

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(ВНИИБ)

Технология целлюлозно-бумажного производства

Справочные материалы

В трех томах

Санкт-Петербург
2002

Редакционная коллегия

Осипов П.С. – Академик Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы, почетный доктор СПб лесотехнической академии (ответственный редактор)

Гаврилиди Е.А. – кандидат технических наук (ответственный секретарь)

Аким Э.Л. – доктор технических наук, профессор

Аким Г.Л. – доктор технических наук, профессор

Зорин И.Ф. – доктор технических наук, профессор

Игнатов И.А. – почетный доктор СПб лесотехнической академии

Неволин В.Ф. – кандидат технических наук

Пузырев С.С. – кандидат технических наук, профессор

Сметанин В.В. – доктор технических наук, профессор

Смолин А.С. – доктор технических наук, профессор

Чижев Г.И. – доктор технических наук, профессор

УДК 676 (03)

Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы. В 3-х томах. СПб.: ЛТА, 2002.

В данном многотомнике представлены материалы, отражающие современное состояние производства волокнистых полуфабрикатов, бумаги и картона.

Многотомник предназначен для широкого круга работников целлюлозно-бумажной промышленности, деловых кругов, преподавателей и студентов специальных учебных заведений.

Всероссийский научно-исследовательский институт целлюлозно-бумажной промышленности выражает глубокую благодарность Министерству промышленности, науки и технологий Российской Федерации и следующим предприятиям отрасли, оказавшим финансовую поддержку в издании многотомника «Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы»: ОАО «Косинская бумажная фабрика», ОАО «Сыктывкарский ЛПК», ОАО «Фирма “Бумага”», ОАО «Санкт-Петербургский картонно-полиграфический комбинат», ОАО «Сясьский ЦБК», ОАО «Эликон», ОАО «Троицкая бумажная фабрика», ОАО «Котласский ЦБК», ТП Ассоциации НТС ЛПК по Иркутской обл., ОАО «Братский ЛПК», ФГУП «Камский ЦБК», АО «Соликамскбумпром», ОАО ПО «Усть-Илимский ЛПК», ПО «Брянская бумажная фабрика», ОАО «Техническая бумага».

© ВНИИБ – составление, 2002

© Изд-во Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии (СПб ЛТА), 2002

ISBN 5-230-10628-X

ВВЕДЕНИЕ

В 1964...1966-х годах вышло в свет второе издание «Справочника бумажника» в трех томах. В подготовке рукописи справочника принимал участие большой коллектив ведущих российских специалистов – работников научно-исследовательских и проектных институтов, высших учебных заведений и предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Главным редактором «Справочника бумажника» являлся талантливый ученый и организатор науки, директор Всесоюзного научно-исследовательского института целлюлозно-бумажной промышленности (ВНИИБ) Сергей Александрович ПУЗЫРЕВ, памяти которого посвящается настоящее издание.

С момента выхода в свет последнего издания «Справочника бумажника» в развитии мировой целлюлозно-бумажной промышленности произошли большие изменения. В 2000 году по сравнению с 1965 годом объемом производства бумаги и картона в мире увеличился со 100 до 320 млн т, т.е. более чем в 3 раза, а душевое потребление с 30 до 52 кг, т.е. более, чем в 1,7 раза. В развитых странах потребление бумаги и картона достигло 300 и более кг на душу населения. За исключением отдельных периодов отмечался стабильный рост объемов производства волокнистых полуфабрикатов, бумаги и картона.

Одним из немногих исключений явилась Россия. С 1965 по 1990 год объем производства бумаги и картона возрос с 3700 тыс. т до 8300 тыс. т, т.е. в 2,2 раза, а в 1997...1998-х годах сократился до уровня 1965 года. Однако в период 1998...2000 гг. в России отмечается стабильный ежегодный рост объемов производства целлюлозно-бумажной продукции. Выработка продукции на отдельных предприятиях приближается к проектной.

В конце XX столетия в мире действовало 5900 предприятий по производству первичных волокнистых полуфабрикатов общей мощностью 212 млн т, 8830 предприятий, вырабатывающих бумагу и картон общей мощностью 353 млн т. Степень загрузки производственных мощностей составляла 85...90%.

В России мощности 35 предприятий по производству полуфабрикатов составляют 7,6 млн т, а мощности 98 предприятий по производству бумаги и картона – 9 млн т. Степень загрузки указанных мощностей в 2000 году соответственно 65 и 60%.

На период до 2010 года в мире предсказывается дальнейший рост объемов производства бумаги и картона. По некоторым прогнозам мировое производство бумаги и картона в 2005 году может составить 370 млн т, а в 2010 году даже 420 млн т.

Рост объемов производства, сопровождавшийся увеличением вырубki естественных лесов, а также несовершенство технологических процессов в определенный период времени способствовали формированию устойчивого общественного мнения об опасности целлюлозно-бумажной промышленности для окружающей среды и здоровья населения.

Глубокие качественные изменения произошли на всех стадиях целлюлозно-бумажного производства. Укажем на наиболее характерные изменения, придерживаясь последовательности стадий производства.

Сырьевая база. Существует три основных вида волокнистого сырья, применяемого в целлюлозно-бумажном производстве:

- древесное сырье;
- недревесное сырье;
- макулатура.

Древесное сырье. Это преимущественно древесина, заготовленная в естественных лесах. В последнее десятилетие быстро развивается процесс сертификации лесов, целью которой является планирование и осуществление мероприятий по обеспечению жизнеспособности и устойчивости лесов, сбалансированность лесозаготовок и воспроизводства лесных запасов, экологически обоснованное и социально выгодное ведение лесного хозяйства и лесопользования.

В настоящее время целлюлозно-бумажная промышленность является наиболее крупным и экономически выгодным потребителем отходов лесозаготовок и лесопиления. Деятельность ряда предприятий основана на 100%-ном использовании технологической щепы из отходов лесозаготовок и лесопиления.

За последние десятилетия отмечается устойчивый рост использования древесины, выращенной на специальных плантациях. В 1980 году объем заготовок плантационной древесины составил 105 млн м³, а к 2000 году возрос в два раза и достиг примерно 25% мировых заготовок промышленного значения. Качество целлюлозы, изготовленной из плантационной древесины, как правило, уступает качеству целлюлозы из древесины, выращенной в естественных условиях. Тем не менее, прогнозируется дальнейший рост заготовок древесины, выращенной на плантациях.

Недревесное сырье (однолетние растения: солома, стебли тростника, хлопок, лен, химические волокна и др.). Его доля в общем балансе волокнистого сырья за последние 30 лет снизилась с 10 до 3%.

Макулатура. Ее доля за последние тридцать лет в общем балансе волокнистых полуфабрикатов возросла почти в два раза и достигла 44%.

Примечательно, что в ряде случаев рост потребления макулатуры в бумажном производстве был вызван не только и не столько дефицитом древесного сырья, а в значительной степени необходимостью решения проблем уменьшения количества бытовых отходов, особенно в больших городах и густонаселенных странах. Как бы то ни было, но технология подготовки макулатуры является в настоящее время самостоятельным высокотехнологичным направлением бумажного производства. Некоторые сорта облагороженной и отбеленной макулатурной массы по цене сопоставимы с ценой лиственной беленой целлюлозы.

Макулатуру часто называют основным сырьем бумажной промышленности в XXI веке. При этом создание мощностей по производству обесцвеченной макулатурной массы (DIP) значительно опережает рост потребления макулатуры в целом. Обесцвеченная макулатурная масса находит применение для производства высококачественных писчих и печатных видов бумаги.

Следует отметить, что рынок макулатуры не является свободным рынком. В большинстве стран с развитой экономикой он контролируется постоянно ужесточающимся законодательством. При этом исходят из того, что макулатуру следует рассматривать не только как сырье, но и как отходы. В Европе планируется к 2005 году увеличить степень использования макулатуры с 49 до 65%.

Изменения в структуре волокнистых полуфабрикатов, произошедшие за последние тридцать лет, отражены в нижеприведенной таблице.

Структура потребления волокнистых полуфабрикатов для производства бумаги и картона, %

Вид полуфабриката	1970 г.	2000 г.
Макулатура	22	43
Сульфатная целлюлоза, всего	39	36
В том числе:		
– сульфатная небеленая целлюлоза	19	11
– сульфатная беленая хвойная целлюлоза	8	13
– сульфатная беленая лиственная целлюлоза	12	12
Сульфитная целлюлоза	5	3
Полуцеллюлоза	6	3
Всего целлюлозы	50	42
Механические массы	18	12
Полуфабрикаты из недревесного сырья	10	3
Всего	100	100

Средние темпы ежегодного прироста объемов производства волокнистых полуфабрикатов и бумаги за последние 20...30 лет составили: макулатуры – 6%; древесной массы – 2%; целлюлозы – 2%; бумаги – 3%.

Подготовка древесного сырья. Следует отметить внедрение на предприятиях к началу 70-х годов сухой окорки древесины, что позволило сократить потребление свежей воды, а в последующем, полностью прекратить сброс токсичных стоков окорки. Небольшие объемы сточной воды упаривают и сжигают в корьевых или регенерационных котлах.

Ухудшение качества древесного сырья при неизменном или более высоком требовании к качеству волокнистых полуфабрикатов потребовало более тщательного сортирования щепы перед подачей в производство. Одно из таких решений – сортирование щепы по толщине.

Производство полуфабрикатов. Доля сульфатной целлюлозы за 30 лет снизилась весьма незначительно с 39 до 36%. Это объясняется тем, что в результате непрерывного совершенствования технологии варки и регенерации отработанных щелоков по комплексу показателей, относящихся к экономике, экологии, энергоёмкости, производительности, универсальности в отношении древесного сырья, данный процесс существенно опередил другие способы производства первичных волокнистых полуфабрикатов. Почти революционное изменение в технологии отбелки – кислородно-щелочная делигнификация (отбелка) гармонично вписалась в технологию сульфатной варки.

В настоящее время периодический и непрерывный способы варки практически сопоставимы по экономическим характеристикам. Некоторые литературные источники отдают предпочтение периодическому способу при производстве беленой целлюлозы. За последние 30 лет производительность непрерывных варочных аппаратов возросла с 600...800 до 2000 т/сутки, а объем периодического варочного котла увеличился со 100...140 до 400 м³. При этом существенные изменения произошли и в технологии сульфатной варки как непрерывным, так и периодическим способом. Современный сульфатный завод практически полностью обеспечивает собственные потребности в энергии, главным образом, за счет эффективного сжигания отработанных

ных варочных щелоков. В балансе энергоносителей современного сульфатного завода черный щелок и кора составляют соответственно 85...86% и 6...8%.

Доля сульфитной целлюлозы за рассматриваемый период сократилась с 5 до 3%. Несмотря на усовершенствования сульфитной варки, данный способ уступает сульфатному по энергетическим и экологическим характеристикам. В основном прекратили свою деятельность маломощные сульфитные заводы.

Вряд ли следует ожидать на ближайшую перспективу полного отказа от сульфитной варки. Однако, говоря о будущем такого процесса, нельзя не упомянуть о перепрофилировании сульфитного производства на сульфатный способ варки на заводе Rosenthal в Германии, где до недавнего времени сульфатное производство было запрещено. В результате реконструкции годовое производство блененной целлюлозы возросло со 160 до 280...300 тыс. т, а суммарные сбросы и выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду сократились. Как повлияет данный пример на судьбу других сульфитных заводов покажет будущее.

В 1970 году доля механических масс составляла примерно 20%. В некоторых работах высказывался прогноз об увеличении к 2000 году объемов производства бумаги до 330 млн т, а доли механических масс до 30%. Однако не все прогнозы сбываются, и в 2000 году доля механических масс в общем балансе волокнистых полуфабрикатов снизилась до 11...12%. Основные причины – высокие удельные расходы энергии при более низком качестве данных полуфабрикатов по сравнению с целлюлозой. Впрочем, технология механических масс постоянно совершенствуется, появляются новые модификации данных полуфабрикатов.

Отбелка целлюлозы. В начале 80-х годов на основании комплексных исследований установлено, что фильтраты отбелки представляют наибольшую опасность для окружающей среды и здоровья человека. Основная причина – применение в схемах отбелки молекулярного хлора и гипохлорита. В стоках отбелки содержалось до 8 кг хлорированных органических соединений на 1 т целлюлозы, в том числе особенно токсичные высокозамещенные хлорфенолы, хлороформ, дибензодиоксины, дибензофураны и др.

Кроме того, наличие в стоках отбелки ионов хлора препятствовало созданию замкнутых систем водооборота и бессточного производства.

На основании результатов исследований и докладов специально созданных комиссий правительства большинства стран приняты законодательные акты, обязывающие целлюлозно-бумажные предприятия внедрять экологически безопасные технологии отбелки. В течение примерно 10 лет разработаны и освоены промышленностью экологически безопасные технологии отбелки целлюлозы без применения молекулярного хлора и гипохлорита (ECF) и без хлорсодержащих реагентов (TCF).

Переход на бесхлорную технологию отбелки ужесточил требования практически во всех стадиях производства целлюлозы: к качеству технологической щепы, глубине и равномерности делигнификации при варке, эффективности промывки и др. Жесткость целлюлозы после варки снизилась до 15...24 единиц Каппа, а на отбелку с неблененной массой поступает всего 4...5 кг ХПК в расчете на 1 т целлюлозы. Ключевым фактором при создании экологически безопасной технологии отбелки является кислородно-щелочная делигнификация, разработка которой впервые осуществлена в России.

Стоки отбелки ECF, содержащие менее 0,5 кг хлорорганических соединений в расчете на 1 т целлюлозы, по экологическим показателям практически равноценны стокам TCF.

На лучших сульфатных заводах, вырабатывающих блененную целлюлозу, сброс хлорорганических соединений составляет менее 0,1 кг/т, а современная технология отбелки может считаться экологически безопасной.

К наиболее значительным научным и техническим достижениям полуфабрикатного производства следует отнести разработку и освоение технологических процессов при средней (8...15%) и высокой (до 40%) концентрации массы.

Производство бумаги и картона. В 2000 году в мире выработано примерно 320 млн.т. бумаги и картона, в составе которых:

- целлюлозы – 42%;
- макулатуры – 36%;
- древесной массы – 11%;
- пигментов и наполнителей – 8%;
- вспомогательных химических веществ – 3%.

Структура производства по видам продукции следующая:

- газетная бумага – 12%;
- бумага для печати и письма – 31%;
- картон для плоских слоев и бумага для гофрирования – 24%;
- картон – 14%;
- санитарно-гигиеническая бумага – 6%;
- прочие виды бумаги – 13%.

В технологии производства бумаги и картона заметны следующие тенденции.

Рост доли использования макулатуры, особенно при производстве бумаги для гофрирования, различных видов картона, газетной и санитарно-гигиенических видов бумаги.

Увеличение содержания в композиции бумаги для печати наполнителей и пигментов, что объясняется непрерывно возрастающими требованиями к качеству бумаги.

В Западной Европе в период с 1970 по 2000 г. содержание наполнителей в суперкаландрированной (SC) бумаге возросло с 17 до 35%. Темпы роста объемов потребления пигментов для мелования в два раза опережали рост потребления наполнителей. Для некоторых сортов мелованной бумаги предполагается увеличение суммарного содержания наполнителей и пигментов до 60...65%. В Европе основным пигментом, применяемым для мелования, является природный карбонат кальция (54%), а в Северной Америке – каолин (73%).

Существенный рост роли вспомогательных химических веществ (ВХВ) в технологических процессах производства практически всех видов бумаги и картона. За последние 30 лет объем производства ВХВ возрос более чем в 10 раз. В конце XX века речь идет уже о третьем поколении ВХВ, отличающихся более высокой эффективностью и экологической безопасностью.

Применение ВХВ обеспечило:

- возможность увеличения скорости бумагоделательных машин;
- придание бумагам специальных свойств;
- дальнейшее увеличение доли макулатуры;
- рост выпуска мелованных видов бумаги и картона;
- возможность перехода на проклейку в нейтральной и слабощелочной среде;
- снижение массы квадратного метра;
- повышение степени замыкания водооборота.

ВХВ, общее содержание которых в композиции бумаги и картона на данный период равно 3%, включают:

- синтетические химические вещества – 1%;
- квасцы – 0,5%;
- крахмал – 1,5%;
- всего – 3%.

В последние десятилетия во всем мире отмечается быстрый переход на проклейку бумаги и картона в нейтральной и слабощелочной среде. В настоящее время в Европе и Северной Америке в нейтральной среде проклеивается соответственно 80 и 50% vyrabatyvaемой продукции. К 2010 году эта цифра вырастет до 95 и 75%. Нейтральная проклейка позволила сократить применение квасцов и в значительной степени обеспечила возможность сокращения расхода свежей воды до 15...30 м³ на тонну продукции. К 2010 году расход свежей воды будет сокращен до 8...20 м³.

Совершенствование технологии производства волокнистых полуфабрикатов и экологической безопасности ВХВ обеспечило снижение содержания в «коричневой» макулатурной массе нежелательных (вредных) химических соединений, что особенно важно для бумаги и картона, применяемых для упаковывания пищевых продуктов (см. таблицу).

Хлорорганические соединения, мг/кг		Полихлорированные бифенилы, мкг/кг	
1993 г.	1999 г.	1993 г.	1999 г.
260	120	170	60

В области бумагоделательного оборудования в течение последних 30 лет наблюдался значительный прогресс.

Максимальная скорость бумагоделательных машин возросла с 1000 до 2000 м/мин. Прогнозируется дальнейший рост скорости. Максимальная ширина бумагоделательных машин сохранилась на уровне 10 метров и скорее всего не изменится в ближайшее время.

Годовая производительность бумагоделательных машин при производстве бумаги для печати возросла до 400 тыс. т.

Увеличение мощности бумагоделательных машин потребовало новых технических решений при организации перемотки и резки бумаги, так как масса тамбура, получаемого на машине, возросла в несколько раз и достигает в некоторых случаях 120 т. Скорость работы продольно-резательных станков достигла 3000 м/мин и более.

Кардинальные изменения претерпели практически все узлы бумагоделательных машин, начиная от напу-скных устройств и кончая оборудованием для мелования и каландрирования бумаги.

Башмачные прессы наряду с повышением сухости бумажного полотна до 50% способствовали стабилизации работы машин и повышению прочности бумаги и картона при ухудшении качества сырья.

Широкое распространение получают пленочные прессы для мелования и нанесения покрытий, которые, возможно, вытеснят клеильные прессы. За последние 10 лет число пленочных прессов, установленных на различных бумагоделательных машинах возросло со 100 до 400.

Преимущественное развитие для машин средней и большой мощности получает технология производства высококачественных видов бумаги по методу Online, включая двухстороннее мелование и каландрирование.

Удельный расход воды сократился с 60...70 до 15 и менее м³ на тонну продукции.

Суммарный удельный расход энергии (тепло, электроэнергия) сократился с 6,5 до 3,5 кВт ч/т, т.е. почти в два раза.

Скорость меловальных установок возросла с 1000 до 2000 м/мин. Скорость пилотных установок достигла 3000 м/мин.

Основные тенденции развития бумажного производства предыдущих десятилетий сохранятся и в будущем. К ним относятся:

- повышение производительности оборудования;
- увеличение степени использования макулатуры;
- снижение расходов энергии и воды;
- уменьшение нагрузки на окружающую среду и количества образующихся отходов;
- увеличение производства высококачественных, в том числе мелованных видов бумаги;
- повышение роли химических вспомогательных веществ, имея в виду не только их количество, но и эффективность и экологическую безопасность.

Охрана окружающей среды. В семидесятые годы XX века увеличение объемов производства целлюлозно-бумажной продукции при существовавшем в тот период времени уровне технологии сопровождался пропорциональным потреблением древесины, энергии, свежей воды и привел к недопустимому росту промышленных сбросов и выбросов. Дальнейшее развитие целлюлозно-бумажной промышленности при неизменном качественном уровне технологических процессов вошло в противоречие с принципами устойчивого развития общества и стало невозможным.

Созданные в различных странах комитеты и комиссии провели комплексное исследование количественных и качественных характеристик промышленных выбросов целлюлозно-бумажного производства. К наиболее опасным были отнесены стоки отбеливания целлюлозы с применением молекулярного хлора и гипохлорита.

На основании отчетов комиссий разработаны рекомендации по совершенствованию технологических процессов, а в дальнейшем и законодательные акты, предусматривающие рациональное использование природных ресурсов, энергии и сокращение поступления в окружающую среду загрязняющих веществ. Например, в Германии средняя стоимость захоронения одной тонны отходов с 1986 по 1996 год возросла с 50 до, примерно, 300 DM, а с 2005 года предполагается ввести запрет на захоронение отходов, содержащих более 5% органических веществ по массе.

Была проведена оценка затрат, необходимых для модернизации технологических процессов, а также обеспечено финансирование научно-исследовательских и конструкторских работ.

Практически во всех странах генеральным направлением повышения уровня экологической безопасности целлюлозно-бумажных предприятий принимается предотвращение образования загрязняющих веществ, минимизация водопотребления и отходов, а также утилизация отработанных технологических сред в основных технологических процессах и системах регенерации. Однако, это отнюдь не уменьшает роль локальных и внеплощадочных методов очистки промышленных выбросов. На некоторых предприятиях для очистки сточных вод применяют сочетание анаэробного и аэробного методов очистки с применением активного ила.

Иллюстрацией эффективности решения экологических проблем в основных технологических процессах могут служить примеры отдельных скандинавских предприятий, производящих беленую сульфатную целлюлозу, сточные воды которых без биологической очистки удовлетворяли нормам 1998...2000 годов. Однако, в связи с ужесточением требований по охране окружающей среды, указанные предприятия планируют применение ступени биологической очистки с активным илом.

Не без основания можно утверждать, что повышенные экологические требования в последние десятилетия явились движущей силой технического прогресса в целлюлозно-бумажной промышленности. Реализация прогрессивных технологий показала, что экологически безопасная технология является экономически эффективной.

Требования к качеству целлюлозно-бумажной продукции в конце XX века существенно повысились. В настоящее время качество – не только традиционные физико-механические свойства бумаги, но и содержание в ней потенциально опасных хлорорганических соединений, а также степень экологического совершенства технологии изготовления продукции.

В современной мировой практике подходы к нормированию допустимых сбросов и выбросов загрязняющих веществ основаны на принципах Best Available Techniques (BAT) – наилучшие доступные технологии.

На принципах ВАТ основаны рекомендации Хельсинской комиссии по защите морской среды Балтийского моря (ХЕЛКОМ), Кластерное правило (США), разработанные Европейским союзом Директивы комплексного предотвращения и контроля загрязнения окружающей среды (ИПРС).

Динамика снижения удельных показателей содержания загрязняющих веществ, образующихся при производстве сульфатной беленой целлюлозы (до стадии внеплощадочной очистки), на примере нескольких европейских предприятий представлены в нижеприведенной таблице (в кг/т).

Годы	Наименование показателей		
	БПК	ХПК	АОХ
1970	55	200	5...6
1985	20...25	60...90	3...5
1990	12	40	0,4...1,0
2000	10	20...30	0,2...0,4

После внеплощадочной очистки количество сбрасываемых загрязняющих веществ дополнительно снижается в соответствии с эффективностью работы очистных сооружений.

В связи с возрастающими экологическими требованиями появились новые термины, определения и стандарты.

В 1991 году в России в Санкт-Петербурге впервые была проведена международная конференция по проблеме концептуального экологически безопасного завода будущего. В середине 90-х годов в зарубежной литературе появилось понятие Minimum Impact Mill (MIM) – завод с минимальным воздействием на окружающую среду. Определение «минимальное» с течением времени изменяется. Это видно на примере некоторых показателей для стоков при производстве сульфатной беленой целлюлозы.

Годы	Наименование показателей			
	БПК, кг/т	ХПК, кг/т	АОХ, кг/т	Расход сточных вод, м ³ /т
1996	0,5...1	15...25	0,2...0,5	35
2000	0,3...0,5	10...23	0,25	10...20

К 2010 году прогнозируется создание завода с нулевым сбросом сточных вод.

Характерной чертой последних десятилетий становится интернациональность экологических требований, а также стандартизация методов контроля промышленных выбросов.

В 1998 году принят и введен в действие ГОСТ Р ИСО 14001 «Системы управления окружающей средой».

Автоматизация производственных процессов. Эффективность целлюлозно-бумажных предприятий сегодня неразрывно связана со степенью его оснащения системами контроля и управления.

Традиционно при комплексной автоматизации предприятий создавали четыре типа систем:

- системы базового (основного) уровня автоматизации оборудования и технологических процессов на базе контрольно-измерительных приборов и систем регулирования;
- автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП);
- системы оперативного управления производством (диспетчерские системы АСОДУ);
- технико-экономическое управление предприятием (бухгалтерский учет, снабжение и сбыт, ремонт оборудования и другие подсистемы АСУП).

Эти системы, как правило, не были связаны между собой и работали автономно.

С развитием средств измерений специальных параметров ЦБП (степени делигнификации, белизны, размола целлюлозы, массы одного квадратного метра и влажности, толщины, зольности бумажного полотна и др.), созданием микропроцессорной техники и на ее базе программируемых логических контроллеров, персональных ЭВМ и локальных вычислительных сетей появились и стали быстро развиваться системы управления качеством продукции и интегрированные автоматизированные системы управления (ИАСУ).

Отличительной особенностью ИАСУ является организация в единое целое автономных систем, что повышает эффективность управления производством.

В качестве технического обеспечения ИАСУ используются программно-технические комплексы (ПТК), выполняющие информационно-вычислительные, управляющие и внутрисистемные функции. ПТК строятся на основе проектно-компонованного набора технических средств и базового программного обеспечения (ПО), с помощью которого разрабатывается специальное ПО.

Современные ПТК создаются с использованием принципов открытости, распределенности, модульности, иерархичности. Это позволяет осуществить полное взаимодействие вновь создаваемой системы с организа-

ционно-технической структурой предприятия, в том числе интеграцию ПТК в уже существующую систему управления и возможность расширения системы в будущем.

Подробно достижения в области целлюлозно-бумажного производства изложены в соответствующих разделах данного издания

За последние годы в России не публиковались обобщенные информационно-справочные материалы по целлюлозно-бумажному производству, поэтому подготовка и выпуск данного издания, отражающего современное состояние производства волокнистых полуфабрикатов, бумаги и картона, очень актуальны

Многотомник «Технология целлюлозно-бумажного производства. справочные материалы» подготовлен к изданию коллективом специалистов Всероссийского научно-исследовательского института целлюлозно-бумажной промышленности (ВНИИБ), ЗАО «Гипробум», СПб государственной лесотехнической академии (СПб ЛТА), СПб государственного технологического университета растительных полимеров (СПб ГТУРП), Центрального научно-исследовательского института бумаги (ЦНИИБ)

Том I

**Сырье и производство
полуфабрикатов**

Часть первая

Авторы

Неволин В.Ф., кандидат технических наук	– Введение
Полубояринов О.И., доктор технических наук	– Раздел 1
Зарудная Г.И., кандидат технических наук	– Раздел 1
Молотков Л.К., кандидат технических наук	– Раздел 2, Раздел 3 (п. 3.4, п. 3.6, п.3.7, п. 3.8)
Абилевский С.Н.	– Раздел 3 (п. 3.1, п. 3.2, п. 3.3)
Локштанов Б.М., кандидат технических наук	– Раздел 3 (п. 3.5)
Филатов Б.Н., кандидат технических наук	– Раздел 4
Шорохов В.В.	– Раздел 4 (п. 4.15)
Кирсанов В.А., кандидат технических наук	– Раздел 4 (п. 4.16)
Мутовина М.Г., кандидат технических наук	– Раздел 4 (п. 4.9.1, п. 4.9.2)
Бондарева Т.А., кандидат технических наук	– Раздел 4 (п. 4.9.1, п. 4.9.2)
Самсонов Н.Е., кандидат технических наук	– Раздел 4 (п. 4.9.1, п. 4.9.2)

Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы. В 3-х т.

Т. 1, часть 1. Сырье и производство полуфабрикатов. СПб : ЛТА, 2002, 432 с.

Представлены современные данные по лесосырьевой базе России; сырью для целлюлозно-бумажного производства; приему, хранению и подготовке древесного сырья; производству целлюлозы сульфитными способами.

Библ. 79 назв. Табл. 195. Ил. 185.

Авторы с благодарностью примут замечания, предложения и пожелания, которые просят присылать по адресу: 194021, Санкт-Петербург, 2-й Муринский пр., д. 49.

1. ЛЕСОСЫРЬЕВАЯ БАЗА РОССИИ

1.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСНОГО ФОНДА РОССИИ

Общая площадь земель лесного фонда России по состоянию на 01.01.93 г. составляет 1180,9 млн га или 69% территории ее суши с внутренними водоемами [1]. По своему назначению вся территория лесного фонда подразделяется на лесные и нелесные земли. К лесным – относятся покрытые лесом площади, занятые лесонасаждениями естественного и искусственного происхождения, и непокрытые лесом – вырубki, гари, погибшие насаждения и прогалины. В нелесных землях выделяют угодья, болота, овраги и др.

Площадь лесных земель в составе лесного фонда России составляет 886,5 млн га (75,1%), в том числе покрытых лесом – 763,5 млн га (64,7%) с общим запасом произрастающих на них насаждений в 80,68 млрд м³. Лесистость страны, определяемая по отношению площади покрытых лесом земель к общей территории, составляет 44,7%.

Площадь лесных земель, не покрытых лесом, и естественных редиц – 119,2 млн га, нелесных – 294,4 млн га.

Из общей площади земель лесного фонда 94% находится в ведении государственных органов лесного хозяйства (Рослесхоза). Остальная часть лесного фонда (6%) находится в ведении сельскохозяйственных структурных формирований, а также различных министерств и ведомств.

В соответствии с народно-хозяйственным и экологическим значением лесного фонда, его местоположением и выполняемыми функциями он разделен на три группы: первую, вторую и третью.

К первой группе (21,7% общей площади всех лесов) относятся леса, выполняющие преимущественно водоохранные и защитные функции, а также леса особо охраняемых территорий.

Ко второй группе (7,6% всей площади лесов) относятся леса районов с высокой численностью населения и развитой сетью транспортных путей, имеющие защитные и ограниченные эксплуатационные функции, а также леса в регионах с недостаточными лесосырьевыми ресурсами.

К третьей группе (70,7% площади лесного фонда) относятся леса многолесных районов, имеющие преимущественно эксплуатационное значение. Леса этой группы подразделяются на освоенные и резервные. К резервным относятся леса, которые не вовлечены в эксплуатацию вследствие их удаленности от транспортных путей и по другим причинам. Площадь резервного лесного фонда составляет 267,2 млн га.

Распределение земель лесного фонда по группам лесов на территории России крайне неравномерно. В Европейско-Уральской части, на долю которой приходится всего 18% площади лесного фонда страны, размещено 29% лесов первой и 65% второй группы. К первой группе отнесены все леса Центрально-Черноземного района и Калининградской области. В Северо-Кавказском районе доля таких лесов составляет 80%, в Поволжском – 65%, Центральном – 40%. Западном – 33%, Северном, Волго-Вятском, Уральском, Восточно-Сибирском – 21...25%, Западно-Сибирском – 17% и Дальневосточном – 11%.

Большинство лесов Сибири и Дальнего Востока (75...80%) отнесены к лесам третьей группы.

Для управления лесами на местах и ведения лесного хозяйства организовано 1807 лесхозов и 7851 лесничеств. В их составе выделено 14,0 тыс. лесохозяйственных участков и 68,9 тыс. обходов.

1.2. СОСТАВ ЛЕСОВ

Лесной фонд России представлен разнообразной лесной растительностью в сочетании с нелесными землями, кустарниковыми зарослями, болотами и лугами. Основной закономерностью распределения растительности является зональность. Исходя из природно-климатических условий и характера растительности, территория России разделена на зоны, при этом 0,85% площади лесного фонда отнесено к зоне тундры; 2,88% – к зоне лесотундры; 84,30% – к зоне хвойных лесов; 4,71% – к зоне смешанных лесов; 3,09% – к лесостепной зоне; 0,80% – к зоне степей; 0,04% – к зонам полупустынь и пустынь и 1,25% – к зонам лугов и луговых редколесий.

В составе лесов России произрастают около 300 видов деревьев, большое число видов кустарников и лиан. Однако главными лесообразователями выступают не более 20 видов. В опубликованной базе данных по лесному фонду нашли отражения следующие основные лесообразователи: сосна (*Pinus sylvestris*), ель (*Picea sp.*), пихта (*Abies sp.*), лиственница (*Larix sp.*), кедр (*Pinus sp.*), дуб (*Quercus sp.*), бук (*Fagus sp.*), береза (*Betula sp.*), осина (*Populus tremula*) и ольха (*Alnus sp.*).

В целом по России формула состава воображаемого среднего древостоя выглядит следующим образом:

32Лц 20С 15Е 10К 3П 13Б 5Ос 1Д 1Пр,

где Лц – лиственница, С – сосна, Е – ель, К – кедр, П – пихта, Б – береза (включая березу каменную), Ос – осина, Д – дуб, Пр – прочие лесобразователи. Коэффициент перед лесобразователем показывает процент участия породы в формировании общего запаса древесины лесов страны. Кустарники и стланики в формулу состава не включены [2].

К хвойным лесам отнесены насаждения, имеющие в своем составе не менее 5 единиц (50%) хвойных пород, к твердолиственным – не менее 3 единиц (30%) твердолиственных пород.

На долю хвойных лесов приходится 71,9% (507,7 млн га) покрытой лесом площади. Из них 50,9% (263,3 млн га) принадлежит насаждениям с преобладанием лиственницы; 22,5% (114,3 млн га) сосны; 15,0% (75,9 млн га) ели; 7,8% (39,8 млн га) кедра; 0,6% (2,8 млн га) пихты.

Твердолиственные насаждения занимают в России всего лишь 2,5% (17,3 млн га) лесопокрытой площади. На долю мягколиственных насаждений приходится 16,0% (113,2 млн га) лесопокрытой площади, из которых 77,5% (87,7 млн га) занимают березняки; 16,7% (18,9 млн га) – осинники.

Остальная покрытая лесом площадь (67,6 млн га – 9,6%) занята кустарниками и насаждениями редких пород. Среди кустарников преобладают кедровый стланик и кустарниковые березы.

Основные запасы древесины, являющиеся сырьем для целлюлозно-бумажной промышленности, сосредоточены в России в лесах таежной зоны: в темнохвойных (еловых и пихтовых), сосновых, лиственничных и мягколиственных (березово-осиновых) древостоях.

Распределение запасов древесины преобладающих пород в лесах административных территорий России приведено в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Запас древесины в лесах административных территорий России, млн м³ [1]

Республика, область, край, автономное образование	Основные лесобразующие породы						
	сосна	ель	листвен- ница	кедр	пихта	береза	осина
Российская Федерация	14 635,85	10 089,86	22 914,55	7590,93	2446,29	8518,11	2741,21
Европейско-Уральская часть РФ	4816,19	5836,85	49,58	144,64	121,23	3550,44	1108,75
Азиатская часть РФ	9819,66	4253,01	22 864,97	7446,29	2325,06	4967,67	1632,46
Калининградская обл.	7,16	7,07	0,03	0,00	0,00	10,34	0,93
Архангельская обл.	542,24	1404,85	9,05	0,00	0,00	167,93	26,33
Вологодская обл.	234,75	297,13	0,11	0,00	0,00	338,14	86,06
Мурманская обл.	89,31	83,59	0,00	0,00	0,00	27,63	0,02
Республика Карелия	493,72	270,44	0,06	0,01	0,00	74,54	7,51
Республика Коми	637,27	1726,82	23,35	2,18	18,59	321,62	105,07
Ленинградская обл.	208,45	194,94	0,08	0,00	0,00	127,69	45,71
Новгородская обл.	75,56	61,60	0,06	0,01	0,00	102,70	40,03
Псковская обл.	66,09	22,76	0,02	0,00	0,00	43,69	14,58
Брянская обл.	62,79	9,70	0,02	0,00	0,00	28,01	14,27
Владимирская обл.	93,61	11,98	0,06	0,00	0,00	33,98	9,05
Ивановская обл.	46,45	21,59	0,09	0,00	0,00	36,10	11,36
Тверская обл.	98,20	87,48	0,09	0,00	0,00	107,51	34,68
Калужская обл.	20,92	22,40	0,06	0,00	0,23	45,39	24,97
Костромская обл.	128,41	104,18	0,07	0,00	0,01	188,51	42,55
Московская обл.	76,68	97,24	0,47	0,00	0,00	110,03	33,08
Орловская обл.	3,59	0,68	0,09	0,00	0,00	3,12	3,11
Рязанская обл.	60,94	2,28	0,06	0,00	0,00	32,93	12,73
Смоленская обл.	16,82	42,38	0,05	0,00	0,00	50,78	18,76
Тульская обл.	2,78	1,75	0,31	0,00	0,00	9,44	8,39
Нижегородская обл.	158,29	29,19	0,09	0,00	0,05	108,74	37,10
Кировская обл.	202,05	245,24	0,17	0,02	1,09	244,82	82,06
Республика Марий Эл	53,03	19,03	0,07	0,00	0,21	39,74	9,15
Республика Мордовия	21,05	0,36	0,06	0,00	0,00	16,98	9,01
Республика Чувашия	21,76	0,80	0,27	0,00	0,00	14,35	6,47
Белгородская обл.	3,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,63
Воронежская обл.	18,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	1,93

Продолжение табл. 11

Республика, область, край, автономное образование	Основные лесообразующие породы						
	сосна	ель	листвен- ница	кедр	пихта	береза	осина
Курская обл.	3,74	0,08	0,00	0,00	0,00	1,36	1,97
Липецкая обл.	10,87	0,05	0,04	0,00	0,00	1,71	1,22
Тамбовская обл.	29,01	0,02	0,01	0,00	0,00	5,64	6,39
Волгоградская обл.	2,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,76
Самарская обл.	13,20	0,01	0,07	0,00	0,00	3,18	11,60
Пензенская обл.	44,94	0,24	0,15	0,00	0,00	20,46	21,58
Саратовская обл.	3,47	0,00	0,05	0,00	0,00	1,18	3,43
Ульяновская обл.	67,15	0,06	0,08	0,00	0,00	23,28	21,02
Республика Татарстан	31,85	3,86	0,60	0,00	0,44	22,22	30,63
Краснодарский край	2,75	0,74	0,00	0,00	17,95	0,50	2,27
Республика Адыгея	0,49	0,00	0,00	0,00	8,65	0,04	0,54
Ставропольский край	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Республика Карачаево-Черкессия	14,96	7,27	0,00	0,00	10,01	9,44	2,17
Ростовская обл.	4,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,16
Республика Дагестан	9,74	0,00	0,00	0,00	0,00	3,73	0,41
Республика Кабардино-Балкария	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	1,22	0,19
Республика Северная Осетия Чеченская и Ингушская республики	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00
Курганская обл.	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	1,78	0,24
Оренбургская обл.	63,28	0,05	0,04	0,00	0,00	52,60	8,05
Пермская обл.	10,47	0,00	0,01	0,00	0,00	4,02	5,68
Свердловская обл.	133,29	629,44	0,27	1,42	11,08	292,33	61,12
Челябинская обл.	644,82	262,28	3,28	140,98	25,57	395,52	70,70
Республика Башкортостан	100,00	21,98	3,88	0,00	9,99	118,29	23,17
Республика Удмуртия	118,50	32,43	5,96	0,01	15,52	180,74	107,50
Алтайский край	36,45	80,45	0,30	0,01	1,84	63,07	14,31
Республика Алтай	194,94	1,59	12,73	5,95	42,82	63,68	71,30
Кемеровская обл.	4,00	7,94	116,37	236,57	57,04	34,15	15,02
Новосибирская обл.	15,79	10,12	0,70	57,00	254,47	79,72	117,62
Омская обл.	96,20	3,32	0,43	7,92	7,70	130,25	31,44
Томская обл.	64,72	9,33	0,30	29,45	7,74	188,41	56,67
Тюменская обл.	620,34	75,67	1,43	713,97	103,51	769,03	276,93
Ханты-Мансийский автономный округ	181,48	51,36	0,04	81,05	12,39	294,82	47,08
Ямало-Ненецкий автономный округ	1431,55	278,68	72,91	328,37	17,86	418,43	160,07
Красноярский край	295,78	132,22	417,40	202,08	0,14	81,40	2,01
Республика Хакасия	1706,25	834,60	1126,85	1586,60	1043,09	989,75	347,59
Эвенкийский автономный округ	29,12	5,50	59,52	190,44	84,51	56,54	9,88
Иркутская обл.	495,50	117,71	2588,79	303,95	2,36	133,12	4,02
Читинская обл.	2741,04	456,40	2576,52	1639,20	329,83	607,94	296,92
Республика Бурятия	283,10	1,38	1616,89	191,44	0,99	244,65	23,47
Республика Тува	367,31	19,41	987,94	304,64	47,35	71,80	50,55
Усть-Ордынский автономный округ	16,85	7,91	565,24	470,21	0,13	25,03	0,50
Агинский, Бурятский автономные округа	52,92	2,84	34,91	2,42	0,23	24,96	7,25
Приморский край	7,42	0,00	39,66	0,25	0,00	12,04	1,23
Хабаровский край	0,25	496,23	204,11	464,96	54,80	106,82	21,71
	116,48	1355,33	2603,44	122,18	74,42	197,77	48,83

Окончание табл. 1.1

Республика, область, край, автономное образование	Основные лесобразующие породы						
	сосна	ель	листвен- ница	кедр	пихта	береза	осина
Еврейская автономная обл.	0,11	23,56	16,00	32,38	11,39	26,40	11,27
Амурская обл.	58,01	73,98	1433,51	1,08	8,30	383,17	15,93
Камчатская обл.	0,14	38,14	73,60	0,00	0,00	38,79	2,55
Магаданская обл.	0,00	0,00	287,97	0,00	0,00	0,39	0,00
Чукотский автономный округ	0,00	0,00	50,49	0,00	0,00	0,03	0,00
Сахалинская обл.	1,45	202,80	168,70	0,00	160,15	9,08	0,73
Республика Саха (Якутия)	1038,91	46,99	7788,28	74,18	3,84	65,93	11,89

Таблица 1.1 наглядно демонстрирует запас древесины в лесах России по отдельным регионам.

1.3. КАЧЕСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЛЕСОВ

Важнейшими показателями структуры лесного фонда являются распределения лесов по группам возраста, классам бонитета (продуктивности), а также данные о полноте насаждений и среднем запасе древесины на одном га лесопокрытой площади.

Данные о распределении в России запасов насаждений по группам возраста для основных лесобразующих пород приводятся в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Распределение запасов основных лесобразователей России по группам возраста, млн м³ [3,4,5]

Преобладающая порода или группа пород	Группа возраста древостоев					Всего
	молодняки		средний возраст	приспевающие	спелые и перестойные	
	I класс	II класс				
Х в о й н ы е						
Сосна	264,39	799,69	3908,62	2232,44	8759,22	15 964,36
Ель	182,25	536,11	2223,73	1395,29	7635,81	11 973,20
Пихта	20,60	57,30	446,19	342,55	1772,86	2639,50
Лиственница	190,16	704,78	3800,53	3500,36	17 589,83	25 785,65
Кедр	22,70	169,39	1293,28	1535,95	4653,05	7674,37
Всего хвойных	680,11	2267,28	11 672,34	9006,59	40 410,75	64 037,07
Т в е р д о л и с т в е н н ы е						
Дуб	15,31	52,23	406,91	206,09	400,44	1080,98
Бук	0,96	5,33	84,28	24,83	71,73	187,13
Граб	0,26	1,23	20,02	5,92	16,66	44,09
Ильм	0,05	0,15	1,29	0,70	2,00	4,19
Каменная береза	0,80	7,06	201,31	54,12	453,66	716,95
Всего твердолиственных	17,38	66,00	713,81	291,66	944,49	2033,44
М я г к о л и с т в е н н ы е						
Береза	103,60	371,19	3313,17	1623,20	4655,00	10 066,17
Осина	36,93	121,11	1154,21	559,74	1846,81	3718,81
Тополь	0,53	2,63	21,37	10,57	43,13	78,23
Липа	2,68	10,47	98,66	49,27	112,32	273,40
Ольха	0,40	1,69	28,50	13,77	9,82	54,18
Всего мягколиственных	144,14	507,09	4615,92	2256,55	6667,08	14 190,78
Всего по группам пород	841,63	2840,38	17 002,07	11 554,80	48 022,32	80 261,20

В целом по стране возрастное распределение лесов характеризуется преобладанием спелых насаждений, доля которых в хвойных составляет 51%, в твердолиственных – 53%, в мягколиственных – 35%. Обращает на себя внимание существенное, в 1,5...6,0 раз, преобладание по запасам средневозрастных древостоев над приспевающими. В малолесных районах в лесном фонде преобладают молодняки и средневозрастные насаждения при остром недостатке спелого леса.

Возрастная структура древостоев административных областей, краев и республик крайне неоднородна. Сильно истощены рубками леса европейской части России, где площади спелых и перестойных древостоев в ряде областей составляют 7...12% (Воронежская, Смоленская, Ивановская, Псковская, Ярославская и др.). Территория Сибири и Дальнего Востока, напротив, характеризуется высокой долей спелых и перестойных лесов.

Средний возраст хвойных лесов России – 106 лет, твердолиственных – 99, мягколиственных – 50 лет.

Показателем продуктивности насаждения, зависящим от добротности условий произрастания, является его бонитет. В России действует бонитировочная шкала для всех древесных пород, состоящая из пяти основных классов. К I классу бонитета относятся наиболее продуктивные насаждения, к V классу – наименее продуктивные. Иногда применяют индексные обозначения классов: Ia и Va. Таким образом установлено 7 основных классов бонитета насаждений.

Суровые климатические условия на большей части территории лесного фонда России определяют невысокую продуктивность лесов. Так, 53,1% площади хвойных насаждений страны отнесена к низкобонитетным (V класс бонитета и ниже) насаждениям: 41,1% – к насаждениям III и IV классов бонитета и только 5,8% – к II классу бонитета и выше.

Мягколиственные и твердолиственные насаждения характеризуются большей производительностью. Средний класс бонитета для лесов России в целом IV, что ниже по сравнению с лесами Канады и значительно ниже по сравнению с лесонасаждениями Западной Европы и США.

Важной таксационной характеристикой насаждений является их полнота. Полнотой насаждения (древостоя) называется степень плотности стояния деревьев в древостое, характеризующая долю использования ими занимаемого пространства. Полнота древостоя выражается обычно в десятых долях единицы (например, 0,9; 0,8; 0,7; 0,6 и т. д.). При этом за единицу принимается полнота сомкнутого (т. н. «нормального») насаждения. Для хвойных насаждений России характерны низкие полноты. В целом по стране доля хвойных насаждений с полнотой 0,6 и ниже составляет 72%, в т. ч. с полнотами 0,3...0,4 – 30%, 0,7...0,8 – 24% и 0,9...1,0 – 4,0%. При этом 28% (почти 150 млн га) хвойных низкополнотных насаждений (0,3...0,6) характеризуются I...IV классами бонитета, т. е. они находятся в достаточно продуктивных условиях местопроизрастания.

Доля низкополнотных мягколиственных и твердолиственных насаждений также велика и достигает 45%, в т. ч. продуктивных (I...II класса бонитета) около 20%. Средняя полнота лесов страны – 0,6.

Средний запас стволовой древесины на 1 га покрытой лесом площади основных лесообразующих пород в целом по стране равен 112 м³, в том числе хвойных пород – 114, твердолиственных и мягколиственных по 107 м³. Средний запас спелых и перестойных насаждений на 1 га составляет 135 м³, хвойных – 132 м³, твердолиственных – 114 м³ и мягколиственных – 161 м³.

Общий годичный средний прирост древесины основных лесообразующих пород в лесах, находящихся в ведении Рослесхоза, составляет по данным 1998 года 830 млн м³, из них в хвойных насаждениях – 545 млн м³, мягколиственных – 253 и твердолиственных – 24 млн м³. По сравнению с 1993 годом увеличение общего ежегодного прироста лесов составило 39 млн м³.

Средний годичный прирост древесины основных лесообразующих пород России на 1 га равен 1,3 м³, в том числе хвойных – 1,1 м³, мягколиственных – 2,2 и твердолиственных – 1,4 м³. Средний прирост зависит от климатических почвенных условий и составляет: в Поволжском и Центрально-Черноземном природно-экономических районах – 3,5 м³/га; в Волго-Вятском – 3,0; Уральском – 2,4; Западно-Сибирском – 1,4; Восточно-Сибирском и Северном – 1,2; Дальневосточном – 0,9, в т. ч. в республике Саха (Якутия) – 0,6; Магаданской области – 0,4 м³/га.

1.4. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСОСЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ДРЕВЕСНЫМ ПОРОДАМ

1 4 1 СОСНА

Сосна – одна из основных лесообразующих пород России. По площади (114 326,1 тыс. га) она занимает второе место, уступая лишь лиственнице. Сосна обыкновенная и образуемые ею леса занимают огромный ареал с широким диапазоном условий произрастания. Сосновые леса распространены в тайге, в различных горных районах, а также в лесостепной, степной и даже полупустынной зонах.

Сосна обыкновенная – дерево первой величины.¹⁾ Ее ствол в насаждении прямой, как правило, высоко очищен от сучьев. Деревья, выросшие на свободе, имеют меньшую высоту, стяжистые, с низко расположенной кроной.

Кора в разных частях деревьев сосны отличается по цвету и толщине. Нижняя часть дерева покрыта толстой, глубоко-бороздчатой, красновато-бурой корой; верхняя часть ствола и крупные ветки – тонкой оранжевой отслаивающейся пленкой, а молодые сосны и тонкие ветви – гладкой серо-зеленой корой.

В Забайкалье и других районах Восточной Сибири с более сухим климатом, где могут возникать лесные пожары, кора у сосны имеет большую толщину, и объем ее выше, чем у сосен, произрастающих в европейской части России (табл. 1.3). В комлевой части ствола, наиболее подверженной действию огня, толщина коры в 5...6 раз больше, чем на половине высоты дерева. На высоте пня толщина коры нередко достигает 10 см. Толстая кора способствует повышению устойчивости сосны к воздействию огня в период пожаров. Из всех древесных пород сосна и лиственница меньше всего страдают от пожаров.

Таблица 1.3

Объем коры, % к объему стволов [6]

Диаметр дерева на высоте 1,3 м, см	Район произрастания		Диаметр дерева на высоте 1,3 м, см	Район произрастания	
	Ленинградская область	Бурятия		Ленинградская область	Бурятия
8	15,5	23,0	40	8,5	11,0
12	13,3	18,0	44	8,0	11,0
16	12,0	15,0	48	8,0	10,5
20	10,5	14,0	52	7,5	10,5
24	10,0	13,0	56	7,5	10,5
28	9,5	12,0	60	7,5	10,0
32	9,0	11,5	64	7,5	10,0
36	9,0	11,5	68	7,5	10,0

Сосна – ядровая порода. В зависимости от условий произрастания образование ядра в стволах сосны начинается в возрасте 25...35 лет. К 80-летнему возрасту в стволах деревьев сосны на ядровую древесину может приходиться 30...40%. Наибольший диаметр ядра наблюдается в деревьях на высоте 1,3 м, к вершине и в направлении к корням объем ядра уменьшается. В самих корнях ядровая древесина отсутствует.

Сосну относят к быстрорастущим породам. При отсутствии затенения наибольший прирост по высоте в благоприятных условиях произрастания отмечается в возрасте 15...20 лет; в худших условиях произрастания – в 25...30 лет. В первом случае годовой прирост сосны в высоту может составлять 0,8...1,0 м.

После 40...50 лет прирост по высоте начинает постепенно уменьшаться, хотя и сохраняется весьма продолжительный период. В приангарских сосняках иногда встречаются деревья 300-летнего возраста, у которых наблюдается прирост не только по диаметру, но и по высоте. Сосны достигают высоты 45...50 м при диаметре 1 м. Встречаются отдельные деревья в возрасте свыше 500 лет.

По сравнению с другими видами древесных пород России сосна обыкновенная характеризуется самым обширным ареалом. Северная граница ареала пересекает Кольский полуостров в широтном направлении и далее идет по Полярному кругу до Урала. Реку Обь граница ареала сосны пересекает по 66° с. ш., а Енисей по 69° с. ш. Реки Оленок и Лену граница ареала пересекает по 70° с. ш., затем спускается на юг, охватывая весь бассейн р. Алдан, и выходит к Охотскому морю по 60° с. ш. Южная граница ареала совпадает с государственной границей сначала Китая, а затем Казахстана. В европейской части России граница проходит южнее Челябинска, пересекает Волгу в районе Жигулей, идет к Саратову и далее – на юг Воронежской области.

В горных районах сосна достигает больших абсолютных высот над уровнем моря. Так, на Кавказе она поднимается до 2100 м. В Восточной Сибири сосна поднимается до высоты 700...900 м. На Алтае ее можно встретить на высоте 1400...1500 м, а в Восточном Саяне иногда она встречается даже на высоте 1500...1700 м над уровнем моря. Сосновые леса распределены неравномерно. Если в европейской части России они составляют 30,3%, то в азиатской – лишь 12,2% лесопокрытой площади.

Несмотря на то, что в европейской части России удельный вес сосновых лесов в 2 раза выше, чем в азиатской, площадь сосновых лесов Сибири в 1,5 раза превосходит площадь таких же лесов европейской части.

Запас древесины сосны в европейской части России составляет 32,7%, а в Сибири – 67,3% общего запаса сосновой древесины страны. Особенно много сосновых лесов в Западной – 20% и Восточной Сибири – 37% от

¹⁾ К древесным породам первой величины относятся виды, высота которых превышает 20 м.

