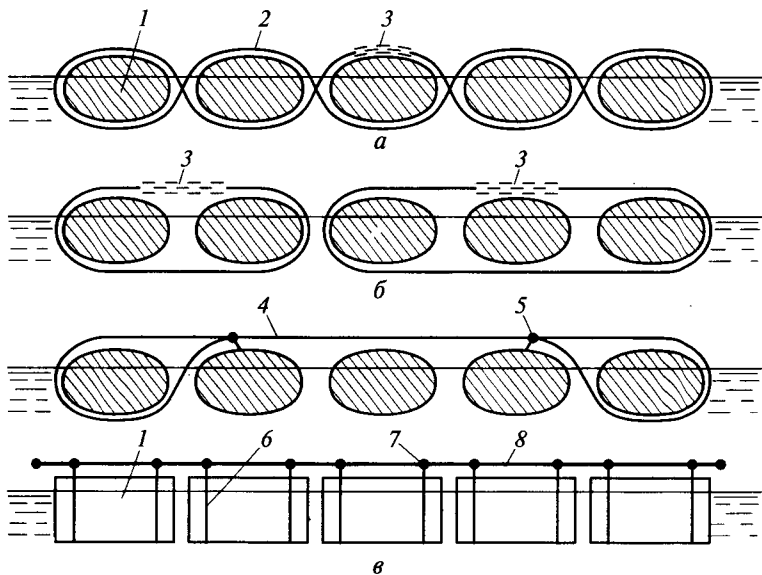


Рис. 6.7. Виды поперечного крепления секции плота:

a — счалом «восьмерка»; *б* — счалом «поверху»; *в* — счалом «в обхват» (показаны поперечное и продольное сечения); 1 — пучок; 2 — секционный полусчал; 3 — цепная наставка; 4 — соединение счала; 5 — дуговой сжим; 6 — поперечное крепление; 7 — пластинчатый сжим; 8 — продольное крепление

ромжинами. Ромжины крепят проволокой диаметром 6 мм к верхним сортиентам (хлыстам) пучка.

Поперечный счал (секционный) — это стальной канат диаметром не менее 13 мм для поперечного крепления секции «восьмеркой», «поверху», или «в обхват» (рис. 6.7). Длина счала определяется шириной секции.

Счал «восьмерка» обычно состоит из двух половин (полусчалов), одну из которых пропускают под пучком, а другую укладывают на пучок сверху. На следующем пучке положение полусчалов меняют, образуя таким образом «восьмерку». Полусчал имеет цепную наставку для соединения с другим полусчалом посредством рычажного замка.

Счалом «поверху» охватывают бортовые пучки, а его концы выводят на верх пучков, утягивают и соединяют сжимами.

Счал «в обхват» прокладывают поверху всех пучков по ширине и охватывают им бортовые пучки. Концы счала выводят на сере-

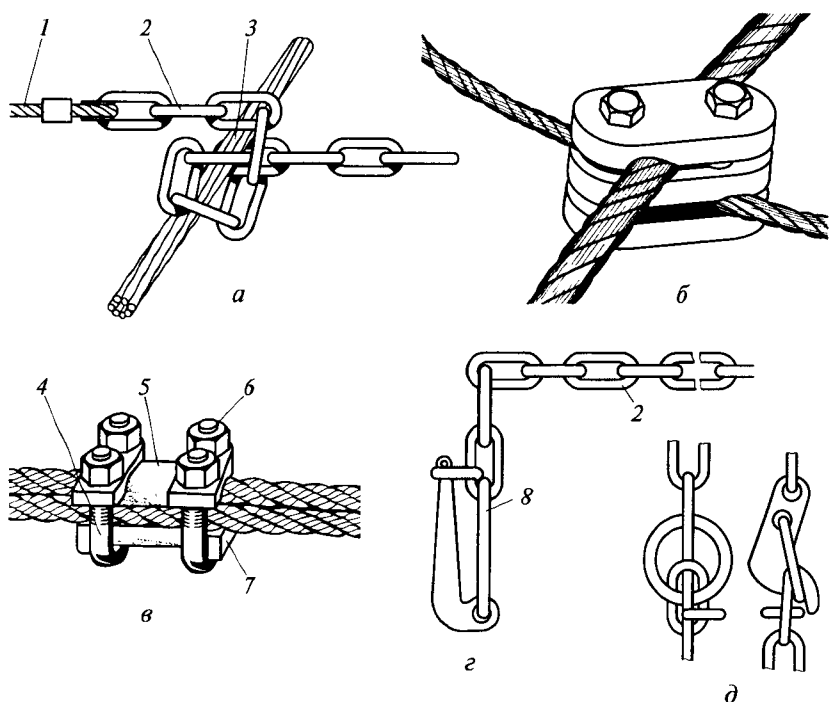


Рис. 6.8. Виды соединения формируемых связей:

а — штыковым узлом; *б* — пластинчатым сжимом; *в* — двойным сжимом; *г* — рычажным замком; *д* — замком «утка»; *1* — тросовая часть комплекта или счала; *2* — цепная наставка; *3* — лежень; *4* — дугообразная скоба; *5* — корпус; *6* — гайка; *7* — вкладыш; *8* — рычажный замок

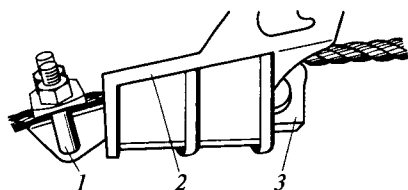


Рис. 6.9. Клиновой захват:
1 — дуговой сжим; 2 — обойма; 3 — клин

дину пучка, а концевые цепные наставки после утяжки соединяют с помощью пластинчатых или дуговых сжимов.

Виды соединений формировочных связей приведены на рис. 6.8. Штыковый узел (рис. 6.8, а) является самым простейшим соединением.

Трехпластинчатый сжим (рис. 6.8, б) представляет собой устройство для соединения продольного и поперечного формировочных такелажей. Такие сжимы применяются на бортовых и брустверных комплектах, поперечных счалах, удерживая их в предварительно натянутом положении благодаря затяжке гаек. Поперечные связи такелажа закладывают между нижней и средней пластинами сжима, а продольные — между средней и верхней пластинами.

Сдвоенный сжим (рис. 6.8, в) предназначен для соединения параллельно расположенных ветвей канатов. Формировочный такелаж укладывают между вкладышем и корпусом, предварительно фиксируя гайками. После необходимого натяжения такелажа гайки довинчивают.

Клиновой захват (рис. 6.9) представляет собой крепление, позволяющее присоединять параллельно или под острым углом к

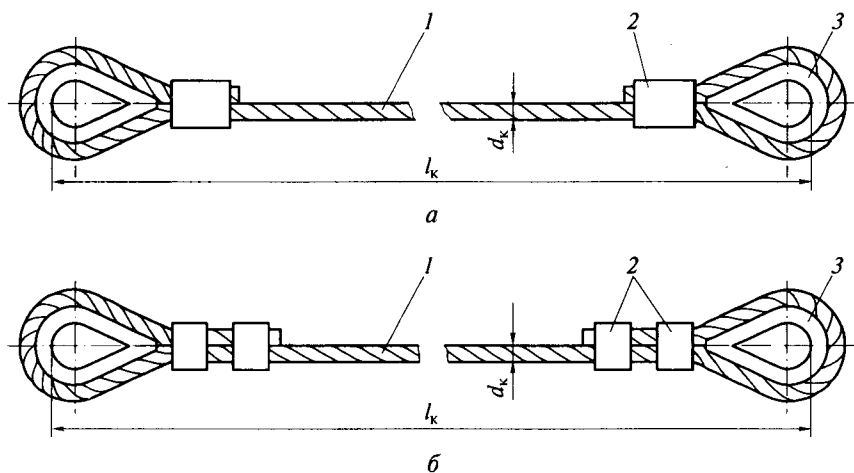


Рис. 6.10. Формировочные канаты:

а — диаметром 12...17,5 мм; б — диаметром 18...32 мм; 1 — стальной канат; 2 — гильзовый сжим; 3 — коуш

продольному лежню либо счалу формиловочный такелаж или буксирный канат, который надежно удерживается в захвате силами трения между клином, захватом и прижимной планкой.

Клиновой захват прост по конструкции и установке, надежен в работе, рассчитан на значительную удерживающую силу (до 196 кН) и обладает небольшой массой (13,5 кг).

Основные элементы формиловочного такелажа. К основным элементам формиловочного такелажа относятся лежень, формиловочный комплект, пластинчатые сжимы.

Лежень — это стальной формиловочный канат (КФ) с коушами на концах (рис. 6.10), равный по длине размеру секций. Он прокладывается вдоль бортовых пучков секции плота и соединяется с вожжевым и буксирным канатами. Диаметр формиловочных канатов изменяется от 12 до 32 мм и определяется значением максимальной нагрузки.

Коуши используются для придания прочности канатам и соединения их между собой в концевой части. Свободный конец петли может прикрепляться к канату заплеткой, опрессовкой алюминиевых обоек, скруткой стальных патрубков или с помощью сдвоенных сжимов. Коуши для канатов диаметром до 18 мм принято заделывать одним гильзовым сжимом, а диаметром 18...32 мм — двумя.

Формиловочный комплект — это гибкая связь, используемая для крепления бортовых, брустверных, секционных, плотовых счалов и полусчалов. Длина комплекта зависит от габаритов пучков и плота, а также от их конструкции.

Диаметр канатной части комплекта выбирают из диапазона 12...22,5 мм, а ее длину — из диапазона 4...42 м с градацией через 1 или 2 м в зависимости от длины цепной наставки.

Различают комплекты с рычажным замком КР и такелажными скобами, которые, в свою очередь, могут быть с невыпадающим штырем круглого (СК) или овального (СО) сечения. Такие скобы выпускают для канатов диаметром 12...16 или 19...22 мм.

Утеря такелажной скобы в процессе эксплуатации полностью исключается, поскольку ее штырь выпасть не может, а скоба в коуше каната удерживается приваренной перемычкой.

Пластинчатые сжимы типа СПК используются для соединения под прямым углом поперечного и продольного формиловочных такелажей диаметром 12...30 или 15...30 мм. Они выпускаются четырех типоразмеров. Пластинчатые сжимы типа СПЦ (рис. 6.11)

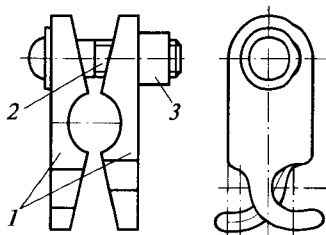


Рис. 6.11. Пластинчатый сжим типа СПЦ:

1 — пластины; 2 — болт; 3 — гайка

предназначены для соединения под прямым углом канатов и цепей. Эти сжимы более легкие и менее дорогостоящие по сравнению со сжимами СПК, но обладают меньшей удерживающей силой.

Расчет сопротивления воды движению плотов и формировочного такелажа. Сопротивление воды движению пучковых плотов при их продольном расположении и отношении ширины плота к его осадке $B/T \geq 10$ можно определить по формуле

$$R = 0,5 C_R \rho v^2 B T, \quad (6.5)$$

где C_R — коэффициент сопротивления плота; ρ — плотность воды, кг/м³; v — скорость движения плота относительно воды м/с.

Коэффициент сопротивления находят подбором с использованием формулы

$$C_R = C_{R0}(1 + \alpha_c + \alpha_m + \alpha_b), \quad (6.6)$$

где C_{R0} — коэффициент сопротивления плота при буксировке его на длинном буксирном канате по гладкой глубокой воде; α_c , α_m , α_b — коэффициенты увеличения сопротивления плота при его транспортировке соответственно на коротком канате, по мелководу и по взволнованной поверхности воды.

Для сортиментных плотов

$$C_{R0} = 1,82 + 0,007 \frac{L}{T}; \quad (6.7)$$

для хлыстовых плотов

$$C_{R0} = 1,63 + 0,0125 \frac{L}{T}, \quad (6.8)$$

где L — длина плота, м.

Коэффициент α_c рассчитывают по формуле

$$\alpha_c = 1,0504 \delta \frac{\sqrt{C_R}}{\Pi} \left(1 + \frac{0,375 \delta \sqrt{C_R}}{\Pi} \right). \quad (6.9)$$

$$\text{Здесь } \delta = \left(1 - \frac{\Pi}{\Pi_0} \right)^3; \quad \Pi = \frac{l_k}{\sqrt{BT}}; \quad \Pi_0 = \frac{l_{k0}}{\sqrt{BT}},$$

где l_k — длина буксирного каната, м; l_{k0} — оптимальная длина буксирного каната при транспортировке плота по спокойной воде, м.

Длина l_{k0} зависит от мощности буксирного судна N :

| | | | | | | |
|--------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| N , кВт | До 100 | 220 | 331 | 441 | 588 | 883 |
| l_{k0} , м | 80... 150 | 200 | 230 | 270 | 300 | 350 |

Коэффициент α_m определяют по формуле

$$\alpha_m = \frac{k_h \bar{h} / (\bar{h} - 1)^2}{1 + C_1 T / C_2 L}, \quad (6.10)$$

где k_h , C_1 , C_2 — опытные коэффициенты; \bar{h} — относительная глубина судового хода, $\bar{h} = h/T$.

Коэффициент k_h зависит от глубины водоема h :

| | | | | | | | | | |
|---------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| h , м | 2 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 |
| k_h | 0,47 | 0,58 | 0,63 | 0,66 | 0,68 | 0,70 | 0,72 | 0,73 | 0,74 |

Для сортиментных плотов $C_1 = 1,82$, $C_2 = 0,007$, для хлыстовых плотов $C_1 = 1,63$, $C_2 = 0,0125$.

Коэффициент α_b находят по графикам $\alpha_b = f(h_b)$, где h_b — высота волны, м, построенным для различных значений скорости движения плота относительно воды v , м/с (рис. 6.12).

При расчете сопротивления движению плотов, буксируемых по каналам, необходимо вводить увеличивающую значение R поправку, обусловленную ограниченностью судового хода как по ширине, так и по глубине потока.

В процессе буксировки плота бортовые и средние лежни нагружены неравномерно: нагрузка средних составляет 80 % нагрузки бортовых.

Разрывное усилие лежня плота, N , вычисляют по формуле

$$R_\Lambda = \frac{k_3 R}{(m + 0,8n)}, \quad (6.11)$$

где k_3 — коэффициент запаса прочности, $k_3 = 3 \dots 4$; m , n — числа соответственно бортовых и средних лежней.

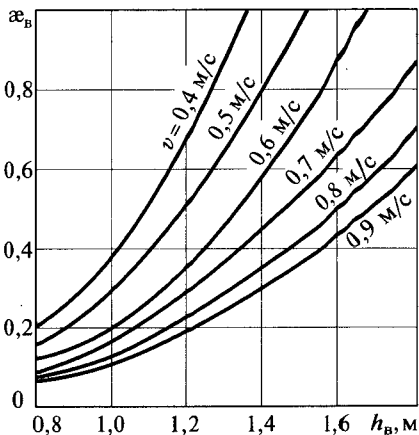


Рис. 6.12. Графики зависимости коэффициента α_b от высоты волны h_b для различных значений скорости движения плота относительно воды

По величине разрывного усилия выбирают диаметр стального каната.

Длину лежня определяют по формуле

$$l_n = L_c + i, \quad (6.12)$$

где L_c — длина секции, м; i — интервал между секциями, м.

Диаметр среднего лежня

$$d_{\text{ср.л}} = 0,8d_{\text{б.л}}, \quad (6.13)$$

где $d_{\text{б.л}}$ — диаметр бортового лежня, мм.

Усилия в головных растяжках

$$R_r = \frac{0,3F_r}{2 \cos \varphi}, \quad (6.14)$$

где F_r — сила тяги на гаке буксировочного судна, Н; φ — угол между растяжкой и осью плота, °.

Усилия в хвостовых растяжках

$$R_x = \frac{0,3R_0}{2 \cos \varphi}, \quad (6.15)$$

где R_0 — сопротивление движению плота при остановке, Н.

Площадь сечения головных и хвостовых растяжек подбирают по разрывному усилию, значение которого получают увеличением в три раза усилия, рассчитанного соответственно по формуле (6.14) или (6.15).