общего запаса сосновой древесины страны. Самые большие сосновые массивы расположены вдоль р. Ангары и ее многочисленных притоков – Приангарские сосняки. Сосновых лесов нет в Приморском крае, Камчатской и Магаданской областях, а в Хабаровском крае и Амурской области площадь сосновых лесов составляет десятые доли процента лесопокрытой площади.

Сосна как светолюбивая порода чаще всего образует одновозрастные древостои. Однако исследования последних десятилетий показали, что наряду с одновозрастными многие сосновые леса представлены разновозрастными древостоями. В таких древостоях имеется непрерывный ряд возрастных поколений: от однолетних всходов до деревьев, достигших естественной спелости (и даже перестойных). Особенно много разновозрастных сосновых лесов в Восточной Сибири (в Забайкалье свыше 60%), несколько меньше их в Карелии.

Установлено, что во многих природно-географических районах в разновозрастных древостоях наблюдается прямая зависимость между диаметром ствола на высоте груди человека среднего роста и возрастом дерева. Пользуясь выявленными закономерностями, можно установить, при каком диаметре дерева в разновозрастном сосновом лесу достигают возраста спелости. Так, в лесах I и II бонитетов спелые и перестойные деревья сосны к возрасту рубки имеют диаметр на высоте груди 28 см и более, а в лесах IV бонитета – 20 см и более.

В тех разновозрастных лесах, где нет прямой зависимости между диаметром и возрастом дерева, возрастные поколения следует различать по другим признакам. Так, в сосняках Приангарья (Иркутская обл., Красноярский край) для визуального определения возрастных поколений можно пользоваться следующими морфологическими признаками. Деревья старших поколений имеют плоскую трещиноватую кору, у них отсутствует четко выраженный вершинный побег, крона слабо охвоена, имеет большое количество сухих ветвей, в верхней части кроны часто наблюдается суховершинность. Деревья более молодого поколения имеют груботрещиноватую кору, островершинную крону, густое охвоение и темно-зеленый цвет хвои.

В России сосна занимает первое место по объему заготавливаемой древесины. Выход ведущих сортиментов по сосновому хозяйству в различных экономических районах колеблется в пределах 80...85%. В процессе лесозаготовок из стволов сосны получают пиловочные, строительные бревна, балансы, рудничную стенку, фанерные края и другие сортименты.

Качество древесины сосны, заготавливаемой в различных природно-географических районах, неодинаково (табл. 1.4). Древесина сосны с высокими физико-механическими свойствами формируется в древостоях 100...120-летнего возраста, произрастающих на небогатых почвах. Древесина, полученная из средневозрастных и молодых насаждений сосны (например, заготовленная при рубках ухода), отличается пониженной плотностью и прочностью, т. к. состоит из более широких годовичных колец. Такая древесина не подходит для производства пиломатериалов, но вполне пригодна для получения балансов.

Таблица 1.4

Базисная плотность древесины сосны и ели спелых древостоев II...III бонитета в различных географических районах России [7]

Область, республика	Плотность древесины по породам, кг/м ³			
	сосна		ель	
	средняя	пределы колебаний	средняя	пределы колебаний
Архангельская	395	317...454	373	298...456
Мурманская	387	359...421	372	335...407
Вологодская	415	368...455	391	356...428
Карелия				
а) север	407	352...460	380	349...447
б) центр	412	362...419	391	347...442
в) юг	415	369...460	380	344...451
Республика Коми				
а) север	381	331...423	367	334...423
б) юг	375	337...407	372	334...439
Ленинградская	415	359...475	385	318...460
Новгородская	394	347...444	390	346...430
Псковская	410	360...451	385	350...428
Тверская	405	320...497	371	310...417

Окончание табл. 1.4

Область, республика	Плотность древесины по породам, кг/м ³			
	сосна		ель	
	средняя	пределы колебаний	средняя	пределы колебаний
Костромская	396	365...426	374	334...436
Кировская				
а) север	381	383...411	373	350...412
б) юг	396	347...419	374	324...434
Нижегородская	395	316...455	360	324...395
Пермская				
а) север	382	366...399	358	322...394
б) центр	383	365...403	358	334...402
в) юг	385	372...406	358	321...415

Примечание. Пределы колебаний даны по отдельным «модельным» и «учетным» деревьям

При оценке качества древесины помимо показателей физико-механических свойств учитываются ее пороки. К основным сортообразующим порокам сосны относят сучья, гнили, грибные заболонные окраски (синева), кривизну, трещины.

1.4.2 ЕЛЬ

В России ель относится к числу главных лесообразующих пород. По площади (75 866,3 тыс. га) она занимает четвертое место, уступая только лиственнице, сосне и березе. Произрастая во многих растительных зонах – от тундры до лесостепи – ель является основным лесообразователем темнохвойной тайги.

В России встречаются несколько видов ели, из которых наиболее распространены и имеют наибольшее промышленное значение: ель обыкновенная, ель сибирская и ель аянская [8].

Ель обыкновенная, или европейская – Picea abies – занимает северо-западные и центральные районы европейской части России до р. Кама на востоке и до границ с Белоруссией (бассейн р. Припяти) на юге.

В равнинных условиях ель достигает 35...40 м высоты. Живет 250...300 лет, в редких случаях 400...500 лет. Рост главного (стволового) побега продолжается в течение всей жизни дерева, но после 150...170 лет мало заметен (1...3 см в год).

Ствол полндревесный, покрытый коричневой или сероватой корой. Объем коры (от объема ствола) составляет от 7 до 13%.

Ель сибирская – Picea obovata – распространена от северо-западной границы страны до Дальнего Востока. На Кольском п-ове она образует границу леса с тундрой, в Сибири поднимается до 70...71° с. ш. и по р. Лене спускается на юг к Охотскому морю. Западная и юго-западная граница ее ареала проходит по Западно-Карельской возвышенности, далее – к Рыбинскому водохранилищу и нижнему течению р. Кама. На юге она пролегает по 54...56° с. ш. до Новосибирска, затем поворачивает к границе с Монголией и по бассейну р. Амура проходит на восток.

По биологическим свойствам ель сибирская близка к ели обыкновенной, хотя и имеет некоторые отличительные особенности. В пределах естественного ареала она достигает высоты не более 30 м. Крона у нее сравнительно узкая, пирамидальная.

Образует как чистые, так и смешанные насаждения. Сопутствующими породами являются ель обыкновенная, пихта, кедр, лиственница, береза и осина. На Дальнем Востоке формирует смешанные насаждения с елью аянской.

Ель аянская – Picea ajamensis – произрастает на Дальнем Востоке, Сахалине и Камчатке. Формирует чистые и смешанные насаждения с участием пихты, березы, осины и лиственницы. В лучших условиях роста достигает 40...45 м высоты и образует запас древесины до 600 м³/га. При благоприятных условиях доживает до 300...400 лет. Ствол правильной формы. Крона густая, низко спускающаяся. Кора тонкая.

Все описанные виды ели образуют в своих стволах бесцветное ядро (спелую древесину). По анатомическому строению древесины не различаются и имеют близкие физико-механические свойства.

На территории России еловые леса распространены неравномерно. На севере европейской части доля их в лесопокрываемой площади колеблется в пределах 40...65%, в Центральном районе – 5...20, на Урале – 30...60 и в Сибири – 1...10%.

В спелых еловых насаждениях запас древесины на 1 га определяется не только местными почвенными условиями, но и географическим положением (табл. 1.5). Величина фактического запаса древостоев зависит

также и от хозяйственной деятельности, в частности от мероприятий, влияющих на полноту древостоев. Средняя полнота еловых насаждений в большинстве районов страны не превышает 0,6...0,7.

Продуктивность еловых насаждений во многом определяется структурой древостоя. Наибольшими запасами древесины обладают разновозрастные насаждения. В среднетаежной подзоне производительность разновозрастных ельников на 30...35% выше по сравнению с разновозрастными. В спелых высокополнотных еловых древостоях черничного типа в условиях Карелии запас древесины достигает 390...400 м³/га, в разновозрастных – не более 300...310 м³.

Качество древесины ели определяется как физико-механическими свойствами, так и пороками. Главный показатель технических свойств древесины ели – плотность – изменяется с возрастом древостоев и зависит от скорости роста дерева. У ели плотность древесины возрастает от молодых насаждений к старым и уменьшается с увеличением ширины годичных слоев [9]. Наблюдается некоторая зависимость базисной плотности от географического положения древостоя (см. табл. 1.4).

Таблица 1.5

Производительность еловых насаждений в равнинных условиях европейской части России [10]

Область, республика	Средний класс бонитета насаждений	Средний запас спелых древостоев, м ³ /га
Мурманская	V, 5	62
Р. Карелия	IV, 3	141
Архангельская	IV, 8	139
Р. Коми	V, 2	110
Ленинградская	II, 9	233
Вологодская	III, 7	194
Новгородская	II, 7	226
Ярославская	I, 9	233
Костромская	II, 5	236
Кировская	III, 3	205
Пермская	III, 4	191
Тверская	II, 2	255
Ивановская	I, 5	248
Нижегородская	II, 2	226
Р. Марий Эл	II, 1	233
Р. Удмуртия	II, 5	220
Смоленская	I, 6	257
Московская	I, 4	256
Владимирская	I, 3	250
Калужская	I, 1	262
Тульская	I, 1	250
Рязанская	I, 5	238
Брянская	I, 5	277
Орловская	I, 0	240

Качество деловой древесины ели снижается по мере ухудшения условия для роста насаждений, т. е. с уменьшением производительности древостоев. Так, общий выход деловой древесины в ельниках I...Ia классов бонитета достигает 88...89% общего запаса, IV...V классов 80...82% [11].

Типичными пороками древесины (и стволов) ели являются сучки, кривизна, суховершинность, гнили. Повсеместно в еловых лесах России встречаются ядровые гнили, вызываемые еловой губкой и еловым трутовиком.

1.4.3. ЛИСТВЕННИЦА

Как по занимаемой площади (более 263 млн га), так и по запасам древесины (около 23 млрд м³) лиственница занимает в России первое место среди лесообразующих пород. На 70% насаждения лиственницы представлены спелыми и перестойными древостоями [12].

В благоприятных условиях роста лиственница формирует полндревесный ствол, нередко утолщенный в нижней части. Дерево достигает высоты 40...45 м и диаметра 1,5...1,8 м. Однако на сфагновых болотах лиственница имеет вид корявого дерева всего 4.. 6 м высотой, а в горах приобретает стланиковую форму. Кора

молодых деревьев сравнительно тонкая, мелко трещиноватая, буровато-серая; у старых деревьев – темная, красная на изломе, с глубокими продольными трещинами и очень толстой (до 15...20 см) коркой. В спелом возрасте на кору у лиственницы приходится от 18 до 25% объема ствола.

Лиственницу относят к быстрорастущим породам (наиболее интенсивный рост до 80...100 лет). Вместе с тем лиственница отличается исключительной долговечностью: доживает до 300...400 лет, отдельные деревья – до 800...900 лет.

В России лиственница занимает обширный ареал, относительно небольшая часть которого расположена в европейской части страны, а основная – в Сибири и на Дальнем Востоке.

Из произрастающих в России видов лиственницы наибольшее хозяйственное значение имеют лиственница сибирская, даурская и курильская [13].

Лиственница сибирская – *Larix sibirica* – наиболее распространенная древесная порода России. Произрастает на Западно-Сибирской равнине, Среднесибирском плоскогорье, в горах Южной Сибири, в Прибайкалье и в Забайкалье. Лиственница сибирская растет также на европейском Северо-Востоке и Урале. Произрастающую в европейской части страны лиственницу ранее относили к особому виду – *лиственница Сукачева* (*L. Sukačewii*).

Внутри ареала лиственница сибирская размещена очень неравномерно. Наибольшие ее запасы сосредоточены в южной, возвышенной части ареала, представленной горными системами Алтая, Саян, Прибайкальских хребтов и Среднесибирского плоскогорья. На заболоченных равнинах бассейна р. Оби лиственница сибирская встречается мелкими пятнами, как примесь к другим породам.

Оптимальными условиями произрастания для лиственницы сибирской являются пологие склоны гор и предгорий в пределах высот 1 000 м над уровнем моря с глубокими, хорошо дренированными, равномерно увлажненными почвами. В таких условиях она образует древостои I и Ia классов бонитета с запасом древесины в спелом возрасте до 1 000 м³/га. На заболоченных равнинах сибирской тайги продуктивность ее древостоев падает до V...Va классов бонитета, а запасы древесины до 50...80 м³/га и ниже.

В Сибири лиственница сибирская образует как чистые древостои, так и смешанные с другими сибирскими хвойными. Леса разнообразны по возрастной структуре, хотя чаще встречаются одновозрастные насаждения.

Лиственница даурская – *L. dahurica* – по морфологическим признакам близка к лиственнице сибирской, но не достигает таких крупных размеров и такого долголетия. Высота стволов этой породы редко превышает 30 м, а возраст – 250 лет. Обычные размеры ее крупных деревьев – до 25 м в высоту и до 50 см в диаметре.

Лиственница даурская занимает огромный ареал. Северная его граница достигает южной границы тундры и проходит через низовья Енисея, Хатанги, Лены, Яны, Индигирки, Колымы на верховья Анадыря. Южная граница ареала (в России) проходит по государственной границе страны; западная граница лиственницы даурской соприкасается с восточной границей ареала лиственницы сибирской. На востоке лиственница даурская местами выходит на Охотское побережье, уступая приморские территории другим дальневосточным видам лиственниц, особенно курильской.

Лиственница даурская характеризуется сложной популяционной структурой. В частности, у нее выделяют западную и восточную географические расы: западную расу лиственницы даурской чаще определяют как особый вид – *лиственницу Гмелина*, а восточную – *лиственницу Каяндера* [14]. Гибридные популяции даурской лиственницы на западной границе ареала иногда объединяют под общим названием *лиственница Чекановского* [15].

Леса лиственницы даурской большей частью имеют низкую производительность – IV...Va классы бонитета с очень небольшими запасами древесины (150...200 м³/га). Преобладают одновозрастные или условно одновозрастные древостои, в которых колебания возраста отдельных деревьев не выходят за пределы 20...40 лет. Доминируют древостои высокого возраста – спелые и перестойные, нередко сильно изреженные и поврежденные лесными пожарами.

Лиственница курильская, или камчатская – *L. kurilensis* – дерево высотой до 25 м и до 60...80 см в диаметре. Растет на Охотском побережье Дальнего Востока, Сахалине, Камчатке и Южных Курилах. Наиболее заселенная часть ареала – север Сахалина и долина р. Камчатки и прилегающих к ней склонов предгорий и холмов.

На хорошо дренированных участках речных долин на Сахалине и Камчатке лиственница курильская образует насаждения высокой производительности – I и II классов бонитета. Деревья отличаются хорошей формой ствола и имеют малый сбег. Вместе с тем на Сахалине широко распространены заболоченные лиственничники IV...V классов бонитета с запасом древесины ниже 200 м³/га.

Лиственница – типично ядровая порода. В 120-летнем возрасте на долю ядровой древесины в стволах лиственницы в среднем приходится 85% объема (у сосны – 55%, у ели – 60%). Ядро красновато-бурого цвета, резко отграничено от узкой белой или слегка желтоватой заболони.

Показатели физико-механических свойств и химического состава древесины лиственницы, как и другие качественные ее характеристики, существенно изменяются в зависимости от возраста древостоев, их географического положения и иных факторов. Однако по многим районам произрастания лиственницы данные о качестве ее древесины отсутствуют или носят отрывочный характер [1].

В древесине лиственницы можно встретить все основные пороки, характерные для древесины хвойных пород [16]. Однако, по главному пороку мнение ряда исследователей сходится на том, что лиственница имеет более благоприятную с точки зрения переработки древесины сучковатость, чем сосна и ель (количество сучков и их средний диаметр). Специфическим для лиственницы и часто встречающимся пороком являются смоляные кармашки. По сравнению с другими хвойными для лиственницы характерна повышенная растрескиваемость и коробление в процессе хранения и сушки.

1 4 4 ПИХТА

Леса с преобладанием пихты в России распространены на площади 14 370,1 тыс. га с запасом древесины 2 446,29 млн м³, большая часть которого приходится на спелые и перестойные насаждения. В пределах России естественно произрастает 8 видов пихты, из которых наибольшее хозяйственное значение имеют следующие четыре вида: пихта сибирская, белокорая, сахалинская и кавказская (табл. 1.6).

Пихта сибирская – *Abies sibirica* – при благоприятных условиях роста образует прямые полнодревесные стволы, достигающие высоты 37...38 м и диаметром на высоте груди 60...80 см. Кора темно-серого цвета, тонкая (до 3 см).

По сравнению с другими сибирскими хвойными породами пихта отличается меньшим долголетием. Ее предельный возраст 300 лет [17], однако она редко доживает и до 220...260 лет, особенно в условиях влажного климата, где рано подвергается грибным заболеваниям.

Область естественного распространения пихты сибирской охватывает громадную территорию, включающую северо-восток европейской части нашей страны, Урал, большую часть лесной зоны Сибири. Западная граница ареала пихты проходит по верховью р. Ваги в районе г. Вологды; на севере в низовьях р. Енисея пихта заходит за Полярный круг, на востоке достигает верховья р. Алдана, на юге растет в горных районах Алтая и Республики Тува.

Пихта белокорая – *A. nephrolepis* – вид, близкий к пихте сибирской. Ее ареал охватывает Приморье и Приамурье в пределах Приморского и южной части Хабаровского краев и восточных районов Амурской области. Является одной из распространенных пород охотской тайги. Предельный возраст – 220 лет.

Таблица 1.6

Распределение в России площади и запасов древесины главных видов пихты [18]

Виды пихты	Площадь, тыс. га	Запас, млн м ³	Средний запас, м ³ /га
Сибирская	12830,8	2107,7	164
Белокорая	606,0	102,7	169
Сахалинская	512,6	74,6	146
Кавказская	72,0	23,5	326

Пихта сахалинская – *A. sachalinensis* – близка к пихте белокорой. Наибольшая высота – 25 м, диаметр на высоте груди – до 50 см. Растет на о-ве Сахалин, а также на южных островах Курильской гряды, где является наиболее распространенной породой.

Пихта кавказская – *A. nordmanniana* – крупное дерево высотой до 65...70 м и диаметром свыше 2 м. По сравнению с другими видами пихт самая долговечная – доживает до 800 лет. Распространена в западной части Кавказа на склонах Большого и Малого Кавказа, начиная с 500...600 м над уровнем моря и до верхней границы леса (2000...2200 м над уровнем моря).

Наиболее распространены в России леса из пихты сибирской. Занимаемая ими площадь составляет 89% всех пихтарников, а запас древесины – 85% запаса всех пихтовых лесов России.

Для пихты сибирской одновозрастные насаждения не характерны. Разновозрастность свойственна и насаждениям, образованным другими видами пихты: кавказской, сахалинской, белокорой [18].

Качество древесины пихты определяется средним диаметром насаждений и степенью пораженности их пороками. По данным Э. Н. Фалалеева (1982 г.) выход деловой древесины пихты сибирской увеличивается с 61% у деревьев, имеющих диаметр 12 см, до 87% у деревьев с диаметром 52 см. В ступенях толщины 72...120 см выход деловой древесины снижается до 50%.

Пихта – спелодревесная порода (аналогичная ели). По механическим свойствам древесина пихты несколько уступает ели.

Основными сортоопределяющими пороками древесины пихты являются сучки, гнили, рак, обдир коры, трещины, водослой, кривизна, крень и засмолок. Встречаемость ядровой гнили у деревьев пихты 100-летнего возраста может составлять более 60%. Здоровые деревья 140 лет и старше встречаются очень редко. Потери деловой древесины вследствие гнилей могут достигать у крупномерных деревьев 30%.

1.4.5. КЕДР

В лесах России произрастают два вида кедра (кедровой сосны): кедр сибирский и кедр корейский, или маньчжурский [19].

Кедр сибирский – *Pinus sibirica* – дерево высотой до 40 м, диаметром ствола до 1,5...2,0 м. Растет медленно, живет 300...550 лет, некоторые деревья до 800 лет. Распространен в горах и на равнине на северо-востоке европейской части России, от верховьев р. Вычегда, почти по всей Западной и Восточной Сибири, чаще как примесь в еловых и других лесах или чистыми древостоями. В горах поднимается до верхней границы леса.

Кедр корейский – *P. koraiensis* – распространен в лесах Хабаровского и Приморского краев, а также в небольшом количестве в Амурской области. Запасы древесины в насаждениях этого вида кедр составляют примерно 10% от общих запасов кедровых лесов России.

В России наиболее распространены мшистые кедровники III...IV классов бонитета с запасом древесины в спелых древостоях 180...250 м³/га, а также лишайниково-мшистые IV класса бонитета, сфагновые IV...V классов бонитета, разнотравные I...II классов бонитета, встречающихся в южной тайге. Возраста спелости для эксплуатационных лесов II...III группы северной тайги и 201...240 лет, средней тайги – 161...200 лет [19].

Качество древесины кедр в первую очередь определяется степенью пораженности древостоев пороками, из которых главная роль принадлежит ядровым гнилям. С увеличением возраста степень пораженности увеличивается. Так, на Западном Саяне спелые и перестойные кедровники 200-летнего возраста поражены гнилями (по числу деревьев) на 50...90%, тогда как до 50 лет кедр сибирский почти не имеет таких пороков [20].

Дереворазрушающие грибы значительно изменяют сортиментный состав запаса. Выход деловой древесины сокращается при диаметре 40 см на 19%, а при диаметре 92 см – на 45%.

Кедр (сибирский и корейский) – ядровая порода. По структуре и свойствам его древесина близка к древесине сосны, но уступает последней по показателям механических свойств древесины [19].

1.4.6. БЕРЕЗА

В лесном фонде России береза по занимаемой площади стоит на третьем месте после лиственницы и сосны, а по запасам древесины – на четвертом, уступая кроме названных хвойных пород также и ели. Таким образом, береза является одним из основных лесообразователей России [21].

В России естественно произрастают более 70 видов берез, из которых наибольшее хозяйственное значение имеют береза повислая (бородавчатая, или плакучая), пушистая, даурская и ребристая (желтая).

Береза повислая – *Betula pendula* – дерево высотой до 30 м, с диаметром ствола до 60...80 см.

Береза пушистая – *B. pubescens* – прямостоящее дерево с распростертыми вверх ветвями, гладкой белой корой и опушенными молодыми побегами. По максимальным размерам (высота, диаметр) не уступает березе пушистой. Березы повислая и пушистая имеют обширные ареалы, встречаясь почти во всех зонах, за исключением крайних северных, где растут кустарниковые виды березы, и крайних южных – пустынных и субтропических. Оба вида часто растут в одном насаждении, произрастают также совместно со многими лиственными и хвойными породами.

Береза даурская, или черная – *B. dahurica* – произрастает в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Дерево высотой до 20 м, с коричневатой, глубоко трещиноватой корой.

Береза ребристая, или желтая – *B. costata* – распространена на Дальнем Востоке в южно-таежных пихтово-еловых лесах, южнее низовьев р. Амур. Высотой до 30...35 м, с блестящей светло-желтой или желто-коричневой корой и с ребристым в комлевой части стволом.

Высокопродуктивные 50-летние березняки кисличные на свежих плодородных почвах дают запасы древесины до 350 м³/га и более, в низкобонитетном болотно-папоротниковом березняке всего 140 м³/га. Выход деловой древесины в березовых лесах наименьший в 55...60 лет, затем он снижается.

Типичными для березы пороками древесины являются сучки, кривизна и ложное ядро. В срубленном виде хранящаяся древесина легко поражается грибами, вызывающими гниль.

Береза – заболонная порода. Ее древесина быстро пропитывается варочными (и иными) растворами за исключением древесины ложного ядра, пропитка и сушка которой вызывают затруднения.

Береза пушистая и повислая имеют примерно одинаковую плотность древесины – 620 кг/м³ (при влажности 12%), плотность даурской березы – 725 и ребристой – 685 кг/м³ [22].

1.4.7. ОСИНА

Осина – *Populus tremula* – одна из важнейших в России лесообразующих пород. По занимаемой площади и запасам древесины осина уступает из лиственных пород только березе.

Осина растет в европейской части, Сибири и на Дальнем Востоке. Северная граница ее ареала проходит около Полярного круга, южная – в районе степной зоны. На Алтае обычно по склонам гор, на Кавказе поднимается довольно высоко, встречается как примесь в сосновых, буковых и в дубовых лесах. На Дальнем Востоке осина встречается в смешанных лесах с березой пушистой и ивой козьей.

Осина быстрорастущая (в 40 лет достигает высоты 20 м), но недолговечная порода. Живет обычно 80...90 (редко 200) лет. В насаждениях, произрастающих в благоприятных условиях, средний запас древесины в 70-летнем возрасте может составить 650 м³/га [23].

Качественная особенность осиновых лесов – их почти повсеместная пораженность ядровой гнилью, вызываемой ложным осиновым трутовиком. Возникновение гнили происходит у деревьев уже с 15...17 лет. В 20-летнем возрасте гниль обнаруживается у 25...30% деревьев; в 40 лет этот процент увеличивается до 65...75, а в возрасте 80 лет почти все деревья в насаждениях осины оказываются пораженными гнилью. Кроме ядровой гнили для осины очень характерны различные окраски типа ложного ядра, а также водослой.

При рубке 50...60-летних осинников выход деловой древесины в виде пиловочника, балансов, фанерного и спичечных сортиментов составляет 50% и ниже – в зависимости от степени пораженности древостоев ядровой гнилью.

Осина относится к спелодревесным породам. Зона спелой древесины (бесцветного ядра) в здоровых стволах осины может составлять 40...45%. Если заболонь осины легко пропитывается и пропускает различные газы, то спелая древесина отличается очень плохой проницаемостью как для жидкостей, так и для газов.

Литература

1. Лесной фонд России (по учету на 01.01.1993). Справочник. М.: ВНИИЦлесресурс, 1995. 280 с.
2. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России (Аналитический обзор). Исаев А.С., Коровин Г.Н., Сухих В.И., Титов С.П., Уткин А.И., Голуб А.А., Замолотчиков Д.Г., Пряжников А.А. М.: Центр экологической политики России, 1995. 156 с.
3. Лесной фонд СССР. Статистический сборник. Т.1 /Под ред. Дрожалова М.М. М.: Гос. комитет СССР по лесу, 1990. 1006 с.
4. Лесной фонд СССР. Статистический сборник. Т.2 /Под ред. Дрожалова М.М. М.: Гос. комитет СССР по лесу, 1991. 1021 с.
5. Углерод в экосистемах лесов и болот России /Под ред. В. А. Алексеева и Р. А. Бердси. Красноярск: Институт леса, 1994. 224 с.
6. Побединский А.В. Сосна. М.: Лесная промышленность, 1979. 125 с.
7. Полубояринов О.И. Сравнение отечественного и зарубежных (европейских) данных о плотности древесины хвойных пород //2-ой международный симпозиум «Строение, свойства и качество древесины– 96». М.: МТУЛ, 1997. С. 203-208.
8. Казимиров Н.И. Ель. М.: Лесная промышленность, 1983. 80 с.
9. Лосицкий К.Б., Чуенков В.С. Эталонные леса. М.: Лесная промышленность, 1980. 191 с.
10. Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесная промышленность, 1976. 160 с.
11. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. М.: Лесная промышленность, 1986. 368 с.
12. Бокщанин Ю.Р. Обработка и применение древесины лиственницы. М.: Лесная промышленность, 1982. 216 с.
13. Дылис Н.В. Лиственница. М.: Лесная промышленность, 1981. 96 с.
14. Булыгин Н.Е. Дендрология. М.: Агропромиздат, 1985. 280 с.
15. Круклис М.В., Мимотин Л.И. Лиственница Чекановского. М.: Наука, 1977. 180 с.
16. Вакин А.Т., Полубояринов О.И., Соловьев В.А. Пороки древесины. М.: Лесная промышленность, 1980. 112 с.
17. Крылов Г.В., Марадудин И.И., Михеев Н.И., Козакова Н.Ф., Пихта. М.: Агропромиздат, 1986. 239 с.
18. Фалалеев Э. Н. Пихта. М.: Лесная промышленность, 1982. 85 с.
19. Таланцев Н.К. Кедр. М.: Лесная промышленность, 1980. 96 с.
20. Крылов Г.В., Таланцев Н.К., Козакова Н.Ф. Кедр. М.: Лесная промышленность, 1983. 216 с.
21. Гроздова Н.Б. Береза. М.: Лесная промышленность, 1979. 78 с.
22. Древесина. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов ГСССД 69...84. М.: Гос. Комитет СССР по стандартам. 1985. 30 с.
23. Михайлов Л.Е. Осина. М.: Агропромиздат, 1985. 72 с.

2. СЫРЬЕ ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Для производства волокнистых полуфабрикатов в целлюлозно-бумажной промышленности используется, в основном, древесина хвойных и лиственных пород. Из недревесного сырья применяется солома культурных злаков – ржи, пшеницы, ячменя, риса, кукурузы; стебли хлопчатника, сахарного тростника и ряд декоративных растений. В виде использованных текстильных изделий (тряпья) используется хлопок, лен, конопля, кунжут. В качестве вторичного сырья используется бумажная макулатура.

2.1. ДРЕВЕСНОЕ СЫРЬЕ

Древесина хвойных и лиственных пород поставляется на целлюлозно-бумажные предприятия в виде круглых лесоматериалов (балансов, хлыстов) и в измельченном состоянии в виде технологической щепы.

Согласно требованиям государственных стандартов (ГОСТ 9462-88 Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия; ГОСТ 9463-88 Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия) балансы заготавливаются 1, 2, и 3-го сортов в зависимости от вида и размеров встречающихся в них пороков. По размерным характеристикам балансы подразделяются на мелкие – с диаметром в верхнем отрубе от 6 до 13 см, включительно, средние – с диаметром в верхнем отрубе от 14 до 24 см, включительно, и крупные – с диаметром в верхнем отрубе от 26 см и более. Балансы могут иметь длины 0,75; 1,0; 1,1; 1,2; 1,25 м и кратные им.

С целью вовлечения в переработку низкокачественного древесного сырья разработан ряд технических условий, которые допускают в поставляемых балансах большее количество пороков и большие размеры, чем в стандартах на лесоматериалы круглые. В их числе: ТУ 13-0273685-402-89 Сырье древесное (балансы IV сорта) для производства сульфитной и бисульфитной беленой целлюлозы, сульфатной целлюлозы и бисульфитной полуцеллюлозы. Технические условия; ТУ 13-0273685-404-89 Дровяная древесина для технологических нужд. Технические условия; ТУ 13-0273685-405-90 Сырье для целлюлозно-бумажной промышленности. Технические условия.

Требования к древесине, поставляемой в виде хлыстов, изложены в ОСТ 13-18-90 Хлысты древесные. Технические условия. Требования к древесине, поставляемой в измельченном состоянии в виде технологической щепы, изложены в стандарте ГОСТ 15815-83 Щепа технологическая. Технические условия.

2.1.1 ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ВИДЫ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

В качестве сырья для производства волокнистых полуфабрикатов могут применяться почти все древесные породы, произрастающие в Российской Федерации. Из хвойных пород основное значение в производстве полуфабрикатов имеют:

- сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.);
- сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* M.);
- сосна корейская (*Pinus koraiensis* S.);
- ель европейская (*Picea excelsa* L.);
- ель сибирская (*Picea obovata* L.);
- ель аянская (*Picea ajanensis* F.);
- ель Глена (*Picea Glehni* M.);
- пихта сибирская (*Abies sibirica* L.);
- пихта белокорая (*Abies nephrolepis* M.);
- пихта сахалинская (*Abies sachalinensis* M.);
- лиственница сибирская (*Larix sibirica* L.);
- лиственница даурская (*Larix dahurica* T.).

Из лиственных пород в производстве волокнистых полуфабрикатов используются:

- береза пушистая (*Betula pubescens* E.);
- береза бородавчатая (*Betula verrucosa* E.);
- бук лесной (*Fagus silvatica* L.);
- дуб черешчатый (*Quercus robur* L.);
- осина или тополь дрожащий (*Populus tremula* L.).

2.1.2. СТРОЕНИЕ ДЕРЕВА

Древесные породы характеризуются расчленением на листья, ветви, ствол и корни. Листья (хвоя) и ветви образуют крону дерева. Каждая часть дерева выполняет функции, необходимые для его роста.

Основную массу дерева составляет ствол, древесина которого (в основном) и используется в промышленности для получения волокнистых полуфабрикатов.

В стволе различают следующие основные части: кору, камбий, древесину и сердцевину.

Кора представляет собою совокупность наружных тканей дерева, резко отличающихся по анатомическому строению и химическому составу от древесины ствола. Между корой и древесиной находятся кольца клеток, способных к делению и росту в летний период. Этот слой и называется камбием. Прирост древесины и коры в толщину происходит за счет деления и роста клеток этого слоя. Уже сформированные клетки древесины не дают прироста ни по диаметру, ни по высоте ствола. Рост дерева обусловлен только добавлением новых клеток, а не дальнейшим развитием ранее образовавшихся.

Камбий откладывает больше клеток древесины, чем коры, в результате этого прирост древесины происходит быстрее, чем нарастание коры. Основную массу ствола дерева составляет **древесина**, которая вместе с сердцевинной занимает у взрослых деревьев 85...95% его объема.

Серцевина находится в центре ствола и представляет собой рыхлую ткань, состоящую из тонкостенных паренхимных клеток. Непосредственно к ней примыкают образовавшиеся в первый год существования побега элементы древесины, которые образуют первичную древесину. Серцевина и первичная древесина образуют сердцевинную трубку. Диаметр сердцевинной трубки у хвойных пород 3...5 мм, а у лиственных 4...7 мм.

2.1.3. МАКРОСКОПИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ СТВОЛА ДЕРЕВА

Для всеобъемлющего представления о строении древесины ствола дерева необходимо рассматривать ее в трех взаимоперпендикулярных разрезах: поперечном, перпендикулярном к оси ствола; продольном радиальном, проходящем через сердцевину ствола, и тангенциальном, перпендикулярном поперечному, проходящему по касательной к годичному слою (рис. 2.1).

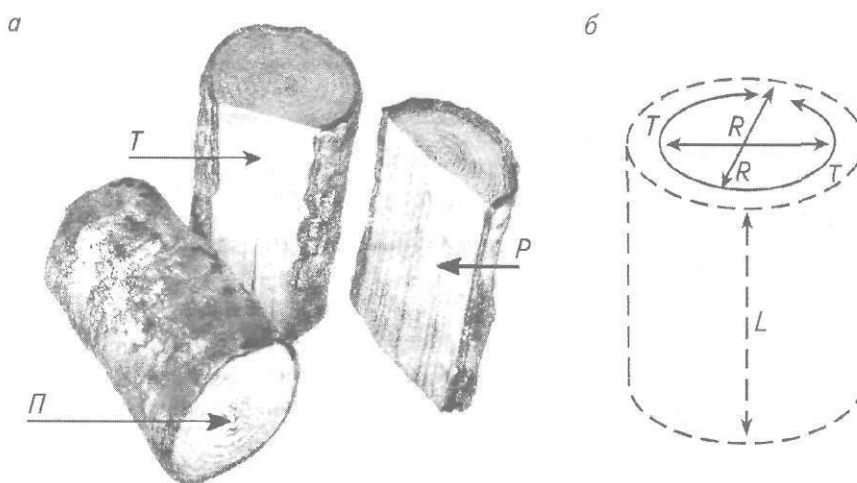


Рис. 2.1. Основные разрезы ствола дерева:

а – вид разрезов натуральной древесины (П – поперечный или торцовый, Р – радиальный, Т – тангенциальный);
б – схема разрезов (L – продольный, R – радиальный, T – тангенциальный)

На поперечном (торцевом) разрезе ствола хвойных пород хорошо заметны концентрические слои. Эти слои называются кольцами прироста или годичными слоями. У лиственных пород годичные слои хорошо заметны у кольцесосудистых пород (дуб, ясень) и очень трудно различимы у рассеяно-сосудистых пород (береза, осина).

Каждый годичный слой образуется в течение одного теплого периода года и чем ближе слой к сердцевине, тем раньше он образовался.

Каждое годичное кольцо состоит из двух слоев. Внутренняя часть годичного кольца, образованная в начальный период роста, сформирована у хвойных пород широкими тонкостенными клетками и называется ранней древесиной. Внешняя часть, образованная в конце периода роста, сформирована более узкими, но толстостенными клетками, и называется поздней древесиной. От содержания в годичных кольцах ранних и

поздних клеток, называемых у хвойных пород трахеидами, зависят плотность древесины и свойства получаемых волокнистых полуфабрикатов.

На поперечном и радиальном разрезах хвойных и лиственных пород видны узкие радиальные полоски. Это, так называемые, сердцевинные лучи. На тангенциальном разрезе они наблюдаются в виде темных штрихов или в виде чечевицеобразных полосок, расположенных вдоль волокон древесины.

Серцевинные лучи состоят главным образом из паренхимных клеток. Эти клетки содержат питательные вещества (крахмал, жиры). У березы и осины сердцевинные лучи состоят, в основном, из одного ряда клеток. У хвойных пород, кроме пихты, в сердцевинном луче может проходить смоляной ход.

У сосен и елей в сердцевинном луче, кроме паренхимных клеток, можно обнаружить короткие трахеиды.

У сосны, кедра, лиственницы, дуба центральная часть ствола отличается от периферической части более темным цветом. Темно-окрашенная часть древесины называется ядром, а светлая периферическая часть – заболонью. Как правило, ядро содержит меньше влаги, чем заболонь, но больше содержит экстрактивных веществ.

У ели, пихты и здоровой осины центральная часть ствола отличается от периферической только меньшим содержанием воды и называется спелой древесиной.

У березы нет существенной разницы между периферической и центральной частями ствола ни по цвету, ни по содержанию влаги. Данная порода называется заболонной.

2.1.4 МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

В зависимости от особенностей строения древесины все породы делятся на три группы: хвойные, лиственные кольцесосудистые и лиственные рассеяносудистые.

2.1.4.1 Структура древесины хвойных пород

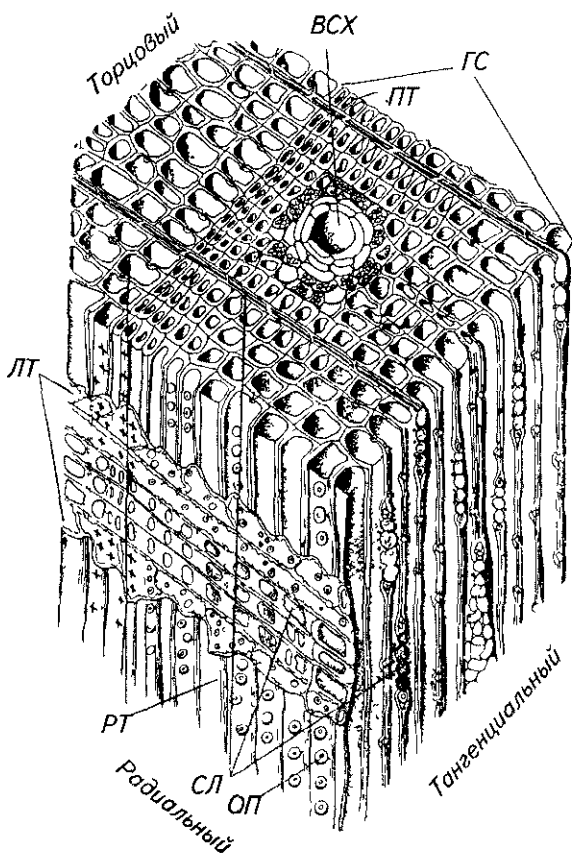


Рис. 2.2. Схема микроскопического строения древесины сосны. ГС – годовой слой, СЛ – сердцевинный луч, ВСХ – вертикальный смоляной ход, РТ – ранние трахеиды, ПТ – поздние трахеиды, ЛТ – лучевые (горизонтальные) трахеиды, ОП – окаймленная пора.

Древесина хвойных пород состоит, в основном, из удлиненных паренхимных клеток – трахеид и коротких паренхимных клеток (рис. 2.2). Трахеиды расположены радиальными рядами и на поперечном разрезе имеют вид округлых четырех или шестиугольных клеток. Основная функция трахеид – проведение воды по стволу и придание ему прочности. Трахеиды – это мертвые клетки и поэтому их полость заполнена водой и воздухом.

Между трахеидами проходят сердцевинные лучи и смоляные ходы. В древесине ствола пихты смоляных ходов нет.

Серцевинные лучи состоят из паренхимных клеток и горизонтальных трахеид. Они выполняют запасную и проводящую функции и обычно состоят из одного ряда клеток.

Смоляные ходы, выстланные внутри мелкими паренхимными клетками, имеют вид округлой полости, заполненной живицей (смолой).

Смоляные ходы, идущие вдоль ствола среди трахеид, называются вертикальными. Смоляные ходы, расположенные внутри сердцевинных лучей, называются радиальными или горизонтальными. Все смоляные ходы в стволе дерева соединены в единую сеть.

Паренхимные клетки в древесине хвойных пород представлены, в основном, паренхимой сердцевинных лучей и смоляных ходов. Паренхимные клетки имеют тонкую оболочку и широкую полость и служат для накопления, хранения и проведения питательных веществ. Основными запасными веществами являются жиры и крахмал. Размеры паренхимных клеток следующие: длина до 160 мкм, ширина 15 мкм, высота 21 мкм. Лучевые

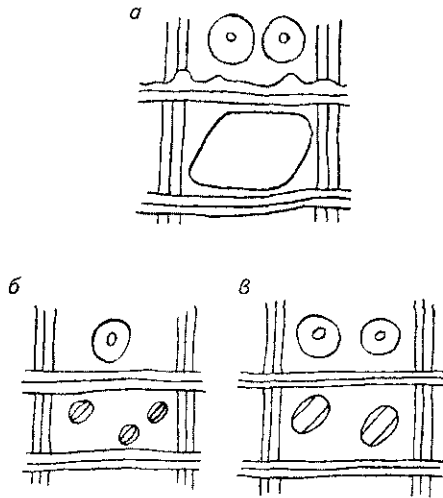


Рис. 2.3. Типы пор в оболочках лучевой паренхимы хвойных пород на полях перекреста с трахеидами: а – сосны (оконцевые); б – пихты (таксодиодные); в – ели и лиственницы (пицеодные)

трахеиды имеют следующие характеристики: длина до 70 мкм, ширина 11 мкм, высота 27 мкм.

Основные клетки древесины хвойных пород – трахеиды. В объеме ствола они составляют 92...95%

Их длина в среднем составляет 2,5...4 мм, а ширина 0,02...0,04 мм. Толщина стенок и размеры по ширине у трахеид зависят от того, в какой части годовичного слоя они сформированы – в ранней (широкие тонкостенные трахеиды) или в поздней (узкие толстостенные трахеиды).

Сообщение смежных клеток в древесине хвойных пород осуществляется через поры.

Поры бывают простые, окаймленные и полуокаймленные.

Простая пора имеет вид перфорации той или иной формы и служит для связи между трахеидами и клетками сердцевинного луча. По форме и размерам простых пор возможно определить содержание в массе сосновых и еловых волокон, сосновых и лиственничных волокон, сосновых и пихтовых волокон. У сосны простые поры (оконцевые) большого размера и хорошо заметны на полях перекреста паренхимных клеток с трахеидами в ранней части годовичного слоя.

У ели и лиственницы на полях перекреста паренхимных лучевых клеток с трахеидами находится несколько маленьких пицеодных пор.

У пихты простые поры еще мельче – так называемые таксодиодные поры (рис. 2.3). Число их достигает 5 штук.

Окаймленные поры связывают между собой главным образом трахеиды ствола и трахеиды ствола с лучевыми трахеидами.

У окаймленных пор канал поры расположен с обеих сторон клеток. Посередине канала находится мембрана в виде сетки из микрофибрилл с плотным утолщением в центральной части, называемом торусом (рис. 2.4). Окаймленные поры сосредоточены в основном на концах трахеид. У ранних трахеид они большого размера с круглыми отверстиями, на пересечении вертикальных и лучевых трахеид они значительно меньшего размера, у трахеид из поздней древесины поры по форме напоминают узкую щель.

Проницаемость окаймленной поры зависит от положения торуса в ней. В ядровой древесине, торус в окаймленных порах смещен к одному из отверстий поры, перекрывая ее канал.

У полуокаймленной пары пор окаймление находится только со стороны одной клетки. У нее отсутствует торус и поэтому она не может закрываться.

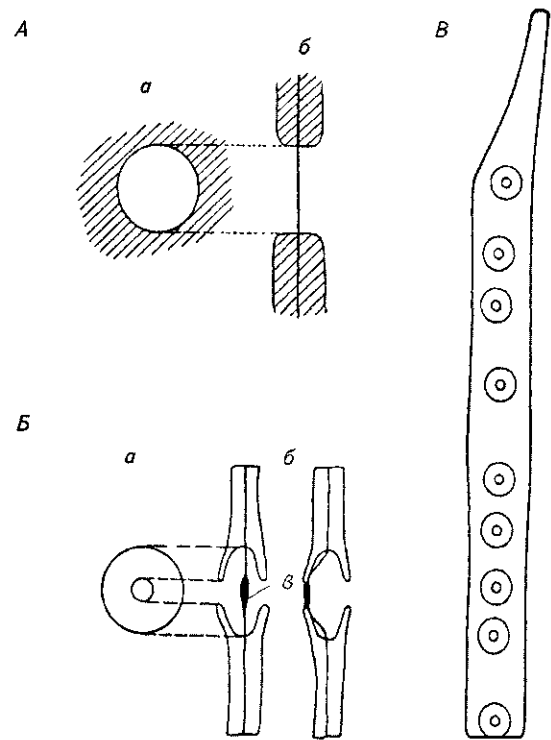


Рис. 2.4. Схемы строения пор А – простая пора, Б – окаймленная; а – вид с поверхности; б – в разрезе, в – торус (тор) – утолщение в мембране; справа мембрана изогнулась и тор закрыл входное отверстие в пору, В – трахеида сосны с окаймленными порами

2 1 4 2. Строение древесины лиственных пород

Древесина лиственных пород имеет более сложное строение, чем хвойных, так как образована из большого числа разных клеток, строение которых значительно отличается от вида к виду.

Лиственные породы имеют три вида тканей: водопроводящую, состоящую из сосудов и трахеид; механическую, состоящую из волокон либриформа и волокнистых трахеид; запасную, состоящую из паренхимных клеток сердцевинных лучей и вертикальной паренхимы (рис. 2.5).

Сосуды представляют собой трубки, тянущиеся вдоль ствола, состоящие из отдельных клеток (члеников) длиной 0,4...0,7 мм, с широкой полостью и тонкой оболочкой. Стенки клеток в месте их контакта или отсутствуют (осина, дуб) или имеют лестничную перфорацию (береза). Стенки сосудов имеют окаймленные и простые поры. Окаймленные поры многочисленны и имеют округлую, щелевидную или многогранную форму. Протяженность сосудов в стволе дерева составляет от 2 см до 1 м и более. Сосуды размещаются в древесине одиночно или группами.

В зависимости от характера размещения и размеров отверстий сосудов в годичном слое древесины лиственные породы разделяются на рассеяннососудистые (сосуды почти одинакового размера и равномерно распределены по зоне годичного кольца, как у осины и березы), и на кольцесосудистые (сосуды разного размера, причем крупные сосредоточены в ранней древесине годичного слоя, как, например, у дуба).

Трахеиды у лиственных пород разделяются на сосудистые и волокнистые (рис. 2.6). Сосудистые трахеиды напоминают членики сосудов из зоны поздней древесины с торцевыми стенками. Во всех стенках сосудистых трахеид имеется большое количество окаймленных пор.

Волокнистые трахеиды – это толстостенные волокна с окаймленными порами, узкой полостью и заостренными концами. Они выполняют как механические, так и водопроводящие функции. Длина трахеид 1,0...1,5 мм.

Чисто механические функции у лиственных пород выполняют волокна либриформа, представляющие собой вытянутые клетки с заостренными концами и равномерно утолщенными оболочками. Длина их колеблется от 0,5 до 1,7 мм при ширине 0,02...0,03 мм. Поры у данных волокон простые щелевидной формы. Толщина оболочки клеток составляет 3,5...4,9 мкм.

Паренхимные клетки сердцевинных лучей с мелкими простыми порами в оболочках несколько вытянуты в радиальном направлении и имеют почти одинаковую длину в луче у березы, осины, дуба и бука. Толщина оболочек у паренхимных клеток составляет 2...4,5 мкм.

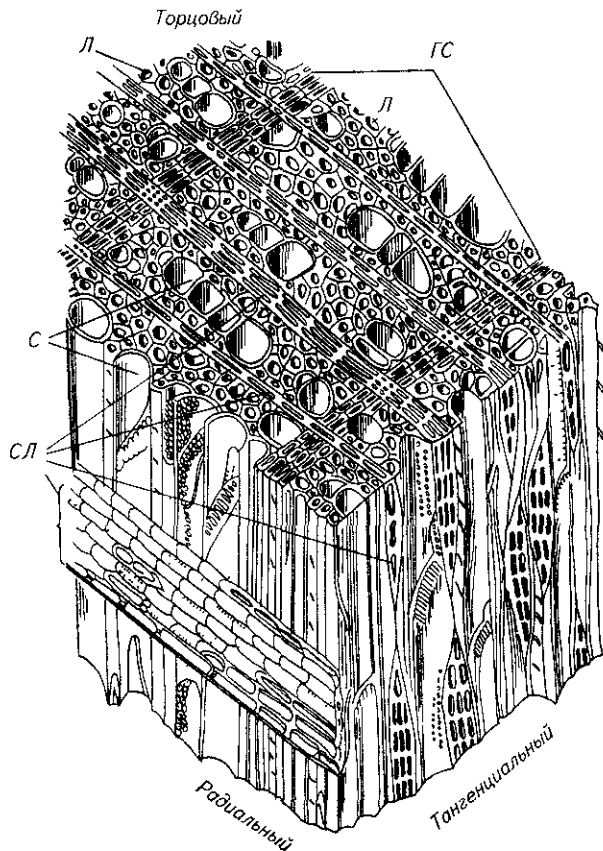


Рис 2 5 Схема строения ствола лиственной древесной породы (березы)
ГС – годичный слой, Л – либриформ, С – сосуды,
СЛ – сердцевинные лучи (по Вихрову)

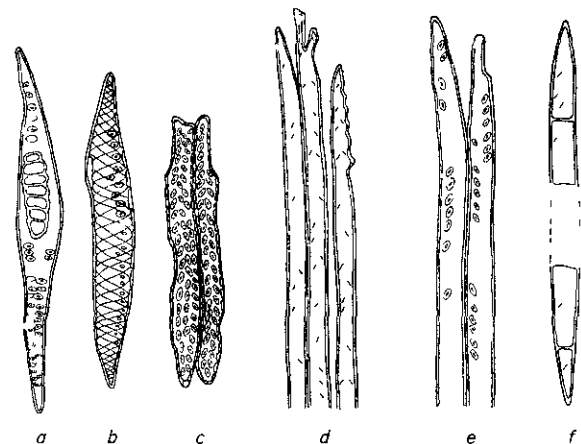


Рис 2 6 Трахеиды и волокна древесины лиственных пород
а – сосудистая трахеида (обилие окаймленных пор),
b – сосудистая трахеида (окаймленные поры и утолщения),
с – межсосудистые трахеиды (обилие окаймленных пор)
d – волокна (узкие простые поры),
e – волокнистые трахеиды (окаймленные поры);
f – перегородчатая волокнистая трахеида

Сердцевинные лучи гомогенны, т.е. состоят только из одного вида клеток – одно, двух, трех и иногда четырех рядов паренхимных клеток у березы и одного ряда у осины.

Вертикальная древесная паренхима состоит из вертикального ряда паренхимных клеток и называется тяжами древесной паренхимы. Она расположена около внешней границы годичного слоя (береза, осина) и в виде полосок проходит от луча к лучу в тангенциальном направлении среди волокон либриформа (береза).

Встречаемость клеток различных тканей в древесине лиственных пород приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Содержание анатомических элементов в древесине лиственных пород, %

Виды	Волокно	Паренхима сердцевинных лучей	Сосуды	Вертикальная паренхима
Береза	60...70	7...15	15...25	2...3
Осина	55...65	10...13	22...35	1
Дуб	45...60	15...30	до 40	до 5
Бук	до 40	до 30	до 30	до 5

2.1.4.3. Изменчивость характеристик трахеид и волокон

Размеры трахеид и волокон в различных частях ствола дерева неодинаковы. Как правило, их размеры увеличиваются в радиальном направлении от сердцевины к периферии ствола, а по высоте ствола – от комля к вершине. Особенно значительно в данных направлениях изменяется длина трахеид и волокон либриформа.

Так, средняя длина волокон древесины березы составляет у группы годичных слоев: 1...5 – 0,75 мм; 16...20 – 1,02 мм; 31...35 – 1,14 мм; 46...50 – 1,24 мм; 61...65 – 1,32 мм.

Изменение длины волокон в стволе является следствием изменения длины клеток камбия при увеличении его физиологического возраста.

Длина трахеид у сосны и ели достигает максимального размера, когда физиологический возраст клеток камбия достигает, соответственно, 80 и 100 лет. У березы длина волокон либриформа достигает максимальной величины при возрасте клеток камбия в 65...70 лет.