Усилие в поперечных счалах сортиментных и хлыстовых плотов при их буксировке на спокойной воде определяют по формуле

$$P_c = 5,3l_{\text{сч}}v2n_p, \quad (6.16)$$

где $l_{\text{сч}}$ — длина счала по ширине одной секции, м; n_p — число рядов пучков между счалами по длине секции.

Разрывное усилие счала получают увеличением найденного значения P_c в 3 раза: $P_{\text{с.р}} = 3P_c$. По значению $P_{\text{с.р}}$ подбирают площадь сечения счала.

Усилие в счалах в случае буксировки плотов при волнении находят по формуле

$$P_{\text{с max}} = 1,12R_{\text{л max}}^{0,627}, \quad (6.17)$$

где $R_{\text{л max}}$ — максимальное усилие в лежне плота при волнении, Н.

Длину счала «поверху» с охватом бортовых пучков по периметру определяют по зависимости

$$l_{\text{с.п}} = 2p + nB + \Delta l_{\text{с}}, \quad (6.18)$$

где p — периметр пучка, м; n — число пучков, находящихся внутри ряда между бортовыми пучками; B — ширина пучка, м; Δl_c — длина свободного конца счала, выходящего на поверхность секции, м.

Длину секционных счалов принимают равной 1,5...2,5 м, а плотовых — 2,0...3,0 м.

Длину счала «в обхват» рассчитывают по формуле

$$l_{c.o} = p + 2B(n - 1) - l_{ц}, \quad (6.19)$$

где $l_{ц}$ — длина цепной наставки, м, $l_{ц} = 1,5...2,5$ м.

Длину счала «восьмерка», состоящего из двух полусчалов, вычисляют по зависимости

$$l_{c.в} = 0,5(np - 2l_{ц}). \quad (6.20)$$

Разрывное усилие в бортовых комплектах в случае буксировки сортиментных плотов как по спокойной воде, так и при волнении определяют по формуле

$$P_{б.р} = \frac{R}{2n_6 \cos \varphi}, \quad (6.21)$$

где n_6 — число одновременно работающих бортовых комплектов, принимаемое равным от 20 до 40 % общего числа комплектов по борту плота; φ — угол между бортовым комплектом и лежнем, °, принимают $\varphi = 80^\circ$.

Когда лежни и бортовые комплекты соединяются между собой пластинчатыми сжимами, то усилие, передаваемое от лежня на бортовой комплект, ограничивается держашей силой сжима. При этом на бортовой комплект передается усилие

$$P_6 = \frac{R}{2n_6}.$$

Максимальное усилие, возникающее в бортовом комплекте сортиментных плотов при их движении по волнующейся водной поверхности, находят по формуле

$$P_{6\max} = (k_3 + k_1)mg, \quad (6.22)$$

где k_3 , k_1 — коэффициенты; m — масса пучка, приходящаяся на один бортовой комплект, кг; g — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с².

Коэффициент $k_3 = 0,025/(C - 0,007)$, где C — коэффициент формы пучка.

Коэффициент k_1 , учитывающий усилия при качке плота в период волнения, определяется по формулам:

для бортовых комплектов, установленных на отдельном пучке,

$$k_1 = 0,122C^2 \frac{0,3C + 0,5}{C^2 + 0,5}; \quad (6.23)$$

для бортовых комплектов, соединенных «в обхват»,

$$k_1 = \frac{0,061(0,35C + 0,5)(C^2 - 1)}{5C^2 + 1}; \quad (6.24)$$

для бортовых комплектов, соединенных «восьмеркой»,

$$k_1 = 0,49C^2 \frac{0,3C + 0,5}{5C^2 + 0,5} + \frac{0,017^3 C}{C^2 + 1}. \quad (6.25)$$

Максимальное усилие, возникающее в бортовом комплекте хлыстовых плотов при их движении по волнующейся водной поверхности, находят по формуле $P_{6\max} = 0,5P_{\text{л}}$, где $P_{\text{л}}$ — максимальное натяжение в бортовых лежнях плота, Н.

Площадь сечения бортовых комплектов подбирают из условия $P_{6\text{,р}} = 3P_6$.

Технологии формирования и расформирования плотов. В настоящее время наибольшее распространение получила технология формирования плотов из сплочных единиц, соединяемых на берегу.

На еще существующих лесосплавных рейдах отправления пучки или другие сплочные единицы перед установкой в секцию плота или плот обычно предварительно рассортировывают по сортаментам, так как каждому потребителю требуются свои определенные виды лесоматериалов. При этом сортировщики, находящиеся на опорных плитках, только направляют пучок в соответствующий сортировочный дворик.

Если скорость течения превышает 1 м/с, применяют сортировочную сетку коридорного типа. В этом случае поперечные ряды пучков формируются в зоне пониженных скоростей течения непосредственно за опорной плиткой большей осадки.

На практике применяют четыре схемы формирования плотов:

сплочная единица — плот;

сплочная единица — секция плота — плот;

сплочная единица — линейка — плот;

сплочная единица — линейка — секция — плот.

Выбор схемы формирования плотов определяется наличием акватории с необходимыми значениями ширины, глубины и скорости течения, а также дробностью сортировки лесоматериалов на рейде.

Для механизации работ по формированию и расформированию плотов, их ремонта, а также перевозки такелажа и рабочих

бригад применяют такелажницу-формировщик ЛФ-38 и судно-формировщик ЛФ-1, разработанные ЦНИИ лесосплава.

В качестве тормозного такелажа на практике используют цепи-«волокуши», лоты и якоря.

Лоты представляют собой монолитные или разборные отливки из чугуна в виде параллелепипедов с пирамидальными выступами. При их изготовлении в тело отливки заделывают стальные дуги с надетыми на них кольцами для закрепления шеймы и вожжевой.

Для определения тормозного усилия лота можно использовать формулу

$$F_{\text{л}} = \mu g \frac{m_{\text{л}} r_{0\text{л}} + 0,5 q_{\text{л.к}} r_{0\text{л}} l_{\text{л}}}{1 + \mu \operatorname{tg} \theta}, \quad (6.26)$$

где μ — коэффициент трения скольжения; g — ускорение свободного падения; $m_{\text{л}}$ — масса лота, кг; $r_{0\text{л}}$ — коэффициент уменьшения массы лота в воде; $q_{\text{л.к}}$ — масса 1 м лотового каната, кг/м; $l_{\text{л}}$ — длина лотового каната, м; θ — угол наклона хорды лотового каната к горизонту, рад.

Длину лотового каната находят по зависимости

$$l_{\text{л}} = \frac{l_1}{\cos \theta}, \quad (6.27)$$

где l_1 — расстояние между точками закрепления лотового каната по горизонтали, м.

Коэффициент уменьшения массы лота

$$r_{0\text{л}} = \frac{\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{м}}},$$

где $\rho_{\text{м}}$ — плотность металла, из которого сделан лот, в воде, кг/м³; $\rho_{\text{в}}$ — плотность воды, кг/м³.

Длину шеймы лота вычисляют по формуле

$$l_{\text{ш}} = \sqrt{\frac{2\mu m_{\text{л}} h}{q_{\text{ш}} + h^2}}, \quad (6.28)$$

где h — глубина воды, м; $q_{\text{ш}}$ — масса 1 м каната шеймы, кг.

Значения коэффициента μ приведены в табл. 6.1.

Для расчета горизонтального тормозного усилия, создаваемого цепью, используют формулу

$$F_{\text{ц}} = \mu m_{\text{ц}} r_{0\text{ц}} g, \quad (6.29)$$

где $m_{\text{ц}}$ — масса цепи-«волокуши», кг; $r_{0\text{ц}}$ — коэффициент уменьшения массы цепи в воде.

Значения коэффициента трения скольжения

| Грунт русла | Значения μ для | |
|--------------------|--------------------|-----------------|
| | лота | цепи-«волокуши» |
| Песчаный | 1,10 | 0,97 |
| Песчаный мягкий | 0,83 | 1,00 |
| Галечный | 0,72 | 0,63 |
| Гладкий каменистый | 0,58 | 0,51 |
| Плотный | 0,44 | 0,50 |

Техническая характеристика цепей-«волокуш»:

| Калибр цепи, мм | Масса 1 пог. м, кг | Масса смычки, кг |
|-----------------|--------------------|------------------|
| 28 | 18,9 | 478 |
| 31 | 22,9 | 585 |
| 34 | 27,6 | 704 |
| 37 | 32,6 | 836 |

Длина смычки цепей всех указанных калибров составляет 25...27 м.