На примере березы установлено, что длина волокон в пределах древостоя не зависит от степени развития

дерева по размерам (диаметру и высоте), а определяется их возрастом. В пределах популяции (определенный район произрастания) длина волокон не зависит от условий мест произрастания древостоев и их таксационных характеристик, таких как форма, полнота, густота. Не выявлено разницы в размерах волокон древесины древостоев для различных популяций березы (на примере Кировской и Иркутской областей). Величина изменчивости длины волокон у исследованных популяций березы одинакова (16...18%) и не зависит от

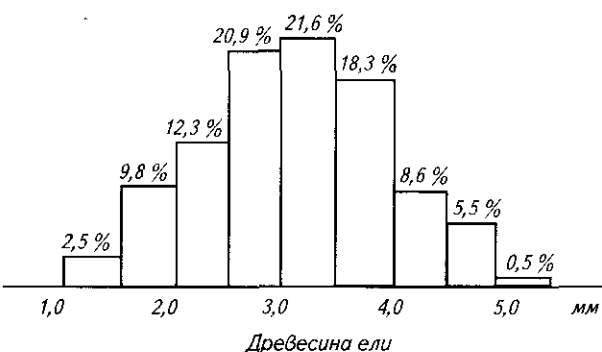
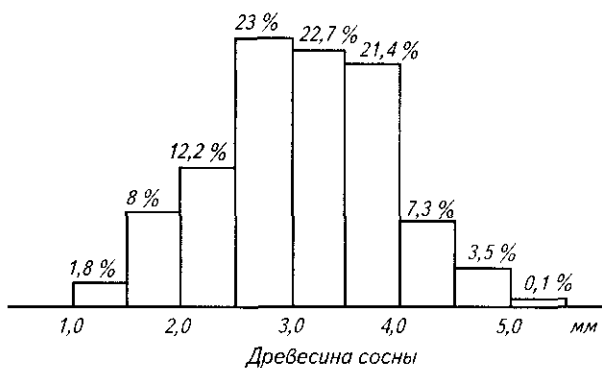


Рис. 2.7. Фракционный состав трахеид по длине

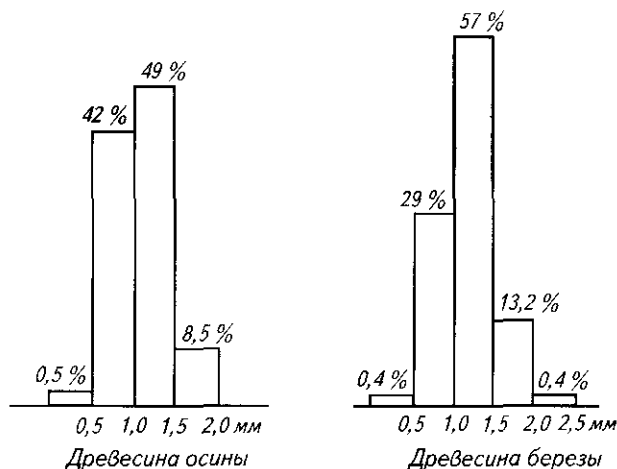


Рис. 2.8. Фракционный состав волокон по длине

условий формирования древесины в древостоях и условий мест их произрастания. Постоянство размеров и величины изменчивости длины волокон у березы, независимо от условий ее формирования в древостое и условий мест их произрастания, свидетельствует о жестком генетическом контроле над данными признаками вида.

На рис. 2.7. и 2.8. показан фракционный состав по длине волокон спелой древесины осины, березы, сосны и ели.

В древесине осины и березы большинство волокон имеет длину от 0,5 до 1,5 мм. В древесине хвойных пород разброс длины волокон значительно больше. Основная масса волокон имеет длину от 2 до 4 мм.

2.1.4.4. Строение клеточной оболочки

Главными структурными компонентами клеточной оболочки являются целлюлоза, лигнин и гемицеллюлозы. Целлюлоза образует каркас стенок клеток, а лигнин, гемицеллюлозы и пектин заполняют промежутки между целлюлозными структурами.

Целлюлозные структуры называются фибриллами. Элементарные фибриллы состоят из пучка молекул целлюлозы диаметром приблизительно 27...35 Å. Элементарные фибриллы объединены в более крупные пучки, называемые микрофибриллами, шириной около 100 Å. Микрофибриллы соединены в более крупные образования, называемые макрофибриллами. Они различимы в световом микроскопе.

Фибриллярная структура клеточной оболочки обуславливает ее слоистость. Рост оболочки происходит по направлению снаружи внутрь, поэтому первый слой занимает наружное положение в клетке. Следующие слои занимают внутреннее положение.

Слои клеточной оболочки отличаются друг от друга ориентацией и направлением макрофибрилл, химическим составом и физическими свойствами (рис. 2.9).

Слои, образовавшиеся первыми, составляют первичную оболочку. Она очень тонкая и состоит из редкой сети микрофибрилл, переплетающихся и перекрещивающихся друг с другом.

Между двумя первичными оболочками двух соседних клеток находится аморфная срединная пластинка. Она не содержит целлюлозы, за исключением пересекающих ее единичных фибрилл.

Срединная пластинка с двумя смежными первичными стенками образует так называемую сложную срединную пластинку.

К первичной оболочке примыкает вторичная оболочка, состоящая из трех слоев. Слои отличаются друг от друга направлением расположения микрофибрилл и толщиной.

Наружный слой вторичной оболочки, толщиной 0,2...0,3 мкм, состоит из концентрических слоев микрофибрилл, расположенных под углом 40...70° к оси волокна. Слои микрофибрилл, чередуясь, закручены в правую и левую стороны. Данная структура образует сетчатый контейнер, в котором расположен толстый средний слой толщиной до 4 мкм.

Средний слой состоит из микрофибрилл, расположенных параллельно друг к другу под небольшим углом к оси волокна. Угол наклона микрофибрилл к оси волокна в оболочках клеток не однозначен. Он уменьшается в направлении от сердцевины к периферии ствола и достигает у каждой древесной породы минимального значения в определенном годовичном слое. Следует отметить, что степень полимеризации целлюлозы, формирующей фибриллы, увеличивается в том же направлении и достигает максимального значения в тех же годовичных слоях.

Толщина среднего слоя зависит от типа клетки и вида древесины в годовичном слое (ранняя, поздняя). Средний слой в трахеидах хвойных пород составляет по объему 70...85% клеточной оболочки и по этой причине его свойства во многом определяют характеристики готовой волокнистой продукции.

Внутренний слой вторичной оболочки образован микрофибриллами, идущими почти перпендикулярно оси волокна под углом 50–90°. Толщина его около 0,1 мкм. Данный слой клеточной оболочки обладает повышенной биостойкостью по сравнению со средним слоем, что указывает на различие химического состава слоев.

У волокон и трахеид большинства видов древесных растений поверхность внутреннего слоя покрыта, так называемым, бородавчатым слоем. Предполагают, что бородавчатый слой состоит из остатков распавшегося протопласта.

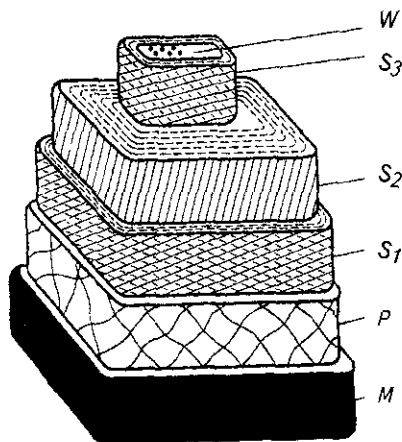


Рис. 2.9. Схема строения оболочки волокнистой клетки (можно видеть направление ориентации микрофибрилл в слоях):
M – срединная пластинка; *P* – первичная оболочка; *S*₁ – наружный слой вторичной оболочки; *S*₂ – средний слой вторичной оболочки; *S*₃ – внутренний слой вторичной оболочки (третичная оболочка); *W* – бородавчатый слой

2 1 5 СТРОЕНИЕ КОРЫ ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

Термином *кора* обозначают все ткани, находящиеся снаружи от камбия ствола дерева [1].

Непосредственно с камбием граничит ткань, называемая флоэмой или лубом, которая является его производной. Флоэма состоит из паренхимных клеток, немногочисленных волокон и многочисленных ситовидных трубок, по полостям которых движется раствор органических веществ из кроны дерева вниз к корням, камбию и сердцевинным лучам коры и ствола. Лубяные лучи являются продолжением древесных лучей. У хвойных пород во флоэме имеются вертикальные и горизонтальные смоляные ходы, а также смоляные вместилища (у пихты и ели).

С лубом граничит следующий слой коры – феллодерма. Феллодерма – живой слой паренхимных клеток, в которых откладываются запасы питательных веществ. Феллодерма образуется в результате деления феллогена (пробкового камбия). Пробковый камбий откладывает внутрь феллодерму, а снаружи пробковую ткань, называемую феллемой (обычно называемой пробкой). Клетки пробки имеют призматическую форму, располагаются компактно и часто заполнены окрашенными или бесцветными экстрактивными веществами. В коре березы это бетулин. Наличие этого вещества в пробковых клетках березы придает бересте белый цвет. Оболочки клеток феллемы пропитаны суберином. Суберин – жировое вещество, покрывает первичную одревесневшую целлюлозную оболочку. Внутренний слой пробковых клеток состоит главным образом из целлюлозы.

Совокупность феллодермы, феллогена и феллемы (пробки) называется перидермой.

На внешней поверхности пробковой ткани имеются небольшие участки рыхлой ткани, называемые чечевичками. У березы они имеют вид узких поперечных полосок, а у осины они ромбические. Через чечевички осуществляется газообмен тканей коры и ствола дерева с окружающей атмосферой.

Поверхность коры, образованная пробковой тканью, может быть гладкой (береза, бук, пихта) или постепенно превращаться в корку (сосна, лиственница, ель) при накоплении на стволе мертвых клеток перидермы.

По элементарному химическому составу и теплотворной способности кора мало отличается от древесины (табл. 2.2). Теплотворная способность коры с увеличением влажности снижается [2].

Таблица 2.2

Элементарный состав и свойства коры и древесины

Показатели	Ель		Сосна		Береза	
	древесина	кора	древесина	кора	древесина	кора
Элементарный химический состав, %						
С	49...50	52,1	49...50	52,8	49...50	57,4
Н	~6	5,7	~6	6,1	~6	6,7
О	43...44	38,9	43...44	38,6	43...44	33,8
Зола, %	0,2	3,1	0,2	2,6	0,4	2,0
Теплотворная способность кДж/кг. при относительной влажности, %:						
Абсолютно сухая	18 987	18 632	19260	19 993	19008	22 735
35	–	10 677	–	11 816	–	13 704
45	–	8667	–	9747	–	11 531
55	–	6615	–	7997	–	10 468
45	–	8667	–	9747	–	11 531
55	–	6615	–	7997	–	10 468
65	–	4589	–	4907	–	5485
75	–	2554	–	3475	–	–
85	–	531,7	–	640,6	–	–

Зольность коры (неорганическая часть) значительно выше, чем древесины. В состав коры входят: кальций, натрий, магний, фосфор и др. минеральные вещества. большая часть которых (75...90%) нерастворима в воде. Кроме этого, кора в процессе заготовки древесины и транспорта загрязняется песком, глиной, поэтому зольность коры может достигать величины 6%, в то время как зольность древесины не превышает 1% [3].

По составу органических веществ кора резко отличается от древесины соответствующих пород (см. табл. 2.3 и далее табл. 2.8).

Таблица 2.3

Содержание органических веществ в коре

Компоненты	Содержание веществ, %					
	сосна		ель		береза	
	луб	корка	луб	корка	луб	корка
Целлюлоза	18,2	16,4	23,2	14,3	18,5*	3,4
Лигнин	17,1	43,6	15,6	27,4	20,3	1,3
Пентозаны	12,1	6,8	9,7	7,1	20,2	1,1
Гексозаны	16,3	6,0	9,3	7,7-	–	–
Суберин	0,0	2,9	0,0	2,8	1,2	38,7
Экстрактивные вещества растворимые:						
в воде	20,8	14,2	33,1	27,9	–	–
в спирте	3,9	3,5	1,7	2,6	13,7	5,6
в эфире	–	–	–	–	1,7	38,1

*Включая гексозаны.

При сплаве древесины часть экстрактивных веществ растворяется в воде. Поэтому относительное содержание в коре целлюлозы, пентозанов и золы возрастает.

Из-за анатомического строения и особенностей химического состава кора не используется для получения волокнистых полуфабрикатов.

2.1.6. ОСНОВНЫЕ ПОРОКИ ДРЕВЕСИНЫ

Пороками древесины считают различные отклонения от нормального внешнего вида и строения древесины, а также повреждения, снижающие ее качество и ограничивающие возможность ее использования.

Пороки древесины разделяются на две группы. Пороки, возникающие в растущем дереве, и пороки, возникающие в заготовленной древесине.

Значение тех или иных пороков определяется их отрицательным влиянием на количественный и качественный выход волокнистых полуфабрикатов из древесного сырья.

Один из самых распространенных пороков древесины в балансах – это сучки, так как образуются они в растущем дереве и являются обязательной их принадлежностью.

Сучками называют оставшиеся в древесине ствола основания ветвей. В зависимости от степени влияния на свойства древесины сучки классифицируются по происхождению, физиологическому состоянию, степени срастания, степени загнивания, степени зарастания, по размерам, форме и положению в сортименте [2].

На качество балансовой древесины влияют размеры сучков, их количество и степень загнивания.

Размеры сучков выражают в абсолютных (в миллиметрах) или относительных (в долях размеров сортимента) величинах с подсчетом их количества в штуках на 1 метр или на весь баланс. Определение размеров сучков проводят по их наименьшему диаметру. Присучковый наплыв в размер сучка не включают.

В зависимости от поражения сучков гнилью они разделяются на здоровые и гнилые.

Здоровые сучки имеют нормальную структуру древесины, твердость и окраску. К ним относятся живые заболонные и ядрово-заболонные сучки, а также отмершие ядровые и роговые. Заболонные сучки окрашены в светлые тона на всем поперечном сечении.

Ядрово-заболонные сучки имеют светлоокрашенную периферическую зону и темную внутреннюю. Роговые сучки характеризуются темной просмоленной древесиной.

Гнилые сучки, в зависимости от степени разложения древесины, разделяются на загнившие, гнилые и табачные. У загнивших сучков часть древесины утрачивает первоначальное строение, цвет и становится менее твердой. Гнилой сучок – сучок с гнилью, занимающей более 1/3 площади сечения сучка. Древесина сучка теряет твердость и легко разрушается руками. Окраска древесины может быть бурой, пестрой, белесой или грязно-серой.

Табачный сучок – сучок, древесина которого совершенно потеряла свою структуру и превратилась в бурую или белую массу, легко растираемую пальцами в порошок. Табачные сучки обычно связаны с внутренней гнилью баланса и служат внешним ее признаком, так как она может быть скрытой и не выходить на торцы.

При определении качества балансовой древесины учитываются только открытые сучки, выходящие на боковую поверхность сортимента. Заросшие сучки не учитываются. Наличие их в сортиментах можно определить по вздутиям и шрамам (раневому пятну).

Другим важным пороком древесины, определяющим качество балансовой древесины, является ее ненормальная окраска и гнили.

Окраска и гнили, возникшие в растущем дереве, называются первичными. Данные пороки, появившиеся в древесине после рубки дерева, называются вторичными.

К первичным относятся: ложное ядро, патологическая окраска и гнили.

Ложное ядро – это внутренняя темно-окрашенная часть ствола округлой или неправильной формы; встречается у лиственных пород с нерегулярным ядрообразованием (береза, ольха, осина).

Патологическая окраска может быть в ядровой или спелой древесине хвойных и лиственных пород. Она часто предшествует появлению гнили в стволе дерева. К патологической окраске относится водослой, ядровые пятна и полосы.

Водослой – это древесина, почти максимально напитанная водой, располагающаяся в центральной части ствола на месте ядра или спелой древесины. На торцах сортиментов наблюдается в виде мокрых пятен различной формы и величины темно-бурого или серого цвета.

Ядровые пятна и полосы – измененная окраска ядра или спелой древесины, вызываемая, в основном, развитием грибов. Наблюдается на торцах в виде пятен разных размеров и очертаний красноватого, бурого, серого цветов.

Гниль ядровая (внутренняя гниль) – участки ненормальной окраски ложного и настоящего ядра, спелой древесины с пониженной твердостью, возникающие в дереве под воздействием дереворазрушающих грибов. Наблюдаются на торцах бревен в виде пятен различной величины и формы или зоны сплошного поражения центральной части ствола.

По изменению внешнего вида древесины гнили разделяют на три типа: пестрая ситовая (коррозионная), бурая (деструктивная), белая (коррозионно-деструктивная). Пестрая ситовая и бурая гниль встречаются на хвойных и лиственных породах. Белая гниль распространена у лиственных пород.

При развитии в древесине коррозионной и белой гнилей постепенно разрушаются все компоненты клеточной оболочки (в различном соотношении в зависимости от вида дереворазрушающего гриба).

На рисунках 2.10, 2.11, 2.12 показаны характер изменений химического состава осинового древесины и ее способность растворяться в горячей воде и в 1%-ном растворе NaOH при развитии белой гнили, вызванной грибом *Phellinus tremulae* (Bond.). Зараженность данной гнилью осиновых деревьев в возрасте 70...80 лет достигает 60...90%. Гниль, как правило, занимает больше одной трети диаметра торца.

При развитии в стволе дерева бурой гнили в древесине разрушаются, в основном, полисахариды. Лигнин модифицируется и накапливается в остатке древесного вещества.

К первичным порокам, возникшим в стволе растущего дерева, также относятся пороки формы ствола и пороки строения древесины: наклон волокон, крень (особенно часто встречается в еловой древесине), тяговая древесина (характерна для лиственных пород), свилеватость волокон древесины, завиток, глазки, смоляные кармашки, нарост, прорость, открытая сухобокость, рак, засмолок, кривизна, участки обуглившейся древесины.

Из перечисленных пороков стандартами в балансах лимитируются только видимые пороки ствола.

Пороки строения древесины, которые оказывают значительное влияние на выход и качество производимой продукции, например, крень, не фиксируются и не ограничиваются в балансах и технологической щепе, так как нет методов контроля их наличия. В табл. 2.4. в качестве примера показано, как влияют различные пороки еловой древесины на выход, степень провара и содержание непровара в сульфитной целлюлозе [3].

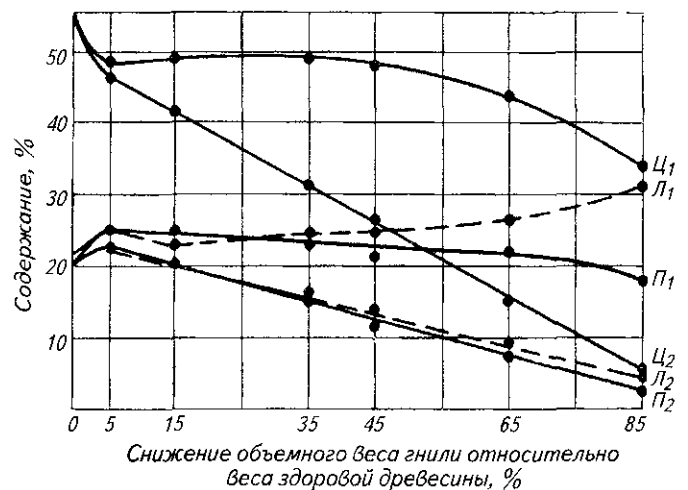


Рис. 2.10. Изменение содержания основных компонентов осинового древесины при гниении:
 Ц₁ – содержание целлюлозы; Л₁ – лигнина;
 Ц₁ – пентозанов (в процентах от веса абсолютно сухой гнилой древесины); Ц₂ – содержание целлюлозы;
 Л₂ – лигнина; П₂ – пентозанов (в процентах от веса древесины в первоначальном состоянии)

Таблица 2.4

Выход небеленой сульфитной целлюлозы из различных качественных фракций еловой щепы

Качественная фракция еловой щепы	Время стоянки на конечной (145 °С) температуре, ч-мин.	Непровар, % от а.с. древесины	Выход целлюлозы, % от а.с. древесины	Жесткость, п.ед
Нормальная древесина	1-45	0,16	47,4	34
Сучки и околосучковая древесина	1-45	17,4	31,2	68
Кренивая древесина	1-45	5,4	38,0	91
Окрашенная древесина	1-45	13,3	37,7	75
Древесина, пропитанная таннидами (продубина)	1-45	5,5	40,4	88
Гниль ситовая (ядровая)	1-45	0,9	47,8	81

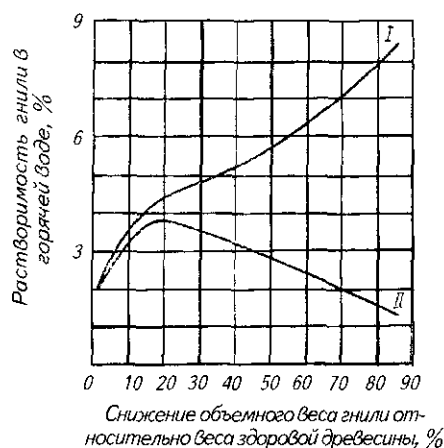


Рис. 2.11 Растворимость гнили в горячей воде:
I – в процентах от веса абсолютно сухой гнилой древесины,
II – в процентах от веса древесины в первоначальном состоянии

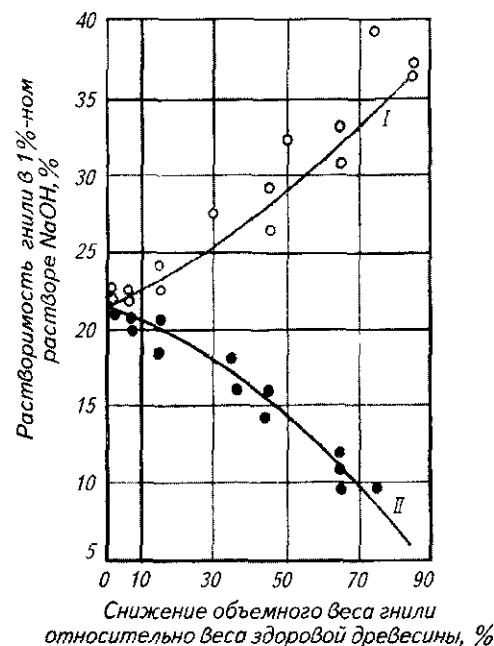


Рис. 2.12 Растворимость гнили в 1%-ном растворе NaOH
I – в процентах от веса абсолютно сухой древесины;
II – в процентах от веса древесины в первоначальном состоянии

Кренивая древесина характерна для хвойных пород. Она формируется в нижней части наклоненных стволов и ветвей. Кренивая древесина отличается от нормальной более темным цветом, более высоким содержанием лигнина и меньшим содержанием целлюлозы. Трахеиды крени толстостенны и имеют, как правило, округлую форму. Вторичная оболочка клеточной стенки состоит только из двух слоев, наружного и среднего. Микрофибриллы среднего слоя имеют значительно больший угол наклона относительно оси волокна (35...40°), чем у нормальной древесины (20...27°).

Пороки, возникающие в заготовленной древесине в процессе ее транспортирования и хранения, называются вторичными. К ним относятся: химические окраски, окраски и гнили отмирающей древесины (прелость).

Из химических окрасок в балансах наиболее часто встречается продубина. Продубина наблюдается на боковой поверхности бревен в виде красновато-коричневой окраски, проникающей вглубь древесины на 2...5 мм. Наиболее часто поражается древесина еловых балансов при их сплаве, водном хранении и дождевании. Продубина проваривается значительно хуже нормальной древесины (табл. 2.4).

Окраска и гниль заготовленных и хранящихся балансов является следствием биохимических процессов отмирающей древесины заболони и развития плесневых, дереворокшающих и дереворазрушающих грибов.

Плесневая окраска является следствием развития плесневых грибов. Она проникает в древесину на глубину до 2 мм. Данный порок может снижать только белизну древесных масс.

Побурение – порок лиственной древесины, развивающийся в заболони в процессе отмирания паренхимных клеток. В результате развития данного порока изменяется цвет древесины и понижается содержание экстрактивных веществ, растворимых в петролейном эфире и ацетоне. Побурение распространяется в балансах вглубь древесины от торцов и боковых поверхностей.

В заболонной древесине хвойных и лиственных пород при хранении балансов развиваются деревоокрашивающие грибы.

Древесина хвойных пород приобретает цвет от синева-серого до желтого или коричневого. У лиственных пород деревоокрашивающие грибы развиваются в побуревшей древесине, что вызывает заметную пологатость на продольном разрезе и пятнистость на поперечном.

У хвойной и лиственной древесины уменьшается содержание экстрактивных веществ и белизна. Снижение белизны отрицательно сказывается на качестве полуфабрикатов, используемых в небеленом виде.

Заболонные окраски измеряют на свежих торцах в линейных мерах или долях диаметра торца, в процентах от площади торца.

Заболонная гниль представляет собой ненормальные по окраске участки заболони, возникающие под воздействием дереворазрушающих грибов. Распространяется вглубь древесины от торцов и боковых поверхностей. На свежих торцевых разрезах наблюдается в виде пятен разной величины и формы.

У хвойных пород древесина приобретает желтовато или розовато-бурую окраску. У лиственных пород окраска пестрая. Желтые, беловатые, бурые участки разделены черными извилистыми линиями.

Заболонная гниль у лиственных пород развивается уже в течение первого года хранения балансов. В результате развития гнили снижается плотность древесины из-за разрушения основных компонентов клеточных стенок трахеид и волокон либриформа.

Заболонную гниль измеряют с боковой поверхности в линейных единицах или долях диаметра баланса, а также наибольшую глубину поражения вдоль кряжа.

Наружная трухлявая гниль – участки ненормальной окраски, структуры и твердости древесины, возникающие в балансах при их длительном хранении под воздействием дереворазрушающих грибов. Наблюдается преимущественно в наружной части заболони. Характеризуется бурым цветом и трещиноватой призматической структурой. Пораженная древесина легко разрушается при механическом воздействии. Наличие трухлявой гнили в балансах не допускается.

Червоточины называются ходы и отверстия, проделанные в древесине насекомыми, как в растущем дереве, так и в процессе хранения балансов. Червоточина в балансах не нормируется, но может повысить сорность полуфабрикатов.

Механические повреждения древесины инструментами и механизмами при заготовке, сортировке, погрузке и разгрузке (обдир коры, запил, скол пропила, заруб, отщеп, скол, вырыв, багорные наколы) в балансах не нормируются.

2.1.7. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

2.1.7.1. Плотность древесины

Плотность древесины – это физическая величина, определяемая массой древесины в единице объема. Плотность древесины прямо пропорциональна массе и обратно пропорциональна объему и выражается следующей формулой

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (2.1)$$

где m и V – соответственно масса и объем образца древесины.

Единицей плотности в международной системе единиц измерения СИ является килограмм на кубический метр ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Температура не оказывает существенного влияния на плотность древесины, поэтому в практических расчетах ее не учитывают.

Различают три вида плотности древесины:

- плотность цельной древесины;
- плотность твердой фракции древесины, или плотность упаковки клеточных стенок;
- плотность древесинного вещества.

Плотность древесинного вещества – это плотность вещества клеточных оболочек, когда в объем не включаются никакие поровые пространства. Численно для любых древесных пород она равна 1540 кг/м^3 при определении плотности в воде.

Плотность клеточных стенок – это плотность древесины, когда в объем помимо объема древесного вещества включается объем микрокапилляров клеточных оболочек. Для различных древесных пород плотность клеточных стенок имеет неодинаковое значение.

Плотность цельной древесины – плотность, обычно определяемая на практике. Численное выражение плотности показывает, какое количество древесины (вместе с водой) содержится в единице ее объема при данной влажности. При обозначении плотности цельной древесины « ρ » в индексе указывают влажность, при которой измеряют плотность. Влажность древесины изменяется в больших пределах, а с изменением влажности меняется масса древесины. Кроме того при изменении влажности древесины от 0 до 30% меняется ее объем, поэтому один и тот же образец древесины может иметь большое количество значений плотности.

Используемая в ЦБП балансовая древесина, как правило, имеет влажность выше 30%, т.е. находится в максимально набухшем состоянии. Для характеристики ее плотности определяют содержание абсолютно сухой древесины в единице объема образца, взятого при влажности выше точки насыщения волокон. Данную плотность древесины называют базисной (раньше называли условной плотностью древесины) и ее величину рассчитывают по формуле

$$\rho_{\text{баз}} = \frac{m_{\text{абс.с}}}{V_{\text{max}}}, \text{ кг/м}^3, \quad (2.2)$$

где $m_{\text{абс.с}}$ – масса абсолютно сухого вещества в объеме влажной древесины V_{max} .

Например, если у древесины сосновых балансов $\rho_{\text{баз}} = 390 \text{ кг/м}^3$, то это означает, что в 1 м^3 поставленных балансов содержится 390 кг абсолютно сухого вещества.

Базисная плотность древесины не зависит от влажности и для образца древесины является однозначной величиной.

Базисная плотность имеет исключительное значение для характеристики перерабатываемой на волокнистые полуфабрикаты древесины, так как ее величина определяет расход древесины в объемных единицах (м^3) на единицу вырабатываемой продукции, а, следовательно, и ее себестоимость. Кроме этого, по величине базисной плотности, намечаемой к переработке древесины, возможно прогнозировать свойства продукции, так как плотность древесины является отражением определенных характеристик волокон и, прежде всего, связана с количеством в древесине толстостенных клеток.

Существует несколько способов определения базисной плотности древесины [4, 5]:

- способ вытеснения воды;
- способ вытеснения ртути;
- способ гидростатического взвешивания;
- способ измерения выталкивающей силы образцов, погруженных в жидкость;
- пикнометрический способ;
- способ максимальной влажности.

Наиболее простыми и достаточно точными являются способы, связанные с измерением вытесненной воды.

Перед определением объема образцы должны насыщаться водой до влажности не менее 130%. Высушиваться образец должен при $t = 103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ до постоянного веса. Отбор и необходимое количество образцов древесины балансов или технологической щепы для испытаний проводится по отраслевой нормативно-технической документации (Отраслевой стандарт. Балансы. Метод определения плотности древесины. ОСТ 81-119-79, Инструкция по нормированию расхода древесины в производстве целлюлозы и древесной массы. М.: Лесная промышленность, 1982).

Справочные данные по базисной плотности древесины балансов хвойных и лиственных пород в зависимости от их качества (первая и вторая категории), размера по диаметру и лесорастительных территорий приведены в табл. 2.5. и 2.6.

Таблица 2.5

Базисная плотность древесины балансов хвойных и лиственных пород I категории качества (1,2 сорт), кг/м³

Лесорастительный район	Группы балансов, диаметров, см				
	6...12	12...18	18...24	24...32	32...40
Береза пушистая					
Центрально-Карельский	518	503	498	500	—
Южно-Карельский	496	500	497	504	—
Верхневажский Вельско-Котласский	488	491	494	—	—
Коми-Центральный	506	508	507	494	—
Кировский-Южный	485	493	498	—	—
Прибалтийский-Южный	491	483	488	—	—
Красноярский. Юго-Восточный	470	492	490	480	—
Якутский	522	501	509	496	—
Иркутский-Центральный	505	486	488	490	502
Бурятский-Центральный	497	512	492	501	—
Ель обыкновенная					
Северо-Карельский	385	377	372	367	—
Центрально-Карельский	393	382	372	364	—
Южно-Карельский	388	375	365	364	—
Онего-Двинский	394	388	380	364	348
Верхневажский, Вельско-Котласский	382	374	373	—	—
Белозерско-Устюгский	395	383	366	363	348
Череповецко-Никольский	381	382	371	—	—
Ленинградский (Ленинградская обл., Новгородская обл., Псковская обл.)	381	372	371	—	373
Кировский-Северный	381	382	378	362	344
Кировский-Южный	370	375	389	391	356
Пермский-Северный	371	367	351	353	350
Пермский-Южный (Пермская обл., Свердловская обл. юго-западная часть)	369	367	366	358	346
Белорусский-Северный	386	387	393	—	—
Украинский, Верхне-Днестровский	367	366	364	365	—
Центральный-Северный (Калининская обл.)	393	386	391	—	—
Центральный Северо-Восточный (Костромская обл., Ярославская обл.)	363	376	386	—	—
Марийский (Респ. Марий Эл, Горьковская обл., Респ. Татарстан (сев-зап. часть), Чувашская Респ.)	378	376	377	—	—
Ель сибирская					
Коми Северный	382	382	374	357	340
Коми Центральный	390	386	375	363	—
Коми Южный	392	376	383	346	—
Свердловский (Свердловская обл. восточная часть, Тюменская обл. западная часть)	378	365	362	—	—
Красноярский Восточно-Центральный, Иркутская обл. (зап. часть)	388	365	354	338	338
Красноярский Юго-Восточный, Иркутская обл. (юго-зап. часть), Респ. Тува (сев. часть)	353	—	—	—	—
Якутский (центр. часть)	372	363	370	363	—
Иркутский (центр. часть)	380	369	—	361	345
Бурятский-Центральный, Читинская обл (центр. часть), Амурская обл. (зап. часть)	—	376	—	370	—

Продолжение табл. 25

Лесорастительный район	Группы балансов. диаметров, см				
	6...12	12...18	18...24	24...32	32...40
Лиственница даурская					
Красноярский Восточно-Центральный, Иркутская обл. (зап. часть)	456	472	482	482	505
Красноярский Юго-Восточный, Иркутская обл. (юго-зап. часть), Респ. Тува (сев. часть)	475	486	483	513	512
Тувинский, Иркутская обл. (южная часть), Респ. Бурятия (юго-зап. часть)	475	488	478	—	—
Якутский (центр. часть)	482	519	538	561	—
Иркутский (центр. часть)	477	467	484	479	483
Бурятский-Центральный, Читинская обл. (центр. часть), Амурская обл. (зап. часть)	477	472	494	491	—
Бурятский-Южный, Читинская обл. (южная часть)	438	449	488	469	526
Хабаровский-Бурейский, Амурская обл. (центр. и вост. часть)	459	518	503	509	526
Пихта сибирская					
Кировский-Южный, Респ. Удмуртия	330	330	—	—	—
Пермский-Северный	328	328	328	331	323
Пермский-Южный, Свердловская обл. (юго-западная часть)	332	328	330	333	—
Свердловский, Тюменская обл. (западная часть)	347	340	338	—	—
Красноярский Восточно-Центральный, Иркутская обл. (зап. часть)	348	322	305	—	—
Красноярский Юго-Восточный, Иркутская обл. (юго-зап. часть), Респ. Тува (сев. часть)	337	328	315	313	315
Якутский (центр. часть)	359	—	355	336	—
Иркутский (центр. часть)	356	332	327	337	334
Сосна кедровая сибирская					
Якутский	—	—	358	354	—
Сосна кедровая корейская					
Зона Байкало-Амурской магистрали (БАМ)	ср. 367				
Сосна обыкновенная					
Зона БАМ	ср. 342...430				
Лиственница сибирская					
Зона БАМ	ср. 454...570				
Лиственница даурская					
Зона БАМ	ср. 449...573				
Ель аянская					
Зона БАМ	ср. 370				
Сосна обыкновенная					
Мурманский	368	361	354	352	352
Северо-Карельский	386	387	371	375	362
Центрально-Карельский	386	386	370	359	367

Продолжение табл. 2.5

Лесорастительный район	Группы балансов, диаметров, см				
	6...12	12...18	18...24	24...32	32...40
Онего-Двинский	387	378	369	358	355
Верхневажский, Белозерско-Устюгский	420	411	400	390	376
Коми Северный	371	381	385	388	391
Коми-Центральный	–	385	382	–	–
Коми-Южный	388	378	369	358	–
Ленинградский (Ленинградская обл., Новгородская обл., Псковская обл.)	411	404	395	384	371
Кировский-Северный	408	400	391	380	367
Кировский-Южный, Респ. Удмуртия	405	396	386	375	368
Пермский-Северный	412	402	393	382	368
Пермский-Южный, Свердловская обл. (юго-западная часть)	416	404	396	387	373
Центральный-Северный (Калининская обл.)	416	407	398	387	376
Центральный Северо-Восточный (Костромская обл., Ярославская обл.)	424	415	406	394	382
Марийский (Горьковская обл., Респ. Татарстан, Респ. Чувашия)	367	369	380	–	–
Свердловский, Тюменская обл. (западная часть)	361	374	370	–	–
Красноярский Восточно-Центральный, Иркутская обл. (зап. часть)	376	366	383	388	–
Красноярский Юго-Восточный, Иркутская обл. (юго-зап. часть), Респ. Тува (сев. часть)	355	365	362	364	–
Тувинский, Иркутская обл. (южная часть), Респ. Бурятия (юго-зап. часть)	346	355	354	361	–
Якутский (центр. часть)	379	394	394	413	–
Иркутский (центр. часть)	357	355	368	352	–
Бурятский-Центральный, Читинская обл. (центр. часть), Амурская обл. (зап. часть)	370	385	394	400	–
Бурятский-Южный, Читинская обл. (южная часть)	357	376	382	390	394
Хабаровский-Бурятский, Амурская обл. (центр. и вост. часть)	354	374	378	377	–
О с и н а					
Центрально-Карельский	375	372	377	377	–
Южно-Карельский	379	389	388	–	–
Верхневажский, Вельско-Котласский	374	373	374	379	–
Коми-Центральный	370	362	368	364	364
Ленинградский (Ленинградская обл., Новгородская обл., Псковская обл.)	365	367	363	362	386
Пермский-Северный	369	360	360	360	–
Украинский Верхне-Днестровский	410	402	414	–	–
Марийский, Горьковская обл., Респ. Татарстан, (сев.-зап. часть), Респ. Чувашия	361	372	379	–	–
Свердловский, Тюменская обл. (западная часть)	388	384	–	–	–
Красноярский Восточно-Центральный, Иркутская обл. (зап. часть)	–	350	347	339	–
Красноярский Юго-Восточный, Иркутская обл. (юго-зап. часть), Респ. Тува (сев. часть)	379	372	362	390	417
Якутский (центр. часть)	343	369	367	–	–
Иркутский (центр. часть)	368	364	355	358	–

Окончание табл. 2.5

Лесорастительный район	Группы балансов, диаметров, см				
	6...12	12...18	18...24	24...32	32...40
Ольха черная					
Украинский, Верхне-Днестровский	448	448	450	—	—
Бук лесной					
				ср. 580	
Граб обыкновенный					
				ср. 616...643	

Таблица 2.6

Базисная плотность древесины балансов хвойных и лиственных пород II категории (3 сорт), пораженных гнилью, кг/м³

Лесорастительный район	Группа балансов диаметром, см			
	6...12	12...24	24...32	32...40
Береза пушистая, плакучая				
Центрально-Карельский	449	449	—	—
Южно-Карельский	485	485	464	—
Верхневажский, Вельско-Котласский	462	462	—	—
Коми-Центральный	484	484	502	503
Иркутский (центр. часть)	466	485	435	446
Бурятский-Южный, Читинская обл. (южная часть)	—	—	490	475
Ель обыкновенная				
Северо-Карельский	—	—	343	324
Центрально-Карельский	—	—	348	340
Южно-Карельский	—	—	349	330
Онего-Двинский	—	368	345	331
Верхневажский, Белозерско-Устюгский	—	—	354	338
Ленинградский (Ленинградская обл., Новгородская обл., Псковская обл.)	—	—	370	351
Кировский-Северный	—	—	357	339
Кировский-Южный	—	—	379	344
Пермский-Северный	—	—	335	318
Пермский-Южный, Свердловская обл. (юго-западная часть)	—	—	347	328
Центральный-Северный (Калининская обл.)	—	378	353	334
Ель сибирская				
Коми-Северный	—	358	334	315
Коми-Центральный	358	358	—	337
Коми-Южный	—	—	337	318
Иркутский	—	—	348	347
Лиственница даурская				
Иркутский	—	—	456	476
Пихта сибирская				
Иркутский	—	—	319	312
Сосна обыкновенная				
Мурманский	348	335	320	311

Окончание табл. 2.6

Лесорастительный район	Группа балансов диаметром, см			
	6...12	12...24	24...32	32...40
Северо-Карельский	358	356	346	338
Южно-Карельский	348	348	342	340
Онего-Двинский	–	–	352	339
Верхневажский, Белозерско-Устюгский	–	–	368	356
Коми-Северный	–	369	353	342
Коми-Центральный	355	355	357	–
Коми-Южный	–	366	351	338
Ленинградский (Ленинградская обл., Новгородская обл., Псковская обл.)	333	320	304	–
Кировский-Северный	375	362	346	334
Кировский-Южный	–	371	363	351
Пермский-Северный	–	–	367	355
Пермский-Южный Свердловская обл, (юго-западная часть)	354	341	326	314
Центральный-Северный (Калининская обл.)	–	378	363	350
Центральный Северо-Восточный (Костромская обл., Ярославская обл.)	–	383	368	356
Красноярский, Восточно-Центральный, Иркутская обл. (зап. часть)	–	383	368	356
Иркутский	–	–	348	347
Бурятский-Южный	–	353	355	361
О с и н а				
Центрально-Карельский	334	334	317	320
Южно-Карельский	335	335	308	308
Верхневажский, Вельско-Котласский	336	336	349	–
Коми-Центральный	362	362	359	–
Иркутский	358	314	329	347

2.1.7.2 Влажность древесины

Вода составляет свыше 50% общей массы дерева. В древесине ствола она распределена неравномерно и ее количество не постоянно в течение года. Минимальное количество влаги в древесине содержится в конце летнего сезона, а максимальное количество в весенний период.

Количественно влажность выражается отношением массы воды, содержащейся в древесине, к массе древесины в процентах. Если массу воды, находящейся в древесине, относят к массе влажной древесины, то получают относительную влажность W_o :

$$W_o = \frac{m - m_o}{m} \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

где m – масса влажной древесины, г;

m_o – масса древесины в абсолютно сухом состоянии, г.

Если массу воды, содержащейся в древесине, относят к массе древесины в абсолютно сухом состоянии, то получают абсолютную влажность W_a :

$$W_a = \frac{m - m_o}{m_o} \cdot 100\%. \quad (2.4)$$

В древесине вода находится в полостях клеток и межклеточных пространствах – так называемая свободная или капиллярная вода, и в клеточных стенках в промежутках между микрофибриллами и внутри их – так

называемая гигроскопическая влага. Незначительное количество воды (около 0,5%) входит в состав химических веществ древесины.

Состояние древесины, при котором в ней отсутствует свободная влага, а гигроскопическая влага находится в клеточных стенках в максимальном количестве, называется пределом гигроскопичности, или точкой насыщения клеточных оболочек.

Влажность свободной от экстрактивных веществ древесины при пределе гигроскопичности мало зависит от породы древесины и в среднем принимается при комнатной температуре 20 °С равной 30% (абсолютная влажность).

Свободная влага имеет с древесиной только физико-механическую связь и поэтому она удаляется из древесины относительно легко и не оказывает заметного влияния на ее свойства. Гигроскопическая влага покрывает поверхность микрофибрилл и образует прослойки в микрофибриллярных промежутках. Она связана с древесным веществом физико-химическими силами. Она удаляется из древесины значительно труднее и существенно влияет на большинство ее свойств.

Для определения содержания в древесине влаги применяют различные методы:

- высушивание в различных условиях;
- отгонка воды с неполярными органическими растворителями;
- титрование реактивом Фишера;
- электрометрический метод.

От правильного определения содержания влаги зависит точность всех химических анализов и результатов различных операций с древесиной.

2.1.7.3. Усушка и разбухание древесины

Способность древесины при высыхании сокращать свои размеры носит название усушки. Усушка древесины начинается после испарения всей свободной влаги с момента начала испарения гигроскопической (связанной) влаги, то есть при влажности древесины меньше влажности, соответствующей пределу гигроскопичности (меньше 30%).

Усушка древесины в различных направлениях (вдоль волокон, в радиальном, в тангенциальном) неодинакова.

Полная усушка древесины (при изменении влажности от предела гигроскопичности до абсолютно сухого состояния) составляет:

- вдоль волокон 0,1...0,3%;
- в радиальном направлении 3...5%;
- в тангенциальном направлении 6...10%.

Объемная усушка в среднем равна 12...15%.

Разбухание древесины представляет собой явление обратное усушке и состоит в увеличении размеров древесины при ее увлажнении от абсолютно сухого состояния до предела гигроскопичности (до влажности 30%).

Как и усушка, разбухание неодинаково в разных направлениях: наибольшее – в тангенциальном направлении (6...13%) и наименьшее – вдоль волокон (0,1...0,8%).

Увеличение размеров древесины при ее увлажнении происходит за счет раздвижки микрофибрилл в клеточных стенках. Вода, проникая в клеточные оболочки за счет адсорбции и капиллярной конденсации, разрывает водородные связи между гидроксильными группами смежных молекул и этим разрыхляет структуру волокна. В результате у древесины изменяются физические, химические и механические свойства.

2.1.7.4. Проницаемость древесины

Проницаемость древесины является характеристикой эффективного сечения ее проводящей системы, лимитирующей прохождение жидкостей и газов. За практическую единицу принимают коэффициент проницаемости, выраженный в дарси (д). Дарси, как единица проницаемости, выражает проницаемость пористой среды, пропускающей 1 см³/сек жидкости, при площади фильтрации 1 см², толщине слоя 1 см, абсолютной вязкости жидкости $\eta=0,01$ г/см·сек (сантипуаз) и потере давления 1 кг/см².

Проницаемость древесины, как коллоидно-капиллярно-пористого тела, будет зависеть от количества, формы, размеров и состояния анатомических элементов, выполняющих водопроводящие функции, а также от степени проходимости перфораций и пор, соединяющих отдельные клетки в единую проводящую систему древесины.

Оценку проницаемости древесины проводят путем фильтрации через нее воздуха, хотя при приложении законов течения флюида в древесине наибольший интерес представляют исследования движения жидкости. Однако при определении проницаемости древесины путем фильтрации жидкости возникают дополнительные эффекты – разбухание образца, сопротивление пузырьков воздуха, что затрудняет получение действительных характеристик проницаемости древесины.

Наибольшая проницаемость у древесины имеет место в продольном направлении ствола вдоль волокон в заболони:

береза – 26д, бук – 23д, дуб – 31д, сосна – 30д, кедр – 24д, пихта – 0,9д, ель – 0,6д.

Проницаемость ядровой и спелой древесины значительно меньше, чем у заболонной:

дуб (ядро) – 0,15д, сосна – 1,9д, кедр – 0,3д, пихта – 0,045д, ель – 0,003д, ложное ядро бука – 0,26д.

Очень малая проницаемость ядра спелой древесины хвойных пород объясняется расположением торусов в окаймленных порах, большая часть которых смещена к стенкам и перекрывает таким образом каналы между концами отдельных трахеид.

Изменение проницаемости древесины ядра у лиственных пород является следствием вставания в сосуды выростов паренхимных клеток (тилл). Понижение проницаемости древесины ложного ядра является результатом накопления в сосудах, так называемых ядровых веществ, как правило, бурого цвета.

Проницаемость древесины в радиальном и тангенциальном направлениях (табл. 2.7) ничтожно мала по сравнению с торцевой проницаемостью, т.е. проницаемостью вдоль волокон.

Таблица 2.7

Значение коэффициента проницаемости в радиальном и тангенциальном направлениях

Порода	Коэффициент проницаемости, дарси $\times 10^4$	
	радиальное	тангенциальное
Береза	15,8	2,9
Бук	12,7/1,7	2,2/0,4
Дуб	18,0/1,4	3,5/0,29
Сосна	21,0/3,6	3,7/0,8
Ель	0,8/0,01	0,08/0,001
Пихта	0,8/0,15	0,13/0,02

Примечание В числителе – значение для заболони, в знаменателе – для ядра.

В пределах годичного кольца проницаемость ранней и поздней древесины у хвойных пород существенно отличается. В древесине заболони и ядра сосны проницаемость у позднего слоя трахеид вдоль волокон больше, чем у раннего слоя трахеид, соответственно в 5,5 и 7,6 раза. Данное явление объясняется особенностями анатомического строения древесины хвойных пород. В поздней древесине по сравнению с ранней значительно больше смоляных ходов, а количество закрытых окаймленных пор больше в ранних трахеидах. Окаймленные поры располагаются на концевых стенках трахеид, что обеспечивает связь между цепочками смежных трахеид вдоль ствола. При закрытии каналов окаймленных пор торусами сообщение между трахеидами прекращается и проницаемость древесины уменьшается.

2.1.7.5. Проводимость древесины

Проводимость древесины – это способность древесины проводить те или иные жидкости и газы при определенных условиях протекания процесса фильтрации. Проводимость древесины характеризуется коэффициентом фильтрации, имеющем размерность скорости.

Проводимость не является постоянной характеристикой фильтрационных свойств древесины. Она зависит от внутренних и внешних условий среды – количества свободной и связанной влаги, приложенного давления, количества воздуха, находящегося в полостях клеток, от вязкости и температуры флюида. При равных условиях проводимость древесины находится в прямой зависимости от ее проницаемости.

Различают три формы проводимости древесины: диффузионная, капиллярная и под действием гидростатического давления. Процесс пропитки технологической щепы варочными растворами является комбинацией всех трех форм проводимости древесины. Степень участия каждой формы проводимости в процессе пропитки щепы зависит, кроме определяющих характеристик проницаемости древесины, от условий осуществления данного процесса.

Для спелой и ядровой древесины всех пород, а также заболонной древесины ели и пихты во всех случаях преобладающее значение имеет диффузионная пропитка вследствие малой проницаемости древесины.

2.1.8 ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСИНЫ СТВОЛА

Оболочка клеток всех древесных растений состоит из макромолекулярных компонентов целлюлозы, полиоз (гемицеллюлозы) и лигнина. Клетки древесины содержат также низкомолекулярные компоненты – экстрактивные и минеральные вещества. Их природа и количество в древесине зависят от ботанического вида дерева и условий его роста.

Чтобы иметь правильное общее представление об изменчивости химического состава оболочек древесных клеток, необходимо анализировать древесину различных древесных пород, свободную от экстрактивных веществ и сформированную камбием, находящимся на одной стадии онтогенеза, т.е. имеющим одинаковый физиологический возраст.

При соблюдении данных условий отбора и подготовки образцов древесины для анализов установлено:

– содержание основных компонентов (целлюлозы, пентозанов и лигнина) в оболочке клеток хвойных и лиственных пород определено их генотипом и в нормальной (не патологической) древесине не зависит от условий их формирования;

– изменение содержания основных компонентов в оболочке клеток является следствием онтогенеза клеток камбия, т.е. следствием увеличения их возраста;

– с увеличением возраста камбия в оболочке клеток синтезируется больше целлюлозы и меньше гемицеллюлоз, содержание лигнина не изменяется;

– изменение содержания компонентов в клеточной оболочке происходит до определенного возраста камбия: у старых деревьев в периферийных годичных слоях формируется древесина с пониженным содержанием целлюлозы;

– различие в химическом составе образцов древесины является следствием различия физиологического возраста годичных слоев и их представленности (объем) в образце;

– вследствие разновозрастности годичных слоев и различного их объема в стволе дерева содержание целлюлозы в древесине увеличивается, а содержание гемицеллюлоз уменьшается в направлении от центра к периферии ствола. По высоте ствола в древесине целого поперечного сечения содержание целлюлозы уменьшается, а гемицеллюлоз увеличивается. Данная закономерность в синтезе основных компонентов в оболочке клеток наблюдается до начала старения камбия.

Химический состав балансов хвойных и лиственных пород представлен в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Химический состав балансов, % от массы абсолютно сухой древесины

Порода древесины	Целлюлоза	Пентозаны	Лигнин	Вещества, растворимые в горячей воде	Экстрактивные вещества, растворимые в органических растворителях	Зола
Сосна обыкновенная	52,00	8,00	28,00	1,10	4,00...6,00	0,28
Ель европейская	52,50	8,00	28,00	1,60	1,70...3,00	0,30
Пихта сахалинская	49,00	8,40	29,70	5,80	2,50...3,50	0,60
Пихта сибирская	51,00	8,00	29,00	–	2,70...3,50	0,43
Ель сибирская	52,00	7,00	28,50	–	2,10...3,50	0,32
Ель аянская	47,20	8,70	28,50	3,90	2,70...4,00	0,80
Сосна кедровая сибирская	50,00	9,20	28,00	–	4,00...06,00	0,26
Сосна кедровая корейская	52,00	6,00	28,00	5,90	4,00...6,40	0,20
Лиственница сибирская	48,20	8,10	27,00	9,00	2,00...3,50	0,33
Лиственница даурская	45,50	7,40	27,30	12,00	3,00...4,20	0,30
Береза	50,00	25,00	19,50	1,80	2,70...3,70	0,35
Осина	52,00	22,00	19,00	2,50	3,00...5,00	0,50

Древесина хвойных пород отличается от древесины лиственных пород повышенным содержанием лигнина и пониженным содержанием гемицеллюлоз, а также их составом.

Лигнин хвойных пород состоит из гваяцилпропановых единиц. Содержание метоксидов в нем составляет 15...16%. Лигнин лиственных пород состоит как из гваяцилпропановых, так и сирингилпропановых единиц. Содержание метоксидов в лигнине лиственных пород составляет 17...22%.

В углеводной части отличие имеет место в содержании маннана и ксилана. Содержание маннана в хвойной древесине составляет 10...15%, а в лиственной древесине не более 2%. Ксилана же в лиственной древесине содержится 12...20%, а в хвойной древесине его количество редко бывает больше 10% [6].

Сосновая древесина от рубок ухода и отходов лесозаготовок по химическому составу незначительно отличается от древесины балансов. В древесине же ветвей содержится значительно меньше целлюлозы и больше пентозанов и лигнина (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Химический состав щепы, приготовленной из сосновой древесины от рубок ухода, отходов лесозаготовок и балансов

Компоненты древесины	Щепа из древесины от рубок ухода	Щепа из отходов лесозаготовок		Щепа из балансов
		вершины	ветви	
Целлюлоза	51,5	52,0	44,0	52,5
Пентозаны	9,0	8,8	10,5	8,0
Лигнин	28,0	28,0	32,0	28,0
Вещества, растворимые в горячей воде	1,2	1,1	2,5	1,1
Экстрактивные вещества, растворяющиеся в:				
– дихлорэтаноле	2,5	3,5	3,2	4,0
– ацетоне	0,3	0,3	0,3	0,2
Общее количество	2,8	3,8	3,5	4,2
Зола	0,3	0,3	0,4	0,3

Химический состав древесины березы, заготовленной в процессе рубок ухода, также незначительно отличается от химического состава древесины балансов. Содержание целлюлозы в ней составляет, в среднем, 49%, пентозанов – 26%; лигнина – 20,0%; экстрактивных веществ – 2,4%.