В случае остановки плотов на реках с повышенными скоростями течения применяют якоря различной конструкции в сочетании с тормозными средствами или без них.

В качестве станковых средств используют следующие якоря: двухлапый адмиралтейского типа, однолапый адмиралтейского типа с поворотными лапами разной конструкции. Наибольшее распространение на практике получили якоря Матросова — одно- и четырехлапые.

Основными параметрами якорей являются держащая сила $F_{я}$ и коэффициент цепкости $\varphi_{ц}$, зависящий от конструкции и массы якоря, а также типа грунта.

Держащую силу якоря рассчитывают по формуле

$$F_{я} = 9,81 m_{я} \varphi_{ц}, \quad (6.30)$$

где $m_{я}$ — масса якоря, кг.

Таблица 6.2

Максимальная держащая сила на единицу массы якорей, Н/кг

| Тип грунта | Якорь адмиралтейского типа | Якорь Матросова |
|----------------|----------------------------|-----------------|
| Глина | 53 | 239 |
| Плотный песок | 75 | 515 |
| Крупный камень | 238 | 453 |

Значения коэффициента цепкости якорей адмиралтейского типа:

| | | | | |
|---------------------------------|-----|-----|-------|--------|
| Масса якоря, кг | 200 | 500 | 1 000 | 1 800 |
| Коэффициент $\varphi_{ц}$ | 10 | 7 | 5 | 4... 3 |

У якоря Матросова коэффициент цепкости $\varphi_{ц}$ в 2—3 раза больше, чем у якоря адмиралтейского типа.

Значения максимальной держащей силы на единицу массы якорей адмиралтейского типа и Матросова приведены в табл. 6.2.

Длина якорной шеймы при условии равенства нулю вертикальной составляющей силы определяют по формуле

$$l_{ш} = h \sqrt{\frac{R_{я}}{4,9q_{я}h + 1}}, \quad (6.31)$$

где h — глубина водоема, м; $R_{я}$ — горизонтальное усилие, действующее на якорь, Н; $q_{я}$ — масса 1 пог. м якорной шеймы, кг/м.

6.3. Перевозка лесоматериалов в судах

6.3.1. Общие сведения и транспортно-технологические схемы

Судовые перевозки лесоматериалов — прогрессивный способ доставки древесины. Их доля в объеме транспорта лесных грузов по внутренним водным путям весьма значительна. Практика показывает, что во многих случаях судовые перевозки лесоматериалов оказываются более эффективными и хозяйственно необходимыми, чем плотовые.

Например, по данным ЦНИИ лесосплава время перевозки леса в судах с Верхней Волги до Волгограда меньше в 4,4 раза, а себестоимость — на 30... 35 % по сравнению с доставкой плотами. Кроме того, исключается потребность в такелаже, простой судов по условиям погоды в 5 раз меньше, чем простой плотов. При перевозках в судах увеличивается использование навигационного времени, устраняются потери древесины от утопа, повышается в 2 раза пропускная способность шлюзов.

Еще более весомые преимущества могут дать широкое внедрение специальных судов большой грузоподъемности и переход на пакетные перевозки лесоматериалов, позволяющие сократить простой судов под погрузочно-выгрузочными операциями и увеличить объемы перевозок при существующем парке судов.

Перевозка лесоматериалов в судах производится по четырем основным схемам (см. схемы IV, V, VI, VII на рис. 6.1) выбор каждой из которых зависит от местных условий.

Схема *IV* применяется в случае примыкания берегового склада к судоходной реке. Лесоматериалы полностью сортируют на продольных транспортерах и формируют в пучки (пакеты) в накопителях. Пучки краном укладывают в штабеля для зимнего хранения, а в навигационный период их грузят в суда с берега.

При расположении склада на значительном расстоянии от реки пучки (пакеты) краном грузят на автолесовозы и подвозят к фронту погрузки в суда.

По этой же схеме работают перегрузочные пункты речных портов. Лесоматериалы, предназначенные для перевалки через речные порты, поступают в вагонах россыпью или в пакетах. Портальными кранами их грузят из вагонов прямо в суда, исключая промежуточные складские операции.

Выгрузка лесоматериалов из судов производится по схеме судно — транспорт (штабель). На выгрузке могут применяться мостовые кабельные, башенные и порталные краны.

Схема *V* предусматривает вывоз лесоматериалов на нижний склад, примыкающий к лесосплавной реке. С наступлением сплавного периода их сплавляют моём до рейда при наличии разрешения соответствующих органов. На рейде лесоматериалы сортируют и сплавивают в пучки, которые буксируют к пунктам погрузки в суда. В этих пунктах лесоматериалы плавучими кранами грузят в суда целыми пучками или их частями из щети после роспуска.

Лесоматериалы в судах можно перевозить, не сплавивая в пучки. При использовании такого способа перевозки отсортированные лесоматериалы плавучими кранами грузят в суда (с берега или с воды) навалом либо укладывают в штабеля.

Способ выгрузки лесоматериалов на берег соответствует способу их погрузки в суда. Выгрузку осуществляют с помощью имеющихся выгрузочных механизмов — кранов, транспортеров.

Схема *VI* применяется в случае примыкания нижнего склада к реке, допускающей сплав лесоматериалов в плотях (пучках) береговой плотки. Формирование пучков производят тракторными агрегатами или другим способом. При наличии затопляемого плотбища пучки укладывают в плоты, которые с открытием навигации буксируют за тягой в пункт погрузки в суда. На незатопляемых береговых складах пучки укладывают в штабеля для межнавигационного хранения. С открытием навигации пучки спускают на воду и грузят в суда или сплавляют до погрузочного рейда для дальнейшей отправки в судах. Погрузка в суда производится плавучими кранами. Лесоматериалы загружают частями из щети после роспуска пучков большого объема или целыми пучками, если масса пучков соответствует грузоподъемности крана.

Выгружают лесоматериалы из судов плавучими или береговыми кранами или путем кренования саморазгружающихся барж.

Схема VII применяется в случае примыкания нижнего склада к судоходной реке. Лесоматериалы для погрузки в суда сортируют и сплачивают в пучки. Сплотки формируют на берегу с применением соответствующего оборудования. Готовые пучки (пачки) укладывают в штабеля до наступления навигации, а в навигационный период грузят в суда.

Схему погрузки леса в суда выбирают в зависимости от глубины акватории, наличия причальной стенки, имеющегося оборудования. Могут применяться схемы штабель — судно, штабель — вода — судно и др. Если удобного места для погрузки на акватории рейда непосредственно у склада нет, пункт погрузки переносят ниже по течению реки в место, где достаточны глубина и ширина. Погрузку ведут с воды по схеме вода — судно.

При наличии у берегового склада причальной стенки пучки (пачки) подают из штабелей краном на причал, откуда другим краном грузят в судно. Если причальной стенки нет, для погрузки лесоматериалов в судно применяют плавучий кран. Этим краном грузят в судно пучки или пачки из штабелей, находящихся в зоне действия стрелы крана. Пучки (пачки) из отдаленных штабелей подвозят к фронту погрузки тракторными агрегатами или лесопогрузчиками.

Выгрузку пучков (пачек) из судов производят кранами рейда приплава.

Описанные транспортно-технологические схемы доставки лесных грузов в суда базируются на применяющихся в настоящее время способах и вариантах организации погрузочно-выгрузочных работ с круглыми лесоматериалами. Дальнейшее совершенствование этих схем должно идти в направлении перехода на пакетные перевозки лесоматериалов с полной их сортировкой и упаковкой в пакеты на берегу. В этом случае на лесосплавных рейдах сортировочные и сплоточные работы ведут на воде, а погрузку в суда осуществляют по схеме вода — судно.

6.3.2. Суда для перевозки лесных грузов

Для перевозки лесных грузов используются так называемые сухогрузные суда (самоходные и несамоходные) и секционные составы. В последние годы все большее применение находят крупнотоннажные суда грузоподъемностью 2 000... 5 300 т и секционные составы грузоподъемностью 7 500 т.