2.1.9. ЭКСТРАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ДРЕВЕСИНЫ

В древесине хвойных и лиственных пород содержание экстрактивных веществ обычно составляет несколько процентов, но они оказывают существенное влияние на процесс получения, качество готовой продукции и экономику производства волокнистых полуфабрикатов.

Экстрактивные вещества включают: жирные и смоляные кислоты, жиры, воска, стерины, эфирные масла, углеводы, фенолы, алкалоиды, протеины, соли органических кислот.

Количество экстрагируемых веществ и их состав зависят от породы древесины, места расположения образца в стволе дерева, сезона года заготовки, способа доставки и продолжительности хранения балансов или технологической щепы, а также от вида использованного растворителя и условий экстракции.

В стволах березы, ели и осины содержание экстрактивных веществ в древесине, растворимых в органических растворителях, увеличивается на поперечном сечении ствола от периферии к центру, а по высоте ствола – от комля к вершине (табл. 2.10).

У ядровых древесных пород (сосна, сосна кедровая, лиственница) распределение экстрактивных веществ по стволу дерева более сложное. На поперечном сечении ствола количество их в ядровой древесине увеличивается от центра к периферии, а в заболонной древесине экстрактивных веществ больше во внутренних слоях.

По высоте ствола содержание экстрактивных веществ в ядровой древесине уменьшается в направлении от комля к вершине, а в заболонной – увеличивается.

Качественный состав смолы в заболонной и ядровой древесине различен (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Состав смолы древесины сосны, % от массы экстракта, извлекаемого эфиром

Наименование компонентов	Ядро	Заболонь
Смоляные кислоты	45...63	10...20
Жирные кислоты	20.. 35	45...65
Эфиры жирных кислот	8...12	10...25
Неомыляемые вещества	7...12	8...20

У лиственницы древесина ядра отличается от древесины заболони высоким содержанием водорастворимого полисахарида арабиалактана, количество которого составляет 10...20%.

Экстрактивные вещества лиственной древесины отличаются от экстрактивных веществ хвойных пород, в основном, отсутствием в их составе смоляных кислот.

Экстракты из березовой древесины по сравнению с экстрактами из осиновой древесины отличаются высоким содержанием неомыляемой фракции (30...40%) и низким количеством свободных жирных кислот (5...9%).

2.1 10 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ В КЛЕТочНОЙ ОБОЛОЧКЕ

У хвойных и лиственных пород целлюлоза в клеточной стенке, в основном, сосредоточена в среднем слое вторичной оболочки.

Концентрация лигнина в клеточной стенке уменьшается по направлению от наружных слоев к полости клетки. Наибольшее его относительное количество находится в сложной срединной пластинке (до 90%). В наружном слое вторичной оболочки содержание лигнина составляет до 60%, в среднем, самом мощном слое лигнина содержится 20...30%. Во внутреннем слое вторичной оболочки лигнина очень мало.

Гемицеллюлозы располагаются в клеточной стенке между микрофибриллами целлюлозы. Между молекулами гемицеллюлоз и целлюлозы не существует химических связей. Они связаны между собой водородными связями и силами Ван-дер-Ваальса.

Наибольшее количество гемицеллюлоз находится в сложной срединной пластинке и во внутреннем слое вторичной оболочки.

Экстрактивные вещества древесины расположены в клеточных стенках, внутри клеток и межклетниках (смоляных ходах). Терпены и смоляные кислоты находятся в смоляных ходах. Свободные жирные кислоты, жиры, воска, крахмал расположены внутри клеток.

В клеточных стенках находятся вещества фенольной природы и водорастворимые полисахариды.

Литература

1. Эзау К. Анатомия семенных растений. I т. М.: Мир, 1980. 218 с.
2. Вакин А.Т., Полубояринов О.И., Соловьев В.А. Альбом пороков древесины. М.: Лесная промышленность, 1969. 162 с.
3. Молотков Н.К., Мудрова И.П. Качество щепы – определенный фактор величины выхода целлюлозы. Сб. научных трудов ВНПОбумпром «Совершенствование технологии производства волокнистых полуфабрикатов». Л.: 1987. С.10–16.
4. Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесная промышленность, 1976. 106 с.
5. Полубояринов О.И. Древесиноведение. Таблицы. Формулы. Графики. СПб: ЛТА, 1997. 29 с.
6. Фенгель Д., Вегенер Г. Древесина. Химия, ультраструктура, реакции. М.: Лесная промышленность, 1988. 512 с.

2.2. НЕДРЕВЕСНЫЕ ВИДЫ СЫРЬЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

2 2 1 ТРОСТНИК

Урожай тростника на территории Российской Федерации составляет более 11 млн т в год. Заготовку тростника ведут в зимний период при полной зрелости стеблей, когда они становятся желтовато-соломенного цвета и в большей части освобождаются от листьев и метелок.

Срезанный и связанный в снопы тростник отвозится на суходольные участки и укладывается в конические кучи по 200...250 снопов или в штабеля-клетки по 1000...2000 снопов для естественной просушки. После просушки тростник перевозится на предприятия для переработки. В период уборки тростник имеет влажность 20...30%. При сушке в штабелях влажность его снижается до 15% и ниже.

Тростник, связанный в снопы, после просушки имеет насыпную плотность 50...70 кг/м³ и в таком виде неудобен для транспортировки. Поэтому перед транспортированием снопы тростника или увязывают в пучки весом 50...60 кг, которые собирают в крупные пакеты весом по 1000...1200 кг, или тростник прессуют в кипы весом по 60...80 кг. При прессовке тростника стебли сминаются, что впоследствии ухудшает качество получаемой сечки.

Подсушенный и упакованный тростник до отправки на предприятия хранится в скирдах, располагаемых на сухих местах. Длина скирды зависит от размеров площадки, ширина обычно равна 10...12 м, высота 8...10 м, разрывы между скирдами 8 м, а между группами из четырех скирд 20...25 м. Закладывают тростник в скирды только в сухую погоду.

Для транспортировки тростника к месту расположения скирд используется автотранспорт со специальными кузовами, а для скирдования – погрузчики с грейферными захватами.

Запас тростника на заводском складе рассчитывается на период прекращения подачи его от мест заготовки. Склады тростника создаются на открытых площадках с хорошим стоком воды. Вокруг складов строятся водоотводы. В скирды закладывают только сухой тростник влажностью не более 15%. Место под каждый штабель подсыпается на 30...40 см грунтом и покрывается старым сухим тростником.

В скирды укладывается только тростник, связанный в снопы или упакованный в кипы. При укладке снопов наружные слои их для придания прочности скирде укладываются крестообразно. Внутренняя часть скирды заполняется снопами, укладываемыми параллельно.

Скирды выкладывают высотой до 8 м и завершают двухскатным гребнем с углом до 45...60°. Скирду покрывают тростником, связанным в снопы весом по 10...12 кг. Ширина скирды 12...20 м, длина 50...70 м. Для укладки и разборки скирд используются погрузчики с грейферными захватами.

Влажность тростника, поступающего на переработку, не должна превышать 15%, так как при более высокой влажности затрудняется резка его и очистка сечки от пыли, листьев, метелок. Это затрудняет загрузку сечки в варочные аппараты и ухудшает качество получаемого волокнистого полуфабриката.

Перед подачей в производство тростник подвергается резке на сечку длиной 15...25 мм. Сечка должна быть по возможности однородной по длине и не должна содержать пыли, метелок, рубашек и длинных стеблей.

Несоблюдение этих требований отрицательно сказывается на качестве вырабатываемого из тростника волокнистого полуфабриката, уменьшает его выход и увеличивает расход химикатов. Крупные стебли в сечке ухудшают ее транспортные свойства, затрудняют выгрузку сечки из бункеров и питателей, снижают степень заполнения варочных котлов.

Вблизи цеха приготовления сечки обычно устраивается закрытый буферный склад, рассчитанный на двух-трех суточную потребность, для хранения запаса тростника на случай непогоды.

Резка тростника производится на специальных ножевых дисковых, реже барабанных, рубительных машинах, снабженных подающими механизмами ленточного или валкового типа. Качество приготовляемой этими машинами сечки, в основном, зависит от состояния тростника. Качественная сечка получается из тростника, заготовленного в виде снопов и подаваемого в машину ровным слоем при параллельном расположении стеблей. Данная сечка обычно содержит до 90% фракции длиной до 25 мм и более 25 мм – 8%. Пыль и мелочь составляет около 2%. При затуплении ножей фракционный состав сечки ухудшается, поэтому дисковые ножи необходимо менять и затачивать через 45...50 минут работы, а контрнож – через 8 часов.

После резки полученная сечка подвергается очистке. Целью очистки является отделение сечки от пыли, мелочи, минеральных и металлических примесей. Железные предметы удаляются из сечки при помощи электромагнитных сепараторов. Для очистки используют циклоны-отделители, сетчатые барабаны,

установленные в закрытых, находящихся под вакуумом, камерах. Мелкие частицы, рубашки, метелки и песок отделяются при помощи воздушных потоков.

Схема очистки сечки показана на рис. 2.13. Очистка сечки от пыли и песка по этой схеме осуществляется в отпылительной установке, состоящей из 2-х камер с заключенными в них сетчатыми барабанами и вентилятора.

Первый барабан имеет перфорированную поверхность с продолговатыми отверстиями размерами 1,5×15 и 3×25 мм, второй – с отверстиями диаметром 3 мм.

Внутри каждого барабана вращается спиральная мешалка, посредством которой сечка поддерживается во взвешенном состоянии и продвигается к выходному отверстию. К ребрам мешалки прикреплены щетки для очистки сит. Между стенками камер и сетчатыми барабанами имеются полости, через которые при помощи вентилятора отсасывается в циклон песок и мелочь. В циклон подается распыленная вода для полного улавливания пыли и мелочи и вывода их из циклона. Обеспыленная сечка поступает в вертикальный отпылитель, служащий для очистки сечки от листьев, рубашек и метелок при помощи струй воздуха. Отходы отдуваются в пыльную камеру, а сечка сыпается вниз на ленточный транспортер.

На рис. 2.14. показана вторая возможная схема очистки тростниковой сечки от нежелательных примесей.

Подготовленная к переработке сечка должна отвечать следующим требованиям.

Фракционный состав в %:

– сечка размером 6...25 мм не менее 85;

– сечка размером более 25 мм не более 10;

– сечка размером менее 6 мм не более 5;

– пыль не более 3.

В сечке не допускается наличие металлических предметов, песка и камней. Потери сечки при сортировании составляют 3...4%.

Для транспортировки сечки применяются ленточные и цепные конвейеры и пневматические транспортные установки высокого или низкого давления.

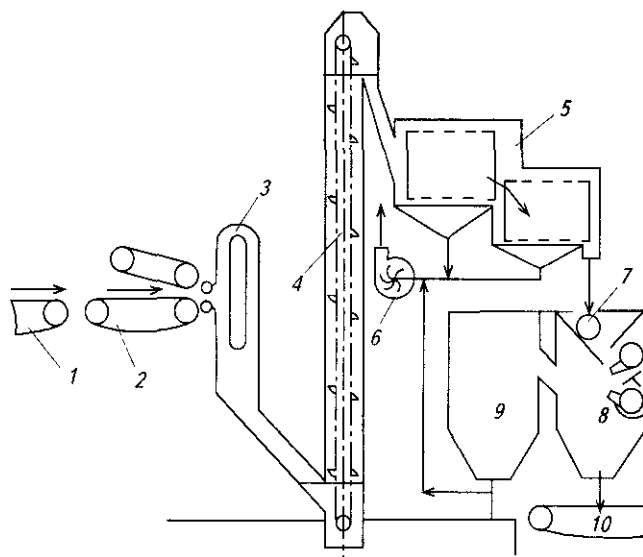


Рис. 2.13. Схема очистки сечки с применением отпыловочных барабанов:

- 1 – ленточный транспортер; 2 – питатель;
3 – тростникорезка (дисковая); 4 – элеватор;
5 – отпылительная установка; 6 – вентилятор для отсасывания пыли и мелочи; 7 – винтовой питатель (шнек);
8 – вертикальный отпылитель; 9 – пыльная камера;
10 – ленточный транспортер

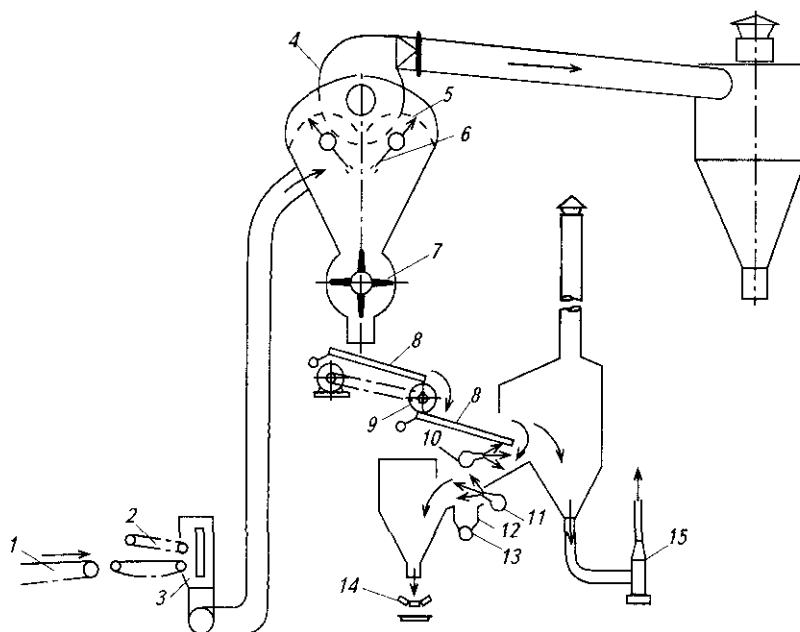


Рис. 2.14. Схема очистки сечки с применением отпыловочного циклона:

- 1 – ленточный транспортер; 2 – питатель; 3 – тростникорезка;
4 – вентилятор для отсоса пыли; 5 – сетка; 6 – вращающаяся щетка для очистки сеток; 7 – питатель; 8 – трясуны-дозаторы; 9 – магнитный сепаратор;
10 – вентилятор для отдува метелок, рубашек и т.п.;
11 – вентилятор для отдува сечки; 12 – ловушка для камней; 13 – шнек;
14 – ленточный транспортер; 15 – вентилятор

2.2.2 СОЛОМА РИСОВАЯ

2.2.2.1. Требования к сырью

Рисовая солома должна быть упакована в кипы прямоугольной формы и прочно обвязана влагопрочным шнуром или проволокой. Последний вариант хуже с позиции подготовки кип к измельчению и последующей резки соломы. Размеры кип должны обеспечивать свободный их проход в патрон соломорезки.

Влажность соломы в кипах не должна превышать 20%. При превышении этого предела:

- штабеля кип соломы быстро разогреваются и может произойти их самовозгорание;
- солома в кипах после 2...3-х месяцев хранения становится непригодной к переработке из-за микробиологической ее деструкции;
- нарушается нормальная работа соломорезки из-за налипания массы;
- прекращается отделение пыли из сечки из-за забивания сит.

2.2.2.2. Требования к процессу получения сечки из рисовой соломы

Рисовая солома должна быть измельчена на частицы длиной 20...60 мм, что обеспечит оптимальную ее пропитку варочными растворами, нормальный ход варки, беспрепятственное ее прохождение по транспортирующим линиям и отбор из бункеров. Более длинная сечка легко слеживается и трудно разрыхляется.

Рисовая солома, упакованная в кипы, содержит 30...50% примесей, таких как органическая и минеральная пыль, листья, кисти, узелки, зерна, мелкие (песок) и относительно крупные минеральные включения, которые должны быть удалены из сечки в процессе ее подготовки к варке.

При резке соломы часть ее выходит из соломорезки в виде «пучков». «Пучки» соломы должны быть выделены из сечки и измельчены.

Все металлические предметы из сечки должны быть удалены для предупреждения выхода из строя питателей и дозаторов. Металл часто попадает в сечку, особенно при обвязке кип проволокой.

Технология подготовки рисовой соломы к варке должна быть экологически чистой с точки зрения охраны окружающей среды, а применяемое оборудование должно максимально препятствовать попаданию пыли в помещения, где будет находиться обслуживающий персонал. Пыль рисовой соломы вызывает у людей силикоз.

2.2.2.3. Подготовка рисовой соломы к варке

На рис. 2.15. приведена принципиальная технологическая схема получения сечки из рисовой соломы, которая обеспечит выполнение всех требований к процессу ее подготовки к варке, изложенных в п. 2.2.2.2.

Переработка кип рисовой соломы в сечку происходит следующим образом.

Кипы подвозятся или транспортируются со склада на приемный стол 1, на котором с них удаляется проволоочная обвязка в случае ее применения. Удаление обвязки в виде влагопрочного неметаллического шнура не требуется. С приемного стола 1 кипы поступают на транспортер 2, подающий кипы в соломорезку 3. Соломорезка 3 может быть дисковая или барабанная с механизмом для принудительной подачи кип к режущим ножам. Так как стебли рисовой соломы в кипах уложены неориентированно, соломорезка 3 должна быть многолезцового типа. В этом случае будет обеспечено получение максимального количества сечки с оптимальными размерами по длине (20...60 мм). Использование многолезцовой машины для измельчения соломы обеспечит также меньший расход режущих ножей при аварийном их износе (рубка случайно оставшейся в кипах стальной проволоки). Из соломорезки 3 сечка поступает в металлоотделитель 4 для удаления кусков проволоки. Из металлоотделителя 4 через шлюзовый питатель 5 сечка равномерно поступает по пневмопроводу в циклон 7, оснащенный дозатором, уровнемерами, пылеотделительной сеткой и вращающейся щеткой, предназначенной для очистки отверстий у сетки. Равномерная подача сечки в циклон 7 обеспечивает эффективную работу его пылеотделительного устройства.

Пыль из циклона 7 отсасывается вентилятором 8, на входе которого в пылевоздушную смесь подается распыленная вода для лучшего осаждения пыли в циклоне 9.

Сечка из циклона 7 через дозатор равномерно поступает в конусный барабанный измельчитель 10. Во вращающемся барабанном измельчителе 10 сечка интенсивно перемешивается ротором с билами. В результате этого происходит отделение от стеблей сечки частиц приставшей к ним земли и влаги листьев, а также измельчение листьев и метелок и выделение из последних зерен. Образовавшаяся при этом пыль отсасывается через перфорированный корпус измельчителя вентилятором 8. Отверстия в корпусе барабанного измельчителя 10 очищаются массой интенсивно перемешиваемой сечки. Тяжелые мине-

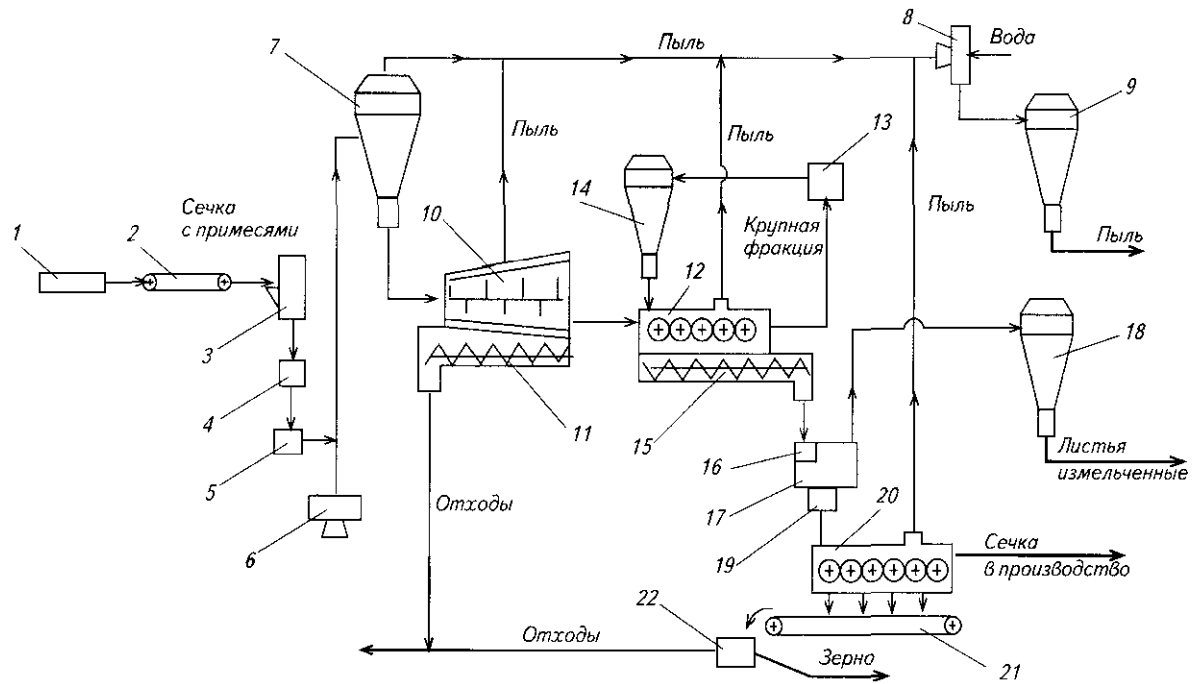


Рис 2 15 Схема приготовления сечки из рисовой соломы

1 – приемный стол, 2 – транспортер, 3 – соломорезка режущая, 4 – металлоотделитель, 5 – шлюзовый питатель, 6 – воздуходувка, 7 – циклон, 8 – вентилятор, 9 – циклон, 10 – барабанный измельчитель, 11 – шнек, 12 – сортировка валковая, 13 – дезинтегратор, 14 – циклон, 15 – шнек, 16 – барабанный питатель, 17 – пневмосепаратор, 18 – циклон, 19 – питатель, 20 – сортировка валковая, 21 – ленточный транспортер, 22 – ловушка для зерна

ральные частицы, прошедшие через отверстия в корпусе, оседают в нижней части кожуха барабанного измельчителя 10 и вносятся из-под него шнеком 11.

Из барабанного измельчителя 10 сечка с примесями поступает на валковую сортировку 12, на которой происходит отделение от сечки оставшихся в ней пучков соломы, длинных стеблей и листьев. Длинная фракция направляется в дезинтегратор 13, из которого после измельчения по пневмопроводу через циклон 14 вновь поступает на сортировку 12. Сортировка 12 закрыта сверху кожухом. Через отверстие в кожухе пыль отсасывается вентилятором 8.

Прошедшая через сортировку 12 короткая фракция (сечка с примесями) шнеком 15 направляется на барабанный питатель 16 пневмосепаратора 17.

Барабанный питатель 16 разбрасывает слой сечки, подаваемый в пневмосепаратор 17, в котором измельченные листья, влагища (трубки) и пыль отделяются от основной массы сечки и направляются в циклон 18. Сечка из пневмосепаратора 17 через питатель 19 подается на валковую сортировку 20, в которой подаваемый материал сортируется по длине. Сортировка 20 закрыта сверху кожухом. Через отверстие в кожухе отсасывается вентилятором 8 пыль.

Сечка сходит с поверхности сортировки 20 и направляется на производство или в бункер с «живым» дном для промежуточного хранения. Под сортировку 20 уходят: узелки, зерно, измельченные метелки, минеральные примеси. Данная проходная фракция направляется в отходы, но при наличии значительного количества зерна в кипах поставляемой соломы мелкая фракция направляется ленточным транспортером 21 в ловушку для зерна 22.

В результате осуществления технологической схемы и использования рекомендованного основного оборудования для подготовки рисовой соломы к переработке в производство будет направляться сечка только оптимальных размеров по длине, без пыли, зерен, металлических и минеральных примесей, с минимальным содержанием остатков листьев и узелков.

Использование пылеотсосов у каждой единицы оборудования предотвратит попадание пыли в окружающую среду даже при неполной герметизации желобов, пересыпных устройств и транспортных линий.

Выход товарной сечки определяется, в основном, количеством примесей в кипах соломы. В зависимости от степени ее загрязненности выход сечки может изменяться в пределах от 50 до 70% относительно массы переработанных кип

3. ПРИЕМ, ХРАНЕНИЕ И ПОДГОТОВКА ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

3.1. СПОСОБЫ ПОСТАВКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫМ ПРЕДПРИЯТИЯМ. РЕЖИМ ПОСТАВОК. ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

3.1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Древесное сырье (круглые лесоматериалы – длинник, коротье, хлысты¹⁾, щепы, опилки²⁾ для технологических нужд) доставляется на целлюлозно-бумажные предприятия по железной дороге, автотранспортом, водными видами транспорта (в судах и лесосплаве, в пучках и плотках), а также непрерывным транспортом (ленточными конвейерами, пневмотранспортом и пр.).

Поставка сырья по железной дороге осуществляется в течение круглого года (365 дней), автотранспортом – в зависимости от режима работы предприятий-поставщиков, как правило, в течение 250...300 дней в году (5...6 дней в неделю), в судах и сплаве – в течение навигационного периода на водных путях в районе расположения предприятий-поставщиков и предприятий-получателей – 120...200 дней в году. Средствами непрерывного транспорта сырье (в основном, технологическая щепа) подается на целлюлозно-бумажные предприятия с соседних лесоперерабатывающих предприятий в режиме функционирования этих предприятий.

Основными видами транспорта, используемыми для поставок древесного сырья целлюлозно-бумажным предприятиям, в настоящее время являются и будут в перспективе – железнодорожный и автомобильный. Объемы поставок лесных грузов по воде снижаются, особенно за счет сокращения объемов лесосплава.

Перевозка лесных грузов различными видами транспорта регламентируется ГОСТ 2292-88³⁾, ГОСТ, ОСТ и ТУ на древесное сырье, а также нормативными документами владельцев путей сообщения и подвижного состава. На железных дорогах России перевозки лесных грузов осуществляются в соответствии с требованиями «Устава железных дорог РФ», «Правил перевозок грузов», «Технических условий погрузки и крепления грузов» и ряда других документов, которые действуют на всей территории страны, на отдельных дорогах или участках дорог. Нормативные документы, по которым осуществляются перевозки лесных грузов другими видами транспорта, имеют всероссийский, региональный статус, либо распространяются на определенную территорию (например, на участок водного пути, пароходство и пр.).

Приемка и учет древесного сырья, поставляемого различными видами транспорта, осуществляется в соответствии со стандартами (ГОСТы и ОСТы) и техническими условиями на виды сырья (круглые лесоматериалы, щепа, опилки и др.), а также с учетом требований нормативных документов, перечисленных в п. 3.8.

3.1.2. ПОСТАВКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ ПО ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

3.1.2.1. Способы и средства перевозки древесного сырья по железной дороге

Перевозка круглых сортиментов по железной дороге осуществляется в универсальных полувагонах и на платформах, а также на специализированных платформах, в штабелях в непакетированном или пакетированном виде.

В целях лучшего использования грузоподъемности универсального подвижного состава перевозка длинномерных сортиментов производится в пределах прямоугольной и верхней суженной части обычного или зонального габарита погрузки (рис.3.1). Зональный габарит имеет более широкие очертания в верхней суженной части по сравнению с обычным габаритом погрузки. Зональный габарит может применяться на всей сети железных дорог за исключением отдельных участков, определяемых руководящими документами МПС.

Крепление штабелей производится с помощью стоек, устанавливаемых вдоль бортов полувагонов или платформ и связываемых между собой стандартными стяжками либо проволокой.

Для обеспечения безопасной перевозки короткомерных сортиментов, уложенных беспакетно выше уровня бортов, применяют обрешетку из досок либо оторцовку штабелей по периметру кузова вагона вертикально стоящими балансами.

Помимо беспакетных способов перевозки круглых лесоматериалов осуществляется перевозка леса в пакетах, в основном, с использованием полужестких многооборотных строп типа ПС-04 и ПС-05 по

¹⁾ Далее в тексте – круглый лес, круглые сортименты, балансы.

²⁾ Далее в тексте – щепа, технологическая щепа.

³⁾ ГОСТ 2292.88 Лесоматериалы круглые, маркировка, сортировка, транспортирование. Методы измерения и приемка.

ГОСТ 14.110-97. С их помощью формируются пакеты с прямоугольной формой поперечного сечения. Для формирования одного пакета в зависимости от длины сортиментов и типа строп ПС требуется от 2-х до 4-х полужестких строп. В полувагонах и на платформах пакеты укладываются в два яруса. Размеры пакетов регламентируются ГОСТ 16369-96.

Характеристики несущих полужестких строп и габариты пакетов, сформированных с их использованием, приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Характеристика несущих полужестких строп и сформированных с их использованием пакетов

Показатели	Тип полужестких строп	
	ПС-04	ПС-05М
Грузоподъемность одного строба, т	3	7,5
Масса строба, кг	16	26,3
Длина бревен в пакете, м	1...3	3...8
Объем пакета бревен, м ³	3...7	8...20
Ширина пакета, м	2,8	2,8 (2,5)
Высота пакета, м	1,6	1,6

Перевозки древесины осуществляются также в цилиндрических пакетах, в основном, в смешанном железнодорожно-водном сообщении (см. п. 3.1.4). Объемы таких перевозок незначительны.

Пакетная перевозка круглого леса имеет ряд преимуществ по сравнению с беспакетными способами перевозки. Основными из них являются: сокращение потребности в подвижном составе за счет улучшения использования его грузоподъемности и сокращение простоя транспортных средств под грузовыми операциями, особенно, при погрузке и выгрузке коротья.

К недостаткам пакетов следует отнести сравнительную сложность их формирования и разборки, трудности с подготовкой многооборотных строп у поставщиков, а также – с их сбором, ремонтом и возвратом владельцу у потребителя. При перевозке пакетированного коротья в свободную от пакетов часть кузова полувагонов коротье закладывается россыпью (так называемая забивка), загрузка и разгрузка которого трудоемка и ведет к увеличению времени простоя вагонов на грузовых операциях.

Универсальные полувагоны и платформы, имеющие грузоподъемность 63...70 т и небольшой для такого относительно легкого груза, каким является древесина, погрузочный объем, при низком уровне использования грузоподъемности (55...75%) требуют для погрузки значительное количество оборотного и разового реквизита (стойки, доски, проволоку, стяжки и др.). Для исключения этих недостатков, а также для снижения трудозатрат на погрузочно-разгрузочных работах широко используются переоборудованные универсальные платформы и специализированные платформы, включаемые в состав поездов «вертушек» (рис. 3.2). Круглые сортименты и хлысты, уложенные в штабели, могут перевозиться в них без применения реквизита.

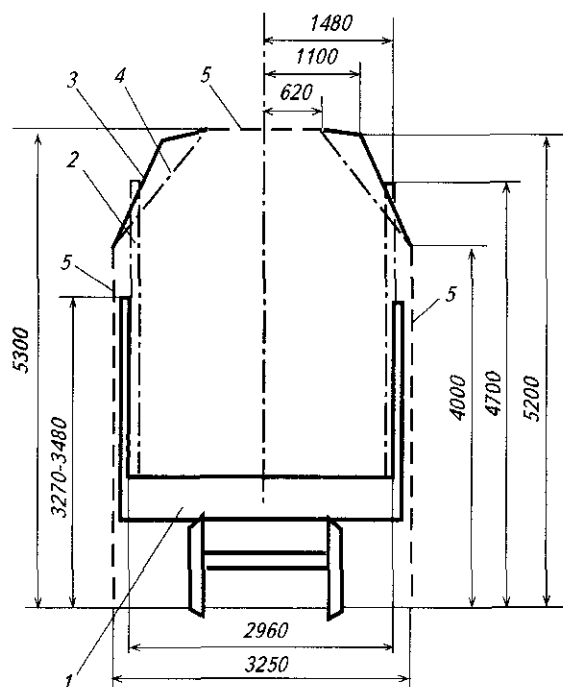


Рис 3 1 Очертания обычного и зонального габарита погрузки

1 – полувагон; 2 – ограждающая стойка, 3 – очертание суженой части зонального габарита; 4 – очертание суженой части обычного габарита, 5 – очертание совпадающих верхней горизонтальной и боковых вертикальных частей обычного и зонального габаритов погрузки

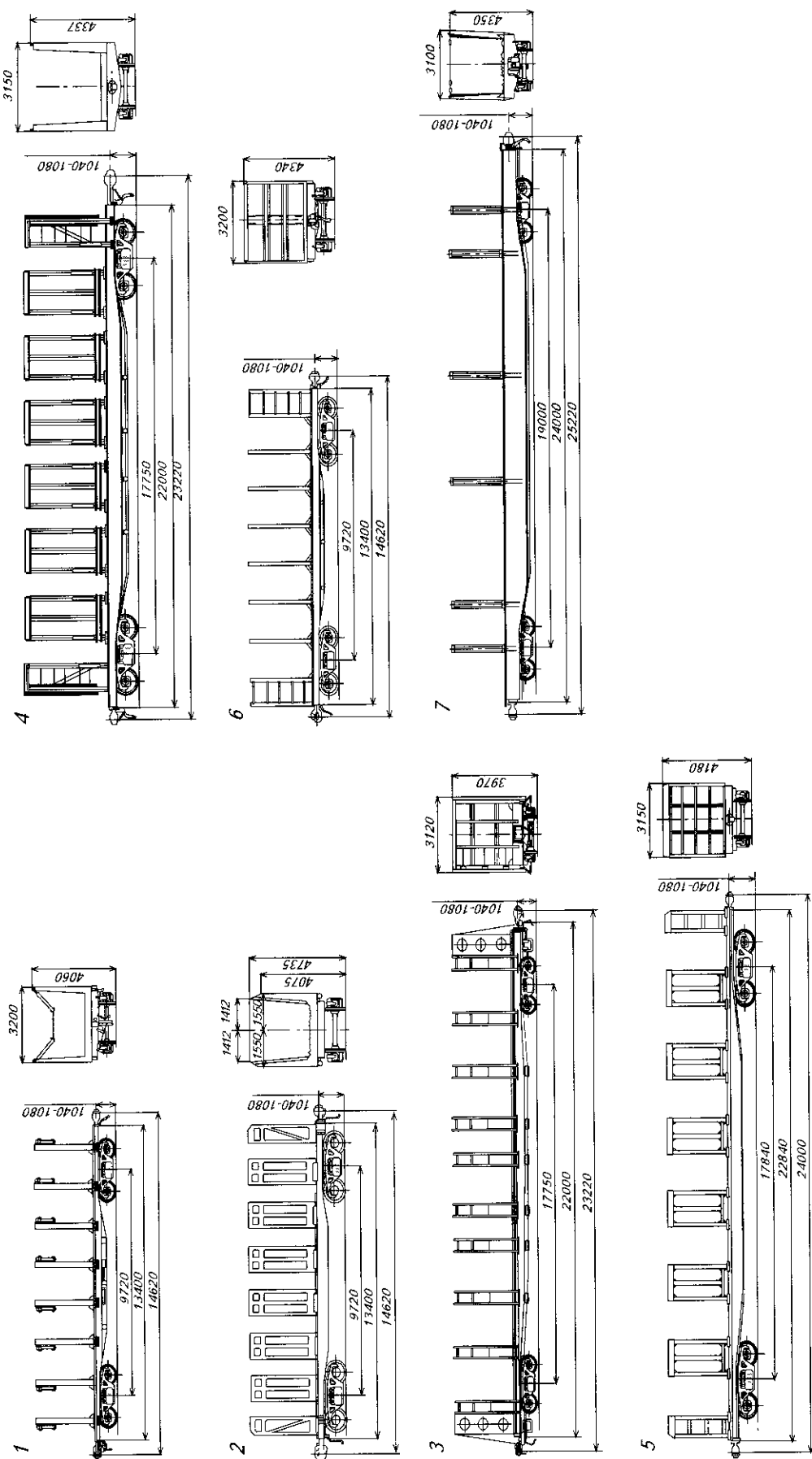


Рис. 3.2. Переоборудованные универсальные и специализированные платформы для перевозки круглых лесоматериалов:

- 1 – универсальная платформа с оборудованием ВО-118; 2 – универсальная платформа с оборудованием ВО-162;
- 3 – специплатформа 23-4000; 4 – специплатформа 23-4028; 5 – специплатформа 23-925; 6 – специплатформа 23-4064;
- 7 – специплатформа 23-469

Для переоборудования универсальных четырехосных платформ используется оборудование ВО 118 и ВО 162. Комплект оборудования ВО 118 представляет собой восемь U-образных рам, закрепляемых стационарно болтами к лесным скобам рамы платформы. Каждая рама снабжена комплектом неснимаемых цепных стяжек для закрепления лесоматериалов, размещаемых в суженной части габарита погрузки. Борты платформы перед установкой лесовозного оборудования демонтируются.

Комплект оборудования ВО 118 предназначен для использования на всей сети железных дорог и обеспечивает загрузку круглых лесоматериалов в пределах обычного габарита погрузки. В целях повышения статнагрузки и сокращения трудозатрат при выполнении погрузочно-разгрузочных работ за счет упрощения формирования суженной части габарита погрузки на части сети дорог, где допускается использование зонального габарита, применяется комплект оборудования ВО 118А.

Комплект оборудования ВО 162 состоит из двух торцевых стенок корытообразной формы, жестко закрепляемых на раме платформы, и 6 съемных пространственных U-образных секций, фиксируемых на раме платформы специальными устройствами. Необходимость установки торцевых стенок и количество устанавливаемых съемных секций зависит от длины бревен, перевозимых данным рейсом в платформе. При необходимости, в короткие сроки (до 90 мин) осуществляется их установка или снятие, либо перестановка торцевых и промежуточных секций. Увязки перевозимых лесоматериалов не требуется.

Объемность секций и стенок обеспечивает закрепление (зажим) штабеля лесоматериалов по концам, оставляя его среднюю часть свободной для введения грузозахватных органов грузоподъемных машин. Торцевые стенки можно снимать при перевозке лесоматериалов длиной 4,5 м и более.

Четырехосная длиннобазная специализированная платформа модели 23-4000 имеет раму с торцевыми стенками и с десятью парами жестко закрепленных на ней вертикальных стоек. Платформа предназначена для перевозки сортиментов и хлыстов без их увязки.

Четырехосная длиннобазная специализированная платформа модели 23-925 предназначена для перевозки сортиментов и хлыстов без их увязки. Платформа оборудована торцевыми стенками с выдвижными щитами и съемными переставными пространственными секциями, закрепляемыми на раме фиксаторами. Количество используемых съемных секций, место их установки и необходимость установки выдвижного щита торцевых секций определяется длиной перевозимых лесоматериалов.

Аналогичную конструкцию имеет спецплатформа модели 23-4028, предназначенная для перевозки сортиментов и хлыстов. Платформа может эксплуатироваться с торцевыми секциями-стенками и без них и с тремя – шестью переставными промежуточными секциями.

Грузоподъемность и масса платформ с оборудованием ВО 162 и спецплатформ моделей 23-925 и 23-4028 зависит от количества установленных на них промежуточных секций и наличия торцевых секций.

Четырехосная спецплатформа модели 23-4064 предназначена для перевозки сортиментов и хлыстов без их увязки. На раме платформы установлены торцевые стенки и восемь жестко закрепленных пар стоек, из которых крайние стойки соединены с торцевыми стенками. Особенностью этой спецплатформы является то, что она создана на базе стандартной универсальной грузовой платформы модели 13-4012.

Четырехосная длиннобазная спецплатформа модели 23-469 предназначена для перевозки леса в хлыстах. На раме платформы жестко закреплены шесть пар стоек. Для закрепления хлыстов в верхней части стоек установлены поворотные кронштейны или цепные стяжки с запирающим устройством.

Все переоборудованные платформы и спецплатформы имеют выступающие над полом гребенки, предотвращающие смещение груза вдоль платформы и создающие удобство проведения погрузочно-разгрузочных работ (пространство для введения под штабель лесоматериалов челюстей погрузчика или грейфера, либо для протягивания строп).

Характеристика переоборудованных платформ и спецплатформ для перевозки круглых лесоматериалов приведена в табл. 3.2.

Короткомерная древесина также может перевозиться в штабелях и навалом в специализированных вагонах-щеповозах, описываемых ниже.

Таблица 3.2

Основные параметры переоборудованных универсальных платформ и спецплатформ для перевозки круглых лесоматериалов

Показатели	платформа 13-4012 с оборудовани- ем ВО 118 ¹⁾	платформа 13-4012 с оборудовани- ем ВО 162 ¹⁾	Модели платформ				23-4028	23-4064	23-469
			23-4000	с тележками 18-100	23-925 с тележками 18-131	23-4028			
Длина перевозимых лесоматериалов, м	3...13,5	1,6...13,5	4,0...20,5	2,5...22	2,5...22	2...23	3...13	ТОЛЬКО ХЛЫСТЫ 10...24,5	
Количество передвиг- ных съемных секций, используемых при экс- плуатации платформ.	-	6...2	-	6...3	6...3	6...3	-	-	
	61	26	55	61	66	61,5...64,4	68	64	
Грузоподъемность, т	24	30...26 (в т.ч. масса ВО 162- 10...6 т	33	33...30	34...31	32,5...29,6	24	28,3	
Масса (тара), т	(в т.ч. масса ВО 118-4,5 т)								
Длина, мм	14 620	14 620	23 220	23 220	23 220	24 000	14 620	25 220	
	13 400	13 400	22 000	22 000	22 000	22 840 (рама)	13 400	24 000	
Ширина, мм:	3200	3100	3120	3150	3150	3150	3200	3100	
	2800	2700	2800	2726	2726	2726	2800	2800	

Показатели	Модели платформ							
	платформа 13-4012 с оборудованием ВО 118 ¹⁾	платформа 13-4012 с оборудованием ВО 162 ¹⁾	23-4000	23-925		23-4028	23-4064	23-469
				с тележками 18-100	с тележками 18-131			
Высота над уровнем головок рельсов, мм: – максимальная (до верха стоек)	4060 (4700 для ВО 118А)	4735	3970	4337	4337	4180	4340	4350
– до уровня пола	1240	1240	1263	1263	1263	1263	1310	1255
Использование суженной части габарита погрузки	Погрузка осуществляется только в пределах стоек (прямоугольная часть габарита)							
Статнагрузка (в зависимости от перевозимых сортиментов), пл. м ³	53...68	53...68	ср. 65	ср. 68	ср. 72	ср. 72	ср. 62	ср. 68
Завод-изготовитель		ГУП «Уралвагонзавод», г.Н.Тагил, Россия и др.	ОАО «Днепровагонмаш», г. Днепро-дзержинск, Украина	АО «Стахановский вагоностроительный завод», г. Стаханов, Украина		ОАО «Днепроввагонмаш», г. Днепро-дзержинск, Украина	ОАО «Днепроввагонмаш», г. Днепро-дзержинск, Украина	ОАО «Днепроввагонмаш», г. Днепро-дзержинск, Украина

Примечание 1) В качестве базовых могут быть использованы и другие типы универсальных платформ.

Для перевозки технологической щепы и опилок применяются, в основном, универсальные полувагоны с наращенными бортами. Наращивание бортов у этих полувагонов позволяет увеличить объем их кузовов с 60–74 до 85–90 м³. Грузоподъемность полувагонов используется всего на 40–55%. Наращивание бортов полувагонов производится на предприятиях-поставщиках щепы, а разборка их – у потребителей.

Применение для перевозок щепы подвижного состава общего назначения малоэкономично и неудобно в связи с рядом специфических свойств щепы как транспортируемого материала (малая насыпная масса и др.), а также из-за присутствия в ней минеральных и других инородных включений, наличие которых связано с загрузкой ее в плохо очищенный от ранее перевозившихся грузов подвижной состав.

Наиболее эффективным является использование для перевозок щепы универсальных полувагонов с постоянно наращенными бортами с вместимостью кузова до 100 м³ и специализированных полувагонов-щеповозов моделей 22-478, 12-4004, 12-940, 12-283 (рис 3.3) с большой вместимостью кузова, имеющего прямоугольное сечение.

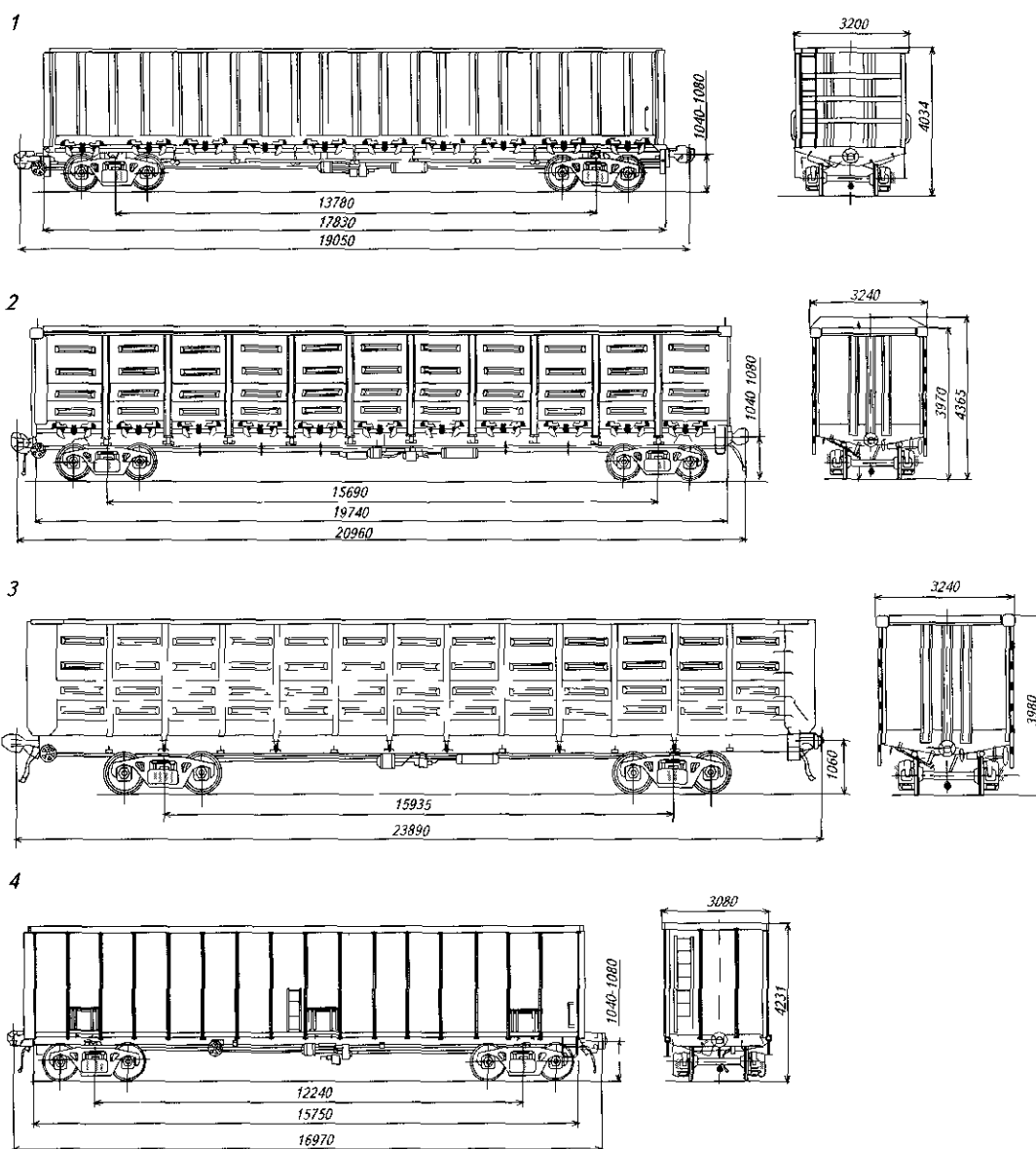


Рис 3.3 Специализированные полувагоны для перевозки щепы и короткомерной древесины

1 – полувагон 22-478 2 – полувагон 12-4004 3 – полувагон 12-940 4 – полувагон 12-283

Разгрузка универсальных полувагонов и специализированных вагонов-щеповозов осуществляется через нижние люки или через верх кузова.

В отличие от спецвагонов моделей 22-478, 12-4004, 12-940 спецвагон 12-283 имеет глухое дно без нижних люков. Его разгрузка может осуществляться только через верх кузова (например, элеваторно-ковшевыми разгрузчиками или грейферами). Для доочистки от остатков перевозимого груза у вагона имеется шесть боковых люков.

Характеристика специализированных вагонов-щеповозов приведена в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Основные параметры специализированных вагонов-щеповозов

Показатели	Модель полувагона				
	22-478	12-4004 ¹⁾	12-940 ¹⁾		12-283 ¹⁾
			с тележка-ми 18-100	с тележка-ми 18-131	
Грузоподъемность, т	58	63	61	66	67
Масса (тара), т	25,85	30	33	34	27
Объем кузова, м ³	135	154	172	172	132
Длина, мм:					
– по осям сцепления автосцепок	19 050	20 960	23 890	23 890	16 970
– кузова, внутренняя	17 248	20 030	22 398	22 398	15 750
Ширина кузова, м:					
– максимальная	3200	3240	3240	3240	3080
– внутренняя	3054	3026	3027	3027	2790
Высота над уровнем головок рельсов, м:					
– максимальная	4034	4365	3980	3980	4231
– до уровня пола	1424	1430	1430	1430	1237
Количество разгрузочных люков, шт	2×10	2×11	2×14	2×14	2×3
Размер разгрузочного люка в свету, мм	1327×1540	1327×1540	1327×1540	1327×1540	615×835
Максимальная статнагрузка при перевозке щепы в зависимости от способа загрузки, пл. м ³ :					
– навалом	48	55	62	62	48
– пневмотранспортом	54	61	69	69	54
Завод-изготовитель	ОАО «Днепро-вагон-маш», снят с производства	ОАО «Днепро-вагон-маш», г. Днепро-дзержинск, Украина	АО «Стахановский вагоностроительный завод», г. Стаханов, Украина		ОАО «Алтайвагон», г. Новоалтайск, Россия

Примечание. 1) В этих вагонах может осуществляться перевозка коротья в штабелях и навалом.

Применение специализированного подвижного состава для перевозок древесного сырья в условиях прямых связей между поставщиками и потребителями позволяет:

- сократить трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ, количество работ, выполняемых вручную, общую потребность в рабочих;
- повысить уровень и степень механизации;
- улучшить санитарно-гигиенические условия труда;
- улучшить ритмичность снабжения поставщиков подвижным составом и поставки грузов потребителям;
- снизить простои подвижного состава на погрузочно-разгрузочных работах и сократить, в связи с этим, фронты погрузки-выгрузки и затраты на их сооружение и т.д.

По сложившейся практике специализированный подвижной состав является собственностью МПС, он может находиться в собственности поставщиков или (и) потребителей, либо может быть арендован ими у МПС или других владельцев.

3.1.2.2. Определение потребности в вагонах для перевозок древесного сырья от поставщиков на предприятия-потребители¹⁾

Размер необходимого инвентарного парка вагонов $N_{инв}$, шт, как специализированных, так и универсальных, может быть установлен по формуле

$$N_{инв} = \frac{10^3 Q_{год} \Theta \alpha_p \alpha_n}{24 \cdot 365 q}, \text{ шт,} \quad (3.1)$$

где $Q_{год}$ – годовой объем перевозок, тыс.пл. м³/год;

α_p – коэффициент запаса, учитывающий нахождение вагона в ремонте и в резерве ($\alpha_p = 1,17$);

α_n – коэффициент месячной неравномерности поставки грузов, α_n принимается равным 1,2...1,3, но по местным условиям неравномерность может иметь большие значения, например, при повышенной неравномерности поставки, вызываемой сезонными факторами;

q – средняя статическая нагрузка вагона нетто, пл. м³;

Θ – оборот вагона, ч.

Оборот универсальных или специализированных вагонов определяется по формуле

$$\Theta = t_1 + t_2 + t_3, \text{ ч,} \quad (3.2)$$

где t_1 – время нахождения вагона в пути, ч;

t_2 – время нахождения вагона на технических станциях, ч;

t_3 – время простоя вагона на станциях погрузки и выгрузки, включая время на выполнение погрузочно-разгрузочных работ, ч.

Продолжительность нахождения вагона в пути (t_1) находят по формуле

$$t_1 = \frac{L(1 + \alpha_n)}{v_{yc}}, \text{ ч,} \quad (3.3)$$

где L – расстояние перевозки груза по железной дороге, км.

α_n – коэффициент, характеризующий отношение величины порожнего пробега вагона к грузенному:

– для универсальных полувагонов $\alpha_n = 0,38^2)$;

– для специализированного подвижного состава и универсальных вагонов, переоборудованных для перевозки лесных грузов и включенных в состав «вертушек» $\alpha_n = 1,0$;

v_{yc} – средняя участковая скорость движения поездов, км/ч ($v_{yc} \cong 38$ км/ч);

Средневзвешенное расстояние перевозки груза (L) определяется как частное от деления суммы произведений количества груза, отгружаемого с каждого пункта отгрузки $Q_{i,год}$, тыс.пл.м³/год, и расстояния от этого пункта до потребителя L_i , км, на объем годовых поставок сырья данным видом транспорта

$$L = \frac{\sum Q_{i,год} L_i}{Q_{год}}, \text{ км,} \quad (3.4)$$

Продолжительность нахождения вагонов на технических станциях (t_2) рассчитывается по формуле

$$t_2 = \frac{L(1 + \alpha_n) t_m}{l_m}, \text{ ч,} \quad (3.5)$$

где t_m – средняя продолжительность простоя вагонов на одной технической станции с перестроением и без перестроения поездов, ч ($t_m \cong 4,65$ ч);

l_m – среднее расстояние между техническими станциями, км ($l_m \cong 130$ км).

¹⁾ Показатели, приводимые здесь и ниже в разделах 3.1 – 3.3, предназначены для предварительных оценочных расчетов. Они подлежат уточнению с учетом конкретных местных условий.

²⁾ Значения показателей, рекомендуемые для предварительного расчета потребности в вагонах, приняты близкими к среднесетевым по МПС РФ за 1990-е годы.

Суммарная продолжительность нахождения вагонов на грузовых операциях у поставщика и получателя груза, в ожидании погрузки, при погрузке, при маневровых работах, при разгрузке и в ожидании отправления (t_3) определяется на основе отчетных данных с учетом типа применяемого подвижного состава, ч.

Для предварительных расчетов можно принять:

- для универсальных вагонов $t_3 = 50$ ч;
- для специализированного подвижного состава и универсальных вагонов, переоборудованных для перевозки лесных грузов и включенных в состав «вертушек», $t_3 = 35 \dots 38$ ч.

3.1.2.3 Определение потребности в вагонах при их использовании для перевозок в пределах предприятия

Размер необходимого инвентарного рабочего парка вагонов при их использовании для внутренних перевозок на предприятии $N_{шт\ вст}$, шт, например, со склада сырья к древесно-подготовительному цеху и т.п., может быть рассчитан по формуле

$$N_{шт\ вст} = \frac{Q_{сут} \Theta' \alpha'_p \alpha'_n}{24 q'}, \text{ шт.}, \quad (3.6)$$

где $Q_{сут}$ – суточный объем перевозок на данной операции, пл.м³/сут;

α'_p – коэффициент запаса, учитывающий нахождение вагона в ремонте и в резерве ($\alpha'_p = 1,15$);

α'_n – коэффициент неравномерности перевозок на данной операции в течение суток; α'_n принимается по фактическим данным предприятия, а для предварительных расчетов рекомендуется принимать $\alpha'_n = 1,1 \dots 1,3$;

q' – статнагрузка на вагон при внутренних перевозках, пл.м³; принимается по фактическим данным предприятия; для предварительных расчетов значения q' могут быть приняты с учетом статнагрузки, приведенной в табл. 3.2 и 3.3 для разных типов спецподвижного состава с введением коэффициента 0,8...0,9;

Θ' – оборот вагона на данной операции, ч.

Оборот вагона на внутренних перевозках определяется по формуле

$$\Theta' = t_n + t_p + t_{вст} + t_{взв} + t_{ст} + \frac{L}{v_{ср}}, \text{ ч}, \quad (3.7)$$

где t_n – продолжительность погрузки вагона или ставки вагонов, ч;

t_p – продолжительность разгрузки вагона или ставки вагонов, ч;

$t_{вст}$ – продолжительность вспомогательных операций по передвижке вагонов вдоль грузового фронта и перестановке вагонов, ч;

$t_{взв}$ – продолжительность взвешивания вагонов, ч;

$t_{ст}$ – время на совершение станционных операций, ч;

L – расстояние пробега вагона с грузом от пункта погрузки до пункта выгрузки и возврат его обратно, км;

$v_{ср}$ – средняя скорость движения вагонов, км/ч.

Время погрузки и разгрузки (t_n и t_p) определяется непосредственной продолжительностью погрузки и разгрузки состава, зависящей от количества вагонов в ставке и производительности погрузочно-разгрузочных устройств. Эти значения принимаются по фактическим данным предприятия или могут быть рассчитаны для круглых лесоматериалов и щепы по данным, приведенным в п.п. 3.2 и 3.3.

Время, затрачиваемое на вспомогательные операции, рекомендуется принимать:

– на одну передвижку группы вагонов $t_{вст} = 0,1$ ч;

– на перестановку группы вагонов $t_{вст} = 0,3 \dots 0,4$ ч.

Время на взвешивание вагонов на 1 вагон $t_{взв} \cong 0,05 \dots 0,1$ ч.

Время на совершение станционных операций по обработке состава ($t_{ст}$) принимают:

– на сортировку, формирование и взвешивание из расчета 1 мин на вагон, но не менее 0,25 ч на ставку вагонов;

– по приемо-сдаточным операциям из расчета 0,5 мин на вагон, но не менее 0,25 ч и не более 0,5 ч на ставку вагонов.

$v_{ср}$ принимается по фактическим данным предприятия.

Количество подвижного состава, необходимого для внутренних перевозок сырья, определяется суммированием количества подвижного состава, требуемого для осуществления одновременно выполняемых операций.

3.1.3. ПОСТАВКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ АВТОТРАНСПОРТОМ

3.1.3.1. Способы и средства перевозки древесного сырья автотранспортом

Перевозки древесного сырья автотранспортом осуществляются в автопоездах-лесовозах, бортовых и самосвальных автомобилях отечественного и зарубежного производства. Автопоезда-лесовозы, применяемые для перевозки длинника и хлыстов, составлены из тягачей и прицепов, полуприцепов либо прицепов-ропусков. Для размещения и крепления штабелей круглых лесоматериалов подвижной состав, включенный в состав автопоезда, оборудуется стойками или поворотными конниками, а также троссовым и цепным такелажем. На некоторых автопоездах установлены лебедки и краны-гидроманипуляторы с грейферными захватами для осуществления погрузочных и разгрузочных операций. Круглые сортименты перевозятся беспакетно и в пакетированном виде в стропах типа ПС и в гибких стропкомплектах (см. п.3.1.2 и 3.1.4).

Применяемые для перевозки коротья и щепы автопоезда-контейнеровозы снабжены устройствами для саморазгрузки и самопогрузки сменных кузовов-контейнеров, а некоторые модели также устройствами для саморазгрузки контейнеров опрокидыванием.

Для перевозки щепы широко применяются саморазгружающиеся автощеповозы. Саморазгрузка осуществляется опрокидыванием кузова (модели ЛТ-7А, ЛТ-191 и др.) либо скребковым устройством, размещенным на дне кузова (ЛТ-170).

Схемы и колесные формулы автотранспортных средств, применяемых для перевозки древесного сырья, и автопоезда для перевозки щепы приведены на рис. 3.4 и 3.5. В табл. 3.4 и 3.5 приведены характеристики автопоездов-лесовозов отечественного производства.

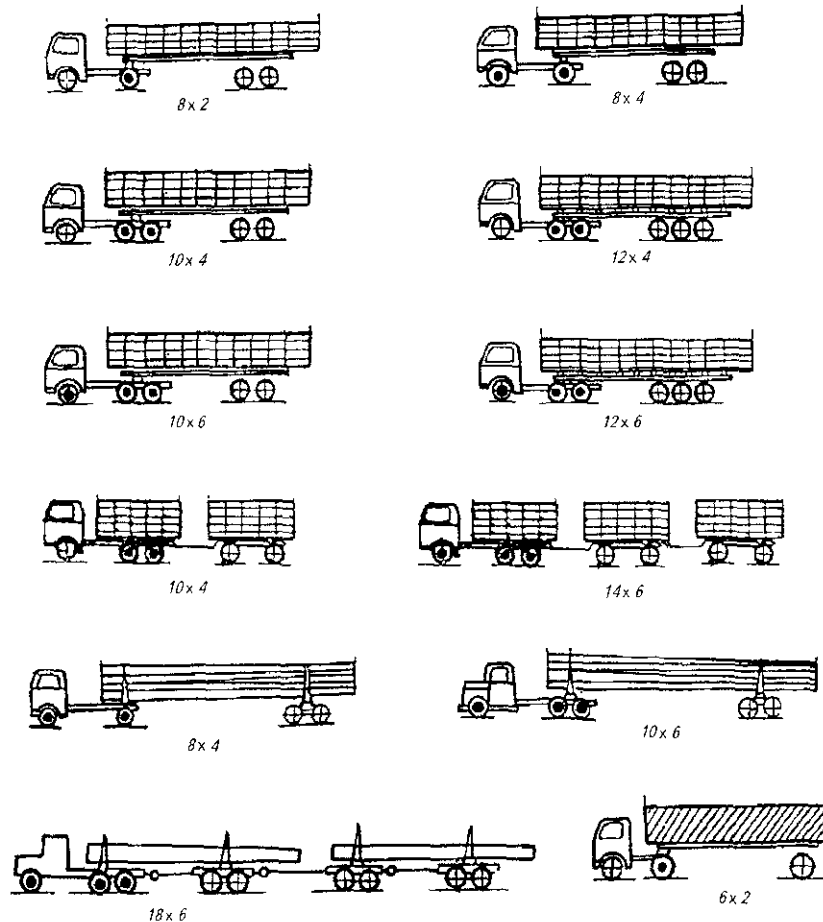


Рис. 3.4. Схемы и колесные формулы лесовозных автопоездов:

⊙ – условное обозначение ведущих мостов

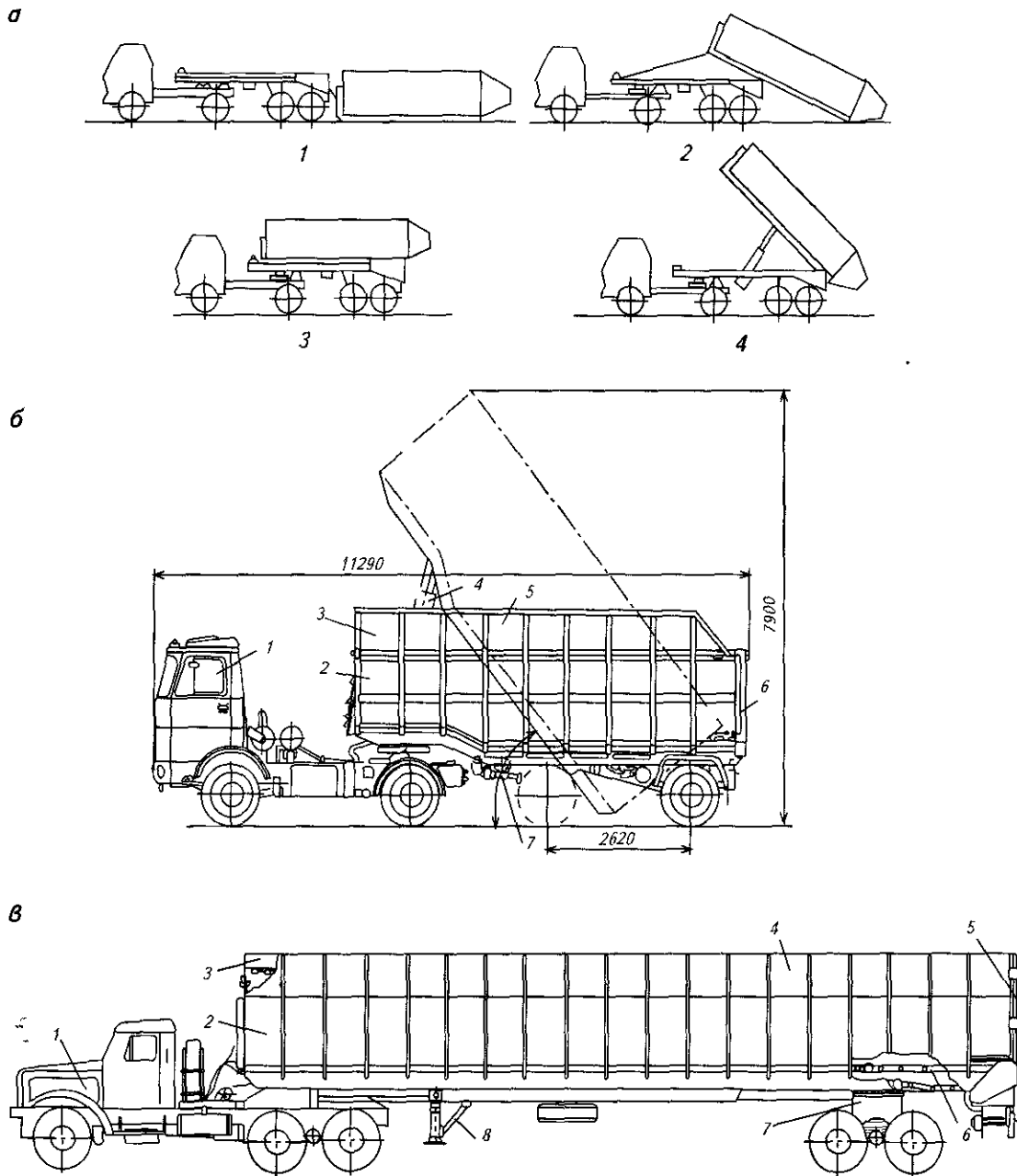


Рис 3 5 Специализированные автопоезда для перевозки щепы

а Щеповоз ТМ-12 Схема работы контейнерного автопоезда

1 – исходное положение, 2 – натаскивание контейнера,
3 – транспортное положение, 4 – выгрузка груза опрокидыванием контейнера

б Щеповоз ЛТ-191

1 – седельный автомобиль-тягач 2 – полуприцеп, 3 – надставной борт, 4 – гидродъемник 5 – кузов,
6 – задний борт, 7 – опорно-стояночное устройство

в Щеповоз ЛТ-170

1 – автомобиль-тягач КРАЗ-258Б1, 2 – кузов, 3 – тент, 4 – надставной борт, 5 – задний борт, 6 – разгружающий
транспортёр 7 – тележка полуприцепа, 8 – опорно-стояночное устройство

Основные параметры автопоездов для перевозки круглых лесоматериалов¹⁾

Состав автопоезда (тягач + роспуск, полуприцеп, прицеп)	Грузоподъемность автопоезда, т	Полезная нагрузка ²⁾ , пл.м ³	Масса автопоезда, т	Полная масса автопоезда, т	Конструктивная скорость (макс.), км/ч	Количество осей (в т.ч. приводных)		Мощность двигателя, кВт (л.с.)
						автопоезда	в т.ч. тягача	
Автопоезда для перевозки хлыстов и сортиментов длиной более 5... 8 м								
Урал-43204-01+ГКБ-9851-01 ³⁾	15,0	18,75	12,0	27,0	70	5 (3)	3(3)	154(210)
МАЗ-5434+ГКБ-9362 ³⁾	20,8	26,0	13,2	34,0	70	4(2)	2(2)	176(240)
КрАЗ-643701+ГКБ-9362 ³⁾	27,0	33,75	16,7	43,7	66	5(3)	3(3)	235(320)
КрАЗ-643701+ГКБ-9362	24,5	30,6	17,6	42,1	70	5(3)	3(3)	235(320)
КрАЗ-643701+3ГКБ-9362 (ТМ-30)	54,0	67,5	26,0	80,0	66	9(3)	3(3)	235(320)
КрАЗ-643701+2ГКБ-9362 (ТМ-41)	42,0	52,5	22,0	64,0	66	7(3)	3(3)	235(320)
КНВФ-15Т+ГКБ-9362	27,0	33,75	16,2	43,2	72,4	5(3)	3(3)	235(320)
НВ115НЛ+ГКБ-9362	27,0	33,75	16,4	43,4	72	5(3)	3(3)	235(320)
КамАЗ-4310+ГКБ-9362 (ТМ-39-01) ³⁾	13,2	16,5	13,5	26,7	75	5(3)	3(3)	154(210)
КамАЗ-4310+ГКБ-9362 (ТМ-39-02)	15,4	19,0	11,3	26,7	75	5(3)	3(3)	154(210)
Урал 43204+9013 (6377+9013) ³⁾	16,0	20,0	14,7	30,7	70	5(3)	3(3)	176(240)
Автопоезда для перевозки сортиментов								
КрАЗ-643701+МАЗ-9389 ³⁾	27,0	33,75	20,0	47,0	66	6(3)	3(3)	235(320)
КамАЗ-53212+СЗАП-8352 ³⁾	18,0	22,5	14,4	32,4	80	5(2)	3(2)	154(210)
КрАЗ-255Л1+ТМ-10	21,0	26,3	17,7	38,7	65	5(3)	3(3)	176(240)
МАЗ-54322+ТМ-10	21,0	26,3	13,0	34,0	95	4(2)	2(2)	206(280)
Урал 4320+СЗАП-8352 ³⁾	15,6	19,5	18,1	33,7	70	5(3)	3(3)	176(240)
МАЗ61031+МАЗ83781 ³⁾	28,4	38,4	18,3	46,7		5(2)	3(2)	265(360)
МАЗ64229+ЮКИ V314 ³⁾	28,9	38,8	19,0	47,9		5(2)	3(2)	243(330)
Автопоезд для перевозки короткомерной древесины (контейнерный)								
МАЗ-5434+полуприцеп (ТМ-24)	15,5	19,4	16,5	34,0	70	5(2)	3(2)	176(240)

Примечания. 1) Помимо приведенных в таблице моделей отечественными предприятиями изготавливаются другие модели автопоездов-лесовозов.

2) Полезная нагрузка $Q_{по}$ рассчитана при плотности груза γ равной 0,8 т/пл.м³. При других значениях γ – полезная нагрузка должна быть пересчитана по формуле 3.12.

3) Автопоезд снабжен гидроманипулятором.

Таблица 3.5

Основные параметры автощеповозов¹⁾

Показатели	Марка автощеповоза			
	ТМ-12	ЛТ-7А	ЛТ-191	ЛТ-170
Базовый автомобиль	МАЗ-509	МАЗ-5047 (МАЗ-5430)	МАЗ-54331	КрАЗ-258Б1
Вместимость кузова, м ³	40 (натаскиваемый контейнер)	37,0	40,8	70,0
Грузоподъемность, т	13,0	12,3	13,3	20,0
Полезная нагрузка ³⁾ , пл.м ³	16,3	15,4	16,6	25,0
Количество осей (в т.ч. приводных), из них у тягача	4(1) 2(1)	3(1) 2(1)	3(1) 2(1)	5(2) 3(2)
Радиус поворота минимальный, м	11,5	7,5	7,8	
Конструктивная скорость (макс), км/ч	75,0	75,0	80,0	68,0
Угол опрокидывания кузова при разгрузке, град.	60	50	50	см. прим. 2
Масса конструктивная автощеповоза, кг, в том числе полуприцепа	17 000 6000	11 300 5200	11 500 5200	21 000 11 025
Габаритные размеры автопоезда, мм:				
– длина	14 300	11 270	11 290	19 625
– ширина	2600	2500	2500	2630
– высота	3650	3800	3800	3800
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	132(180)	132(180)	132(180)	176(240)

Примечания. 1) Помимо приведенных в таблице моделей отечественными предприятиями изготавливаются другие модели автощеповозов.

2) Автощеповоз ЛТ-170 разгружается без опрокидывания кузова скребковым устройством, встроенным в кузов полуприцепа.

3) Полезная нагрузка $Q_{по}$ рассчитана при плотности груза γ равной 0,8 т/пл.м³. При других значениях γ – полезная нагрузка автощеповоза может быть пересчитана по формуле 3.12.

3.1.3.2. Определение потребности в автолесовозах

Определение численности парка автомобилей (автотягачей) и прицепного состава для перевозок лесных грузов от поставщиков на предприятия-потребители производится по следующим формулам

$$N_{\text{раб}} = \frac{10^3 Q_{\text{год}}}{n \text{ДП}_{\text{св}}}, \text{ шт.} \quad (3.8)$$

или

$$N_{\text{раб}} = \frac{10^3 Q_{\text{сез}}}{n \text{ДП}_{\text{св}}}, \text{ шт.}, \quad (3.8a)$$

где $N_{\text{раб}}$ – рабочий парк линейных автомобилей, тягачей, шт.;

$Q_{\text{год}}$ или $Q_{\text{сез}}$ – объем, годовой или сезонный (при неравномерной работе), перевозок древесного сырья, тыс.пл. м³/год, тыс.пл. м³/сезон;

n – количество смен работы автомобиля (автопоезда) в сутки, смен/сут.;

Д – количество рабочих дней, годовое или сезонное (при неравномерной работе), дней;

$\text{П}_{\text{св}}$ – сменная производительность автомобиля, пл. м³/см.

Количество работающих автомобилей (при неравномерной вывозке леса) принимается по сезону, требующему их наибольшее количество.

Сменную производительность автопоезда определяют по формуле

$$P_{см} = - \frac{(480 - \kappa_1) \kappa_2 Q_{ног}}{120 \left(\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + \frac{l_3}{v_3} \right) + t_2 + t_3}, \text{ пл.м}^3/\text{см}, \quad (3.9)$$

где 480 – продолжительность смены (или другое значение, если смена имеет иную продолжительность), мин;

κ_1 – подготовительно-заключительное время на смену, мин; $\kappa_1 = 20 \dots 30$ мин;

κ_2 – коэффициент, учитывающий потери рабочего времени, равный 0,9;

$Q_{ног}$ – полезная нагрузка на автопоезд, пл. м³;

l_1, l_2, l_3 – средневзвешенная протяженность участков дороги (магистрала, ветки, усы или участки с двух- или однополосным движением, различным покрытием и т.п.), км; значения l_1, l_2, l_3 определяются как средневзвешенные аналогично тому, как это рекомендовано для железнодорожных перевозок по формуле 3.4;

v_1, v_2, v_3 – среднетехнические скорости движения по тем же участкам, км/ч; среднетехнические скорости движения устанавливаются в зависимости от типа автомобиля, типа автопоезда, дорожных условий, сезона работ и пр.

Для предварительных расчетов принимают следующие значения v , км/ч:

- для усовершенствованных покрытий с двухполосным движением 35...40;
- то же, с однопутным движением 31...36;
- для щебеночных и гравийных и грунто-щебеночных покрытий с двухпутным движением 30...35;
- то же, с однопутным движением 24...31;
- на ветках 21;
- на усах 12;

t_2 – простой автопоезда на погрузочной операции, мин.:

- погрузка круглых лесоматериалов:

- кранами $t_2 = 10 + 0,5 Q_{ног}$;
- челюстными погрузчиками $t_2 = 10 + 1,2 Q_{ног}$;
- гидроманипуляторами $t_2 = 10 + 1,7 Q_{ног}$;

- погрузка щепы в автощеповоз (без смены кузова или контейнера):

$$t_2 = \frac{V_{\max}}{P}, \text{ мин}, \quad (3.10)$$

где P – производительность загрузочных устройств, пл.м³/ч,

при механизации работ:

- транспортерами $P = 25$;
- автопогрузчиками и пневмопогрузчиками $P = 50$;

- смена порожнего прицепа, полуприцепа или контейнера на загруженный круглыми лесоматериалами или щепой, мин $t_2 = 18$;

t_3 – простой автопоезда на разгрузке, мин.

- разгрузка круглых лесоматериалов:

$$t_3 = 5 + 6,5 n_{ц}, \text{ мин.} \quad (3.11)$$

где $n_{ц}$ – количество циклов, необходимых для разгрузки автопоезда, зависящее от грузоподъемности разгрузочного оборудования и пр.;

- разгрузка щепы из самосвального автощеповоза, мин $t_3 = 8$;

• смена груженого прицепа, полуприцепа или контейнера, на загруженный круглыми лесоматериалами или щепой на порожний, мин. $t_3 = 18$.

Полезная нагрузка на автопоезд определяется по формуле

$$Q_{ног} = \frac{\Gamma}{\gamma}, \text{ пл.м}^3, \quad (3.12)$$

где Γ – полезная грузоподъемность автопоезда, т;
 γ – плотность древесины, т/пл. м³; γ при расчетах следует принимать равным: для сосны – 0,85; ели – 0,75; лиственницы – 0,98; березы – 0,95; осины – 0,80; кедра, пихты – 0,67; тополя – 0,65; граба – 1,03; бука – 0,95.

Здесь приведены средние значения γ при влажности близкой к влажности свежесрубленной древесины. При других значениях влажности значения γ следует принимать в соответствии с фактической влажностью круглых лесоматериалов и щепы.

Рассчитанное по формуле 3.12 $Q_{ног}$ не должно быть больше максимального количества древесины, которое может быть уложено на автопоезд.

$$Q_{ног} \leq V_{макс}, \text{ пл.м}^3.$$

В случае, если $Q_{ног} > V_{макс}$, в формуле 3.12 значение $Q_{ног}$ устанавливается по значению $V_{макс}$.
 $V_{макс}$ – максимальное количество древесины (пл. м³), которое может быть уложено в автопоезд, определяют по следующим формулам:

- при перевозке сортиментов (длинник, коротье)

$$V_{макс} = lbhn_n \kappa_n, \text{ пл. м}^3, \quad (3.13)$$

где l – средневзвешенная длина перевозимых сортиментов, м;

b – расстояние между стойками по ширине кузова, м;

h – полезная высота стоек, м;

n_n – число уложенных по длине платформы пакетов (штабелей) сортиментов с учетом зазора между пакетами 0,3...0,5 м, шт.;

κ_n – коэффициент полндревесности, учитывающий плотность укладки сортиментов в кузов, равный:

– при погрузке сортиментов в разнокомелицу $\kappa_n = 0,7$;

– при погрузке сортиментов без соблюдения порядка укладки $\kappa_n = 0,5$;

- при перевозке хлыстов

$$V_{макс} = F (4,2 + 3V_{хл}), \text{ пл. м}^3, \quad (3.14)$$

где F – площадь поперечного сечения по коннику автомобиля, м²;

$V_{хл}$ – средневзвешенный объем одного хлыста, пл. м³.

- при перевозке щепы

$$V_{макс} = V_{квз} \kappa_n \quad (3.15)$$

Для автощеповозов полезная нагрузка $Q_{ног} = V_{макс}$ определяется по фактической паспортной вместимости кузова или контейнера ($V_{квз}$) с переводом геометрического объема (при погрузке) в плотный с коэффициентом полндревесности, κ_n :

- для щепы (по ГОСТ 15815-83):
 - при загрузке навалом $\kappa_n = 0,36$;
 - при загрузке пневмотранспортом $\kappa_n = 0,41$;
- для опилок (по ГОСТ 18320-78):
 - при загрузке навалом $\kappa_n = 0,28$.

Численность инвентарного парка автомобилей определяется по формуле

$$N_{инв} = \frac{N_{раб}}{k_m} + 0,17 N_{раб}, \text{ шт.}, \quad (3.16)$$

где k_m – коэффициент технической готовности лесовозных автомобилей при работе: в одну смену – 0,85; в две смены – 0,80; в три смены – 0,75.

0,17 – коэффициент, учитывающий резервные автомобили.

Численность инвентарного парка автомобилей $N_{инв}$ принимается по большему значению, рассчитанному по $Q_{год}$ и по $Q_{сез}$.

Численность прицепного состава $N_{пр}$ принимается равной численности инвентарного парка автомобилей для сезона, в период которого требуется наибольшее количество автомобилей.

$$N_{пр} = N_{инв}, \text{ шт.} \quad (3.17)$$

При применении сменных полуприцепов, прицепов или контейнеров их численность $N_{см пр}$ принимается по количеству рабочих автомобилей и автомобилей, находящихся в ремонте и определяется по формуле

$$N_{см пр} = \frac{N_{раб}}{k_m} k_{см пр}, \text{ шт.}, \quad (3.18)$$

– при перецепке на погрузочном пункте $k_{см пр} = 2$;

– при перецепке на погрузочном и разгрузочном пунктах $k_{см пр} = 3$.

Расчет потребности в подвижном составе для внутренних перевозок на предприятии производится по вышеприведенной методике. При этом значение $V_{макс}$, рассчитанное по формулам (3.13, 3.14 и 3.15), следует принимать с понижающим коэффициентом 0,85...0,90; а среднетехнические скорости движения (v_1 , v_2 и v_3) – по фактически достигнутым на предприятии для участков дорог, по которым предполагается организовать внутризаводские перевозки грузов.

3.1.4. ПОСТАВКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ В СУДАХ И СПЛАВОМ

Для перевозки круглых лесоматериалов (длинника и корогья) и щепы по внутренним водным путям применяются все типы судов-сухогрузов грузоподъемностью до 5000 т, предназначенных для транспортировки лесных грузов, угля, минерально-строительных материалов и других сыпучих грузов. Характеристика судов, применяемых для перевозки лесных грузов, приведена в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Характеристика основных типов самоходных и несамоходных судов, используемых для перевозки лесных грузов

Тип судна	Номера проектов судна	Класс регистра	Размеры корпуса, м		грузоподъемность, т	Эксплуатационно-технические характеристики						номера и размеры грузовых люков, м
			длина	ширина		осадка судна, м, с грузом порожнего	количество и вместимость трюмов, м ³	номера и размеры грузовых трюмов (длина × ширина), м	высота трюма до кромки комингса, м			
С а м о х о д н ы е с у д а												
Однопалубный сухогрузный теплоход «Волго-Дон»	1565	«О»	135	16,5	5000	$\frac{3,53}{0,92}$	$\frac{2}{6270}$	1. 44,4×12,34 2. 45,0×12,34	5,6	44,4×13,1		
То же, с одним открытым трюмом	1565 507Б	«О»	135	16,5	5000	$\frac{3,5}{0,85}$	$\frac{1}{6750}$	72,6×12,34+ 24×12,34...10	5,6	93×13,1		
Однопалубный грузовой теплоход «Сормовский»	1557	ПСР Регистра СССР	110,5	13	2700...3000	$\frac{3,5}{1,17}$	$\frac{4}{4297}$	1. 17,6×9,6...5 2,3. 19,8×11,24 4. 18,1×10,7...11,2	5,47	1. 17×9,35 2,3,4. 18,15×9,35		
Однопалубный сухогрузный теплоход «Волго-Балт»	791 2-95А 2-95А/В	«М»	110	13	2700	$\frac{3,35}{1,08}$	$\frac{4}{4510}$	1. 23,2×11,26...10 2,3. 19,8×11,24 4. 19,8×11,24...10,5	5,43	16,5×9,35		
Однопалубный сухогрузный теплоход «Сибирский»	0225	«М-СП (лед)»	125	15,0	3345	$\frac{3,2}{2,6}$	$\frac{4}{5430}$	1. 20,5×10,9 2,3,4. 19,4×10,9	6,1	18,6×10,9		
Однопалубный грузовой теплоход «Якутск»	1743	«М»	105	14,8	2100	$\frac{2,5}{1,75}$	$\frac{4}{4370}$	1,2,3. 18×12,84 4. 17,6×12,84	5,1	15,5×10,9		
Однопалубное грузовое судно «Балтийский»	781 613 620	ПСР Регистра СССР	92	13	2000	$\frac{3,34}{1,18}$	$\frac{3}{3467}$	1. 23,1×11,2...10 2. 21,4×11,2 3. 21,4×11,2...10,4	5,42	16,5×9,35		
Однопалубный сухогрузный теплоход «VI пятилетка»	576	«О»	90	13	2000	$\frac{2,85}{1,58}$	$\frac{4}{3152}$	1. 15,6×12,2...3,6 2,3. 16,2×12,2 4. 18×12,2	4,2	1. 12×8,8 2,3. 15×8,8 4. 10,2×8,8		
Однопалубный сухогрузный теплоход «Большая Волга»	11	«О»	90	13	2000	$\frac{2,85}{1,51}$	$\frac{4}{3206}$	1. 15,4×12,3...3,8 2,3. 16,2×12,3 4. 18×12,3	4,2	1. 10,8×5,98 2,3. 2,6×5,98 4. 9,8×5,98		

Тип судна	Номера проектов судна	Класс регистра	Размеры корпуса, м		Эксплуатационно-технические характеристики					
			длина	ширина	грузоподъемность, т	осадка судна, м, с грузом порожнего	количество и вместимость трюмов, м ³	номера и размеры грузовых трюмов (длина × ширина), м	высота трюма до кромки комингса, м	номера и размеры грузовых люков, м
Однопалубный сухогрузный теплоход с грузовыми кранами типа «Морской»	1810 1814	II СП Регистра СССР	84	12,2	1700	$\frac{3,3}{1,24}$	$\frac{3}{2931}$	1. 19,2×10,6...4,2 2. 19,2×10,6 3. 19,2×10,6...9,6	5,4	13,8×8,2
Однопалубный сухогрузный теплоход типа «Ладога»	285 289	II СП Регистра СССР	77,6	11,75	1400...1650	$\frac{3,5 (4,0)}{2,59}$	$\frac{2}{2550}$	1. 21,4×10...4,2 2. 26,2×10	5,9	1.16,9×8,2 2.24,7×8,2
Сухогрузный теплоход типа «Беломорский»	Финский 1000/800	«М» «М-СП»	78	11	1000	$\frac{2,4}{1,03}$	$\frac{3}{1786}$	1. 17×9,8 2,3. 15,6×9,8...6,5	3,9	1. 12,3×7 2,3.12,1×7
Сухогрузный теплоход-площадка с грузовым ящиком	P-86A	«P»	78	15	700...1000	$\frac{1,4}{0,81}$	—	46,7×12×1,3 размеры грузового ящика		
Несамоходные суда										
Состав из двух открытых секций	1787	«O»	$\frac{96}{97,2}$	14	7500	$\frac{3,5}{0,5}$	4500 4400	86,4×10,2...9,4 86,4×10,16	4,9	84,6×11,2...9 84,6×11,2
Двухсекционный состав из открытых барж для сборных составов	1581	«O»	55,7	14	4200	$\frac{3,5}{0,56}$	2314 2314	44,35×11,4 45,0×11,4	4,5	44,35×11,4 45,0×11,4
Трюмная открытая баржа	P-29	«O»	85	16,5	3000	$\frac{2,8}{0,5}$	4045	73,8×13	4,0	75×14
Баржа-площадка	P-56	«P»	83,5	16,5	2800	$\frac{2,63}{0,4}$	—	72,8×16,5	—	—
Баржа-площадка	459A	«O»	76,8	15	1800	$\frac{2,1}{0,34}$	—	66×13,6	—	—
		«P»	77,6		1750...1950	$\frac{2,05...2,25}{0,88}$	—	66×13,6	—	—
Саморазгружающаяся баржа-площадка	459 K	«P»	77,6	15	1500	$\frac{1,84}{0,39}$	—	63,6×11	—	—

Тип судна	Номера проектов судна	Класс регистра	Размеры корпуса, м		Эксплуатационно-технические характеристики					
			длина	ширина	грузоподъемность, т	осадка судна, м, с грузом порожнего	количество и вместимость трюмов, м ³	номера и размеры грузовых трюмов (длина × ширина), м	высота трюма до кромки комингса, м	номера и размеры грузовых люков, м
Трюмная открытая баржа	567	«О»	75	13	1800	$\frac{2,5}{0,39}$	2100	53,2×9+3,8×9...6,8	3,6	53,2×10,9+ 3,8×10,9... 8,7
Баржа-площадка с бункером на палубе	309	«Р»	75	15	1650	$\frac{1,96}{0,35}$	—	63×12×1	—	—
Баржа-площадка	942 942М	«Р» «М»	63,1	14	1190 840	$\frac{1,78}{0,36}$	—	55×11	—	—
Баржа-площадка	342Б	«О»	65,3	14	1000	$\frac{1,51}{0,32}$	—	52,8×12	—	—
Несамостоятельный трех-трюмный лихтер	Финский 1000	II СП Регистра СССР	60	12	1000	$\frac{2,25}{0,6}$	1790	1. 7×11,65+8,8×11,65 . 7,5 2. 15,4×11,65 3. 9×11,65+ 6,95×11,65...8,3	3,69	6 люков 11×3,5
Баржа-площадка	943	«Р»	55	12	600	$\frac{1,37}{0,36}$	—	41×10	—	—
Баржа-площадка с металлическим бункером на палубе	Р-92	«Р»	45	12	400	$\frac{1,1}{0,31}$	—	34,2×9,5×1	—	—
Баржа-площадка с бункером на палубе	183Б	«Р»	35	7,5	200	$\frac{1,08}{0,2}$	—	28,7×5,6×1	—	—

Перевозка круглых лесоматериалов в судах осуществляется россыпью (беспакетно) и в обвязке (пакетах, пачках).

Для пакетирования круглых лесоматериалов при перевозках их в судах или в смешанном железнодорожно-автомобильно-водном сообщении применяются пакетоформирующие средства – полужесткие стропы ПС (см. п. 3.1.2) и гибкие стропы СК-5 и ЦЛС-2. Характеристика гибких строп и цилиндрических пакетов, сформированных с их помощью, приведена в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Характеристика гибких строп и сформированных с их использованием цилиндрических пакетов

Показатели	Тип строп	
	СК-5	ЦЛС-2
Грузоподъемность одного стропа, т	5	8
Масса стропа, кг	17,6	21,3
Длина бревен в пакете, м	4...6,5	4...6,5
Объем пакета бревен, м ³	8...12	14...18
Ширина пакета, м	2,6...2,9	2,8...3,3
Высота пакета, м	1,2...1,7	1,4...1,9

При погрузке россыпью общими являются следующие правила размещения в судах всех типов:

- в трюмах судов лесоматериалы размещают штабелями преимущественно вдоль судна (поперек судна их укладывают в свободных пространствах между штабелями);
- на бортовых потопчинах палубы лесоматериалы укладывают вдоль судна, а выше комингсов люков – поперек судна в два ряда с уклоном каждого ряда к диаметральной плоскости;
- лесоматериалы на палубе судов смешанного плавания укладывают вдоль судна;
- на баржах-площадках лесоматериалы укладывают поперек судна штабелями на бревнах-подкладках, размещаемых вдоль баржи.

Размещение пакетов лесоматериалов обвязанных стропами типа ПС производят следующим образом:

- лесоматериалы длиной 4,0...6,5 м в трюмах судов укладывают в клетку, в свободных пространствах допускается укладка пакетов в любом направлении;
- короткомерные лесоматериалы в начале загрузки судна укладывают в трюмах вдоль или поперек судна, в каждом последующем ярусе пакеты размещают параллельно нижележащим;
- при смешанной загрузке трюмов длинномерными и короткомерными пакетами вначале грузят короткомерные пакеты, затем длинномерные, после чего на палубу грузят длинномерные пакеты.

Цилиндрические пакеты в гибких стропах укладывают в трюмах вдоль судна в многоярусные штабели. На палубе речных и озерных судов пакеты укладывают поперек судна. На палубе судов смешанного плавания пакеты укладывают вдоль судна, с боков опирая на стойки из бревен, установленные в специальные гнезда.

Комбинированная погрузка пакетов и россыпи в один трюм допускается в исключительных случаях с размещением при этом россыпи в нижних ярусах груза.

На палубе теплоходов и толкаемых судов лесоматериалы укладывают с уклоном от кормы к носу.

Высота штабелей на палубе судна определяется действующими инструкциями и для отдельных типов судов достигает 5 м. Допускаемая высота укладки штабелей устанавливается с учетом обеспечения видимости при судовождении, остойчивости судна и использования его грузоподъемности.

Примеры размещения непакетированных круглых лесоматериалов в судах приведена на рис. 3.6.

Качество укладки круглых лесоматериалов в трюмы и на палубы судов существенным образом влияет на процессы разгрузки судов (трудоемкость, продолжительность, качество пачек, кострение и пр.).

Щепа и короткомерная древесина может перевозиться в судах навалом с размещением их в трюмах или в специально оборудованных надпалубных бункерах. Высота кучевого штабеля щепы или коротья над палубой судна не должна превышать допускаемой высоты укладки штабелей круглых лесоматериалов, установленной для данного типа судна.

Схемы размещения щепы в судах разных типов, рекомендованные ЦНИИ лесосплава, приведены на рис. 3.7.

Почти все древесное сырье в круглом виде, поставляемое на предприятия ЦБП лесосплавом, поступает в плотях разных типов.

Доля поставок сырья целлюлозно-бумажным предприятиям другими видами лесосплава повсеместно снижается, а в отдельных районах они полностью исключены из практики водного транспорта леса.

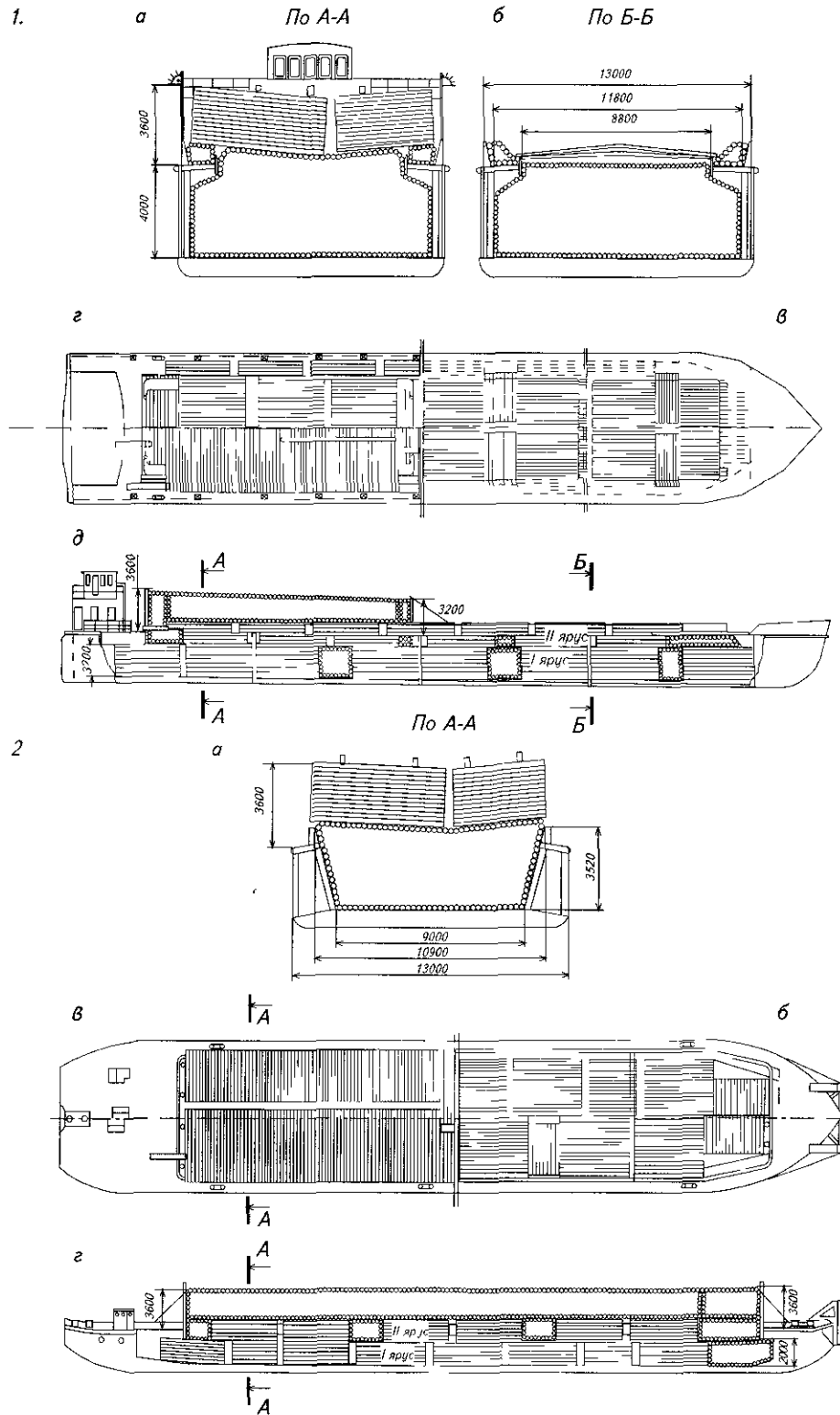


Рис 3 6 Размещение круглых лесоматериалов в судах

1 Размещение теса в теплоходе типа «Большая Волга» (проект № 576)

а – в поперечном сечении АА, *б* – в поперечном сечении ББ, *в* – в первом ярусе в трюмах

г – во втором ярусе в трюмах и штабелей К на бортовых потопчинах (по тевому борту) на палубе (по правому борту) *д* – вид загруженного судна при снятом борте,

2 Размещение теса длиной 4 5 и 6,5 м в несамоходном судне грузоподъемностью 1800 т (проект № 567)

а – в поперечном сечении АА, *б* – в первом ярусе в трюме (по тевому борту),

во втором ярусе в трюме (по правому борту), *в* – над трюмом *г* – боковой вид судна по диаметральной плоскости

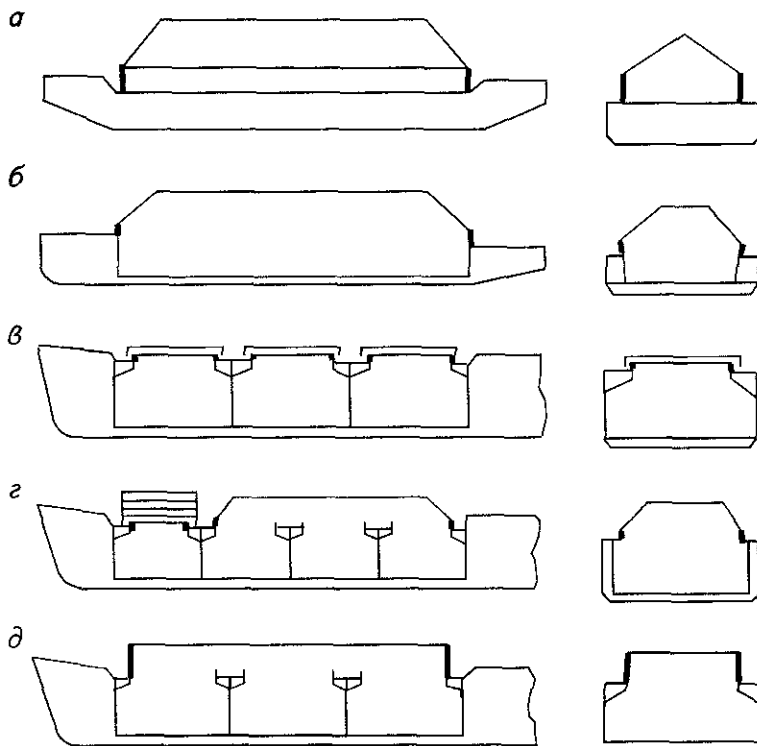


Рис 3.7 Схемы размещения щепы в судах

а – на барже-площадке, *б* – в трюмном открытом судне, *в* – в грузовом теп.ходе с закрытыми трюмами, *г* – в теплоходе со сдвинутыми люковыми крышками, *д* – в дооборудованном трюмном судне с надпалубным бункером

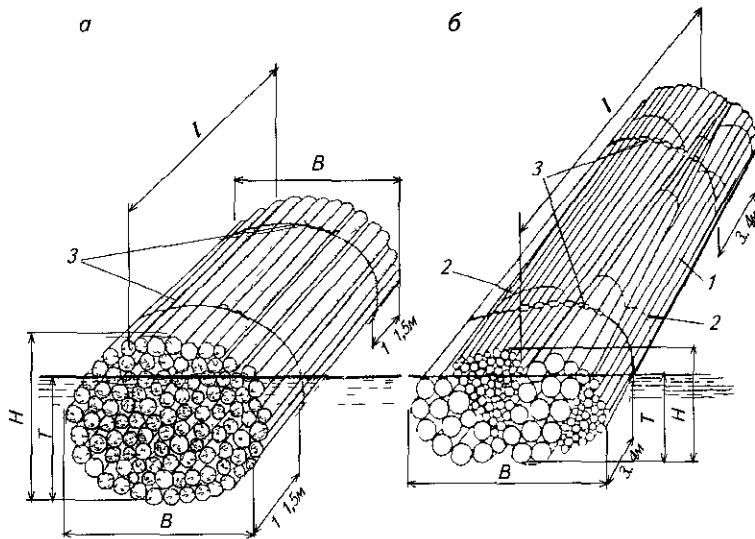


Рис 3.8 Пучки круглых лесоматериалов для тесосплава в плотях

а – пучок из сортиментов, *б* – пучок из хлыстовых пачек.
1 – пачки хлыстов, 2 – обвязка пакетная; 3 – обвязка пучковая (комплект)

Плоты классифицируются по условиям плавания, виду транспортируемых лесоматериалов и конструкции. При этом различают тип сплотовочных единиц, способы их установки в плоту, способы формирования плотов, а также дальность и способ транспортировки.

По условиям плавания плоты подразделяются на речные, озерно-водохранилищные, озерно-канальные, озерно-речные, каналные и морские.

По видам транспортируемых лесоматериалов плоты подразделяются на сортиментные, хлыстовые и комбинированные. В комбинированных плотях для обеспечения необходимой прочности и волноустойчивости по бортам плота располагают пучки из хлыстов, а внутри – сортиментные.

В конструктивном отношении плоты различают по типу сплотовочных единиц, способу формирования и крепления: пучковые секционные в оплотнике, без оплотника, лежневые и плоты из сигарообразных сплотовочных единиц (в основном для сплава хлыстов).

Наиболее распространенной, самой простой в изготовлении лесотранспортной сплотовочной единицей является пучок (рис. 3.8).

Основные параметры пучка: длина (l), ширина (B), высота (H), осадка (T), коэффициент формы (соотношение осей) $c=B:H$.

Для обеспечения необходимой волноустойчивости установлены значения коэффициентов формы пучков в зависимости от условий плавания, дальности буксировки и периода сплотки: сортиментные озерные для транзитной буксировки – c не более 1,5... 1,75; сортиментные речные – c не более 2... 3; хлыстовые летней сплотки – c не более 2,0; хлыстовые зимней сплотки – c не более 2,5.

Длина сортиментного пучка l не может превышать наибольшую длину сплачиваемых в него вразнокомелицу бревен на 0,3 м. До 30% бревен в пучке разрешается сплачивать короче основной длины на 0,5 м.

Хлыстовые пучки состоят из пакетов (пачек). Пакеты в пучке располагают вразнокомелицу. Длина хлыстового пучка l установлена от 13 до 30 м. Отклонение длины отдельных пакетов от длины пучка допускается не более 2 м.

Количество древесины в пучке (объем пучка) определяется по формуле

$$V = 0,785 \text{ ВН} l_{cp} \kappa_n, \text{ пл.м}^3, \quad (3.19)$$

где l_{cp} – средняя длина сортиментов или хлыстов в пучке, м;

κ_n – коэффициент полндревесности пучка.

При определении объема сортиментных пучков из бревен одинаковой длины принимают следующие значения коэффициента полндревесности:

Диаметр бревен, см :	16	20	26	30
Коэффициент полндревесности, κ_n :	0,56	0,60	0,66	0,70

При определении объема хлыстовых пучков из пакетов хлыстов принимают следующие значения коэффициента полндревесности:

Количество пакетов в пучке, шт	1	2	4	6	10 и более
Коэффициент полндревесности пучков навигационной сплотки, κ_n	0,40	0,42	0,45	0,48	0,5
Коэффициент полндревесности пучков береговой сплотки, κ_n	0,36	0,38	0,40	–	–

Объем пучка сортиментов в зависимости от его размеров и размерности входящих в него лесоматериалов составляет 5...50 пл.м³.

Объем пучка хлыстов, состоящего из нескольких пакетов, может превышать 300 пл.м³, а объем одного пакета хлыстов – 15...40 пл.м³ и более.

Сигарообразная сплочная единица формируется из хлыстовых пакетов (пачек). Ее объем может достигать 1000 пл.м³, а размеры: длина – 65...70 м, ширина в торцах – 7 м, в средней широкой части – 10...11 м.

При формировании пучков и плотов используется разовый и оборотный реквизит и вспомогательные материалы (тросы, цепные и тросовые обвязки, другой такелаж различных типов, оплотник, проволока и пр.), номенклатура и количество которых зависит от типа, размеров и объема плота и пучков, а также от вида и размеров лесоматериалов.

Плавуемость круглых лесоматериалов определяется их физико-механическими свойствами и, в первую очередь, плотностью.

При нахождении древесины в воде ее плотность начинает расти за счет намокания (увеличения влажности), достигая критического уровня, при котором лесоматериалы уже не сохраняют своего положения относительно водной поверхности и начинают тонуть. Интенсивность изменения плотности в процессе намокания увеличивается с повышением температуры воды в водоеме.

Свежесрубленная древесина лиственных пород, лиственницы и тонкомерные сортименты других хвойных пород обладают высокой влажностью. В связи с этим до их пуска в лесосплав они должны подвергаться подготовке, направленной на повышение и сохранение плавуемости (просушка, гидроизоляция торцов), либо сплачивание с естественным или искусственным подплавом.

В качестве естественного подплава используются отдельные бревна или пучки из древесины с более высокой плавуемостью. В качестве искусственного подплава применяют многоразовые металлические или эластичные резиновые либо синтетические емкости, размещаемые в сплочных единицах (в пучках) или между ними в составе плота.

Допускаемая продолжительность нахождения в воде, рекомендованная институтами лесосплава для пучков объемом не менее 5 пл.м³ и хлыстовых пучков объемом не менее 18 пл.м³, приведена в таблице 3.8.

Таблица 3.8

Допускаемая продолжительность нахождения на воде (без утона) пучков круглых лесоматериалов

Порода	Сезон заготовки (вывозки)	Способ подготовки	Продолжительность плавания сплоченных единиц, суток		
			из хлыстов	из сортиментов	
				без гидроизоляции торцов	с гидроизоляцией торцов
Береза	Весь год, исключая апрель, май	Без просушки и подплава	70	45	75
		Без просушки:			
		– с подплавом 30% непросушенной осины	85	70	90
		– с подплавом 50% непросушенных осиновых хлыстов	100	–	–
		– с подплавом 50% осиновых бревен, прошедших транспирационную или атмосферную сушку	–	90	130
		– с подплавом 50% березы, прошедшей транспирационную сушку	110	80	120
		– с подплавом 30% просушенной осины	110	80	110
		– с подплавом 10% хвойного леса	110	70	100
	– с подплавом 20% хвойного леса	150	100	130	
	– с подплавом 30% хвойного леса	200	150	180	
Апрель, май	Без просушки:	– с подплавом 30% хвойного леса	160	80	100
		– с подплавом 20% хвойных хлыстов	120	–	–
	Транспирационная сушка ¹⁾ Атмосферная сушка	150 –	100 100	160 160	
Осина, ольха, липа	Весь год, за исключением апреля и мая	Без просушки	120	90	120
	Май – ноябрь	Транспирационная сушка ¹⁾ Атмосферная сушка	150 –	110 110	140 140

Окончание табл. 3 8

Порода	Сезон заготовки (вывозки)	Способ подготовки	Продолжительность плавания сплотовочных единиц, суток		
			из хлыстов	из сортиментов	
				без гидро-изоляции торцов	с гидро-изоляцией торцов
Лиственница сибирская	Весь год	Без просушки:			
		– без подплава	120	110	–
		– с подплавом 20% хвойного леса	160	140	–
		Транспирационная сушка и (или) атмосферная сушка	в течение навигации		
Лиственница даурская	Весь год	Без просушки:			
		– без подплава	90	80	–
		– с подплавом 20% хвойного леса	140	120	–
		Транспирационная сушка и (или) атмосферная сушка	в течение навигации		

Примечания. 1) Сушка транспирационная – прекращение поступления влаги в ствол сушкой поваленных деревьев лиственных пород в течение 10...25 суток и лиственницы – в течение 30...45 суток, а также, дополнительно, перед валкой деревьев лиственницы предварительным кольцеванием стволов.