В зависимости от района плавания суда подразделяют на речные и озерные. В зависимости от требований, предъявляемых к конструкциям судов, Речным Регистром РФ они разделены на пять разрядов: М, О, Р, Л и М-СП. В разряд М входят суда, допущенные к плаванию по большим озерам; в разряд О — суда, име-

ющие возможность плавать по крупным водохранилищам и в устьях больших рек, которые по условиям плавания приравнивают к озерным; в разряд Р — суда, допущенные к плаванию по большим глубоководным рекам; в разряд Л — суда, имеющие возможность плавать в мелководных бассейнах, верховьях рек и по их притокам; в разряд М-СП — суда, допущенные к плаванию как в речных, так и в морских условиях, т.е. суда смешанного плавания.

Суда-лесовозы смешанного плавания (река — море) служат для бесперевалочной перевозки лесоматериалов по смешанным речным и морским путям. Такие суда широко эксплуатируются в скандинавских странах, Канаде, Южной Америке и ряде других регионов. В нашей стране основные районы лесозаготовок и переработки древесины тяготеют к большим и малым рекам. Организация бесперевалочного вывоза из этих районов лесных грузов к местам их потребления в судах смешанного плавания, в том числе по морским путям, имеет важное значение. Лесовозы смешанного плавания представляют собой однопалубные суда грузоподъемностью 1 500...3 000 т без судовых грузовых средств, с двойными бортами и кормовым расположением жилой надстройки. Их коэффициент вертикальной проницаемости (отношение площади просвета люков к площади трюмов) близок к единице.

Суда для перевозок грузов по внутренним водным путям классифицируют по разным признакам. Так, по грузоподъемности их подразделяют на четыре группы: первая — до 500 т включительно; вторая — от 501 до 1 900 т; третья — от 1 901 до 3 000 т; четвертая — 3 001 т и выше. Для каждой группы определены свои судовые нормы погрузки и выгрузки.

По конструкции эти суда делят на четыре типа: I — площадки; II — открытые, III — полуоткрытые, IV — закрытые. Отнесение судна к тому или иному типу определяется коэффициентом вертикальной проницаемости и наименьшими размерами люков.

Для перевозки лесоматериалов наиболее целесообразно использовать открытые суда, а также баржи-площадки. Полуоткрытые суда применяют только в исключительных случаях.

К самоходным судам, используемым для перевозки лесоматериалов, относятся сухогрузные теплоходы типов «VI пятилетка», «Большая Волга», СО-5000 и «Волго-Балт».

Сухогрузные теплоходы типов «VI пятилетка» (проект 576) и «Большая Волга» (проект II) грузоподъемностью 2 000 т, приводимые в движение двумя двигателями мощностью 295...357 кВт каждый, являются открытыми трюмными судами со съёмным люковым закрытием. Полезный объем трюмов составляет 3 020...3 200 м³. На судне четыре люка размерами 9×6, 12,6×6 и 10,8×6 м (проект II) или 10,2×8,8, 15,9×8,8, 12×8,8 м (проект 576). Суда отвечают требованиям разряда О Речного Регистра.

Сухогрузные теплоходы типа СО-5000 (проект 507А) грузоподъемностью 5 300 т представляют собой полностью открытые трюмные суда с двойными наклонными внутренними бортами и двойным дном. У судов первого выпуска трюм объемом 6 210 м³ разделен по длине на четыре отсека, у судов последующих выпусков трюм сплошной — деления на отсеки нет. В кормовой части судна расположена двухвальная силовая установка с двигателями мощностью по 735 кВт. Суда отвечают требованиям разряда О Речного Регистра.

Сухогрузные теплоходы типа «Волго-Балт» (проект 791) грузоподъемностью 2 700 т — это однопалубные суда с избыточным надводным бортом, двойным дном и бортами. Для размещения грузов предусмотрены четыре почти одинаковых по размерам грузовых трюма общим объемом 4 510 м³. Крышки механизированного люкового закрытия, не рассчитанные на погрузку на них лесоматериалов, после загрузки трюма № 1 смещают на нос. Силовая установка включает в себя два двигателя мощностью по 485 кВт. Суда отвечают требованиям разряда М-СП Речного Регистра.

К секционным составам, используемым для перевозки лесоматериалов, относятся маршрутный состав ССО-7500 и сборный состав с баржами ПСО-3000.

Маршрутный секционный состав ССО-7500 состоит из двух грузовых секций грузоподъемностью 3 750 т каждая и теплохода-толкача мощностью 985 кВт. Трюмы грузовых секций не имеют поперечных переборок, что отвечает требованиям погрузки и размещения круглых лесоматериалов. Секции оборудованы автосцепом для ускорения формирования состава. Секции имеют дежурные помещения. Габаритная длина состава с толкачом — 236 м.

Сборный состав состоит из четырех секций (барж) ПСО-3000 (проект Р-29) и теплохода-толкача мощностью 1 460 кВт. Габаритная длина состава равняется 418,5 м (без толкача — 373 м), габаритная ширина — 33,7 м, грузоподъемность — 12 000 т. Секции имеют двойные борта и второе дно. В их трюмах отсутствуют поперечные перегородки, что облегчает погрузку и размещение лесных грузов. Они оборудованы торцовыми сцепными устройствами и замками для сцепления между собой и с толкачом в кильватер, а также бортовыми автосцепками для формирования состава в две нитки. Секции полностью взаимозаменяемы и могут сцепляться в любой последовательности.

Основной парк несамоходных судов, используемых для перевозки лесоматериалов, состоит из открытых судов корытообразного типа и барж-площадок различной грузоподъемности.

На толкаемых судах помимо кнехтов предусмотрены двухупорно-вожжевой сцеп и откидные гаки сцепного устройства, обеспечивающие рациональную счалку в жесткосчаливаемых составах.

Металлические открытые трюмные баржи с двойным дном и бортами грузоподъемностью до 3 000 т и объемом трюмов 3 240... 3 480 м³ предназначены для буксировки и толкания. Наличие съемного люкового закрытия дает возможность использовать их для перевозки грузов, требующих защиты от атмосферных осадков.

Металлические баржи-площадки грузоподъемностью 1 000... 2 800 т эксплуатируются на магистральных речных путях Сибири и Дальнего Востока. Эти баржи отвечают требованиям разряда Р Речного Регистра и могут использоваться как для буксировки, так и для толкания. Часть барж оборудована устройствами для саморазгрузки. Для этой цели на палубе делают настил из наклонных деревянных брусьев или устанавливают в корпусе судна цистерны для кренования.

6.3.3. Организация перевозок леса в судах

Для оформления перевозки лесоматериалов в судах грузоотправитель составляет накладную установленной формы на каждое судно. Накладная является основным транзитным документом, который следует с грузом до получателя. К накладной прилагается спецификация с указанием количества погружаемых лесоматериалов, их размеров, сортов, видов сортиментов и пород. На основании накладной порт (пристань) составляет дорожную ведомость, номер которой переносится в накладную.

На принятый к перевозке груз порт (пристань) выдает квитанцию от дорожной ведомости. Дата приема груза к перевозке удостоверяется календарным штемпелем порта (пристани) на накладной, дорожной ведомости и квитанции. В этих документах делается отметка о способе определения объема перевозимых лесоматериалов.

Для обеспечения нормальной работы флота лесоматериалы, предназначенные для перевозок, должны предъявляться к отправке подекадно равными частями по пунктам отправления и назначения. В тех случаях когда равномерное отправление грузов по декадам невозможно, пароходство и грузоотправитель согласовывают количество перевозимого груза по декадам.

Не позднее чем за пять дней до начала каждой декады грузоотправители обязаны представлять в пароходство декадную заявку на перевозку лесоматериалов, указывая в ней точное наименование груза, пункты отправления, назначения и дни предъявления груза.

За двое суток до начала декады пароходство сообщает грузоотправителю о приеме декадной заявки с указанием в ней дней погрузки, количества груза и грузоподъемности судов.

Сроки погрузки и выгрузки судов исчисляются с момента подачи судна к причалу. Если происходит задержка постановки судна к причалу по вине отправителей (получателей) грузов, то время ожидания судна включается в сроки погрузки и выгрузки. Если причалы заняты судами, сроки погрузки (выгрузки) которых не закончились, то время стоянки вновь прибывших судов исчисляется по нормам с момента окончания планового срока погрузки (выгрузки) судов, находящихся под погрузкой (выгрузкой) независимо от их фактической готовности.