2) При поставке древесины предприятиям, потребляющим только лиственную древесину, в качестве подплава целесообразно использовать просушенную лиственную древесину, а при отсутствии подсушенной древесины – искусственный подплав.

3.2. ПРИЕМ И ХРАНЕНИЕ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

3.2.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Прием поступающего на целлюлозно-бумажные предприятия древесного сырья в виде хлыстов, длинника, коротья, технологической щепы и опилок из отходов лесозаготовок, лесопиления и деревообработки осуществляется на механизированных приемных узлах (устройствах), обеспечивающих:

- разгрузку железнодорожного и автомобильного подвижного состава, судов и выгрузку древесины из воды;
- подачу сырья на объекты его подготовки (древесно-подготовительные цеха, сортировочные станции и пр.);
- подачу сырья на склады для его хранения.

Приемные устройства могут предназначаться для приема:

- отдельно каждого вида сырья;
- отдельно каждого вида транспорта, которым поступает сырье;
- отдельно каждого вида сырья и транспорта;
- совместно нескольких групп сырья различных видов (например, круглого леса и измельченной древесины);
- совместно группы сырья, поступающего несколькими видами транспорта (например, коротья железнодорожной и автомобильной поставки);
- совместно нескольких групп различного вида сырья, поступающего различными видами транспорта (например, круглого леса и щепы, поступающих в судах и по железной дороге) и пр.

Мощность и перерабатывающая способность приемных устройств определяется объемом и режимом поступления древесного сырья, а также нормативами продолжительности разгрузки подвижного состава, в котором поступает принимаемое сырье, продолжительности подготовительно-заключительных, маневровых и прочих работ, которые устанавливаются для конкретных условий совместными документами предприятия, владельцев транспортных средств и путей сообщения («Единый технологический процесс» и др.).

Склады сырья организуются для ликвидации отрицательного влияния на функционирование предприятия внутрисуточных, суточных, сезонных колебаний (неравномерности) в его поставках (в том числе, колебаний в поставках сырья разных пород), разного режима работы цехов или потоков самого предприятия (сменность, число дней работы в неделю и др.), а также для выполнения технологических требований (выдержка сырья для сокращения смоляных затруднений, создание композиции из сырья разных пород и пр.).

Склады, в соответствии с их функциями и размещением, могут предназначаться для длительного хранения сырья и вмещать значительное количество сырья или являться буферными (расходными) с относительно небольшой вместимостью.

На складах сырья длительного хранения может быть организован его прием для непосредственной укладки в запас. Расходные склады, как правило, могут совмещаться с приемными устройствами для поступающего сырья или располагаться отдельно от них: перед цехами подготовки сырья, между отдельными цехами (операциями) подготовки сырья либо перед цехами основного производства (производства целлюлозы, древесной массы, плит и пр.).

На складах хранится сырье, поступившее на предприятие и не подвергавшееся подготовке (неокоренные балансы, щепы и опилки от внешних поставщиков), а также сырье, частично или полностью подготовленное для производства полуфабрикатов (окоренные балансы, сортированная или несортированная щепы и опилки).

Склады измельченной коры и древесных отходов¹⁾ предназначены для ликвидации последствий внутрисуточной, суточной и сезонной неравномерности их образования при приеме, хранении и подготовке сырья и стабилизации операций по их утилизации либо отгрузки на сторону. При необходимости, на этих складах может быть организован прием древесных отходов, поступающих для утилизации от сторонних предприятий.

По способу организации хранения склады круглых лесоматериалов могут быть:

- с открытым хранением сырья
 - в штабелях:
 - хлыстов в коре,
 - длинника в коре,
 - длинника в окоренном виде (в практике отечественной ЦБП не применяется),
 - коротья в коре,
 - коротья в окоренном виде;

¹⁾ Далее в тексте – отходы, древесные отходы, кора

– в кучах:

- коротья в коре,
- коротья в окоренном виде;
- размещаемые в воде;
- с закрытым хранением коротья в окоренном виде.

Измельченная древесина (щепа и опилки для технологических нужд и древесные отходы) может храниться:

- на открытых складах – в кучах;
- в закрытых складах:
 - шатрового типа;
 - в емкостях.

Перерабатывающая способность и вместимость складов определяется объемом и режимом поступления древесного сырья и отходов, потребления их цехами подготовки сырья и производства полуфабрикатов, а также цехами утилизации отходов.

Грузовые фронты приемных узлов и складов сырья, на которых осуществляется разгрузка и погрузка транспортных средств, выгрузка сырья из воды и подача его на средства непрерывного транспорта, могут быть развернутыми по длине (длинный фронт) и точечными (короткий фронт).

На длинных грузовых фронтах может одновременно разгружаться значительное количество единиц подвижного состава, например, четверть, треть, половина или целый маршрут без дополнительной передвижки после установки под разгрузку.

На точечных грузовых фронтах одновременно разгружается ограниченное количество транспортных средств (например, один, два и пр.), с последующей их заменой неразгруженными транспортными средствами.

Техническая оснащенность грузовых фронтов (производительность и количество разгрузочных механизмов, вместимость, пропускная способность и количество приемных емкостей и пр.) должны обеспечивать требуемую перерабатывающую способность грузовых фронтов.

Расчет технического оснащения, перерабатывающей (пропускной) способности и длины грузовых фронтов осуществляется по специальным методикам, разработанным для различных видов транспорта.

Методика расчета производительности средств механизации приемных устройств и складов сырья или паспортная производительность некоторых из них приведены в п. 3.3.

Приемные устройства и склады открытого хранения древесного сырья и отходов следует располагать на участках территории предприятия, очищенных от растительности и имеющих в зависимости от вида и качества хранимой древесины, способа хранения (штабелей или куч), вида используемого лесовозного транспорта и используемых погрузочно-разгрузочных механизмов, соответствующую подготовку и покрытие. Территория приемных устройств и складов сырья должна иметь необходимое инженерное оборудование и сооружения для пожаротушения, для сбора, отвода и очистки дождевых и талых вод, сеть автомобильных и железных дорог и пожарных проездов.

При проектировании и эксплуатации приемных устройств, складов лесоматериалов и подборе оборудования для них необходимо учитывать требования следующих нормативных документов:

- СНиП II-89-80 Генеральные планы промышленных предприятий.
- СНиП 2.11.06-91 Склады лесных материалов. Противопожарные нормы проектирования.
- СНиП 2.05.07-91 Промышленный транспорт.
- СНиП 2.07.01-89 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.
- ГОСТ 9238-83 Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм.
- ГОСТ 9014.0-75 Лесоматериалы круглые. Хранение. Общие требования.
- ГОСТ 9014.1-78 Лесоматериалы круглые. Хранение. Защита дождеванием.
- ГОСТ 9014.2-79 Лесоматериалы круглые. Защита влагозащитными и влагозащитно-антисептическими составами при хранении.
- ГОСТ 9014.3-81 Лесоматериалы круглые. Химическая защита способом опрыскивания при хранении.
- ГОСТ 22235-76 Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности вагонов при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ.
- ППБ-01-93 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
- ПОТ РО 00-97 Правила по охране труда в целлюлозно-бумажной и лесохимической промышленности.
- ПОТ РМ-001-97 Правила по охране труда в лесозаготовительном, деревообрабатывающем производстве и при проведении лесохозяйственных работ.
- ПОТ РМ-007-98 Межотраслевые правила по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов.
- Нормы технологического проектирования предприятий целлюлозно-бумажной промышленности.

– Уставы и нормативные документы различных видов магистрального транспорта (железнодорожного, автомобильного, внутреннего водного и морского) и т.д.

Оборудование, используемое в приемных устройствах, на складах сырья и древесных отходов, а также особенности технологического процесса, связанные с применением этого оборудования, рассмотрены в п. 3.3. По этой причине материалы п. 3.2 и п. 3.3 следует рассматривать совместно.

В связи с наличием на существующих объектах приема и хранения древесного сырья целлюлозно-бумажных предприятий технологических схем и оборудования, введенных в прошлые годы, в п.п. 3.2 и 3.3 наряду с материалами о современном оборудовании и технологических схемах приводятся материалы о некоторых видах оборудования, которое используется в существующих производствах либо может быть применено для оснащения и модернизации действующих технологических потоков.

3.2.2. ПРИЕМ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Выгрузка круглых лесоматериалов из железнодорожного и автомобильного подвижного состава на большинстве предприятий ЦБП осуществляется на приемных устройствах, оснащенных кранами различных типов с рабочей грузоподъемностью 5...40 т. Принципиальные схемы приемных устройств с крановой механизацией приведены на рис. 3.9.

Наиболее часто употребляемым типом приемных устройств являются устройства длинного фронта, оснащенные мостовыми кранами, грузоподъемностью 20...30 т (реже до 40 т), устанавливаемыми на крановых эстакадах пролетом 28,5...34,5 м и высотой до 18 м, с параллельным эстакаде размещением железнодорожных путей и автодороги (рис. 3.9 а).

На рис.3.9б приведено приемное устройство с перпендикулярным к оси крановой эстакады (либо нескольких параллельных эстакад) размещением железнодорожных путей и автодороги. В отличие от устройств, в которых по длине фронта выгрузки может быть установлено значительное количество вагонов и автолесовозов (рис. 3.9 а), в данном типе устройства с коротким грузовым фронтом под разгрузку может быть установлено количество вагонов и автолесовозов, ограниченное пролетом эстакады или группы эстакад. Для замены опорожненных вагонов груженными необходимо постоянное присутствие локомотива либо использование маневровой лебедки.

Взамен мостовых кранов на эстакадах могут быть установлены бесконсольные козловые краны. В этом случае высота эстакады обычно не превышает 10 м.

Приемные устройства (рис. 3.9 в, г) с расположением железнодорожных путей и автодороги параллельно наземным крановым путям (устройства длинного фронта) оснащены козловыми кранами грузоподъемностью 7,5...32 т, порталными кранами грузоподъемностью 5, 10 и 16 т, башенными кранами грузоподъемностью 5 и 10 т. Такие приемные устройства используются при средних и малых грузооборотах.

Приемные устройства, оснащенные кранами, не требующими специальных путей, стреловыми на гусеничном ходу и железнодорожными, используются при малых грузооборотах либо как временные.

Краны в качестве грузозахватных приспособлений могут быть оснащены стропами, стропными захватами и грейферами.

На многих зарубежных предприятиях, а также на некоторых предприятиях России для приема древесного сырья железнодорожной и автомобильной поставки применяются лесопогрузчики фронтального типа с челюстным захватом или грейфером, а также лесопогрузчики со стрелой-манипулятором и поворотной платформой, оснащенные грейферами. Грузоподъемность некоторых типов лесопогрузчиков на оптимальном вылете грузозахватного приспособления достигает 40 т.

Фронтальные лесопогрузчики с челюстным захватом позволяют осуществлять разгрузку только переоборудованного универсального специализированного железнодорожного подвижного состава, а также автолесовозов. Лесопогрузчики с грейферами за счет использования сменных двухчелюстных и многочелюстных грейферов могут осуществлять разгрузку длинника и коротья из универсальных полувагонов. Лесопогрузчики фронтального типа с челюстным захватом и с грейфером могут применяться как транспортное средство для доставки выгруженного сырья на склад. Лесопогрузчики с поворотной платформой на базе универсальных экскаваторов используются только для осуществления разгрузки транспортных средств и подачи сырья в производство, в штабель или кучу, либо для загрузки другого транспортного средства, размещаемого в зоне, очерченной вылетом стрелы.

Лесопогрузчики имеют колесное либо гусеничное базовое шасси и не требуют крановых путей. Некоторые виды операций, которые могут осуществляться лесопогрузчиками разных типов, показаны на рис. 3.10.

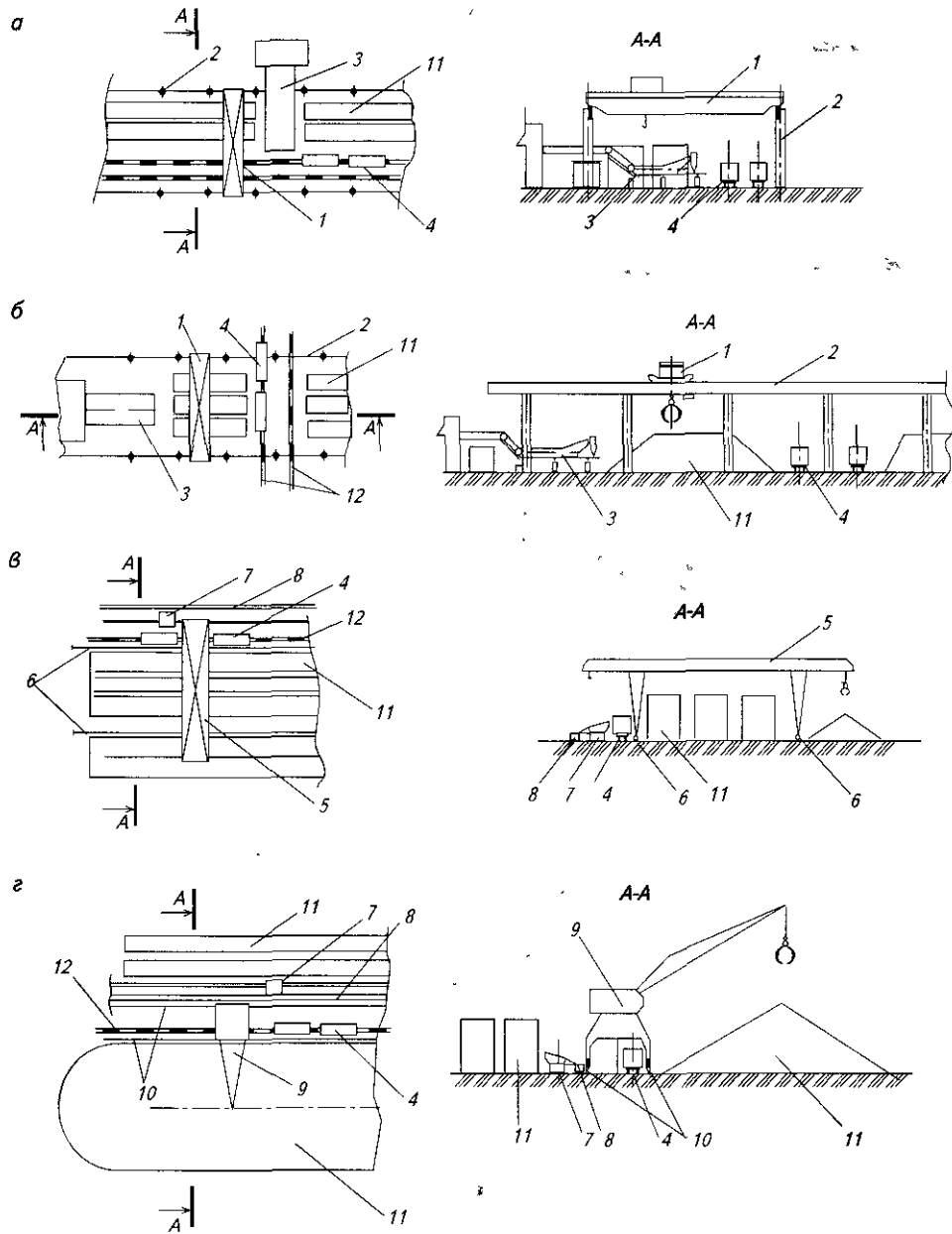


Рис. 3.9 Схемы приемных устройств с крановой механизацией для круглых лесоматериалов железнодорожной и автомобильной поставки.

- а – устройство с мостовыми кранами на эстакаде с продольным размещением железнодорожных путей;
- б – устройство с мостовыми кранами на эстакаде с поперечным размещением железнодорожных путей;
- в – устройство с козловыми кранами; г – устройство с порталными (или башенными) кранами.

1 – кран мостовой; 2 – крановая эстакада; 3 – устройство для роспуска пучков; 4 – разгружаемые вагоны; 5 – кран козловой, б – пути козлового крана, 7 – передвижной разоблицатель (титатель для коротья или устройство для роспуска пучков), 8 – конвейер для подачи балансов в производство; 9 – кран порталный (или башенный), 10 – пути порталного (башенного) крана; 11 – штабеля и кучи балансовой древесины

Прием круглых лесоматериалов, поступающих в судах и лесосплавом, производится размещаемыми на причалах порталными грейферными кранами и плавучими грейферными кранами грузоподъемностью 5...20 т, а также мостовыми кранами грузоподъемностью до 40 т и пролетом до 34,5 м, размещаемыми на крановых эстакадах с консольным (до 30 м) вылетом (рис. 3.11 и 3. 12). При эксплуатации кранов используются сменные грузозахватные приспособления.

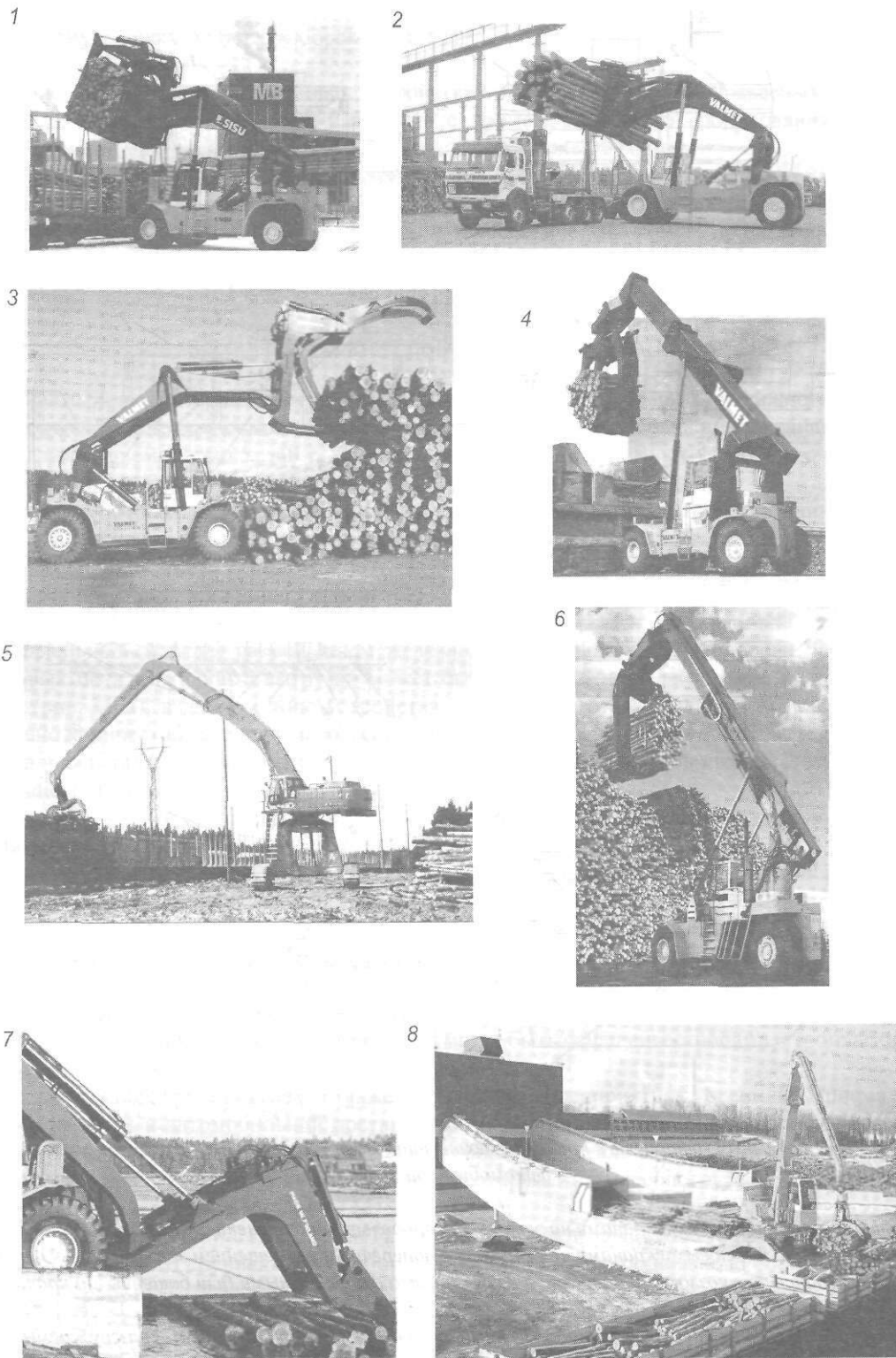


Рис. 3.10. Прием и складирование круглых лесоматериалов с использованием лесопогрузчиков:

1, 3, 7 – лесопогрузчики фронтальные с челюстным захватом; 2, 4, 6 – лесопогрузчики фронтальные грейферные; 5, 8 – лесопогрузчики с поворотной платформой на базе универсального экскаватора; 1, 5 – разгрузка спецплатформы; 8 – разгрузка полувагонов; 2 – разгрузка автолесовоза; 3, 6 – формирование штабеля; 7 – выгрузка сортиментов из воды; 4, 8 – подача сортиментов в производство (в размораживающее устройство перед коробдирочным барабаном)

Для исправления формы и уплотнения части пачек балансов, застрявших при их выгрузке грейферными кранами из судов, используются торцюющие установки, размещаемые на причале вдоль грузового фронта.

Доочистка судов от лома и других древесных отходов осуществляется небольшими колесными бульдозерами и ковшовыми фронтальными погрузчиками разных типов, доставляемыми на судно на период его зачистки.

Круглые лесоматериалы, поступающие лесосплавом, при крановой механизации приемных устройств выгружаются из воды целыми пучками. При необходимости, когда грузоподъемность кранов ниже (или выше) массы прибывших пучков, они могут быть на рейде предприятия сформированы в меньшие (или большие) по объему грузоединицы.

Приемные устройства для сырья, поставляемого по воде, оборудуются вертикальными либо откосными причальными стенками, путями для кранов, необходимыми наплавными сооружениями и пр. При сооружении приемных устройств и выборе отметки размещения берегового оборудования и сооружений, помимо конкретных технологических факторов, должны учитываться колебания уровня воды в водоеме, период стояния сплавных горизонтов и др.

На отдельных предприятиях эксплуатируются приемные устройства для балансов, поступающих лесосплавом, оснащенные продольными и поперечными лесотасками, осуществляющими выгрузку балансов поштучно, или бремсберги, выгружающие пучки балансов из воды с помощью вагонетки, движущейся по наклонным путям (см. Справочник бумажника, т.1, 1964 г.).

При благоприятных гидрологических условиях водоема, стабильности уровня воды для выгрузки пучков балансов, поступивших лесосплавом, могут использоваться грейферные и челюстные погрузчики. Как альтернатива портальным кранам на причалах для разгрузки длинника и коротья, поступающих в судах, могут использоваться лесопогрузчики с поворотной платформой на базе универсальных экскаваторов.

Использование башенных и других стреловых кранов (на гусеничном ходу, железнодорожных и др.) для приема сырья, поступающего по воде, малоэффективно и оправдано при небольших грузопотоках или в качестве временного мероприятия.

Практикуемая на отдельных предприятиях разгрузка круглых лесоматериалов из судов в воду с последующей выгрузкой их из воды в приемных устройствах для сплавной древесины при наличии причала может быть оправдана только при организации водного хранения древесины или для увеличения продолжительности периода выгрузки сырья после завершения навигации. В случае, если разгрузка древесины из судов в воду вызывается недостаточной мощностью причала или неудовлетворительной работой технологических устройств, устанавливаемых на причале для подачи сырья в производство либо на хранение, более оправданным является проведение работ по техперевооружению причала и технологических устройств на нем, так как при этом снимается экологическая нагрузка на водоем и исключается дополнительный объем работ и трудозатраты, возникающие при повторной перевалке груза.

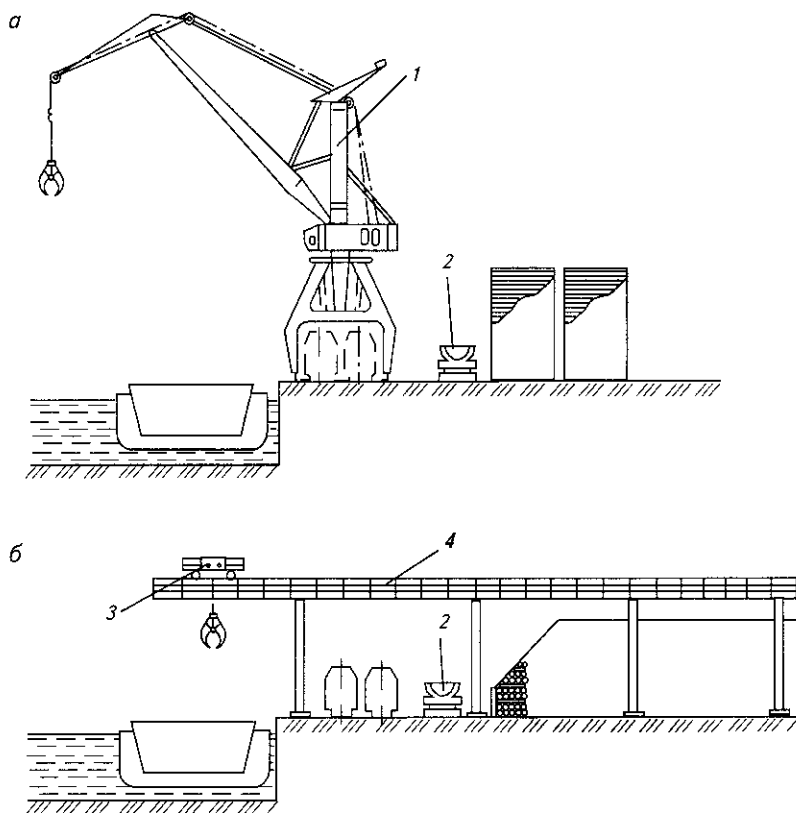


Рис 3 11 Выгрузка круглых лесоматериалов из судов портальными и мостовыми кранами на причале:

а – устройство, механизированное портальным краном, б – устройство, механизированное мостовым краном
1 – портальный перегрузочный кран с грейфером, 2 – торцюющая установка, 3 – мостовой кран с грейфером, 4 – крановая эстакада с консольным вылетом

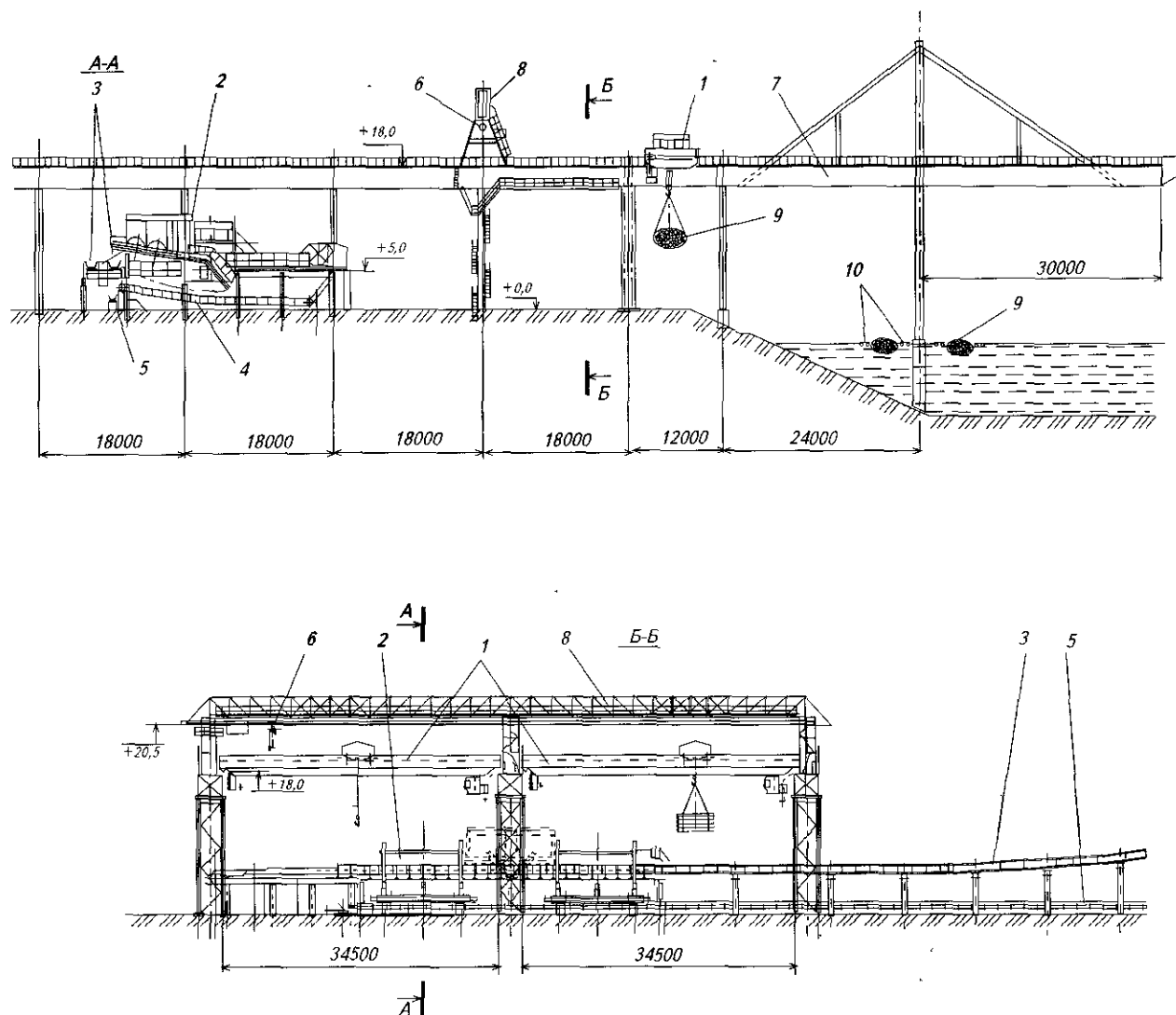


Рис 3 12. Узел для приема круглых лесоматериалов, поступающих лесосплавом, механизированный мостовым краном:

- 1 – кран мостовой; 2 – устройство для приема и распиловки древесины, 3 – конвейеры для подачи балансов в производство; 4 – конвейер многоцепной для сбора отходов под устройством для приема и распиловки древесины; 5 – конвейер для подачи отходов на утилизацию; 6 – электроталь для обслуживания мостового крана; 7 – крановая эстакада с консольным вылетом; 8 – эстакада для подвески электротали (поз. 6); 9 – пучок сортиментов; 10 – наплавные сооружения

Для приема сырья, поступающего по железной дороге, автотранспортом, в судах и лесосплавом, могут организовываться совмещенные приемные устройства, что во многих случаях технологически и экономически оправдано.

Прием сырья, поступающего различными видами транспорта, осуществляется также на складах длительного хранения сырья, оснащенных кабельными, козловыми, порталными и башенными кранами.

Для подачи балансов от приемных устройств к цехам подготовки сырья и транспортировки их на склады применяются средства непрерывного транспорта – ленточные, цепные, скребковотросовые (кабельные) конвейеры, а также подвижной состав внутризаводского автомобильного и железнодорожного транспорта и лесопогрузчики фронтального типа.

Подача круглых лесоматериалов на средства непрерывного транспорта осуществляется отдельными бревнами. В качестве средств для разделения пучков, пакетов, пачек и пр. на отдельные бревна используются различного типа разобшители – устройства для роспуска пучков и питатели для коротья.

Строительные решения, применяемые при сооружении объектов для приема круглых лесоматериалов:

- покрытие территории:
 - бетонное или железобетонное из сборных либо монолитных плит;
 - уплотненный шлак, щебень, либо крупнозернистый песок (рекомендуется только для устройств с малым грузопотоком для сырья сухопутной поставки).
- сооружения для установки кранов:
 - крановые эстакады, металлические или (и) железобетонные, а для устройств, предназначенных для выгрузки леса из судов или воды, крановые эстакады с металлической консолью над водой;
 - наземные крановые пути на естественном либо свайном основании, на деревянных либо железобетонных шпалах.
- сооружения для причаливания судов и размещения наплавных сооружений для приема пучков из воды:
 - причал в виде вертикальной шпунтовой стенки либо бетонных массивов на ряжевом основании;
 - причал откосного или полукоткосного типа с тумбами для швартовки судов либо устройствами для крепления наплавных сооружений и берегоукреплением из бетонных плит либо со щебенчатым покрытием;
 - берегоукрепления на участках, прилегающих к причалу.

Режим работы приемных устройств:

- по приему сырья:
 - железнодорожной поставки – 365 дней в году в 3 смены;
 - автомобильной поставки – 250...300 дней в году в 2...3 смены (по режиму поставок);
 - поставляемого в судах и лесосплавом – в течение выгрузочного периода, определяемого конкретными условиями водоема и предприятия, в 3 смены.
- по подаче сырья в производство или на склад – в режиме работы объектов подготовки сырья и складов на предприятии в период поставок сырья в 2...3 смены

3 2.3. ПРИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ

Прием щепы железнодорожной поставки осуществляется в приемных устройствах емкостного (с бункерами либо траншеями) или безъемкостного типа с разгрузкой вагонов через нижние люки либо в приемных устройствах, оснащенных элеваторно-ковшовыми разгрузчиками или грейферными кранами, которыми разгрузка вагонов осуществляется через верх кузова.

Приемные устройства с разгрузкой вагонов через нижние люки организуются одно- или двухпутными с коротким или длинным фронтом на один, два или несколько вагонов (рис. 3.13). Известны устройства для приема щепы с разгрузкой вагонов через нижние люки с эстакадой длиной на несколько вагонов и траншеями по обеим сторонам эстакады.

Приемные устройства с таким способом разгрузки подвижного состава могут располагаться в неотапливаемом здании, под навесом или без укрытия.

Для возвращения сыпучести смерзшейся и уплотнившейся щепе приемные устройства оснащаются бурорыхлительными установками (БРУ). Многолетняя практика эксплуатации БРУ на целлюлозно-бумажных предприятиях России показала их высокую эффективность при любой прочности смерзания щепы. БРУ должна быть установлена в приемном устройстве над бункерами либо над приемными конвейерами. Возможна установка БРУ при модернизации существующих приемных устройств вне устройства тогда, когда по строительным или другим условиям БРУ невозможно вписать в существующее сооружение. В этом случае, однако, в зоне размещения БРУ должны быть установлены конвейеры для удаления щепы, просыпающейся через верх кузова вагона во время рыхления. Измельчение щепы при применении БРУ незначительно. В основном, оно выражается в разделении отдельных щепочек по ширине на части вдоль волокна.

Использование устройств с применением различных видов тепловой энергии для возвращения сыпучести щепы бесперспективно в связи с низкой теплопроводностью древесины. Невысока также эффективность возвращения сыпучести щепе и при применении других видов устройств, используемых для восстановления сыпучести смерзающихся минеральных грузов, например, виброштыковых рыхлителей.

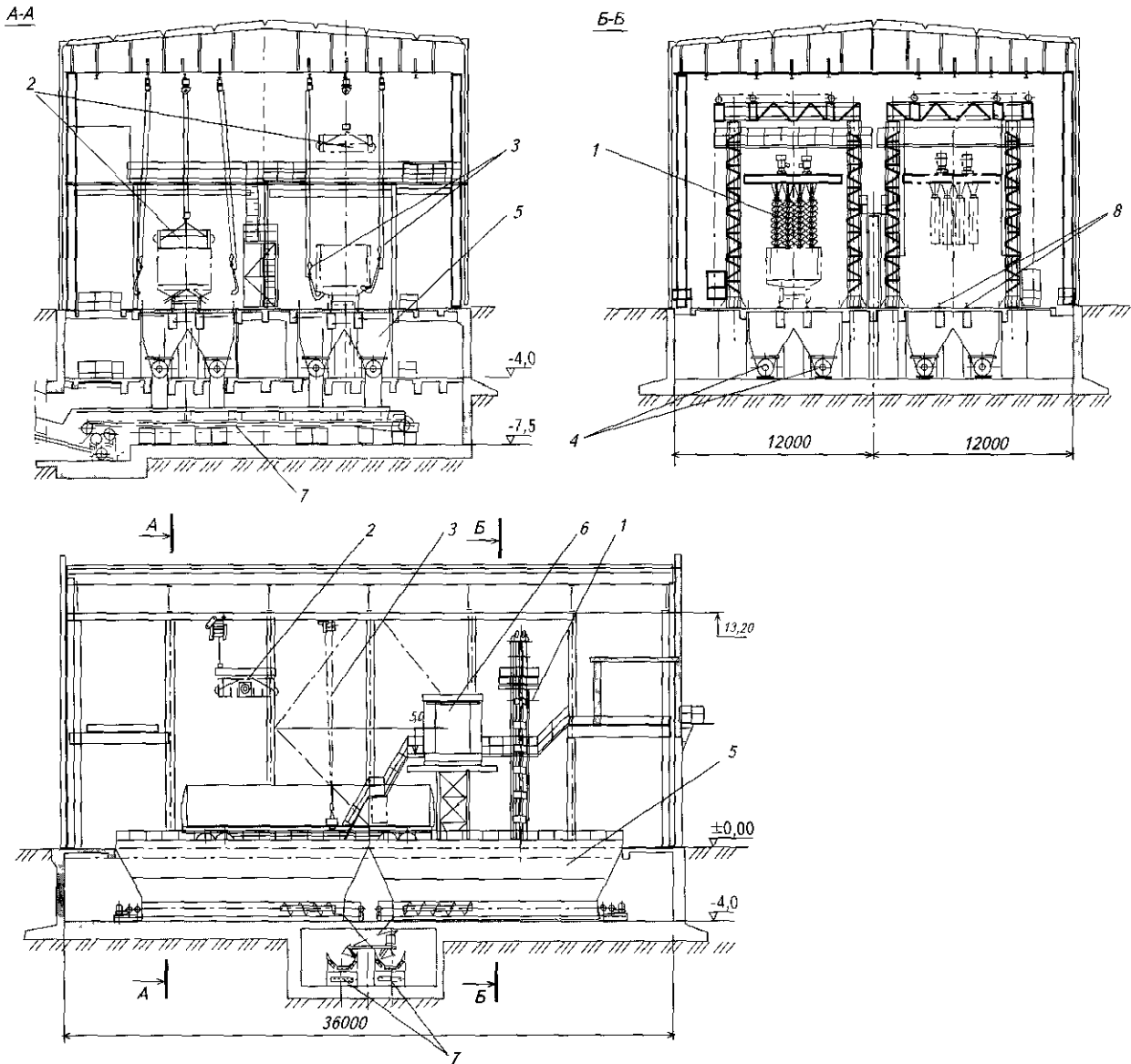


Рис. 3.13. Приемное устройство емкостного типа для щепы железнодорожной поставки:

- 1 – бурорыхлительная установка (маневровое устройство не показано); 2 – виброплита; 3 – люкоподъемник;
 4 – шнековый разгрузчик-питатель; 5 – бункер; 6 – пульт управления;
 7 – конвейер для подачи щепы в производство; 8 – железнодорожные пути

Для надвига вагонов в приемное устройство при применении БРУ используются маневровые устройства (МУ) разных типов. Они могут входить в состав БРУ или подбираются из числа серийно изготавливаемых установок.

Выгрузка щепы из вагонов в приемном устройстве с БРУ осуществляется в процессе надвига вагонов с постепенным открыванием люков одновременно по обе стороны вагона в момент прохода оси БРУ этой пары люков. Последовательно осуществляется рыхление и выгрузка щепы из тех вагонов, на длину которых рассчитан фронт приемного устройства. После этого осуществляется доочистка вагонов виброплитами, люковибраторами либо вручную и закрытие люков. При использовании подвесных люкоподъемников люки закрываются в процессе попозиционного перемещения люкоподъемников вдоль стоящих вагонов. При использовании стационарных напольных люкоподъемников люки закрываются в процессе передвижения вагонов. Опорожнение бункеров и прием щепы в безъемкостных приемных устройствах осуществляется ленточными, скребковыми, пластинчатыми конвейерами, шнековыми или стокерными питателями-разгрузчиками. Траншеи опорожняются скреперными лебедками или бульдозерами.

Продолжительность разгрузки вагонов в приемных устройствах подобного типа без учета времени на разборку и снятие необоротного реквизита (досок и стоек от наращивания бортов универсальных полувагонов):

- в приемном устройстве с фронтом на 1 вагон – 15...25 мин.;
- в приемном устройстве с фронтом на 2 вагона – 25...35 мин.

Приемные устройства с разгрузкой вагонов через верх кузова – устройства длинного фронта, в которых выгрузка вагонов осуществляется в кучевой склад, на конвейер либо в бункера, размещенные вдоль фронта.

Приемное устройство с использованием элеваторно-ковшового разгрузчика (рис. 3.14) может обеспечить выгрузку щепы с подачей ее на кучевой склад или на ленточный конвейер, располагаемый параллельно фронту разгрузки.

Куча щепы, формируемая стрелой элеваторно-ковшового разгрузчика ТР-2А (С492), имеет высоту 8 м над головкой железнодорожного рельса, а ось кучи размещается на расстоянии 20 м от оси железнодорожного пути. Разгрузчик передвигается по специальным путям, расположенным по обе стороны железнодорожных путей. Разгрузка вагонов, размещенных в зоне работы погрузчика, осуществляется поочередно. В случае возможности поступления смерзшейся щепы, приемное устройство может быть оснащено БРУ.

Доочистка вагонов производится вручную через несколько открытых люков, как правило, на специальном участке грузового фронта, который может быть оборудован приемным конвейером. При наличии на вагоне необоротного реквизита (обрешетки), он может сниматься с опорожненных вагонов во время разгрузки элеваторно-ковшовым разгрузчиком следующих по ходу его движения вагонов, расположенных на грузовом фронте.

Возможны варианты устройств, когда элеваторно-ковшовый разгрузчик устанавливается стационарно, а вагоны протягиваются мимо него маневровым устройством. В этом случае выдача щепы элеваторно-ковшовым разгрузчиком может осуществляться либо непосредственно на конвейер, либо на конвейер через бункер с питателем-разгрузчиком. Эксплуатация такого устройства может быть затруднена необходимостью позиционной остановки вагонов для перевода рабочего органа (элеватора) разгрузчика из одного вагона в другой.

Продолжительность опорожнения одного вагона элеваторно-ковшовым разгрузчиком – 12...15 мин (без учета времени на доочистку вагона).

а



б

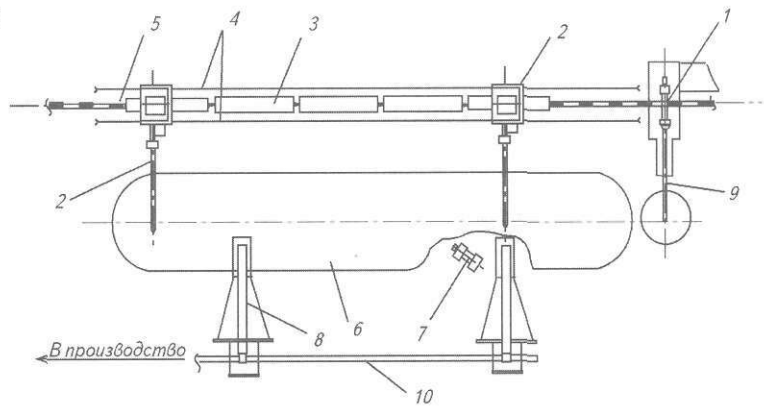


Рис. 3.14. Приемное устройство для щепы с элеваторно-ковшовым разгрузчиком:

а – элеваторно-ковшовый разгрузчик; б – схема приемного устройства (вид в плане):

1 – бурорыхлительная установка; 2 – элеваторно-ковшовый разгрузчик ТР-2А; 3 – разгружаемые вагоны; 4 – пути разгрузчика; 5 – железнодорожные пути; 6 – куча щепы; 7 – бульдозер; 8 – скребковый питатель-разгрузчик щепы; 9 – конвейер для удаления просыпи от бурорыхлительной установки; 10 – ленточный конвейер для подачи щепы в производство

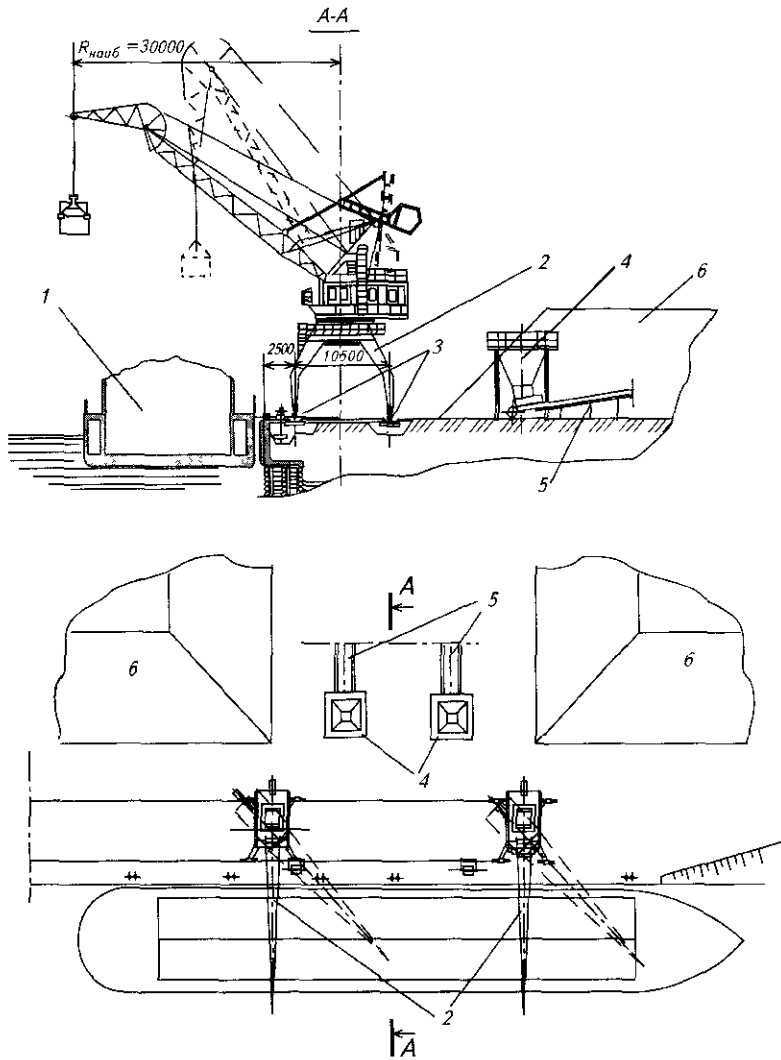


Рис. 3.15. Выгрузка щепы из судов с применением портального крана:

- 1 – судно со щепой; 2 – портальный перегрузочный кран с грейфером; 3 – пути портального крана; 4 – бункер с питателем для подачи щепы на конвейер; 5 – конвейер ленточный для подачи щепы в производство; 6 – куча щепы

освобождая при этом место для выгружающейся щепы. При разгрузке автощеповоза в бункерное приемное устройство притормаживаются колеса кузова, который, опрокидываясь, остается над бункером приемного устройства. Колеса тягача при этом расторможены. Для разгрузки несамосвальных автощеповозов, которые в России применяются крайне редко, приемные устройства могут быть оснащены автомобилеопрокидывателями.

Щепа, поступающая в судах, разгружается портальными, башенными и стреловыми кранами на гусеничном ходу грузоподъемностью на рабочем вылете 5...16 т, оснащенные грейферами большой вместимости. Выгрузка щепы осуществляется на открытый склад или в бункер для подачи ее в производство посредством системы конвейеров (рис. 3.15).

Для зачистки судов от остатков щепы используются небольшие колесные бульдозеры и ковшовые фронтальные погрузчики разных типов, доставляемые на судно на период зачистки.

Строительные решения при сооружении устройств для приема щепы, оснащенных элеваторно-ковшовым разгрузчиком и кранами, аналогичны описанным в п.3.2.2. устройствам для приема круглых лесоматериалов кранами. Покрытие площадки под кучи щепы – бетонное и железобетонное монолитное или сборное из плит.

Режим работы устройств для приема щепы аналогичен режиму работы устройств для приема круглых лесоматериалов (см. п. 3.2.2).

Известны устройства для разгрузки полувагонов с применением пневморазгрузчиков. Существовавшая на Усть-Илимском ЛПК установка для пневмовыгрузки щепы из вагонов-щеповозов через верх кузова не оправдала себя в эксплуатации по сравнению с традиционным способом выгрузки щепы из вагонов через нижние люки.

Как исключение, по разрешению органов МПС (см. ГОСТ 22235-76), выгрузка щепы из вагонов может осуществляться через верх кузова любыми кранами, оснащенными ковшовыми грейферами шириной не более 2500 мм. Выгруженная щепа может подаваться на кучевой склад либо на конвейер через бункер с питателем-разгрузчиком.

Для измельчения в щепу досок, использовавшихся для наращивания бортов полувагонов, на приемных устройствах может быть установлена рубильная машина с соответствующими питающими устройствами (ленточный конвейер, рольганг и др.).

Прием щепы, поставляемой саморазгружающимися автощеповозами, осуществляется на открытых складах щепы или в приемных устройствах бункерного типа с расположенным на дне бункера питателем-разгрузчиком (ленточным, скребковым, шнековым, стокерным).

Для осуществления разгрузки автощеповоза-самосвала на открытый склад или свободную от щепы площадку подтормаживаются колеса седельного тягача, а кузов, опрокидываясь, подкатывается к тягачу,

3.2.4. ЗАПАС ХРАНЕНИЯ И ВМЕСТИМОСТЬ СКЛАДОВ СЫРЬЯ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Суммарная вместимость имеющихся и организуемых на предприятиях складов сырья должна обеспечивать возможность приема и размещения поступающего сырья с учетом его годового расхода $Q_{\text{год}}$, пл. м³, режима поступления и потребления с высвобождением подвижного состава в нормативные сроки.

Вместимость склада сырья предприятия устанавливается в единицах объема, пл. м³, на конец периода, когда на предприятии может оказаться максимальное количество сырья, подлежащего хранению, например, на конец навигации. Учитывая, однако, имеющие место различные режимы поступления сырья по видам транспорта (см. п. 3.1.1) и его потребления на разных предприятиях, вместимость складов сырья при расчетах принято первоначально определять в количестве условных суточных расходов сырья при работе предприятия в течение 365 дней в году. Такую единицу вместимости – условный суточный расход сырья (усл. сут. расх.) обозначают – сут.

Нормативная вместимость складов древесного сырья предприятия ($V_m^{\text{н}}$, сут) может быть рассчитана с учетом приведенных в таблице 3.9 рекомендаций, разработанных отраслевой лабораторией промышленного транспорта ЦБП при Калининском политехническом институте на основании анализа среднестатистической неравномерности поставок сырья разными видами транспорта с учетом наблюдающихся сгущений поставок сырья отдельными видами транспорта в определенные периоды года. Нормативы вместимости складов сырья, приведенные в табл. 3.9, установлены при условии выгрузки древесины водной поставкой (в судах и лесосплавом) в течение 150 дней и равномерном потреблении сырья.

Таблица 3.9

Нормативная вместимость складов древесного сырья предприятия

Удельный вес видов транспорта в общем объеме поступления древесного сырья, %			Нормативная вместимость складов сырья, $V_m^{\text{н}}$ сут.	Удельный вес видов транспорта в общем объеме поступления древесного сырья, %			Нормативная вместимость складов сырья, $V_m^{\text{н}}$ сут.
железнодорожный	водный	автомобильный		железнодорожный	водный	автомобильный	
100	0	0	32	40	20	40	47
90	0	10	32	40	30	30	60
90	10	0	32	40	40	20	87
80	0	20	32	40	50	10	108
80	10	10	32	40	60	0	129
80	20	0	45	30	0	70	80
70	0	30	40	30	10	60	63
70	10	20	35	30	20	50	46
70	20	10	45	30	30	40	49
70	30	0	65	30	40	30	70
60	0	40	55	30	50	20	98
60	10	30	40	30	60	10	127
60	20	20	46	30	70	0	147
60	30	10	66	20	0	80	87
60	40	0	85	20	10	70	69
50	0	50	60	20	20	60	50
50	10	40	45	20	30	50	48
50	20	30	47	20	40	40	59
50	30	20	68	20	50	30	86
50	40	10	86	20	60	20	113
50	50	0	110	20	70	10	141
40	0	60	70	20	80	0	169
40	10	50	45	0	100	0	215

Максимальная вместимость складов сырья V_m , сут, рассчитывается с учетом переходящего запаса $V_{\text{от}}$, сут, который необходим для обеспечения непрерывности работы предприятия и устанавливается в зависимости от совокупности учтенных при определении значения $V_m^{\text{н}}$ и неучтенных местных факторов, влияющих на условия поставки и потребления сырья.

$$V_m = V_m'' + V_{от}, \text{ сут.} \quad (3.20)$$

$V_{от}$ принимается равным 7...30-суточной потребности в сырье, отнесенной к 365 дням.