Время стоянки судна по норме определяется делением массы груза на судо-часовую норму, установленную для данного судна. Единые судо-часовые нормы учитывают тип и грузоподъемность судов, род груза и вид упаковки, объемы грузооборота причала.

При погрузке (выгрузке) грузовых судов, работающих в составах с закрепленной тягой, и грузовых теплоходов с приставками учет времени обработки судов и судо-часовые нормы применяются по каждому грузовому судну отдельно. Единые судо-часовые нормы периодически пересматриваются с учетом изменения организации работ и технологии погрузки, а также механовооруженности причала.

Наряду с едиными судо-часовыми нормами устанавливаются специальные судо-часовые нормы погрузки и выгрузки сухогрузных судов. Их устанавливают с учетом оборудования причала и определяют по формуле

$$P_c = 0,125\eta_m n_m E_{вр}, \quad (6.32)$$

где 0,125 — коэффициент перехода от комплексной нормы выработки в смену к норме выработки в час; η_m — коэффициент, учитывающий снижение производительности при концентрации оборудования на обработке судна (принимается по фактическим данным); n_m — количество однотипного оборудования на причале, занятого на погрузке (выгрузке) судов; $E_{вр}$ — комплексная норма выработки, т/смена, для данного варианта работ, рода груза, типа судна и кранов, определяемая по Единым или Временным комплексным нормам выработки и времени на погрузочно-выгрузочные работы в зависимости от принадлежности причала.

При оснащении причала разнотипным оборудованием специальные судочасовые нормы определяются как сумма судочасовых норм, рассчитанных для каждой перегрузочной машины в отдельности.

В случае задержки судов под погрузкой или выгрузкой в ожидании грузовых операций по вине грузоотправителя или грузополучателя с него взыскивается штраф. При досрочном окончании погрузки или разгрузки судна пароходство выплачивает грузоотправителю или грузополучателю премию.

При судовых перевозках массу погруженных лесоматериалов определяют по их условной плотности.

Лесоматериалы размещают как в трюме, так и на палубе судна штабелями. В каждый штабель укладывают лесоматериалы одной длины. Межштабельные интервалы должны быть минимальными, но без нахлестки бревен одного штабеля на другой.

Укладка штабелей длинномерных лесоматериалов на палубу допускается поперек судна с уклоном к диаметральной плоскости и от кормовой части к носовой так, чтобы обеспечивалась необходимая видимость для судовождения. При перевозках по участкам рек, водохранилищам и другими водными путями со сложным ветроволновым режимом лесоматериалы в судах должны быть закреплены, а трюмы судов закрыты. При перевозках в смешанном водно-железнодорожном сообщении укладка лесоматериалов на судне должна быть произведена повагонно по отправкам (накладным) с отделением их между собой не менее чем тремя прокладками из бревен диаметром не менее 18... 20 см.

При размещении лесоматериалов россыпью на баржах-площадках их располагают на грузовой палубе штабелями разных типов высотой по действующим инструкциям. Лесоматериалы укладывают от середины к оконечностям судна ровными слоями.

В Енисейском пароходстве внедрен метод пачковой укладки круглых лесоматериалов. На палубе баржи-площадки монтируют 15 поперечных рядов труб, в каждом из которых четыре трубы диаметром 200 мм и высотой 300 мм. В эти трубы-стаканы устанавливают стойки длиной 5,5 м. Промежуток между стойками загружают пачками бревен. Пачки бревен объемом 25 м³ разделяют поперечными прокладками.

Трюмы грузовых теплоходов загружают одновременно и равномерно или последовательно вдоль судна, начиная с кормового трюма. Бревна в трюмах, как правило, размещают вдоль судна. Только при загрузке трюмов № 1 и № 4 в местах установки оградительных палубных стоек лесоматериалы укладывают поперек судна.

На палубе вначале располагают штабеля бревен на потопчинах вдоль судна от кормы к носу. Затем бревна укладывают в два штабеля поперек судна равномерно по всей палубе. Штабеля должны иметь уклон к диаметральной плоскости, их высота на теплоходе проекта II не должна превышать в носовой части 2,6 м, а в кормовой — 3,6 м.

При загрузке трюмов самоходных судов (проекты 425, 461Б) бревна располагают вдоль борта. На палубе вначале загружают потопчины между трюмами (штабелями поперек судна) и среднюю часть (штабелями вдоль судна). Затем бревна размещают в два штабеля поперек судна, причем каждый штабель должен иметь уклон к диаметральной плоскости. Загрузка палубы должна производиться

равномерно, высота штабелей не должна превышать 2,6 м у носовых комингсов и 3,6 м — у кормовых, а на судах проекта 461Б — 3,6 м от верхней кромки привального бруса.

Пакеты лесоматериалов в трюмы грузят в несколько ярусов. После укладки каждого яруса прямоугольные пакеты выравнивают по высоте, устанавливают на них три-четыре прокладки из бревен, а затем укладывают следующий ярус. Пакеты в стробах ПС устанавливают друг от друга на расстоянии, допускающем застропку за проушины при их выгрузке. При наличии на судне люковых крышек вначале загружают пакеты в первый трюм до высоты комингсов, после чего крышки смещают на этот трюм.

Загрузку трюмов грузовых теплоходов пакетами производят в шахматном порядке до использования полной вместимости. При смешанной загрузке трюмов пакетами из длинномерных и короткомерных лесоматериалов вначале размещают короткомерные. На палубу грузят пакеты из длинномерных лесоматериалов.

На судах типа «VI пятилетка» пакеты сначала размещают вдоль судна на потопчинах, после чего равномерно загружают всю палубу. Пакеты укладывают двумя штабелями поперек судна с наклоном к диаметральной плоскости и уступами от кормы к носу. Высота штабеля не должна превышать на носу 2,6 м, на корме — 3,6 м.

На открытых судах типа «Волго-Дон» потопчины не загружают. Пакеты размещают поперек судна только над трюмом также с уклоном к диаметральной плоскости и уступами от кормы к носу. Высота штабеля на корме судна должна быть не более 5,6 м, а на носу — 3,6 м.

Пакеты лесоматериалов с поперечным сечением эллиптической формы в трюме располагают ярусами вдоль судна без прокладок.

Лесоматериалы длиной до 3 м (коротье) размещают в трюмах штабелями. В один трюм допускается укладка коротья не более двух разных размеров. Коротье разных размеров должно отличаться по длине не менее чем на 0,5 м. В каждый штабель укладывают коротье одного размера. Разрыв между штабелями должен быть не менее 0,5 м. Допускается чередование штабелей с коротьем разных размеров. Укладку коротья производят по ширине судна от одного борта к другому. Поперек судна коротье укладывают только в свободном от штабелей пространстве трюмов.

Для улучшения использования грузоподъемности и грузоемкости судов установлены технические нормы загрузки судов в процентах от грузоподъемности судна, зависящие от вида груза. За недогруз судна до установленных норм ответственность несет грузоотправитель.

Согласно прејскуранту № 14-01, установлены следующие технические (тарифные) нормы загрузки судов:

лес (круглый, пиленный, крепежный, шпалы) навалом — 90 %;
лес в пакетах, а также дощечки ящичные — 70 %;
дрова — 80 %.

При перевозках лесных грузов (за исключением дров) в судах проекта № 425 грузоподъемностью 2 850 т применяется норма загрузки 70 %.

В зависимости от технического состояния судна и условий плавания (мелководья) технические (тарифные) нормы могут быть установлены начальником пароходства по фактической загрузке судна.

Технологическую щепу перевозят на всех типах сухогрузных судов с соблюдением правил перевозки опасных грузов. Погрузку щепы производят навалом с необходимым уплотнением в процессе погрузки. При перевозке технологической щепы на палубе или в беспалубных судах по водным участкам со сложным ветроволновым режимом грузоотправители обязаны обеспечить укрытие щепы брезентом с закреплением его на судне.

Контрольные вопросы

1. Опишите перспективные транспортно-технологические схемы водного транспорта леса.

2. Перечислите типы лесотранспортных единиц и укажите их конструктивные особенности.

3. Назовите и охарактеризуйте узлы крепления формирующего такелажа.

4. Опишите особенности проведения первоначального магистрального плотового лесосплава.

5. Как рассчитывают сопротивление движению плота по воде?

6. Как рассчитывают формирующий такелаж?

7. Опишите технологию формирования и расформирования плотов.

8. Как рассчитывают тормозной такелаж?

9. Какие суда применяют для перевозки лесных грузов?

10. Как оформляются перевозки лесоматериалов в судах?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Боровиков А. М.* Справочник по древесине / А. М. Боровиков, Б. Н. Уголев. — М. : Лесн. пром-сть, 1989. — 296 с.
2. *Владимиров А. М.* Гидрологические расчеты / А. М. Владимиров. — Л. : Гидрометеиздат, 1990. — 365 с.
3. *Воевода Д. К.* Оборудование лесных складов / Д. К. Воевода, В. В. Назаров. — М. : Лесн. пром-сть, 1984. — 224 с.
4. *Вороницин К. И.* Машинная обрезка сучьев на лесосеке / К. И. Вороницин, С. М. Гугелев. — М. : Лесн. пром-сть, 1989. — 272 с.
5. *Гороховский К. Ф.* Технология и машины лесосечных и лесоскладских работ / К. Ф. Гороховский, В. П. Калиновский, Н. В. Лившиц. — М. : Лесн. пром-сть, 1980. — 383 с.
6. *Гороховский К. Ф.* Основы технологических расчетов оборудования лесосечных и лесоскладских работ / К. Ф. Гороховский, Н. В. Лившиц. — М. : Лесн. пром-сть, 1987. — 250 с.
7. *Гороховский К. Ф.* Машины и оборудование для лесосечных и лесоскладских работ : учеб. пособие / К. Ф. Гороховский, Н. В. Лившиц. — М. : Экология, 1991. — 528 с.
8. *Залегаллер Б. Г.* Технология и оборудование лесных складов : учебник / Б. Г. Залегаллер, П. В. Ласточкин, С. П. Бойков. — 3-е изд., доп. — М. : Лесн. пром-сть, 1984. — 352 с.
9. *Захаров Б. Н.* Суда для перевозки лесных грузов / Б. Н. Захаров. — Л. : Судостроение, 1988. — 208 с.
10. *Ильин Б. А.* Теория лесотранспорта : учебн. пособие / Б. А. Ильин, Э. О. Салминен. — СПб. : СПбГЛТА, 1992. — 392 с.
11. *Коробов В. В.* Переработка низкокачественного сырья (проблемы безотходной технологии) / В. В. Коробов, Н. П. Рушнов. — М. : Экология, 1991. — 228 с.
12. *Кочегаров В. Г.* Технология и машины лесосечных работ : учебник / В. Г. Кочегаров, Ю. А. Бит, В. Н. Меньшиков. — М. : Лесн. пром-сть, 1990. — 387 с.
13. *Матвейко А. П.* Малоотходные и безотходные технологии в лесном хозяйстве и лесной промышленности / А. П. Матвейко. — Минск : Изд-во БГТУ, 1999. — 84 с.
14. *Матвейко А. П.* Технология и машины лесосечных работ : учебник / А. П. Матвейко, А. С. Федоренчик. — Минск : Технопринт, 2002. — 480 с.
15. Машины, суда и оборудование лесосплава : справочник / [В. И. Пятякин, И. Я. Бейлин, Ф. Е. Захаренков и др.] ; под ред. В. И. Пятякина. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Лесн. пром-сть, 1983. — 336 с.
16. *Мелехов И. С.* Лесоведение / И. С. Мелехов. — М. : Лесн. пром-сть, 1980. — 406 с.

17. Мелехов И. С. Лесоводство / И. С. Мелехов. — М. : Агропромиздат, 1989. — 302 с.
18. Никишов В. Д. Комплексное использование древесины : учебник / В. Д. Никишов. — М. : Лесн. пром-сть, 1985. — 232 с.
19. Новоселов Ю. М. Механизация осмолозаготовок / Ю. М. Новоселов. — М. : Лесн. пром-сть, 1984. — 232 с.
20. Оборудование для лесоскладских работ и материалы к технологическим расчетам : учеб. пособие для курсового и дипломного проектирования / [П. В. Ласточкин, Н. Е. Высотин, Ф. Е. Захаренков и др.]. — Л. : ЛТА, 1990. — 116 с.
21. Пятакин В. И. Водный транспорт леса : учебник / В. И. Пятакин, Ю. Я. Дмитриев, А. А. Зайцев. — М. : Лесн. пром-сть, 1985. — 336 с.
22. Побединский А. В. Рубки главного пользования / А. В. Побединский. — М. : Лесн. пром-сть, 1980. — 192 с.
23. Справочное пособие по деревообработке / [В. В. Кислый, П. П. Щеглов, Ю. И. Братенков и др.]. — Екатеринбург : БРИЗ, 1995. — 557 с.
24. Судьев Н. Г. Лесохозяйственный справочник для лесозаготовителя / Н. Г. Судьев, Л. Н. Рожин. — М. : Лесн. пром-сть, 1989. — 325 с.
25. Сухопутный транспорт леса / [В. И. Альябьев, Б. А. Ильин, Б. И. Кувалдин, Г. Ф. Грехов]. — М. : Лесн. пром-сть, 1990. — 416 с.
26. Тюрин Н. А. Сухопутный транспорт леса. Дорожно-строительные материалы : учеб. пособие / Н. А. Тюрин. — СПб. : СПбГЛТА, 1998. — 140 с.
27. Щербаков В. А. Справочник по водному транспорту леса / В. А. Щербаков, Ю. П. Борисовец, В. Д. Александров. — М. : Лесн. пром-сть, 1986. — 384 с.
28. Инструкция по проектированию лесозаготовительных предприятий. ВСН 01-82. — Л. : Гипролестранс, 1983. — 186 с.
29. Инструкция по оценке качества текущего ремонта и содержания автомобильных дорог. ВНС 10-82. — М. : Транспорт, 1983. — 15 с.
30. Инструкция по эксплуатации такелажа при лесосплаве. — М. : ВНИПИЭИлеспром, 1984. — 134 с.
31. Методические указания к обоснованию параметров технологического процесса водного транспорта леса в плотках береговой сплотки. — СПб. : ЛТА, 1991. — 38 с.
32. Общесоюзные нормы технологического проектирования лесозаготовительных предприятий. ОНПТП 02-85. — М. : Минлеспром, 1989. — 217 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----------|
| Введение | 3 |
| Глава 1. Технология и оборудование лесозаготовок | 5 |
| 1.1. Общие понятия о лесозаготовительном производстве | 5 |
| 1.1.1. Лесозаготовительные предприятия | 5 |
| 1.1.2. Понятие о лесном фонде | 11 |
| 1.1.3. Предмет труда лесозаготовительного производства | 13 |
| 1.1.4. Продукция лесозаготовок | 14 |
| 1.2. Основные понятия о резании древесины | 15 |
| 1.2.1. Элементарное резание | 15 |
| 1.2.2. Виды пиления и типы пил | 18 |
| 1.2.3. Усилие и мощность, требующиеся для резания и пиления | 21 |
| 1.3. Технология и оборудование лесосечных работ | 25 |
| 1.3.1. Подготовительные и вспомогательные работы | 25 |
| 1.3.2. Виды технологических процессов и состав работ | 29 |
| 1.3.3. Механизированная валка деревьев | 33 |
| 1.3.4. Машинная валка деревьев | 41 |
| 1.3.5. Трелевка лесоматериалов | 50 |
| 1.3.6. Очистка деревьев от сучьев | 67 |
| 1.3.7. Погрузка древесины на лесовозный транспорт | 77 |
| 1.3.8. Очистка лесосек | 81 |
| 1.3.9. Выбор системы машин | 88 |
| Глава 2. Технологические процессы и оборудование лесопромышленных складов | 94 |
| 2.1. Общие вопросы технологии лесоскладских работ | 94 |
| 2.1.1. Типы и назначение лесопромышленных складов | 94 |
| 2.1.2. Режим работы лесопромышленных складов | 97 |
| 2.1.3. Запасы лесоматериалов на лесопромышленных складах | 99 |
| 2.1.4. Хранение и учет лесоматериалов на лесопромышленном складе | 104 |
| 2.2. Лесообрабатывающие операции на лесопромышленных складах | 109 |
| 2.2.1. Очистка деревьев от сучьев на лесопромышленном складе | 109 |
| 2.2.2. Поперечная распиловка (раскряжевка) круглых лесоматериалов | 113 |
| 2.2.3. Сортировка лесоматериалов | 123 |
| 2.2.4. Продольная распиловка лесоматериалов | 128 |
| 2.2.5. Окорка лесоматериалов | 141 |