Если сырье водной поставки выгружается за другое число дней и перерабатывается неравномерно (например, по отдельным группам пород), это должно быть учтено при расчете вместимости склада.

При $T_{вод} \neq 150$ суток

$$V_m = V_m'' + (150 - T_{вод}) \frac{\Delta}{100} + V_{от}, \text{ сут.} \quad (3.21)$$

где $T_{вод}$ – расчетная продолжительность периода выгрузки древесины водной поставки, сут.;

Δ – доля поставок сырья водным транспортом в общем объеме потребляемого древесного сырья, %.

При одновременном поступлении древесины по воде в судах и лесосплавом и разных режимах поступления и приема сырья продолжительность периода выгрузки $T_{вод}$ для расчетов по формуле 3.20 устанавливается по данным табл. 3.10.

Таблица 3.10

Продолжительность периода выгрузки древесины водной поставки ($T_{вод}$)

Условия	Значение продолжительности периода выгрузки древесины водной поставки
$q_{сн} \geq q_{суд}$ и $T_{сн} \geq T_{суд}$	$T_{вод} = T_{сн}$
$q_{сн} < q_{суд}$ и $T_{сн} < T_{суд}$	$T_{вод} = T_{суд}$
$q_{сн} \geq q_{суд}$ и $T_{сн} < T_{суд}$	<p>при $q_{сн} \leq \frac{q_{сн}T_{сн} + q_{суд}T_{суд}}{365}$</p> $T_{вод} = T_{сн} + \frac{365q_{суд}(T_{суд} - T_{сн})}{q_{сн}T_{сн} + q_{суд}T_{суд}},$ <p>при $q_{сн} > \frac{q_{сн}T_{сн} + q_{суд}T_{суд}}{365}$</p> $T_{вод} = T_{суд}$
$q_{сн} < q_{суд}$ и $T_{сн} \geq T_{суд}$	<p>при $q_{сн} \leq \frac{q_{сн}T_{сн} + q_{суд}T_{суд}}{365}$</p> $T_{вод} = T_{суд} + \frac{365q_{сн}(T_{сн} - T_{суд})}{q_{сн}T_{сн} + q_{суд}T_{суд}}$ <p>при $q_{сн} > \frac{q_{сн}T_{сн} + q_{суд}T_{суд}}{365}$</p> $T_{вод} = T_{сн}$

Здесь $q_{сн}$ – среднесуточный объем выгрузки на берег сплавной древесины, тыс.м³/сут.,

$T_{сн}$ – продолжительность периода выгрузки на берег сплавной древесины, сут.,

$q_{суд}$ – среднесуточный объем выгрузки на берег древесины судовой поставки, тыс. м³/сут.,

$T_{суд}$ – продолжительность периода выгрузки на берег древесины судовой поставки, сут.

Вместимость складов в единицах объема определяется по формулам 3.22, 3.23 и 3.24.

Если условия и режим поставки и потребления для всех пород сырья одинаковы, то вместимость складов сырья в единицах объема определяется по формуле

$$V = \frac{Q_{\text{год}}}{365} V_m, \text{ тыс. пл.м}^3, \quad (3.22)$$

где V – вместимость складов сырья в единицах объема, тыс. пл.м³;
 $Q_{\text{год}}$ – годовой расход сырья, тыс. пл.м³/год.

В случае, если условия и режим поставки и потребления сырья данной породы или группы пород существенно различаются, рассчитывается запас хранения и вместимость участков складов для каждой группы сырья. Он определяется по формуле

$$V_i = \frac{Q_{i\text{год}}}{365} V_{im}, \text{ тыс. пл. м}^3, \quad (3.23)$$

где $Q_{i\text{год}}$ – годовой расход древесины данной породы или группы пород, тыс. пл м³/год;
 V_i – вместимость участков складов древесины данной породы или группы пород, тыс. пл.м³;
 V_{im} – максимальная вместимость участков складов древесины данной породы или группы пород, сут
 V_{im} определяется по формуле 3.20 или 3.21 для данной породы или группы пород с учетом условий поставки этого сырья.

Суммарная вместимость складов в этом случае определяется по формуле

$$V = \sum V_i, \text{ тыс. пл.м}^3 \quad (3.24)$$

В случае, если на предприятии организуется водное хранение сырья, суммарная вместимость складов сырья, располагаемых на суше, корректируется с учетом доступности сырья, хранимого в воде.

Для упрощенных расчетов, в случае поставки сырья только по железной дороге и по воде, либо в тех случаях, когда поставки автотранспортом осуществляются равномерно в течение года, наибольший запас, который должен вместить склад, определяется по формуле

$$V = \frac{Q_{\text{вод}} (365 - T_{\text{вод}})}{365} + \frac{Q_{\text{суш}} V_{\text{см}}}{365}, \text{ тыс.пл.м}^3, \quad (3.25)$$

где $Q_{\text{вод}}$ – объем сырья, поступающего на предприятие в судах и лесосплавом, тыс. пл.м³/год.
 $(365 - T_{\text{вод}})$ – продолжительность межнавигационного периода, сут.

При создании складов до и после объектов подготовки древесины вместимость каждого из них устанавливается по формулам

$$V_1 = \frac{(1 - \delta) Q_{\text{год}}}{365} V_m, \text{ тыс. пл.м}^3, \quad (3.26)$$

$$V_2 = \frac{\delta Q_{\text{год}}}{365} V_m, \text{ тыс. пл.м}^3, \quad (3.27)$$

где V_1 и V_2 – вместимости складов, располагаемых соответственно до и после объектов подготовки сырья, тыс. пл.м³;

δ – коэффициент, учитывающий перерабатывающую способность объектов приема и объектов подготовки древесного сырья,

$$\delta = \frac{P_{\text{под}} - Q_{\text{сум}}}{P_{\text{пр}} - Q_{\text{сум}}}, \quad (3.28)$$

где $P_{\text{под}}$ – перерабатывающая способность объектов подготовки древесного сырья, тыс. пл.м³/сут;

$Q_{сум}$ – среднесуточное потребление древесного сырья при фактическом количестве дней работы предприятия в год, тыс. пл.м³/сут;

$P_{пр}$ – перерабатывающая способность объектов приема древесного сырья, тыс. пл.м³/сут.

$$P_{пр} = P_{пр\,сух} + \frac{Q_{вод.род}}{T_{вод}}, \text{ тыс. пл.м}^3/\text{сут}, \quad (3.29)$$

где $P_{пр\,сух}$ – перерабатывающая способность объектов приема древесины сухопутной поставки, тыс.пл.м³/сут.

При необходимости, по формулам 3.26 и 3.27 может быть рассчитана вместимость складов сырья для отдельных пород или групп пород древесины, либо отдельных сортиментов.

Если на предприятии организуются расходные (буферные) склады сырья на приемных устройствах некоторых типов или перед отдельными цехами подготовки сырья, их вместимость не превышает обычно однодвухнедельного запаса. Остальной запас сырья хранится на складах длительного хранения.

Желательная минимальная вместимость буферного склада сырья железнодорожной поставки при приемном устройстве должна быть не менее объема среднесуточного поступления (с учетом заданного коэффициента неравномерности); при маршрутной поставке древесины вместимость буферного склада при приемном устройстве должна быть кратна объему сырья, перевозимому в маршруте. При судовой поставке вместимость склада на причале – не менее вместимости самого большого по грузоподъемности судна, используемого в данном бассейне для перевозки лесных грузов.

Запас хранения измельченной древесины в закрытых складах обычно соответствует 1...3-х сменной потребности в сырье полуфабрикатных производств. В последние годы разработаны конструкции закрытых складов измельченной древесины большой вместимости, обеспечивающие сырьем основное производство на значительно более длительный период.

В связи с тем, что при хранении сырья, особенно в теплый период года, в нем происходят биологические процессы, приводящие к снижению плотности древесины и количества смолистых веществ, повреждению древесины грибами и насекомыми и механическим потерям (в основном, за счет доизмельчения и распыления щепы), продолжительность хранения сырья на складах должна быть по возможности ограничена. Поэтому, при эксплуатации складов желательно обеспечить смену хранимого в них сырья по принципу: «первое – на склад, первое – со склада». В то же время при необходимости должна быть обеспечена возможность выдержки сырья на складе на определенный регламентом срок с целью достижения необходимого технологического эффекта (снижение смоляных затруднений и пр.).

Средневзвешенная продолжительность нахождения сырья без замены на складе $T_{i\,xp}$, мес., может быть рассчитана по формуле

$$T_{i\,xp} = \frac{6 V_i}{Q_{i,000}}, \text{ мес.} \quad (3.30)$$

В случае, если продолжительность нахождения сырья на складе меньше продолжительности выдержки, требуемой регламентом, запас хранения сырья на складе и его вместимость должны быть соответственно увеличены. Тогда вместимость участков складов сырья, необходимая для обеспечения требований технологического процесса, V_i^m определяется по формуле

$$V_i^m = \frac{T_{i\,xp}^m Q_{i,000}}{6}, \text{ тыс. пл. м}^3, \quad (3.30a)$$

где $T_{i\,xp}^m$ – продолжительность нахождения сырья на складе, необходимая для обеспечения требований технологического процесса, мес.

Возможна выдержка сырья на участке склада с неснижаемым запасом, соответствующим по объему потребности производства на продолжительность выдержки. По мере отбора выдержанного сырья на склад укладывается свежее.

Желательно, чтобы продолжительность нахождения балансов и щепы на складах сырья соответствовала значениям, предусмотренным технологическими регламентами. Рекомендуемые предельные значения продолжительности нахождения сырья на складах без заметного ухудшения их качества приведены ниже в п. 3.2.5, 3.2.6, 3.2.8, 3.4. В случае, если по причинам, связанным с режимом поступления сырья на предприятия, расчетная продолжительность хранения превышает указанную в регламентах, сырье на складе должно обновляться путем замены всего уложенного сырья вновь поступившим.

Вместимость складов открытого и закрытого хранения коры и древесных отходов определяется исходя из конкретных условий предприятия: режима образования отходов, их поступления на склад и использования (утилизации).

3.2.5. ШТАБЕЛЬНОЕ ХРАНЕНИЕ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Общие правила хранения круглых лесоматериалов в штабелях регламентируются ГОСТ 9014.0-75.

По способу укладки и конструкции различают штабеля:

- с рядовой укладкой (рядовые);
- с плотной укладкой:
 - плотные;
 - плотно-рядовые;
 - пачковые.

По способу хранения рекомендуется:

- влажный способ хранения (плотная укладка длинника и коротья в коре или без коры, хлыстов в коре);
- сухой способ хранения (рядовая укладка длинника и коротья без коры).

Выбор способа хранения и конструкции штабеля зависит от вида хранимого сырья, сроков хранения, способа поставки и переработки сырья, климатических условий района размещения и пр. Сухой способ хранения практически не находит применения в ЦБП.

Штабеля на складах круглых лесоматериалов формируются кранами разных типов, оснащенными стропами и рейферами, лесопогрузчиками с челюстным или рейферным захватом, а также лебедками.

Наибольшее применение на целлюлозно-бумажных предприятиях находят плотные беспрокладочные и, реже, пачковые и плотно-рядовые штабеля (рис. 3.16).

Плотный (беспрокладочный) штабель (рис. 3.16 а) формируется краном либо лесопогрузчиком из пачек без обвязки. Уложенные пачки не разделяются прокладками. Штабель такого типа необходимо разбирать кранами, оснащенными рейферами или лесопогрузчиками.

Плотно-рядовой штабель (рис. 3.16 б) формируется из пачек без обвязки, ряды которых разделяются только горизонтальными прокладками. Разделительные прокладки между смежными пачками внутри рядов отсутствуют. Как правило, этот тип штабеля применяется при накатывании лесоматериалов лебедками. Разборка штабеля может осуществляться лебедками и кранами.

Пачковый штабель (рис. 3.16 в) формируется из отдельных пачек. Смежные пачки разделяются короткими наклонными прокладками, а ряды пачек – горизонтальными длинными прокладками. Используется также вариант пачкового штабеля, у которого все прокладки могут быть короткими, уложенными под углом к основанию штабеля. Пачковый штабель применяется при крановой укладке и разборке штабелей лесоматериалов с применением строп. Наличие разделительных прокладок между пачками облегчает вытягивание строп при формировании штабеля и их застропку при разборке штабеля. Масса пачки соответствует грузоподъемности крана, обслуживающего склад. Баланс иногда хранят в таком штабеле в пачках, обвязанных проволокой или стропами.

Головка и хвост штабелей для надежности удержания бревен от обрушения должны иметь уклон, образующийся в результате естественного раската бревен, либо специальные упорные устройства (например, металлические упоры, клеточную выкладку бревен или др.).

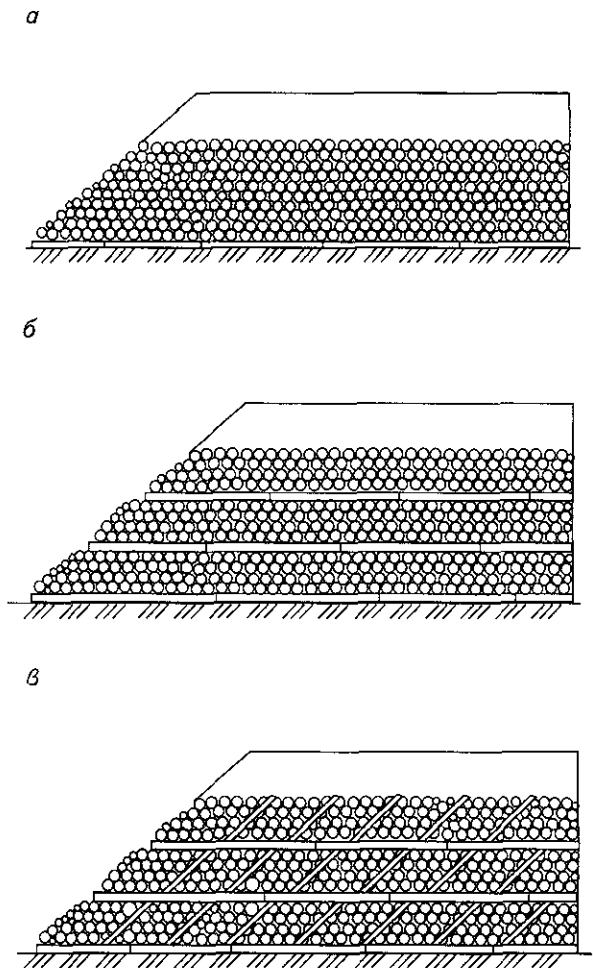


Рис. 3.16. Типы штабелей для хранения круглых лесоматериалов:

а – плотный штабель; б – плотно-рядовой штабель; в – пачковый штабель

Угол естественного откоса (раската) торцов штабелей:

- для неокоренной древесины $\alpha_0 = 34^\circ \dots 36^\circ$ (ср. 35°)
- для окоренной древесины $\alpha_0 = 30^\circ \dots 32^\circ$ (ср. 31°)

При формировании штабелей для предотвращения загнивания и засорения древесины под штабели укладываются подкладки, для которых могут использоваться бревна или железобетонные балки, образующие зазор от поверхности склада до низа штабеля.

Высота штабеля в зависимости от длины бревен должна быть не более, м:

Длина бревна	Высота штабеля
4 и более	12
3...3,5	8
2...2,5	6
до 2	не более двух длин бревна

В зависимости от способа механизации погрузочно-разгрузочных работ высота штабелей должна быть не более, м:

- при использовании
 - челюстных лесопогрузчиков 3
 - кабель-кранов 6
 - мостовых, порталных, башенных, козловых кранов с применением строп 7
 - кранов и лесопогрузчиков с применением грейферов 12
- при ручной укладке 1,8

Укладку в штабели балансов и дров с большой кривизной и сбегом при формировании штабелей механизмами следует выполнять на 1...1,5 м ниже указанных значений.

Расстояние между соседними штабелями должно быть не менее 2 м при их расчетной ширине, равной длине укладываемых бревен¹⁾.

Длина штабеля не должна быть меньше его четырехкратной высоты.

На некоторых предприятиях склады штабельного хранения формируются путем организации сдвоенных и строенных штабелей, а также с высотой штабелирования 12...14 м (в частности, при использовании кабель-кранов) по нормам, действовавшим в предшествующие годы. Использование таких способов складирования возможно при условии специального согласования с надзорными органами.

При хранении сырья влажным способом в летний период в качестве основной меры защиты от повреждения микроорганизмами и насекомыми рекомендуется дождевание в соответствии с требованиями ГОСТ 9014.1-78.

Для дождевания помимо специальных устройств и установок могут быть применены лафетные установки, используемые на складах сырья в качестве средств противопожарной защиты.

Для оценочных расчетов вместимости штабелей могут быть использованы значения коэффициента полндревесности $k_{\text{п}}$, приведенные в табл. 3.11.

Таблица 3.11

Коэффициенты полндревесности круглых лесоматериалов длиной 3...6,5 м при штабельном хранении

Тип штабеля	Коэффициент полндревесности при диаметре бревен, см			
	10...15	16...21	22...25	более 25
Рядовой	0,45	0,47	0,54	0,60
Плотный	0,55	0,65	0,68	0,72
Плотно-рядовой	0,52	0,62	0,65	0,68
Пачковый	0,50	0,60	0,63	0,65

Примечание. Коэффициенты полндревесности штабелей приведены для неокоренных балансов (хвойных). При хранении лиственных балансов значение коэффициента снижается на 12%, при хранении окоренных балансов коэффициент полндревесности повышается на 10%.

¹⁾ Это значение установлено ПОТ РО 00-97. Расстояния между штабелями, рекомендуемые ГОСТ 9014.0-75, ниже требуемых ПОТ РО 00-97.

Для штабелей неокоренных балансов длиной от 1 до 2 м может быть принят коэффициент полндревесности $\kappa_n = 0,65 \dots 0,69$, а для окоренных $\kappa_n = 0,72 \dots 0,76$.

Значение коэффициента полндревесности для штабелей хлыстов:

- уложенных в разнокомелицу:
 - россыпью..... $\kappa_n = 0,27 \dots 0,3$
 - пачками..... $\kappa_n = 0,3 \dots 0,35$
- уложенных комлями в одну сторону..... $\kappa_n = 0,23 \dots 0,25$

В связи с тем, что коэффициенты полндревесности зависят от многих факторов: размеров (длины и диаметра) и формы бревен (кривизны и сбега), типа штабеля, способа механизации его укладки, значения этих коэффициентов должны уточняться на месте с учетом конкретных условий в соответствии с требованиями ГОСТ 2292-88.

Продолжительность хранения (пролеживания) древесного сырья на штабельной бирже для свежезаготовленных балансов I категории не должна превышать:

- для хвойных пород..... 24 мес.,
- для лиственных пород... 12 мес.

Допустимая продолжительность хранения низкосортных балансов и дров должна быть ниже в 2...3 раза во избежание значительного ухудшения их качества.

Размещение штабелей на территории склада осуществляется с учетом применяемых средств механизации, особенностей технологии формирования и разборки штабелей, места размещения цехов подготовки сырья, места размещения и длины грузового фронта для приема и отгрузки древесного сырья.

При использовании лесопогрузчиков для формирования и разборки штабелей следует учитывать их технологические особенности:

- фронтальные лесопогрузчики с челюстным захватом формируют и разбирают штабель с торца и, поэтому они могут обслуживать любой штабель, размещенный на складе;
- фронтальные лесопогрузчики с рейферным захватом и лесопогрузчики со стрелой-манипулятором и поворотной платформой формируют и разбирают штабель с любой стороны, однако предпочтительнее их рабочее размещение с одной из боковых сторон штабеля при наличии зоны, достаточной для рабочих передвижений погрузчика.

Размеры групп штабелей и разрывы между ними должны выбираться с учетом нормативных расстояний от штабелей до установок для пожаротушения, автомобильных и железных дорог при обязательном учете зоны, необходимой для работы используемых средств механизации.

Территория склада штабельного хранения должна иметь подготовленную площадку с основанием: щебенчатым, гравийным либо бетонным или железобетонным из сборных или монолитных плит. Выбор типа покрытия определяется нагрузками, создаваемыми штабелями и используемыми на складе средствами механизации и транспортными средствами.

Строительные решения по грузовым фронтам:

- крановые эстакады – металлические или (и) железобетонные;
- наземные крановые пути – на естественном или свайном основании, на деревянных или железобетонных шпалах.

Режим работы складов штабельного хранения должен соответствовать режиму поступления сырья и подачи сырья со склада в производство.

3.2.6. КУЧЕВОЕ ХРАНЕНИЕ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Кучевой способ применяется для хранения короткомерных круглых лесоматериалов. Коротье может храниться в кучах в окоренном виде и в коре.

Кучи коротья могут быть прямоугольными с полукруглыми торцами, кольцеобразными или круглыми в плане и треугольными либо трапециевидными в сечении.

В соответствии с существующей практикой кучи короткомерной древесины организуются высотой не более 30 м.

Угол естественного откоса (раскатывания) окоренной древесины $\alpha_o = 30 \dots 32^\circ$, неокоренной древесины – $\alpha_o = 35 \dots 36^\circ$. Поэтому при высоте 28...30 м ширина кучи окоренной древесины не может быть более 90 м, а неокоренной – более 82...83 м.

Для получения более четкого контура кучи и предотвращения раскатывания отдельных бревен вдоль кучи по ее периметру выкладывают штабель высотой 2...3 м из хранимого в ней коротья. При необходимости границы и форма кучи могут определяться специально сооруженными стенками-упорами.

Кучи коротья формируются специальными кучеукладчиками-стакерами, грейферными кранами разных типов и грузоподъемности, грейферными лесопогрузчиками с поворотной платформой на базе универсального экскаватора, а также ленточными и цепными конвейерами, размещаемыми на высоких горизонтальных и наклонных эстакадах (рис.3.17).

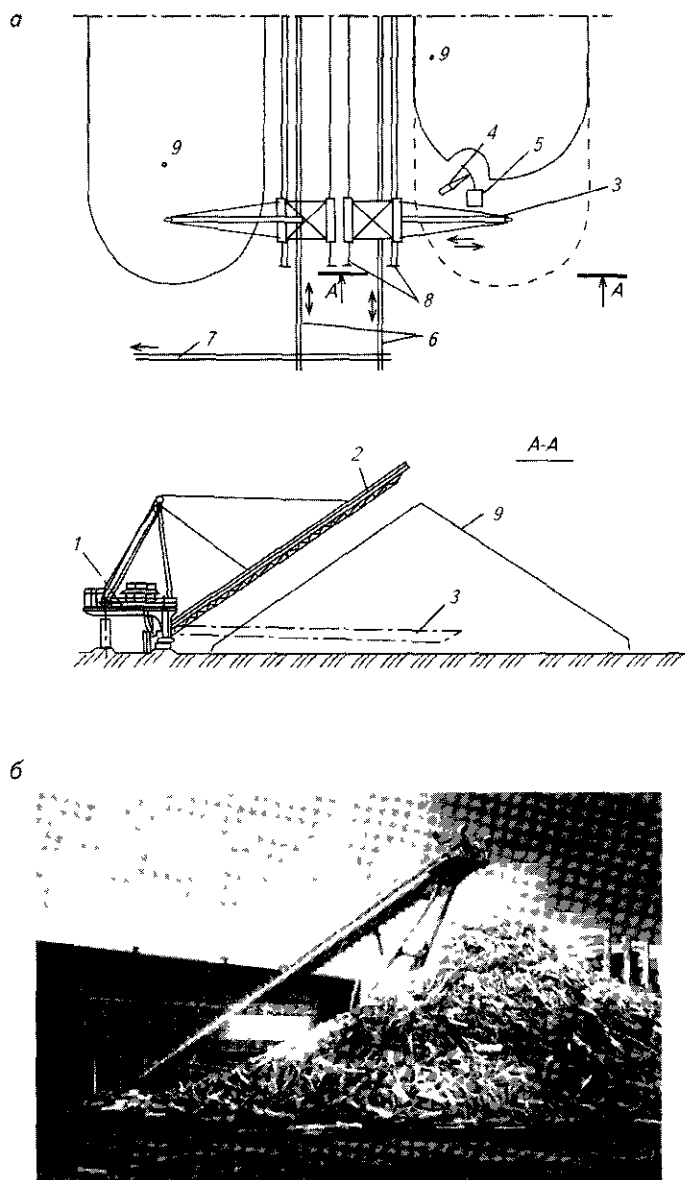


Рис. 3.17. Кучевые склады коротья:

а – склад коротья, механизированный передвижным стакером: 1 – стакер; 2 – стрела стакера поднятая; 3 – стрела стакера, опущенная для подачи коротья в производство; 4 – кран грейферный для разгрузки кучи; 5 – питатель для коротья; 6 – конвейер для подачи коротья на кучу и с кучи; 7 – конвейер для подачи коротья в производство; 8 – пути стакера; 9 – куча коротья,

б – куча коротья, сформированная конвейером, размещенным на наклонной эстакаде

Наибольшие по вместимости, высоте и ширине кучи могут формироваться стакерами: прямоугольные – передвижным стакером, кольцеобразные – радиальным поворотным стакером.

Кучи, формируемые кранами, организуются, как правило, на грузовых автомобильных и железнодорожных разгрузочных фронтах и причалах. Габариты куч определяются высотой подъема, пролетом или вылетом стрелы крана.

Для снижения активности биологических процессов, протекающих в нижних слоях кучи, основание кучи перед очередным циклом заполнения склада должно тщательно очищаться от остатков древесины, хранившейся в куче в предшествующий период.

Разборка куч может осуществляться грейферными кранами и лесопогрузчиками с поворотной платформой на базе универсального экскаватора, а также погрузчиками фронтального типа с ковшем большой вместимости.

Посредством питателя для коротья и передвижного (переносного) цепного конвейера коротье направляется на средства магистрального транспорта для подачи в производство.

Передвижные и радиальные стакеры современных конструкций оснащены подъемно-опускной стрелой. Помимо формирования кучи, при размещении стрелы стакера в горизонтальном положении, ее конвейер используется для транспортировки коротья в производство при разборке кучи взамен передвижного (переносного) цепного конвейера.

В качестве магистральных средств для транспортировки коротья на кучевой склад и для подачи коротья со склада в производство используются ленточные конвейеры для коротья либо скребковотросовые (кабельные) конвейеры.

При организации склада коротья с прямоугольной кучей, формируемой стакером, конвейеры размещаются на эстакадах, расположенных вдоль кучи параллельно путям стакера. Если применяется ленточный конвейер, его верхняя ветвь используется попеременно для подачи коротья на склад и со склада. При применении скребковотросового

конвейера верхняя ветвь конвейера обычно используется для подачи коротья на кучу (на конвейер стакера), а нижняя ветвь (иногда – верхняя) для подачи коротья в производство с кучи.

При отсутствии конвейерного транспорта в качестве средства для подачи коротья из куч в производство, например, со складов при грузовых фронтах, может быть использован автотранспорт.

Рекомендуемые сроки нахождения на складе кучевого хранения сырья I категории, мес., не более:

- хвойная древесина
 - окоренная 8...10
 - неокоренная 2...3
- лиственная древесина
 - окоренная 4...5
 - неокоренная 1...2

Сроки хранения сырья более низкого качества должны быть, по возможности, короче указанных выше.

Значения коэффициентов полндревесности k_n для кучевых складов коротья могут приниматься:

- средние – для балансов со средневзвешенной длиной 1,25м:
 - неокоренных $k_n = 0,40...0,45$ (ср. 0,43)
 - окоренных $k_n = 0,48...0,52$ (ср. 0,5)
- для более точных расчетов k_n учитывается отношение диаметра бревна к его длине:

0,05	$k_n = 0,4$
0,1	$k_n = 0,48$
0,15	$k_n = 0,53$
0,2	$k_n = 0,57$
0,25	$k_n = 0,6$

Территория, занятая кучами коротья, должна иметь щебеночное, гравийное либо бетонное или железобетонное покрытие из плит сборных или монолитных. Пути стакеров, порталных и башенных кранов выполняются на естественном либо свайном основании по деревянным или железобетонным шпалам. Эстакады конвейеров для транспортировки коротья на склад и со склада выполняются на железобетонных или металлических опорах. Подпорные стенки для оформления границ куч, если они не будут выкладываться в виде полениц из коротья, выполняются железобетонными в сборном либо монолитном исполнении.

Режим работы склада должен соответствовать режиму работы объектов приема и подготовки сырья, с которыми данный склад связан технологически.

3.2.7. СКЛАДЫ ВОДНОГО ХРАНЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Хранение круглых лесоматериалов в воде – способ, получивший некоторое распространение за рубежом и в России в годы, когда значительная часть сырья целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих предприятий поступала сплавом.

Организация такого склада на предприятии позволяет увеличить продолжительность выгрузки сырья из воды, сделав в отдельных случаях выгрузку круглогодичной.

Помимо сокращения затрат на организацию и эксплуатацию наземных складов сырья такой способ хранения создает ряд технологических преимуществ. Круглые лесоматериалы в течение всего периода хранения будут иметь высокую влажность, а повреждение грибками и насекомыми возможно только в надводной части. Окорка облегчается. При длительном хранении древесины в воде в вырабатываемой из нее целлюлозе увеличивается содержание смолы. Древесная масса, вырабатываемая из баланса, длительное время хранившегося в воде, имеет большую механическую прочность и лучшую белизну.

В связи с сокращением объема поставок сырья водными видами транспорта в настоящее время объемы водного хранения сырья существенно снизились. Однако, указанные технологические и экономические преимущества водного хранения древесины, а также дефицит на ряде предприятий организованных наземных складов сырья и свободных площадей для них позволяют рассматривать склады водного хранения, как некоторую альтернативу сухопутным.

Для хранения древесины в воде необходимы акватории с небольшим течением и перепадами воды. Особенно удобны для этого озера, водохранилища, заливы, старицы и пр. В ряде случаев создаются искусственные водоемы.

Поскольку водное хранение связано с зимней выгрузкой древесины, необходимо, чтобы в условиях отрицательных зимних температур водоем имел достаточные глубины. Потребные минимальные глубины в каждом отдельном случае определяют расчетом теплового баланса.

Древесину обычно хранят на воде в плотках или секциях плотов, состоящих из пучков, по возможности, большого объема.

Наиболее благоприятные условия для водного хранения древесины достигаются при поддержании участка акватории, на которой она размещается, а также подходов к выгрузочным устройствам в течение зимы в незамерзаемом или слегка замерзшем состоянии. Это достигается путем сброса относительно теплых сточных вод производства на соответствующий участок акватории. Для разрушения образовавшегося льда используется тепло, заключенное в нижних слоях воды. Для этого применяются плавучие потокообразователи и барботажные устройства, поднимающие потоком воздуха нижние слои воды вверх.

Транспортирование пучков по каналам, образованным во льду водоема, к узлам выгрузки производится при помощи потокообразователей и катеров.

При организации водного хранения древесины должны соблюдаться необходимые меры экологической охраны водоемов.

Подробные сведения об этом способе хранения круглых лесоматериалов приведены в предыдущих изданиях «Справочника бумажника» (т.1. 1955 и 1964 гг.).

3.2.8. СКЛАДЫ ОТКРЫТОГО ХРАНЕНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Склады открытого хранения измельченной древесины представляют собой кучи, которые могут иметь любую форму в плане. Однако в целях управления биологическими процессами, возникающими в кучах, для сокращения механического воздействия на хранимые материалы и для выполнения требований правил пожарной безопасности кучи следует организовывать прямоугольными, круглыми или кольцеобразными в плане, треугольными либо трапециевидными в сечении (рис. 3.18).

Такая форма куч при использовании соответствующих средств механизации загрузки и разборки обеспечивает обновление хранимого сырья и древесных отходов в рекомендуемые сроки.

В соответствии со сложившейся практикой кучи древесного сырья обычно имеют высоту не превышающую 30 м и ширину прямоугольной или диаметр круглой кучи не более 90 м. Наружный диаметр кольцеобразной кучи не может быть более 210 м, внутренний диаметр не менее 30 м, а ширина кольца не более 90 м. Для обеспечения более четкого контура куч они могут быть ограждены железобетонными стенками по всему периметру или на отдельных участках.

Угол естественного откоса α , для расчетов вместимости куч принимается равным $40...45^\circ$, хотя в действительности уплотненные щепы и древесные отходы имеют более высокие значения угла естественного откоса.

Подача измельченной древесины на склад и со склада осуществляется средствами непрерывного транспорта либо автотранспортом.

Для формирования складов используют:

- пневмостакеры полноповоротные или стационарные с изменяющимся углом наклона трубы, снабженной дефлекторами;
- стакеры передвижные, поворотные или стационарные на базе ленточных, скребковых конвейеров или шнеков;
- ленточные, цепные или пневмоконвейеры, размещаемые на высоких горизонтальных либо наклонных эстакадах;
- бульдозеры;
- грейферные порталные, башенные краны и др.

Выдача измельченной древесины со складов на средства непрерывного транспорта либо автотранспорта может осуществляться:

- передвижными шнековыми одно- и двухпорными разгрузчиками;
- шнековыми полноповоротными разгрузчиками;
- скребковыми или стокерными питателями-разгрузчиками;
- грейферными кранами;
- колесными погрузчиками фронтального типа с ковшем большой вместимости;
- бульдозерами и пр.

При использовании для формирования куч пневмотранспорта в связи с большой скоростью потока материала на выходе из трубопровода происходит распыление мелких фракций и сепарация фракций по массе и размерам с образованием «линз» мелких фракций в куче. Это обстоятельство отрицательно сказывается на процессе производства полуфабрикатов, так как, несмотря на некоторое перемешивание фракций щепы при выдаче ее со склада, в направленной на производство щепы наблюдаются значительные колебания фракционного состава, дестабили-

зирующие технологический процесс. Сепарация и фракционирование хранимой измельченной древесины оказывает влияние и на биологические процессы в куче, в частности, на процессы саморазогрева хранимого материала.

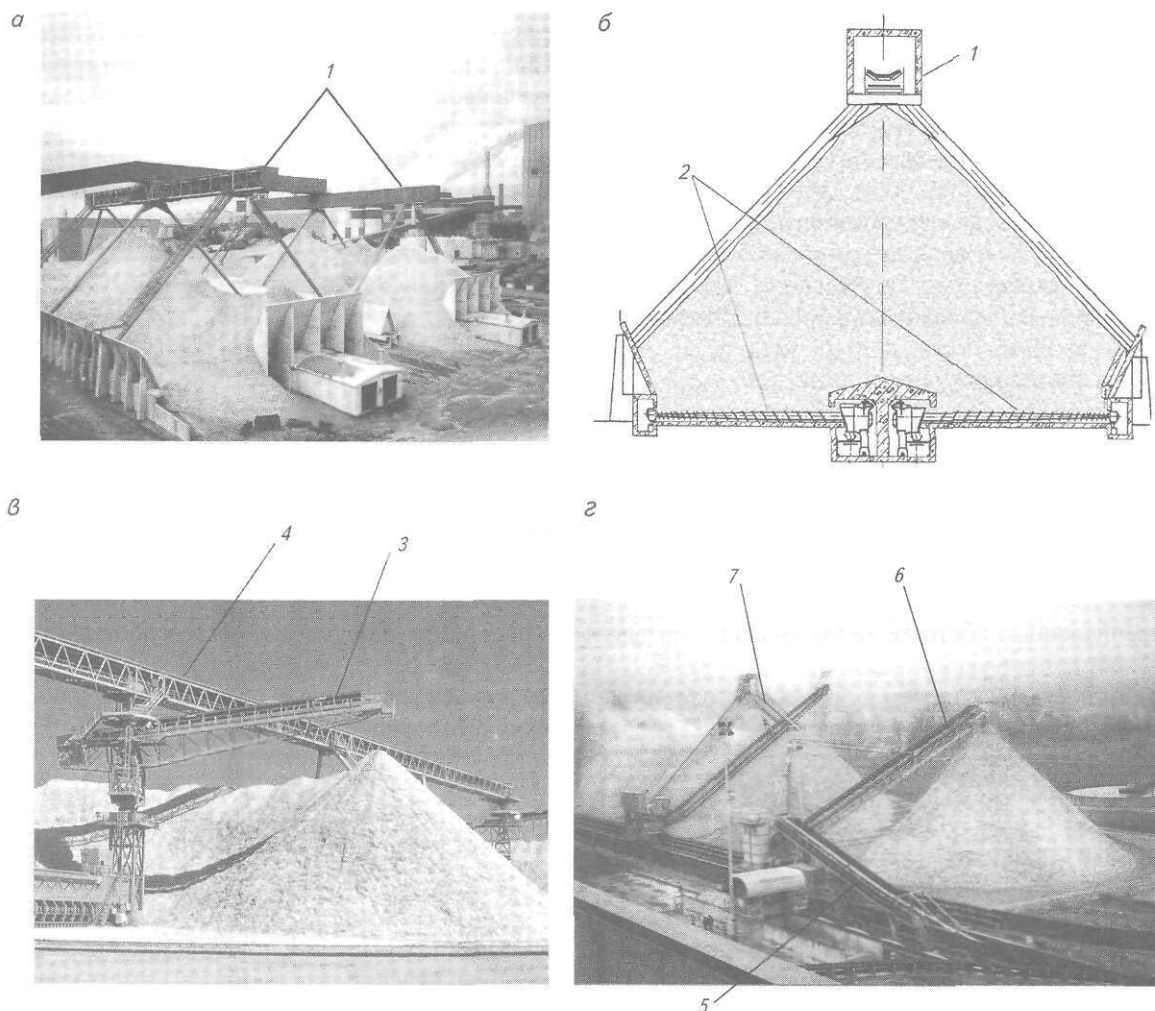


Рис. 3.18. Кучевые склады щепы:

*а, б – склад щепы со сдвоенным прямоугольным кучевым штабелем, формируемым ленточными конвейерами;
в – склад щепы с кучевым кольцеобразным штабелем, формируемым поворотным стакером, оснащенный ленточным конвейером:*

*1 – эстакада ленточного конвейера для подачи щепы на склад; 2 – шнековый передвижной разгрузчик;
3 – стакер поворотный для формирования кучи; 4 – эстакада конвейера для подачи щепы на стакер;*

*г – склад щепы с прямоугольным кучевым штабелем, формируемым передвижным стакером:
5 – конвейер для подачи щепы на кучу; 6 – стакер передвижной для формирования прямоугольной кучи со стрелой, оснащенной цепным конвейером; 7 – передвижной порталный разгрузчик со скребковым конвейером на подъемно-опускной стреле*

При формировании куч с применением других механизмов столь сильного распыления и сепарации измельченной древесины не наблюдается.

При подаче щепы на кучу пневмотранспортом и при использовании бульдозеров для формирования куч отмечено существенное измельчение щепы, в основном, кондиционной, которая разрушается вдоль волокон. Заметное измельчение щепы наблюдается также при использовании для разборки куч некоторых типов разгрузчиков, в первую очередь, скребковых. Это приводит к увеличению в щепе доли мелких фракций после ее выдачи со склада.

На биологические процессы, интенсифицирующиеся при хранении древесины, особенно при ее кучевом хранении в измельченном виде, влияют сроки закладки и длительность нахождения измельченной древесины в куче. В теплый период года ($t^{\circ} > 5^{\circ}\text{C}$) биологические процессы наиболее активны, а в холодный период они затухают. Для поддержания биологических процессов в щепе в целях обеспечения подачи в производство сырья стабильного качества в течение года на некоторых зарубежных предприятиях в холодный период осуществляется подогрев нижних слоев щепы в куче подачей в них нагретого воздуха.

Рекомендуемые сроки нахождения измельченной древесины на открытых складах до замены устанавливаются технологическими регламентами:

- щепы и опилки – в зависимости от способа производства полуфабрикатов, породы и сорта хранимого сырья;
- коры и древесных отходов – для предотвращения их возможного самовозгорания.

Ориентировочно продолжительность хранения щепы в летний период, а в подогреваемых кучах в летний и зимний периоды, должна быть, мес., не более:

- щепы хвойных пород 3...4
- щепы лиственных пород 2...3

Продолжительность хранения коры и древесных отходов должна быть, мес., не более:

- летом 2...3
- зимой 5...6

Для осуществления указанных рекомендаций, форма, размеры кучи а также размещение и зона действия разгрузчиков должны обеспечивать максимальное выполнение требования: «первый на склад – первый со склада».

Перечисленные обстоятельства должны учитываться при выборе оборудования и разработке схем складов.

При формировании куч и в процессе хранения материал в кучах уплотняется: при первоначальном значении коэффициента полндревесности $k_n = 0,33 \dots 0,4$, в нижних слоях кучи он может достигать $0,5 \dots 0,55$.

Для расчетов вместимости кучевых складов коэффициенты полндревесности k_n рекомендуется принимать следующими:

- щепы $k_n = 0,38 \dots 0,41$;
- опилки $k_n = 0,35 \dots 0,37$;
- кора и древесные отходы $k_n = 0,34 \dots 0,36$;

Для предотвращения загрязнения измельченной древесины минеральными и другими инородными включениями и снижения потерь хранимых материалов от загнивания, кучевые склады должны иметь специально подготовленное основание.

Для складов измельченной древесины, предназначенной для производства полуфабрикатов, обязательным является бетонное либо железобетонное покрытие территории из монолитных или сборных плит. Для кучевых складов коры и древесных отходов, направляемых на утилизацию, такое покрытие является желательным.

Эстакады конвейеров и пневмотранспорта, а также опоры для пневмо- и конвейерных стакеров выполняются на железобетонных или металлических опорах. Питатели-разгрузчики размещаются в железобетонных желобах. Подпорные стенки для куч – железобетонные в сборном либо монолитном исполнении.

Режим работы складов кучевого хранения измельченной древесины:

- по поступлению – в режиме работы объектов приема привозной щепы и объектов подготовки сырья;
- по выдаче щепы в производство – в режиме работы объектов производств полуфабрикатов – потребителей щепы и объектов утилизации щепы и древесных отходов.

3.2.9. СКЛАДЫ ЗАКРЫТОГО ХРАНЕНИЯ БАЛАНСОВ

Для погашения последствий несогласованной (по объему) подготовки и потребления балансов перед их подачей в древесно-массное производство возникает необходимость накопления балансов, которое может осуществляться в специальных накопителях либо закрытых складах коротья.

Накопитель для коротья представляет собой специальный цепной конвейер, оснащенный высокими (1,5...2,0 м) вертикальными бортами и специальными упорами. Благодаря проскальзыванию балансов и перекатыванию образуется штабель из параллельно расположенных балансов высотой 1,5 м и более. По мере необходимости балансы выдаются на систему конвейерного транспорта для подачи к дефиберам.

Закрытые склады коротья могут быть созданы в виде бункеров с вертикальными либо наклонными стенами и плоским дном. Подача коротья в склад осуществляется конвейером, например, ленточным конвейером с плужковым сбрасывателем, идущим вдоль одной из стен склада. Распределение балансов от зоны сброса по складу и подача балансов из склада в производство осуществляется мостовым краном, оснащенный многочелюстным грейфером, посредством питателя для коротья и системы конвейеров. Мостовой кран размещается над складом.

На рис. 3.19 показана конструкция буферного склада балансов, представляющего собой бункер, загружаемый с конвейера, с многоцепным подвижным столом (конвейером), размещенным на дне бункера, предназначенным для накопления и выдачи коротья в производство. С цепного подвижного стола балансы поступают на ламельный (ступенчатый) конвейер, подающий коротье на магистральный конвейер для направления балансов к дефибрерам. Скорость цепного подвижного стола регулируется в широком диапазоне, что обеспечивает подачу требуемого объема балансов. В небольших цехах бункер можно использовать для накопления запаса балансов для работы в ночную смену.

Взамен многоцепного подвижного стола на дне бункера такого склада может быть установлен стокерный питатель.

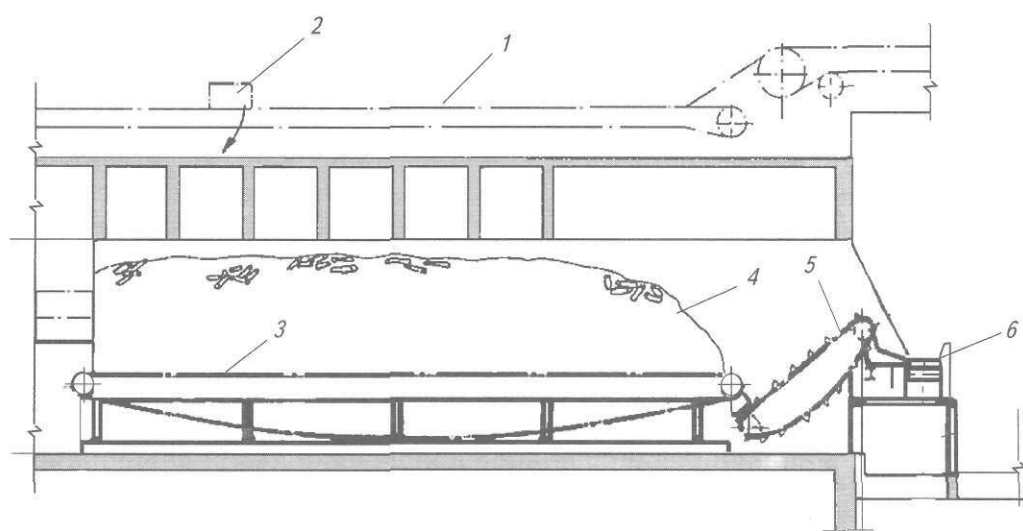


Рис. 3.19. Закрытый склад балансов:

- 1 – ленточный конвейер для подачи балансов на склад; 2 – плужковый сбрасыватель; 3 – многоцепной стол;
4 – балансовое коротье; 5 – ламельный многоцепной конвейер;
6 – конвейер для подачи балансов в древесно-массное производство

Для расчетов вместимости закрытых складов коротья (с хранением навалом) следует принимать значения k_n , приведенные в п. 3.2.7 с понижающим коэффициентом 0,8.

3.2.10. СКЛАДЫ ЗАКРЫТОГО ХРАНЕНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Закрытые склады измельченной древесины используются для хранения текущих расходных запасов подготовленных щепы и опилок перед их подачей в производство и древесных отходов, предназначенных для утилизации. Закрытые склады измельченной древесины позволяют обеспечить равномерную выдачу хранимого сырья и отходов потребителю, составление композиции из смеси щепы разных пород, автоматизацию процесса загрузки варочных установок и утилизационных котлов.

Создание новых типов открытых складов сырья и отходов, оснащаемых современными разгрузочными средствами и работающими по принципу: «первое – на склад, первое – со склада» (см. п. 3.2.8.), снизило актуальность использования закрытых складов. Необходимость их сооружения должна быть обоснована.

Физико-механические свойства частиц измельченной древесины – их размеры, форма, влажность, наличие смолы, температура этих частиц и наружного воздуха, а также давление вышележащих слоев приводят к тому, что в процессе хранения увеличиваются силы сцепления между частицами, уменьшаются их подвижность и сопротивление сдвигу, происходит сводообразование, а зимой смерзание частиц и их примерзание к конструкциям емкостей склада.

В этих условиях выбор формы, геометрических параметров емкостей и разгрузочных отверстий, материала и шероховатости внутренних поверхностей и конструктивные особенности разгрузочного оборудования являются определяющими при создании эффективно функционирующих закрытых складов измельченной древесины.

Эксплуатация большинства сооруженных в 1950...1970-х годах на ряде отечественных целлюлозно-бумажных предприятий закрытых складов – силосов или бункеров, оснащенных тарельчатыми питателями диаметром 5 или 6 м, размещенными под конической воронкой, либо шнековыми разгрузчиками разных конструкций, серьезно затруднена из-за зависания, слеживания, примерзания к стенкам и дну, смерзания щепы, коры и древесных отходов, а также из-за ненадежности питателей-разгрузчиков и пр. Некоторые из этих складов по указанным причинам выведены из эксплуатации.

В настоящее время рядом фирм разработаны различные типы закрытых складов с гидравлическим истечением измельченной древесины и оборудование для их разгрузки (в основном, шнековое с переменным шагом и диаметром винта и стокерное), которое обеспечивает эффективную эксплуатацию складов в автоматическом режиме. К их числу относятся:

- склады-силосы в виде усеченного конуса с расширением книзу, либо в виде цилиндра с горизонтальным дном, разгружаемые полноповоротными шнековыми разгрузчиками или разгрузчиками типа Help;
- склады-бункера в виде усеченной пирамиды со стенками, расширяющимися книзу, разгружаемые передвижными шнековыми питателями или разгрузчиками стокерного типа.

Некоторые из этих складов показаны на рис. 3.20.

Угол наклона стенок силосов и бункеров к их дну устанавливается в зависимости от конструкции склада и высоты складирования ($\alpha_1 = 60...85^\circ$).

Склады, оборудованные разгрузчиками, могут быть использованы не только для хранения, но и для подготовки технологической щепы и опилок с применением пропарки, разогрева и др.

Диаметр или ширина емкостей, а также их высота определяется видом хранимой измельченной древесины и типом применяемого разгрузчика (см. разд. 3.3, табл. 3.35).

Высота складирования измельченной древесины в закрытых складах:

- щепы до 30 м
- коры и древесных отходов до 15 м.

Параметры складов закрытого хранения измельченной древесины должны устанавливаться совместно с фирмами-поставщиками разгрузочного оборудования для согласования размеров силосов с параметрами питателей-разгрузчиков, изготавливаемых этими фирмами.

Силоса и бункера могут быть железобетонными или металлическими. Стены и днища силосов и бункеров в зимнее время могут подогреваться с использованием в качестве теплоносителя теплого воздуха, горячей воды либо пара. Они могут быть оборудованы устройствами для электрообогрева.

Показатели для строительного проектирования закрытых складов измельченной древесины приведены в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Показатели для строительного проектирования закрытых складов щепы, коры и опилок

Вид измельченной древесины и порода сырья	Объемная масса свободно насыпанного материала, кг/нас.м ³	Объемная масса уплотненного материала, кг/нас.м ³	Угол естественного откоса уплотненного материала, $\alpha_{от}$, град.	Угол внутреннего трения, град.	Коэффициент динамичности от обрушения щепы при высоте силоса (бункера)	
					10 м	20 м
Щепа:						
– ель, пихта	245	360	37	34...60	1,25	2,0
– сосна, кедр	320	400	34	30...70	1,25	2,0
– лиственница,						
– береза	340	420	35	33...73	1,25	2,0
– осина, тополь	286	356	34	29...72	1,25	2,0
Кора	340	400	36	30...75	нет данных	
Опилки	270	370	36	30...70	нет данных	

Примечание. Показатели приведены для предварительных оценочных расчетов.

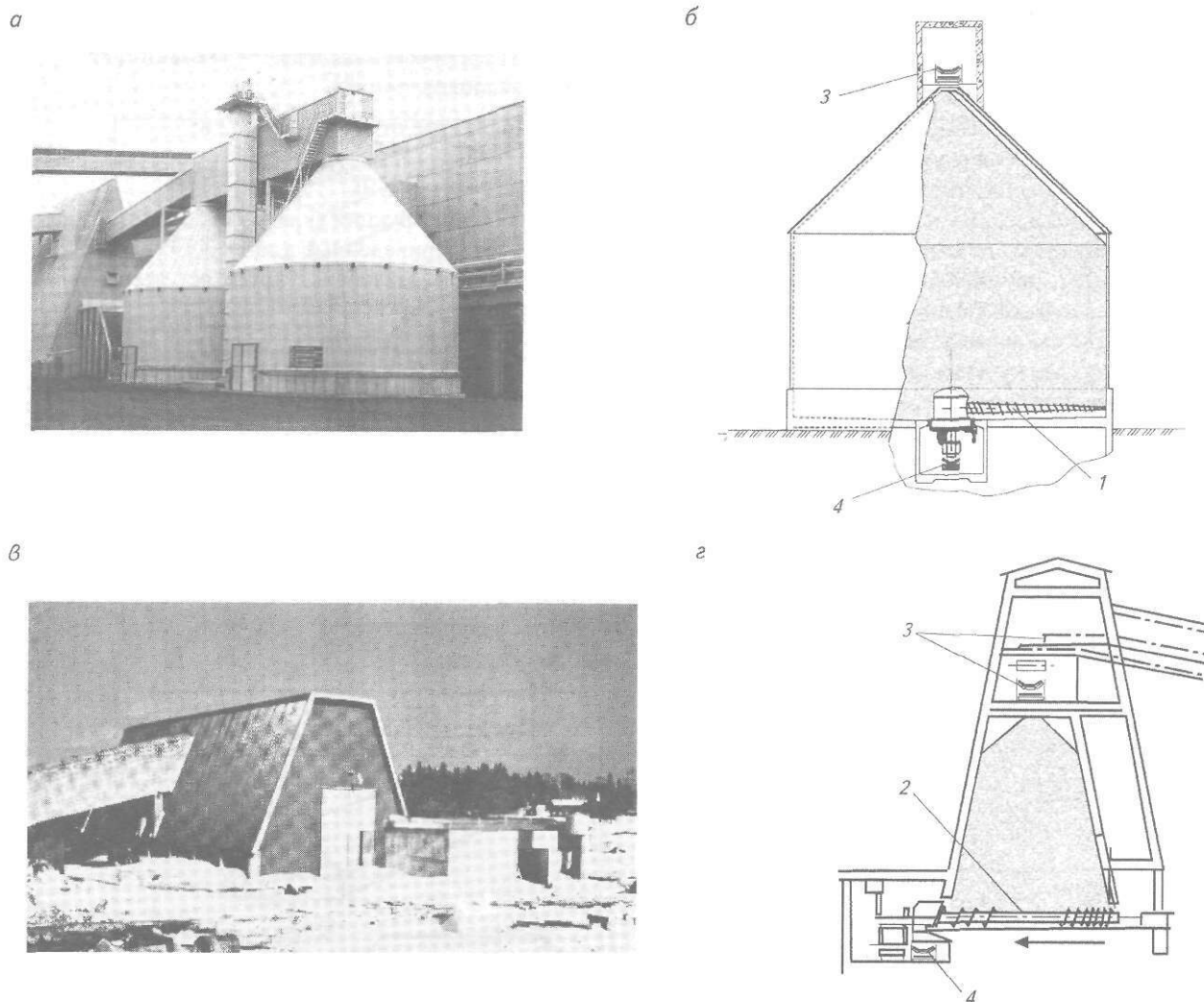


Рис. 3.20. Закрытые склады для измельченной древесины:

*а, б – закрытый склад силосного типа; в, г – закрытый склад «шатрового» типа;
1 – шнековый поворотный разгрузчик; 2 – шнековый передвижной разгрузчик; 3 – конвейер для подачи измельченной
древесины на склад; 4 – конвейер для подачи измельченной древесины в производство*

3.2.11. РАСЧЕТ ОБЪЕМА И ВМЕСТИМОСТИ ШТАБЕЛЕЙ И КУЧ ОТКРЫТЫХ СКЛАДОВ И ЕМКостей ЗАКРЫТЫХ СКЛАДОВ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ

В табл. 3.13 приведены формулы для расчета геометрического объема (V_{α_0} , м³) штабелей, куч в открытых складах и куч в емкостях закрытых складов круглых лесоматериалов и измельченной древесины.