| | |
|--|------------|
| 2.3. Подъемно-транспортные операции на лесопромышленных складах | 153 |
| 2.3.1. Подъемно-транспортное оборудование | 153 |
| 2.3.2. Технологические участки | 158 |
| 2.3.3. Поточные линии, участки и цехи лесопромышленных складов | 162 |
| 2.4. Технологические схемы и проектирование лесопромышленных складов | 168 |
| 2.4.1. Общие вопросы проектирования | 168 |
| 2.4.2. Прирельсовые лесопромышленные склады | 169 |
| 2.4.3. Береговые лесопромышленные склады | 174 |
| Глава 3. Комплексное использование древесины и древесных отходов | 175 |
| 3.1. Ресурсы и характеристика низкокачественной древесины и древесных отходов | 175 |
| 3.1.1. Структура биомассы дерева и классификация древесного сырья | 175 |
| 3.1.2. Низкокачественная древесина и древесные отходы | 178 |
| 3.1.3. Основные методы и способы определения объемов образования древесных отходов | 183 |
| 3.1.4. Виды и свойства измельченной древесины | 185 |
| 3.2. Заготовка вторичного древесного сырья на лесосеке | 188 |
| 3.2.1. Производство технологической щепы в условиях лесосеки | 188 |
| 3.2.2. Заготовка и переработка пневой и корневой древесины | 190 |
| 3.2.3. Заготовка и основные направления переработки древесной зелени и коры | 193 |
| 3.2.4. Использование древесных отходов в качестве биотоплива | 198 |
| 3.3. Производство продукции из вторичного древесного сырья на лесопромышленных складах | 200 |
| 3.3.1. Технология производства щепы из низкокачественной древесины | 200 |
| 3.3.2. Технология производства щепы из отходов лесообработывающих производств | 203 |
| 3.3.3. Хранение и внутрискладской транспорт щепы | 204 |
| 3.3.4. Технология и оборудование для производства древесной стружки | 207 |
| 3.3.5. Производство арболита | 208 |
| 3.3.6. Производство тарных комплектов | 210 |
| Глава 4. Проектирование лесных дорог | 212 |
| 4.1. Транспорт леса и его значение в технологических процессах лесного комплекса | 212 |
| 4.1.1. Общая характеристика лесотранспортных систем | 212 |
| 4.1.2. Технические и технико-экономические показатели работы лесотранспортных систем | 214 |
| 4.1.3. Лесотранспортные средства | 217 |

| | |
|--|-------------|
| 4.2. Основные элементы и проекции пути | 22 1 |
| 4.2.1. Конструктивные элементы пути | 22 1 |
| 4.2.2. Проекция пути | 22 3 |
| 4.2.3. Классификация дорожных одежд и их поперечные профили | 22 8 |
| 4.2.4. Зимние дороги | 23 1 |
| 4.3. Теория движения лесовозных автопоездов | 23 1 |
| 4.3.1. Система сил, действующих на автопоезд | 23 1 |
| 4.3.2. Уравнение движения автопоезда и его анализ | 23 5 |
| 4.3.3. Определение расчетной массы автопоезда и расчетного полезного объема груза | 23 6 |
| 4.4. Размещение и проектирование лесных дорог | 23 7 |
| 4.4.1. Размещение лесных дорог | 23 7 |
| 4.4.2. Основные параметры и нормы проектирования лесных дорог | 24 1 |
| 4.4.3. Проектирование плана лесных дорог | 24 2 |
| 4.4.4. Проектирование продольного профиля лесных дорог | 24 4 |
| 4.5. Основы расчета на прочность нежестких дорожных одежд | 24 6 |
| 4.5.1. Методика расчета дорожной одежды на прочность | 24 6 |
| 4.5.2. Методика расчета нежесткой дорожной одежды по сдвигу | 24 9 |
| 4.6. Проектирование водопропускных и водоотводных сооружений | 25 0 |
| 4.6.1. Водно-тепловой режим земляного полотна | 25 0 |
| 4.6.2. Расчет водопропускных сооружений | 25 1 |
| 4.6.3. Основы проектирования водоотвода лесных дорог | 25 6 |
| Глава 5. Ремонт и содержание лесных дорог | 25 9 |
| 5.1. Основные задачи эксплуатации и ремонта лесных дорог | 25 9 |
| 5.1.1. Требования к лесным дорогам | 25 9 |
| 5.1.2. Факторы, влияющие на состояние лесных дорог | 26 0 |
| 5.1.3. Деформации и износ основных элементов дороги и причины их возникновения | 26 0 |
| 5.1.4. Основные виды дорожно-ремонтных работ | 26 2 |
| 5.1.5. Оценка эксплуатационных свойств дороги | 26 2 |
| 5.2. Текущее содержание и ремонт лесных дорог | 26 4 |
| 5.2.1. Организация дорожной службы | 26 4 |
| 5.2.2. Содержание дорог | 26 5 |
| 5.2.3. Ремонт дорог | 26 9 |
| 5.3. Экологические и эстетические аспекты проектирования, строительства и эксплуатации лесных дорог | 27 2 |
| 5.3.1. Экологические аспекты | 27 2 |
| 5.3.2. Эстетические аспекты | 27 5 |
| 5.4. Организация вывозки древесины | 27 7 |
| 5.4.1. Основные эксплуатационные показатели работы лесотранспортного цеха | 27 7 |
| 5.4.2. Определение необходимого количества перевозочных средств и горючесмазочных материалов | 27 8 |

| | |
|---|-----|
| Глава 6. Водный транспорт леса | 281 |
| 6.1. Общие сведения о водном транспорте леса | 281 |
| 6.1.1. Виды водного транспорта леса | 281 |
| 6.1.2. Транспортно-технологические схемы | 282 |
| 6.1.3. Типы лесотранспортных единиц | 285 |
| 6.2. Плотовой лесосплав | 286 |
| 6.2.1. Первоначальный плотовой лесосплав | 286 |
| 6.2.2. Магистральный плотовой лесосплав | 290 |
| 6.3. Перевозка лесоматериалов в судах | 303 |
| 6.3.1. Общие сведения и транспортно-технологические схемы | 303 |
| 6.3.2. Суда для перевозки лесных грузов | 305 |
| 6.3.3. Организация перевозок леса в судах | 308 |
| Список литературы | 313 |

Учебное издание

**Патякин Василий Иванович
Салминен Эро Ойвович
Бит Юрий Аркадьевич
Бирман Алексей Романович
Авдашкевич Светлана Викторовна
Бессараб Геннадий Александрович
Кацадзе Владимир Аркадьевич
Григорьев Игорь Владиславович
Камусин Альберт Абетдинович
Шелгунов Ювеналий Васильевич
Ярцев Иван Васильевич**

Лесозексплуатация

Учебник

**Редактор *Е. М. Зубкович*
Технический редактор *О. Н. Крайнова*
Компьютерная верстка: *Т. А. Клименко*
Корректоры: *И. В. Могилевец, Т. В. Кузьмина***

Изд. № 101110548. Подписано в печать 28.04.2006. Формат 60 × 90/16.
Бумага тип. № 2. Печать офсетная. Гарнитура «Таймс». Уел. печ. л. 20,0.
Тираж 3 000 экз. Заказ № 7367.

Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.953.Д.004796.07.04 от 20.07.2004.
117342, Москва, ул. Бултерова, 17-Б, к. 360. Тел./факс: (495)330-1092, 334-8337.

ОАО "Тверской полиграфический комбинат", 170024, г. Тверь, пр-т Ленина, 5.
Телефон: (4822) 44-52-03, 44-50-34, Телефон/факс (4822) 44-42-15
Интернет/Home page - www.tverpk.ru Электронная почта (E-mail) - sales@tverpk.ru