Зависимость между геометрическим объемом штабеля, открытой кучи, кучи в емкости и их вместимостью в пл.м³ определяется по формулам

$$V = V_{\alpha_0} \kappa_n, \text{ пл.м}^3 \tag{3.31}$$

$$V_{\alpha_0} = \frac{V}{\kappa_n}, \text{ м}^3, \tag{3.32}$$

где V – вместимость штабеля, кучи или емкости, пл. м³;
 V_{α_0} – геометрический объем штабеля, кучи, м³;
 κ_n – коэффициент полндревесности сырья и отходов.

Значения k_n , а также значения угла естественного откоса α_0 сырья и отходов, хранимых в штабелях, кучах и емкостях, принимают по данным, приведенным в следующих пунктах раздела 3.2:

- для штабелей хлыстов, длинника и коротья – в п.3.2.6;
- для куч коротья – в п.3.2.7;
- для куч измельченной древесины (щепа, опилки, кора и древесные отходы) – в п.3.2.8;
- для закрытых складов балансов – в п.3.2.9;
- для закрытых и открытых складов измельченной древесины – в п.3.2.10.

В таблице 3.13 α_1 – угол наклона к горизонтали ограждающих конструкций складов.

Виды складов, для которых рекомендуется применять формулы, приведенные в табл. 3.13:

- склады штабельного хранения сортиментов и хлыстов (штабель круглых лесоматериалов с параллельной укладкой сортиментов и хлыстов) – 1;
- открытые кучевые склады короткомерной древесины – 2, 3, 7, 8, 9, 15, 16;
- открытые кучевые склады измельченной древесины – 2, 3, 4, 5, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18;
- закрытые склады измельченной древесины – 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11.

Таблица 3.13

Формулы для расчета геометрического объема штабелей и куч в открытых и закрытых складах круглых лесоматериалов и измельченной древесины

	<p style="text-align: right;">1</p> $V_{\alpha_0} = BH(L - Hctg\alpha_0)$ <p>B = средневзвешенная длина сортиментов или хлыстов, уложенных в штабель</p>
	<p style="text-align: right;">2</p> $V_{\alpha_0} = \frac{LBH}{2} - \frac{HB^2}{6}$ $B = 2Hctg\alpha_0$
	<p style="text-align: right;">3</p> $V_{\alpha_0} = \frac{LBH_2}{2} - \frac{H_2B^2}{6} + H_1BL$ $B = 2H_2ctg\alpha_0$
	<p style="text-align: right;">4</p> $V_{\alpha_0} = \frac{H}{6} [(2L_1 + L_2)B_1 + (2L_2 + L_1)B_2]$ $B_2 = B_1 - 2Hctg\alpha_0$ $L_2 = L_1 - 2Hctg\alpha_0$
	<p style="text-align: right;">5</p> $V_{\alpha_0} = \frac{L_2B_2H_2}{2} - \frac{H_2B_2^2}{6} + \frac{H_1}{6} [(2L_1 + L_2)B_1 + (2L_2 + L_1)B_2]$ $B_2 = B_1 + 2H_1ctg\alpha_1 = 2H_2ctg\alpha_0$ $L_2 = L_1 + 2H_1ctg\alpha_1$

	<p style="text-align: right;">6</p> $V_{\alpha_0} = \frac{L(B_2H_2 + B_1H_1 + B_2H_1)}{2} - \frac{H_2B_2^2}{6}$ $B_2 = B_1 - 2H_1\text{ctg}\alpha_1 = 2H_2\text{ctg}\alpha_0$ $H_2 = \frac{B_2}{2\text{ctg}\alpha_0} = \frac{B_1 - 2H_1\text{ctg}\alpha_1}{2\text{ctg}\alpha_0}$
	<p style="text-align: right;">7</p> $V_{\alpha_0} = \frac{HB}{2} \left(\frac{\pi B}{6} + L - B \right)$ $B = 2H\text{ctg}\alpha_0$ $R = \frac{B}{2} = H\text{ctg}\alpha_0$
	<p style="text-align: right;">8</p> $V_{\alpha_0} = \frac{H_2B}{2} \left(\frac{\pi B}{6} + L - B \right) + BH_1 \left(\frac{\pi B}{4} + L - B \right)$ $B = 2H_2\text{ctg}\alpha_0$ $R = \frac{B}{2} = H_2\text{ctg}\alpha_0$
	<p style="text-align: right;">9</p> $V_{\alpha_0} = \frac{\pi D^2 H}{12}$ $D = 2H\text{ctg}\alpha_0$
	<p style="text-align: right;">10</p> $V_{\alpha_0} = \frac{\pi}{12} [H_2D_2^2 + H_1(D_1^2 + D_1D_2 + D_2^2)]$ $D_2 = D_1 - 2H_1\text{ctg}\alpha_1 = 2H_2\text{ctg}\alpha_0$

Продолжение табл. 3 13

	<p style="text-align: right;">11</p> $V_{\alpha_0} = \frac{\pi H}{12} (D_1^2 + D_1 D_2 + D_2^2)$ $D_2 = D_1 - 2H \operatorname{ctg} \alpha_0$
	<p style="text-align: right;">12</p> $V_{\alpha_0} = \frac{1}{2} LRH + \frac{1}{3} H^2 R \operatorname{ctg} \alpha_0$
	<p style="text-align: right;">13</p> $V_{\alpha_0} = \frac{1}{2} L_2 R_2 H_2 + \frac{1}{3} H_2^2 R_2 \operatorname{ctg} \alpha_0 +$ $+ \frac{1}{3} H_1 (F_1 + F_2 + \sqrt{F_1 F_2})$ $F_1 = \frac{L_1 + L_1'}{2} R_1; F_2 = \frac{L_2 + L_2'}{2} R_2$ $L_2 = L_1 - 2H_1 \operatorname{ctg} \alpha_0; L_2' = L_2 + 2H_2 \operatorname{ctg} \alpha_0$ $L_1' = L_1 + 2H_1 \operatorname{ctg} \alpha_0; R_2 = R_1 - 2H_1 \operatorname{ctg} \alpha_0$
	<p style="text-align: right;">14</p> $V_{\alpha_0} \cong \frac{\pi \alpha H}{1080} (R_1^2 + R_1 R_2)$ $R_2 = R_1 - H \operatorname{ctg} \alpha_0$

	<p style="text-align: right;">15</p> $V_{\alpha_0} = 2\pi R H^2 \operatorname{ctg} \alpha_0$ $B = 2H \operatorname{ctg} \alpha_0$ $r = R - H \operatorname{ctg} \alpha_0$
	<p style="text-align: right;">16</p> $V_{\alpha_0} = \frac{\pi H^2 \operatorname{ctg} \alpha_0}{3} \left(\frac{R\alpha}{60} + H \operatorname{ctg} \alpha_0 \right)$ $B = 2H \operatorname{ctg} \alpha_0$ $r = R - H \operatorname{ctg} \alpha_0$ $r_1 = \frac{B}{2} = H \operatorname{ctg} \alpha_0$
	<p style="text-align: right;">17</p> $V_{\alpha_0} = 2\pi R (B - H \operatorname{ctg} \alpha_0) H$ $b = B - 2H \operatorname{ctg} \alpha_0$ $r = R - \frac{D}{2}$
	<p style="text-align: right;">18</p> $V_{\alpha_0} = \frac{\pi R H (B - H \operatorname{ctg} \alpha_0) \alpha}{180} + \frac{1}{12} \pi H (B^2 + Bb + b^2)$ $b = B - 2H \operatorname{ctg} \alpha_0$ $r = R - \frac{B}{2}, \quad r_1 = \frac{B}{2}$

3.3. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ НА УЗЛАХ ПРИЕМА И СКЛАДАХ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ, КОРЫ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ¹⁾

3.3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для механизации приема, складирования и транспортирования древесного сырья и отходов используется различное грузоподъемное и транспортное оборудование периодического действия (краны, лесопогрузчики, бульдозеры и др.) и непрерывного действия (конвейеры, элеваторы, питатели и пр.). На приемных узлах и складах применяются также машины периодического действия, имеющие узлы непрерывного действия (стаке-ры для формирования куч коротья, элеваторно-ковшовые разгрузчики, бурорыхлительные установки и др.).

Оборудование и сооружения, применяемые на узлах приема и складах, должны соответствовать технологическому назначению, обеспечивать соблюдение правил техники безопасности, правил пожарной безопасности и ПУЭ, а также учитывать климатические и сейсмические условия района эксплуатации.

Оборудование, имеющее контакт с подвижным составом железнодорожного, автомобильного и водного транспорта в период выполнения погрузочно-разгрузочных работ, и устройства, оснащенные этим оборудованием, должны соответствовать требованиям норм и правил владельцев и изготовителей транспортных средств и, в том числе, ГОСТ 22235-76, содержащему требования по обеспечению сохранности железнодорожного подвижного состава.

3.3.2. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ КРАНЫ

3.3.2.1. Общие положения

Крановое оборудование предназначено для захвата, подъема, переноса, опускания и укладки груза в любую точку обслуживаемой территории, т.е. для совершения рабочих циклов, продолжительность и количество которых зависят от типа и характеристики машины, количества груза, перемещаемого за один цикл, расстояний, на которые перемещается груз в течение цикла, общего количества груза, подлежащего перемещению.

В качестве грузозахватных устройств на кранах разных типов используются крюки, стропы, стропные захваты и трейферы (см. п. 3.3.3). Краны могут оснащаться механизмами для разворота грузозахватного устройства, взвешивающими устройствами, устройствами для ограничения массы поднимаемого груза и пр.

Отдельные типы кранов могут управляться дистанционно (по радио), а также с помощью компьютера по соответствующей программе.

Основными параметрами, характеризующими каждую машину этой группы, являются грузоподъемность, скорость движения входящих в ее состав отдельных механизмов и режим работы.

Грузоподъемность машины складывается из массы съемного грузозахватного устройства с учетом массы всех входящих в него вспомогательных устройств (механизма поворота, взвешивающего устройства и др.) и массы груза, на подъем которого рассчитана машина.

Скорости механизмов кранов определяются их назначением и характером операции, выполняемой данным механизмом.

Режим работы подъемно-транспортного оборудования определяется в зависимости от времени использования и степени нагружения машины и ее основных механизмов за весь срок службы.

В России действуют стандарты (ГОСТ 25546-82 и 25835-83), соответствующие международным стандартам группы ИСО-4301, которые определяют классификацию кранов и их механизмов по режимам работы.

Исходя из них, крановое оборудование, используемое на технологических операциях в приемных устройствах и складах сырья целлюлозно-бумажных предприятий, должно быть рассчитано на режим работы от 5К до 8К (исключая самоходные стреловые краны, для которых этот показатель должен быть 3К). Примерное сопоставление режима работы кранов по ГОСТ 25546-82 с ранее действовавшими документами приведено ниже.

По ГОСТ 25546-82

3К
5К
6К и 7К
8К

По ранее действовавшим документам

Л (ПВ – 15%)
С (ПВ – 25%)
Т (ПВ – 40%)
ВТ (ПВ – 60%)

¹⁾ Расчетные материалы, приведенные в п. 3.3, предназначены только для предварительных расчетов; при выполнении проектно-конструкторских работ следует пользоваться специальными изданиями по видам рассматриваемого оборудования

Крановое оборудование (за исключением грейферных кранов-экскаваторов, манипуляторных и плавучих кранов) должно проектироваться, изготавливаться, устанавливаться, эксплуатироваться, подвергаться ремонту и реконструкции в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов».

Ниже приведена информация о некоторых типах широко применяемых для перегрузки лесных грузов кранах – мостовых, порталных, козловых и башенных. Информация о кабельных, стреловых на гусеничном ходу и железнодорожных кранах, использование которых на целлюлозно-бумажных предприятиях постепенно сокращается, не приводится.

3.3.2. Краны мостовые

Мостовые краны, используемые для перегрузки лесных грузов, представляют собой грузоподъемные машины, состоящие из передвижного двухбалочного моста с установленными на нем одной или двумя передвижными грузовыми крановыми тележками. На крановых тележках размещены грузовые лебедки. Количество лебедок определяется типом крана: на крюковых кранах устанавливается одна лебедка для подъема (опускания) груза, на грейферных кранах две: одна – для подъема (опускания) груза, вторая – для захватывания и удержания груза (замыкания грейфера).

На крюковых кранах для осуществления перегрузочных операций используются стропы, стропные захваты, приводные и одноканатные грейферы. Основным захватным устройством на грейферных кранах являются многоканатные грейферы. Для выполнения отдельных операций на грейферных кранах применяются стропы, стропные захваты и приводные грейферы.

Двухтележечные краны используются для перегрузки хлыстов и в тех случаях, когда кран применяется для постоянного выполнения операций попеременно двумя видами грузозахватных устройств, например, для приема коротья и длинника. На таких кранах тележки могут быть одной или разной грузоподъемности и одного или разных типов (крюковые и грейферные).

В некоторых случаях, когда нет необходимости в переносе груза поперек движения моста крана и при небольшом (до 10...16 м) пролете между путями крана, тележка может быть неподвижной или кран выполняется без тележки, а лебедки устанавливаются на мосту крана.

Кабина крановщика, как правило, устанавливается в торце моста крана, однако для улучшения обзора фронта работ она может быть установлена в любой зоне моста, либо подвешена к грузовой тележке и передвигаться с ней.

При использовании строп, стропных захватов и приводных грейферов режим работы крана должен быть 5К - 6К, а при использовании канатных грейферов – 6К - 7К.

Краны мостовые устанавливаются на крановые эстакады, в том числе с консольным вылетом (при выгрузке древесины из воды и из судов), или в зданиях на крановых путях (при приеме сырья в помещениях).

Электропитание кранов осуществляется с использованием троллеев или гибкого кабеля.

В табл. 3.14 приведена техническая характеристика кранов КМ 30-76 и КГ 1518 производства Харьковского завода ПТО, наиболее часто используемых для перегрузки круглых лесоматериалов на целлюлозно-бумажных предприятиях России.

Таблица 3.14

Основные параметры мостовых кранов КМ 30-76 и КГ 1518 для перегрузки круглых лесоматериалов

Показатели	Модель и тип крана	
	КМ 30-76, крюковой	КГ 1518, грейферный
Грузоподъемность крана, т	30	20
Пролет, м	10,5; 16,5; 22,5; 28,5; 34,5	34,5
Высота подъема груза, м	30	30
Скорость, м/с:		
– подъема крюка	0,33	–
– подъема грейфера	–	0,83
– передвижения тележек	0,67	1,17
– передвижения моста	1,67 (1,33 для кранов с пролетом 34,5 м)	1,67
Общая установленная мощность электродвигателей, кВт	170	130
Масса крана, т	50...69	40
Вместимость многочелюстного грейфера КГ-1518-30, м ³	–	10

Опыт эксплуатации мостовых кранов на предприятиях отрасли показывает, что вновь разрабатываемые или заказываемые у краностроительных фирм крюковые краны для перегрузки круглых лесоматериалов, в том числе, предназначенные для разгрузки железнодорожного подвижного состава, должны иметь:

Полезную грузоподъемность (массу поднимаемого груза без учета массы грейфера) т, не менее,	28
Скорости:	
– подъема (опускания) груза, м/с	0,3
– передвижения моста, м/с	1,33...1,67
– передвижения тележки, м/с	0,67
– поворота грузозахватного устройства, с ⁻¹	0,02...0,03
Диапазон регулирования скоростей (отношение минимальной скорости к номинальной) подъема и передвижения	около 1:8
Высоту подъема, м	
– при разгрузке подвижного состава сухопутных видов транспорта	25
– при выгрузке леса из воды и судов	40

Такие краны должны быть оснащены необходимым набором приводных быстросменяемых грузозахватных устройств, обеспечивающих выполнение технологических задач, поставленных заказчиком оборудования.

3.3.2.3. Краны порталные перегрузочные

Перегрузочные порталные краны представляют собой самоходную грузоподъемную машину, состоящую из портала и полноповоротной грузовой башни со стрелой.

Портал опирается на 4 ходовые тележки, позволяющие передвигать кран вдоль фронта погрузочно-разгрузочных работ. Пролет портала может быть 5 (только у кранов грузоподъемностью 5 т), 10,5 и 15,3 м для пропуска соответственно одного, двух и трех железнодорожных путей либо автодороги вместо одного из железнодорожных путей.

Грузовая башня состоит из кабины управления краном и машинного отделения с поддоном, на котором размещаются механизмы поворота башни, лебедок подъема (опускания), замыкания грейфера и изменения вылета стрелы.

Портальные краны оснащаются крюком и канатными грейферами. Разворот грейферов осуществляется специальным устройством канатного типа, устанавливаемым на стреле или кабине крана (рис. 3.21). Устройство для разворота грейфера служит также для успокоения раскачивания грузозахватного устройства.

Благодаря специальному устройству тележек кран может быть перебазирован с одних путей на другие, параллельные, по специальным путям, расположенным перпендикулярно к основным.

При необходимости порталные краны могут быть изготовлены без тележек и размещены на узле приема или складе древесины стационарно.

В соответствии с ГОСТ 25546-82 порталные краны, используемые на причалах и складах для перегрузки лесных грузов, должны быть рассчитаны на режим работы 6К - 8К.

Электропитание кранов осуществляется с использованием гибкого кабеля от подключательных колонок, размещаемых вдоль крановых путей.

Пути порталных кранов устанавливаются на шпальном либо железобетонном ленточном основании.

В табл. 3.15 приведена характеристика отечественных серийных перегрузочных порталных кранов.

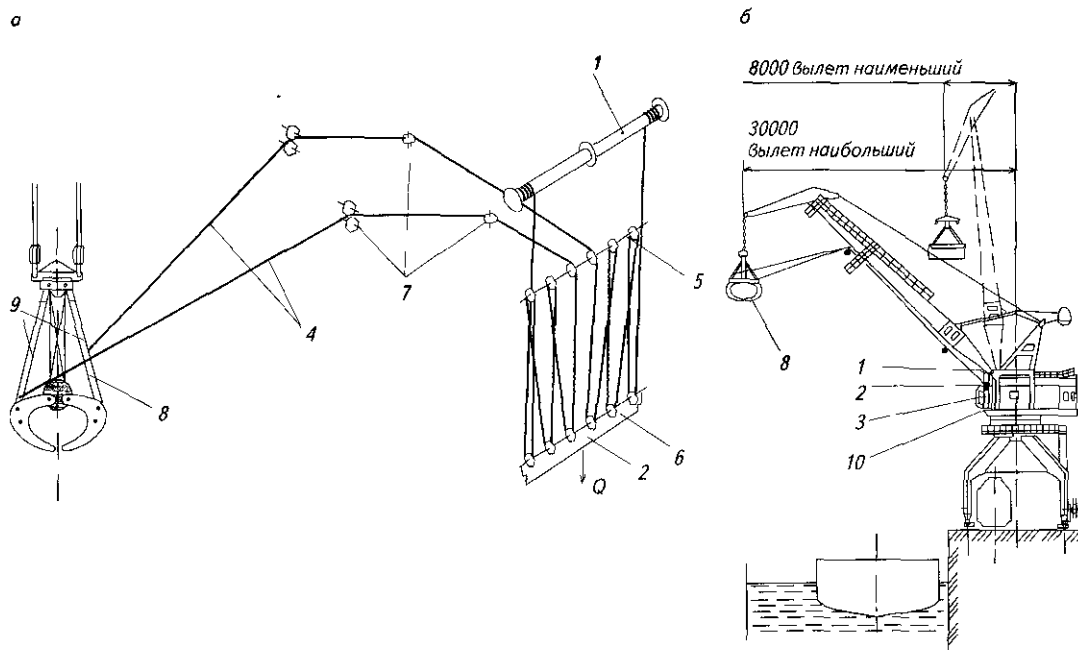


Рис 3 21 Устройство для поворота грейфера на порталном кране

а – схема разводки тросов поворотного устройства,

б – порталный кран

1 – тросовый блок, 2 – тележка успокоителя, 3 – направляющие для перемещения тележки по 2, 4 – тросы поворотного устройства, 5 – блоки стационарные, 6 – блоки на тележке успокоителя, 7 – блоки поворотные, закрепляемые на стреле крана, 8 – грейфер; 9 – тяги грейфера, 10 – кабина крана

Таблица 3.15

Основные параметры отечественных порталных кранов

Показатели	Тип крана		
	КПП-5-30	КПП-10 (12,5)	КПП-16 (20)
Грузоподъемность, т:			
- с грейфером	5	10	16
- с крюком	5	12,5	20
Вылет, м:			
- наибольший	30	30	30
- наименьший	8	8	8
Высота подъема, м:			
- над рельсом	23,5	26,5	26,5
- полная	43,5	46,5	46,5
Скорость, м/с:			
- подъема	1,25	1,17	1,1
- изменения вылета, средняя	0,83	0,83	0,83
- передвижения	0,5	0,5	0,5
Частота вращения башни крана, с ⁻¹	0,025	0,025	0,025
Диапазон регулирования скоростей:			
- подъема	1 : 3	1 : 7	1 : 7
- поворота	1 : 3	1 : 3	1 : 3
- изменения вылета	1 : 3	1 : 3	1 : 3
Колея портала, м	10,5	10,5	10,5
		15,3	15,3
Общая масса, т	105	195	240
Группа режима работы крана по ГОСТ 25546-82	8К	8К	8К

3.3.2.4 Краны козловые

Козловые краны, широко применяемые на узлах приема и складах круглых лесоматериалов, относятся к кранам мостового типа, у которых мосты установлены на высокие опоры, передвигающиеся ходовыми тележками по рельсовым путям. Пролет крана – расстояние между подкрановыми рельсами.

Козловые краны могут быть консольными или бесконсольными. Наличие консолей на мосту крана существенно расширяет зону (площадь), обслуживаемую краном. Грузовая тележка козлового крана в зависимости от его конструкции передвигается по верхнему или нижнему поясу моста. Кабина крана либо подвешивается к грузовой тележке и передвигается с ней, либо закреплена на мосту или на одной из опор стационарно.

Используемые на перегрузке лесных грузов козловые краны, как правило, крюковые. В зависимости от вида перегружаемых лесоматериалов они оснащаются стропами, стропными захватами и рейферами приводного типа.

В соответствии с характером выполняемых работ козловые краны на узлах приема и складах лесных грузов должны быть рассчитаны на режим работы 5К - 6К.

Козловые краны устанавливаются на наземных рельсовых путях, уложенных на шпальном или железобетонном ленточном основании. Это позволяет существенно удешевить строительную часть приемного устройства и склада по сравнению с устройствами, механизированными мостовыми кранами. Однако при этом козловые краны должны иметь достаточно высокие опоры, позволяющие осуществлять технологические операции в соответствии с установленными нормами и правилами (например, разгрузку подвижного состава, укладку древесины на штабели большой высоты, на приемные столы для роспуска пучков и пр.). Козловые краны тяжелее, сложнее и дороже мостовых кранов сопоставимой грузоподъемности, поэтому при выборе типа крана для приемного узла необходимо технико-экономическое сопоставление с учетом стоимости строительной части (путей, эстакады и пр.).

В ряде случаев установка крана на наземных крановых путях не позволяет осуществлять некоторые технологические операции, а также пропуск транспортных средств или коммуникаций непрерывного транспорта через зону действия крана. В этих случаях козловые краны могут устанавливаться на невысокие крановые эстакады.

Электропитание кранов осуществляется с использованием гибкого кабеля от подключательных колонок, расположенных вдоль наземных крановых путей, а кранов, устанавливаемых на эстакадах, – гибким кабелем или троллеями.

Характеристика козловых кранов, специально разработанных для перегрузки лесных грузов, приведена в табл. 3.16.

Таблица 3.16

Основные параметры отечественных козловых кранов для перегрузки лесных грузов

Показатели	Тип крана				
	ККЛ-8	ККЛ-12,5	ККЛ-16	ККЛ-32	ЛТ-62
Грузоподъемность крана, т	8	12,5	16	32	32
Пролет, м	40	40	32	40 (32)	40
Высота подъема груза, м	16	14	14	14	11,8
Рабочая длина консолей, м	15	10	10	18	–
Скорость, м/с:					
– подъема груза	0,4	0,22	0,18	0,2	0,20
– передвижения крана	1,38	1,10	1,10	1,0	0,84
– передвижения тележки	0,75	1,19	1,19	1,0	0,54
Скорость поворота грузозахватного устройства, с ⁻¹	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028
Установленная мощность, кВт	125	92	92	130	124
Режим работы	5К	5К-6К	5К-6К	5К	5К
Масса крана, т	80	100	95,8	150	93,5

3.3.2.5. Краны башенные

Башенные краны имеют портал с ходовыми тележками, передвигающимися по наземным рельсовым путям. В отличие от порталных кранов их грузовая поворотная секция со стрелой поднята на стационарную башню, размещенную на портале и увеличивающую общую высоту крана. Стрела крана может быть гори-

зонтальной, с передвигающейся по ее нижнему поясу грузовой тележкой, либо подъемной, с крюком или полипастом на концевом блоке стрелы.

Кабина управления крана укреплена на грузовой поворотной секции.

Механизмы поворота, подъема-опускания груза, передвижения грузовой тележки и изменения вылета размещаются в грузовой поворотной секции и стреле крана.

Башенные краны изготавливаются с крюком, к которому может быть подвешено грузозахватное устройство, или с грейфером, специально разработанным для крана данной конструкции.

Башенные краны, используемые для перегрузки лесных грузов, должны быть рассчитаны на режим работы 5К - 6К.

Пути башенных кранов устанавливаются на шпальном либо железобетонном ленточном основании.

Электропитание крана осуществляется с использованием гибкого кабеля от подключательных колонок, размещаемых вдоль кранового пути.

Основные параметры отечественного башенного лесопогрузчика КБ 572 Б с горизонтальной стрелой приведены в табл. 3.17.

Таблица 3.17

Техническая характеристика башенного крана КБ 572 Б

Показатели	Значения показателей		
	Стрела 30 м	Стрела 35 м	
Вылет, м	4...30	4...25	25...35
Наибольшая грузоподъемность, т			
– без грейфера	10	10	6,3
– с грейфером ЛТ 153	8	8	4,3
Высота подъема крюка, м	13,5	13,5	
Глубина опускания крюка ниже уровня головки рельса, м	10	10	
Скорость, м/с.			
– подъема, опускания груза и грузозахвата	0,33	0,33	
– посадки груза и грузозахвата	0,066...0,083	0,066...0,083	
– передвижения крана	0,6	0,6	
– передвижения грузовой тележки	0,65	0,65	
Скорость поворота стрелы крана, с ⁻¹	0,014	0,014	
Угол поворота, град.	720	720	
Колея, м	6	6	
Общая установленная мощность электродвигателей, кВт	82	82	
Масса, т:			
– конструктивная	55	56	
– противовеса	12	12	
– балласта	64,5	64,5	

3.3.3. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КРАНОВ

3.3.3.1. Общие положения

Эффективная эксплуатация кранового оборудования возможна лишь при оснащении его оптимальными по параметрам съемными грузозахватными устройствами (стропами, стропными захватами для пакетированной древесины, грейферами и др.) и оборудованием для управления ими (поворотными устройствами, устройствами для самоотцепа строп и т.п.).¹⁾

Краны, используемые на приемных узлах, могут предназначаться для разгрузки древесного сырья, поступающего одним или одновременно разными видами транспорта, в различном подвижном составе в пакетированном и непaketированном виде, в виде коротья и сортиментов большей длины или щепы. Поэтому они должны оснащаться, как правило, не одним, а несколькими быстросменяемыми грузозахватными устройствами разных типов.

¹⁾ Здесь и ниже рассматриваются только съемные грузозахватные устройства.

3.3.3.2. Факторы, определяющие выбор грузозахватных устройств

- При выборе грузозахватных устройств, а также оборудования для управления ими должны учитываться:
- тип крана, конструкция грузовой подвески и число канатов на кране для подвески грузозахватного устройства;
 - вид перегружаемых сортиментов (круглые лесоматериалы, окоренные, неокоренные, щепы), их плотность (удельная масса) и размеры;
 - тип и размеры кузовов, люков, трюмов и других элементов конструкции разгружаемого и загружаемого подвижного состава;
 - способ перевозки сортиментов в подвижном составе или хранения его на лесных складах (в пакетах, без пакетов, в штабелях с параллельной укладкой, навалом);
 - тип и параметры разгружаемого или загружаемого оборудования склада (устройства для роспуска пучков, питатели для коротья, накопители и т.д.);
 - технологическая схема работы (вагон – кран – штабель, вагон – кран – устройство для роспуска пучков, судно – кран – вагон и т.д.);
 - принципиальная схема и параметры зоны, обслуживаемой краном.

Производительность и перерабатывающая способность крана и перегрузочного узла, в свою очередь, зависят от указанных выше факторов, определяющих выбор типа грузозахватного устройства, а также от массы одного подъема, скоростных показателей крана, дальности перемещения груза, высоты подъема и опускания, времени выполнения краном и грузозахватными устройствами захвата и освобождения груза и других операций.

Методика расчета производительности кранов приведена в п. 3.3.4.

3.3.3.3. Стропы, стропные захваты

Стропы и стропные захваты являются наиболее простыми и, вместе с тем, универсальными съемными грузозахватными устройствами, позволяющими производить выгрузку из подвижного состава и перегрузку непакетированных круглых лесоматериалов практически любой длины с рядовой или пачковой параллельной укладкой, а также пакетированных – пакетов и пучков в обвязке.

Общие требования к грузовым стропам регламентируются РД 10-33-93 «Стропы грузовые общего назначения. Требования к устройству и безопасной эксплуатации».

Типы и конструкция рекомендуемых к использованию для перегрузки лесных грузов строп и стропных захватов регламентируются РД 13-107-08-01-81 «Стропы грузовые для лесоматериалов. Типы, основные параметры и размеры».

Для строп, как правило, используются стандартные стальные канаты с мягким сердечником из синтетических или растительных шнуров. Другие элементы строп (крюки, коуши и пр.) и подвесок также стандартизированы или нормализованы.

Масса одного подъема груза при использовании строп из-за их малой собственной массы может быть близка к грузоподъемности крана. Другим основным достоинством строп является их относительная низкая стоимость.

В то же время, срок службы большинства типов строп незначителен. Он, в основном, зависит от характера взаимодействия строп с перегружаемым грузом. Трудоемкость и себестоимость перегрузки круглых лесоматериалов стропами, как правило выше, чем при использовании других типов грузозахватных приспособлений.

Наиболее простыми и широко применяемыми стропами являются двухпетлевые стропы, представляющие собой отрезки троса с двумя петлями на концах, надеваемые непосредственно на крюк крана. Для подъема груза одновременно используется два двухпетлевых стропа. Часто применяются также стропы обжимного типа, снабженные скобами, роликами и т.п. На одном кране в зависимости от длины бревен используется один или одновременно два таких стропа.

Для перегрузки пакетов круглых лесоматериалов, сформированных с помощью грузонесущих стропкомплектов (полужестких строп типа ПС и др.), используются групповые крюковые подвески, оснащенные распорной рамой или без нее. Групповая крюковая подвеска состоит из нескольких канатов с петлями на их концах, в которые, как правило, заделаны коуши. Одни концы канатов объединены кольцом или серьгой, подвешиваемыми к крюку крана, к другим подвешены однорогие крюки. Рамные крюковые канатные подвески представляют собой подвешиваемую к крюку крана пространственную траверсу с 4-мя (для одного пакета) или с 8-ю (для двух пакетов) крюковыми подвесками. Наличие рамы в конструкции крюковой подвески обеспечивает близкое к вертикальному расположение каждого каната с крюком и удобство зацепления ими грузовых колец (проушин) стропкомплектов на пакете лесоматериалов.

Застропка и отстропка груза при использовании обычных строп и грузовых крюковых подвесок производится вручную. Продолжительность этих операций, особенно застропки, велика и составляет 50...70% общей продолжительности цикла.

Использование строп и крюковых подвесок становится более производительным и менее трудоемким при оснащении системы «крюк-стропы» устройствами для самоотцепа. Это позволяет упростить и существенно ускорить элемент перегрузочной операции, связанной с отстропкой груза.

В большинстве устройств для самоотцепа строп применяются крюки и грузовые стропы с приспособлениями, обеспечивающими отцепку одной из петель стропа с крюка крана при ослаблении натяжения стропа или при опирании этого приспособления на груз после укладки его на подстопное место.

Многие конструкции устройств для самоотцепа строп управляются дистанционно из кабины крановщика.

Разработаны конструкции съемных грузозахватных устройств, состоящих из траверсы с размещенной на ней двухбарабанной лебедкой и двумя крюками с устройствами для самоотцепа. На рис. 3.22 показано подобное устройство конструкции фирмы «Коне-Кранес».

Застропка пачки лесоматериалов в вагоне или на штабеле осуществляется стропами, опускаемыми с барабанов лебедки этого устройства. Свободные концы строп, оснащенные кольцами, зацепляются за крюки-самоотцепы, размещенные на устройстве. После переноса и опускания груза на место его укладки управляемые из кабины крановщика крюки-самоотцепы высвобождают подвешенные к ним концы строп, а лебедка устройства вытягивает стропы из-под груза, наматывая их на барабаны.

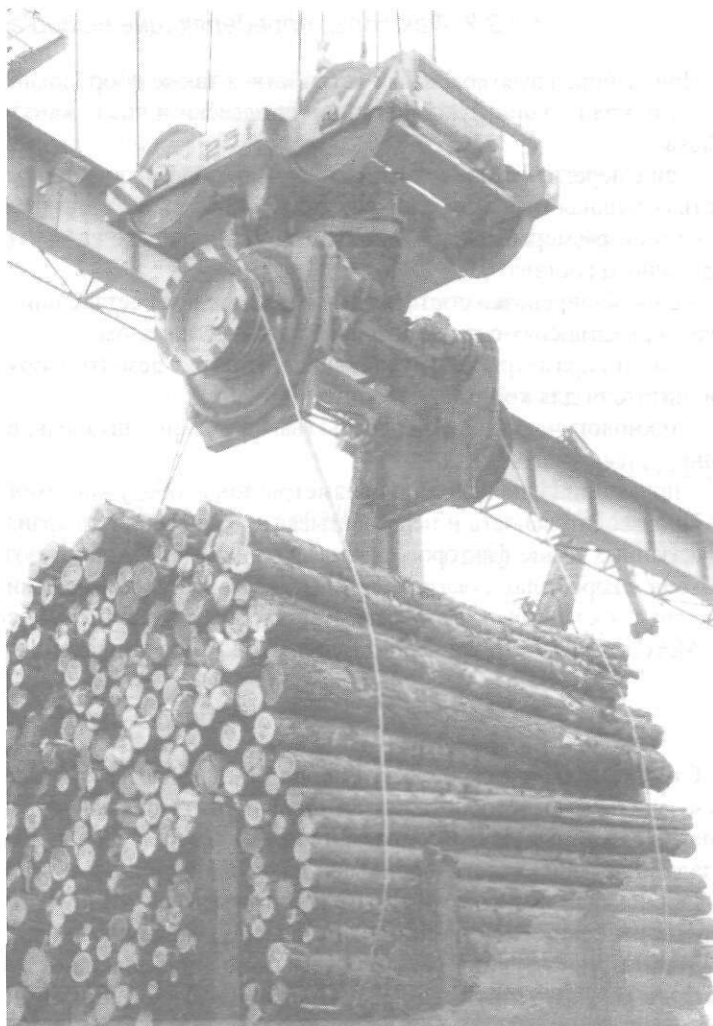


Рис. 3.22. Грузовая траверса с устройством для самоотцепа и лебедками для вытягивания строп

Техническая характеристика грузовой траверсы фирмы «Коне-Кранес»

Грузоподъемность, т	25
Скорости	
– поворота, с ⁻¹	0,5
– подъема стропа при вытягивании, м/с	0,16/0,32
Угол поворота траверсы, град	180
Подъемная сила лебедки при вытягивании стропа, кН	2×50/2×25
Мощность привода, кВт	22
Масса, т	6

Использование подобного устройства позволяет уменьшить расстояние по высоте между краном и местом укладки груза, исключая при этом необходимость вытягивания строп из-под груза с отклонением их от вертикали – операцией, запрещенной правилами безопасности. Применение подобного устройства особенно целесообразно на существующих крановых эстакадах высотой 12...14 м.

3.3.3.4. Грейферы для круглых лесоматериалов и измельченной древесины

Грейферы позволяют выполнять практически без применения ручного труда и в максимально короткое время захват груза и освобождение его на месте укладки, т.е. такие элементы цикла, которые при применении строп наиболее продолжительны, трудоемки и опасны для стропальщика. Несмотря на снижение полезной грузоподъемности крана из-за собственной массы грейфера, производительность кранов, оснащенных грейферами, в сопоставимых условиях, как правило, близка или выше производительности кранов, оснащенных стропами. Удельные трудозатраты при перегрузке круглых лесоматериалов грейферами ниже во всех случаях.

Значительно улучшает технико-экономические показатели работы кранов (за счет сокращения продолжительности цикла) применение устройств для разворота грейферов вокруг вертикальной оси и ориентирования их в нужном направлении для правильного захватывания груза и его укладки в штабель, на устройства для приема и роспуска пачек, на площадку и пр. Поворотные устройства устанавливаются на кране или могут входить в конструкцию грейфера.

Грейферы представляют собой сложный многосвязный механизм, состоящий из челюстей, осуществляющих непосредственный захват и удержание груза, системы замыкания, узла подвеса грейфера, а также элементов для соединения указанных узлов и передачи на челюсти усилий для внедрения их в груз и его удержания (тяг и др.).

По числу челюстей грейферы подразделяются на двухчелюстные – с параллельным размещением челюстей и многочелюстные, в которых челюсти размещены по сторонам вписанного в окружность правильного многоугольника. Многочелюстные грейферы могут иметь от четырех до восьми челюстей.

Двухчелюстные грейферы для перегрузки круглых лесоматериалов имеют на каждой челюсти одну или более лап (клыков). Двухчелюстные грейферы для щепы имеют челюсти ковшового типа. Некоторые типы двухчелюстных грейферов для круглых лесоматериалов оснащаются ковшовыми насадками на челюсти, позволяющими использовать эти грейферы и для перегрузки измельченной древесины.

Специфичным для двухчелюстных грейферов, предназначенных для круглых лесоматериалов, является то, что в отличие от двухчелюстных грейферов для сыпучих грузов (в том числе и таких, которые используются для перегрузки измельченной древесины) первые могут иметь за счет перекрытия челюстей переменную площадь сечения зева. Это позволяет надежнее удерживать пачку круглых сортиментов в случае, если площадь ее сечения меньше площади сечения зева грейфера при нормально замкнутых челюстях (т.е. без их перекрытия). Чем меньше минимальная площадь сечения зева грейфера, тем меньшую пачку может захватить и перенести грейфер без риска выпадения отдельных бревен.

Многочелюстные грейферы используются для перегрузки короткомерных лесоматериалов и реже – для перегрузки щепы. Челюсть таких грейферов имеет всегда один клык.

По системе привода для замыкания челюстей грейферы подразделяются на канатные и приводные.

Канатные грейферы могут быть одно- и многоканатными. Многоканатные грейферы предназначены для использования на грейферных кранах, имеющих кроме лебедки подъема груза еще и специальную лебедку для замыкания челюстей грейфера, подвешенного к крану. Число канатов, используемых для подвески грейфера, зависит от конструкции лебедок подъема и замыкания, конструкции лебедочных барабанов, системы полиспастов, а также конструкции самого грейфера. В отечественной практике для перегрузки лесных грузов используются, в основном, двух- и четырехканатные грейферы. При необходимости, с применением специальной переходной траверсы, возможно использование грейферов с числом канатов, несовпадающим с числом канатов грузовой подвески крана (например, двухканатные грейферы – на четырехканатных кранах и т.п.), или с несовпадающими расстояниями между канатами.

Груз зачерпывается (захватывается) многоканатными грейферами включением лебедки замыкания крана при выключенной лебедке подъема. После завершения зачерпывания груза и закрытия грейфера включается лебедка подъема, работающая в период подъема груза синхронно с лебедкой замыкания. Раскрытие грейфера и высвобождение груза может быть произведено после его опускания на место укладки или на любой высоте над местом укладки. При этом лебедка замыкания крана работает на раскрытие, а лебедка подъема останавливается или притормаживается. Необходимо особо отметить, что несинхронная работа крановых лебедок подъема и замыкания может вызвать на таких грейферах несанкционированное расслабление или полное раскрытие челюстей и выпадение бревен из грейфера.

Одноканатные грейферы предназначены для кранов, не имеющих лебедки для замыкания грейфера. Они подвешиваются к канатам подъема груза. В зависимости от конструкции барабана лебедки подъема и системы полиспастов крана число канатов подъема может быть один или более, и поэтому, название грейфера – «одноканатный», является условным. В частности, к таким грейферам относятся грейферы, применяемые на крюковых кабельных кранах, имеющих несколько грузоподъемных канатов. В зависимости от конструкции опорожнение одноканатных грейферов может производиться только после опускания грейфера с грузом на

место его укладки, либо на любой высоте за счет специального устройства, дистанционно управляемого крановщиком.

Одноканатные грейферы имеют ограниченное применение из-за относительной сложности, недостаточной надежности механизма замыкания, неудобства управления и, вследствие этих причин, пониженной производительности.

Приводные грейферы предназначены для использования на крюковых кранах, имеющих только систему подъема-опускания груза. Они представляют собой автономный механизм, в конструкцию которого включен привод замыкания челюстей. Все электрооборудование приводного грейфера, кроме электродвигателя (шкафы, пульт управления, кнопочный пост управления), устанавливается в кабине крана. Управление таким грейфером (замыкание и раскрытие челюстей и поворот грейфера) осуществляется крановщиком дистанционно из кабины.

Процесс зачерпывания груза происходит при включенной на закрытие челюстей системе замыкания. Опорожнение грейфера может происходить на любой высоте при включенном на раскрытие приводе замыкания грейфера и вне зависимости от функционирования системы подъема-опускания груза крана.

Привод замыкания приводных лесных грейферов выполняется электромоторным (талевым, лебедочным, винтовым и др.) или электрогидравлическим. В состав привода входят электродвигатель, необходимая электроаппаратура, гидронасос, гидрораспределительные устройства и исполнительные устройства в виде тали, лебедки, винтов или гидроцилиндров.

К группе приводных грейферов относятся также грейферы, электропривод исполнительного механизма которых находится вне грейфера. Это, например, гидравлические грейферные захваты манипуляторов и кранов со стрелой-манипулятором, созданные на базе универсальных экскаваторов с поворотной платформой.

Замена приводных грейферов другими грузозахватными устройствами несравненно проще и значительно менее продолжительна, чем при использовании канатных грейферов.

Устройство для поворота приводного грейфера вокруг вертикальной оси, как правило, включает электродвигатель с редуктором или гидропривод и устанавливается на подвеске крана, либо входит в конструкцию грейфера. Разворот канатных грейферов относительно просто осуществляется при их использовании на порталных и некоторых других типах стреловых грейферных кранов установкой лебедки канатного поворотного устройства на стреле или кабине крана (см. рис. 3.21). Разворот канатных грейферов, используемых на грейферных мостовых и козловых кранах, может быть осуществлен за счет значительно более сложных и дорогостоящих технических решений, например, с применением полноповоротных крановых тележек, утяжеляющих и утяжеляющих конструкцию крана.

Из приводных лесных грейферов наиболее перспективными являются электрогидравлические грейферы. Такие грейферы, как правило, легче приводных грейферов других конструкций и более компактны, их привод и исполнительные органы легче поддаются изоляции от внешней среды и, в то же время, они более удобны для ремонта и технического обслуживания.

Для снижения собственной массы грейфера и улучшения его зачерпывающей способности некоторые грейферы снабжают интенсифицирующими устройствами, например, вибраторами. Для этой же цели может применяться внешнее напорное усилие, передаваемое на грейфер жесткой штангой или стрелой (например, на некоторых кранах-манипуляторах).

3.3.3.5. Основные грузовые параметры и зачерпывающая способность грейферов

Основными параметрами грейферов для круглых лесоматериалов являются площадь зева двухчелюстных грейферов и геометрическая вместимость многочелюстных грейферов в замкнутом состоянии (без их перекрытия), грузоподъемность грейфера и его собственная масса.

Для грейферов ковшового типа, предназначенных для перегрузки измельченной древесины, основными параметрами являются: геометрическая вместимость ковша, грузоподъемность грейфера и его собственная масса.

Площадь зева двухчелюстных грейферов, геометрическая вместимость многочелюстных и ковшовых грейферов, а также характеристика груза (длина и диаметр бревен, плотность древесины, показатели полнодревесности и др.) определяют максимальную массу груза, которая с учетом массы грейфера, в свою очередь, определяет грузоподъемность крана, для которого предназначается или подбирается грейфер.

Зачерпывающая способность грейфера зависит от его массы, конструкции и конфигурации челюстей, наличия интенсифицирующего органа, максимального размаха челюстей (в раскрытом состоянии), площади сечения нормально закрытого зева двухчелюстного грейфера и геометрической вместимости многочелюстного грейфера, от того, откуда производится зачерпывание (из полувагона, штабеля и т.д.), от длины и диаметра бревен, от способа их укладки и т.п. Так, у двухчелюстных грейферов в ряде случаев (особенно для

грейферов с большой площадью зева) наблюдается ухудшение заполнения грейфера при выгрузке древесины из полувагонов (по сравнению с выгрузкой такой же древесины из штабеля). Замечено также, что грейферы с большим трудом зачерпывают из штабеля бревна диаметром более 25...28 см и тонкомерную древесину. Заполнение грейфера при этом уменьшается на 10...15%.

Примерно такая же картина наблюдается и при эксплуатации многочелюстных грейферов.

Особенностью грейферов для круглых лесоматериалов является наличие, так называемого, внегрейферного груза, располагаемого за пределами собственного габарита грейфера.

Максимальная масса зачерпываемого (захватываемого) грейфером груза P_{\max} , т, определяется по формулам 3.33 и 3.34.

Для круглых лесоматериалов (двухчелюстные и многочелюстные грейферы)

$$P_{\max} = \gamma V_{\max}, \text{ т}, \quad (3.33)$$

где γ – плотность древесины, т/пл.м³; в зависимости от породы и влажности $\gamma = 0,5...1,2$ т/пл.м³; для свежесрубленной древесины γ может быть принята по данным, приведенным в п.3.1. 3.2:

V_{\max} – максимальная вместимость грейфера для круглых лесоматериалов, пл.м³.

Для измельченной древесины (ковшовые грейферы)

$$P_{\max} = \gamma_n V_{n \max}, \text{ т}, \quad (3.34)$$

где γ_n – насыпная плотность измельченной древесины, т/нас.м³, принимается в зависимости от вида, породы и влажности измельченной древесины от 0,15 до 0,5 т/м³;

$V_{n \max}$ – максимальная вместимость грейфера для измельченной древесины, нас.м³.

Грузоподъемность крана Q подбирается по формуле

$$Q = P_{\max} + G, \text{ т}, \quad (3.35)$$

где G – масса грейфера, т.

Количество круглых лесоматериалов в единицах объема V , пл.м³, перегружаемых грейфером за один цикл, определяется по формулам

– для двухчелюстных грейферов

$$V = S_p l k_3 k_n, \text{ пл. м}^3; \quad (3.36)$$

– для многочелюстных грейферов

$$V = V_p k_3 k_n, \text{ пл. м}^3, \quad (3.37)$$

где S_p – площадь поперечного сечения зева двухчелюстного грейфера при нормально закрытом состоянии челюстей, м²;

V_p – геометрическая вместимость многочелюстного грейфера (свободный объем между замкнутыми челюстями), м³;

l – длина перегружаемых сортиментов и хлыстов, м;

k_3 – коэффициент заполнения грейфера, определяемый опытным путем. Величина k_3 зависит от ряда факторов, в первую очередь, от длины перегружаемых бревен и их диаметра, от того, откуда выгружаются бревна, высоты штабеля и др. Для двухчелюстных грейферов при высоте штабеля, большей, чем высота зева грейфера в открытом состоянии, и нормальной укладке бревен среднее значение k_3 может быть примерно от 0,55 до 1, а для многочелюстных грейферов – примерно от 0,7 до 1,3 (уменьшается с ростом геометрической вместимости и снижением длины сортиментов).

k_n – коэффициент полнодревесности, характеризующий плотность укладки древесины в грейфере, зависящий от длины, диаметра и кривизны бревен, породы древесины, наличия коры и способа укладки бревен. Для сортиментов с параллельной укладкой при их перегрузке двухчелюстными грейферами $k_n = 0,6...0,78$, для хлыстов $k_n = 0,4...0,5$, для короткомерных сортиментов при перегрузке многочелюстными грейферами (беспорядочная укладка в грейфере) – $k_n = 0,4...0,5$.

Значения k_3 и k_n уточняются экспериментом применительно к конкретным условиям.

Зачерпывающая способность ковшового двухчелюстного грейфера для сыпучих грузов, V_n , нас.м³, может быть определена по формуле

$$V_n = V_{30} k_1, \text{ нас.м}^3, \quad (3.38)$$

где V_{30} – геометрическая вместимость грейфера, определяемая как объем условного геометрического тела, ограниченного сбоку и снизу боковыми стенками и дном челюстей грейфера, а сверху – условными плоскостями, располагаемыми под углом 30° над плоскостью, проведенной между челюстями внутри закрытого грейфера в самой широкой его части;

k_1 – коэффициент наполнения и уплотнения данного груза в ковшовом грейфере. Наибольший возможный k_1 для щепы, установленный опытным путем для грейферов большой вместимости, равен 1,05. В среднем коэффициент заполнения грейфера и уплотнения можно принимать 0,9.

Максимальные значения зачерпывающей способности грейферов $V_{\text{макс}}$ и $V_n \text{ макс}$ определяются по формулам 3.36, 3.37 и 3.38 при максимальных значениях k_3 , k_n и k_1 .

В случаях, когда двухчелюстные грейферы используются для выгрузки штабелей (пачек) леса из спецплатформ, автолесовозов, карманов-накопителей или кассет без разделения на части, объем перегружаемого груза ниже или равен $V_{\text{макс}}$.

Помимо указанных выше параметров – максимальной (номинальной) и фактической массы зачерпываемого груза, собственной массы грейфера, площади сечения зева двухчелюстного грейфера, геометрической вместимости многочелюстного грейфера и двухчелюстного грейфера для сыпучих грузов, – важнейшими параметрами являются также габариты грейфера в открытом и закрытом состоянии, в том числе размах челюстей в раскрытом состоянии, продолжительность закрытия и раскрытия челюстей (для приводных грейферов), ход замыкающего каната для канатных грейферов и др.

Все эти параметры должны учитываться при подборе грейферов с учетом конкретных условий работы, типа и параметров данного крана.

При разгрузке круглых лесоматериалов из специализированных платформ и автолесовозов или выгрузке их из карманов-накопителей и кассет двухчелюстные грейферы, в зависимости от площади зева при замкнутых челюстях, размаха челюстей в раскрытом состоянии, грузоподъемности грейфера и крана, могут либо зачерпывать груз частями, либо захватывать его целиком (когда размеры зева соответствуют размерам сечения пачки лесоматериалов и масса груза, включая массу грейфера, меньше или равна грузоподъемности крана).

Большинство фирм-производителей кранового оборудования при заказе кранов для операций с лесными грузами поставляет в комплекте с ними также и грейферы с параметрами, соответствующими характеру работ и грузу. Грейферы могут заказываться и для использования на уже установленных кранах. Существует значительное число конструкций грейферов, созданных отечественными и зарубежными фирмами.

На рис. 3.23 – 3.28 изображены отдельные типы грейферов отечественных и зарубежных фирм и некоторые операции перегрузки круглых лесоматериалов с использованием этих грейферов.

Параметры грейферов для круглых лесоматериалов и измельченной древесины, разработанных и изготавливаемых отечественными фирмами, приведены в табл. 3.18 и 3.19.

В табл. 3.20 приведены рекомендации для подбора грейферов к уже используемым или закупаемым кранам. Основными показателями, принятыми в рекомендациях для выбора параметров грейфера являются: грузоподъемность и тип крана, вид перегружаемых лесных грузов (круглые лесоматериалы, измельченная древесина), длина сортиментов, объект разгрузки. Для учета этих рекомендаций необходимы некоторые пояснения, которые приведены после указанной таблицы.

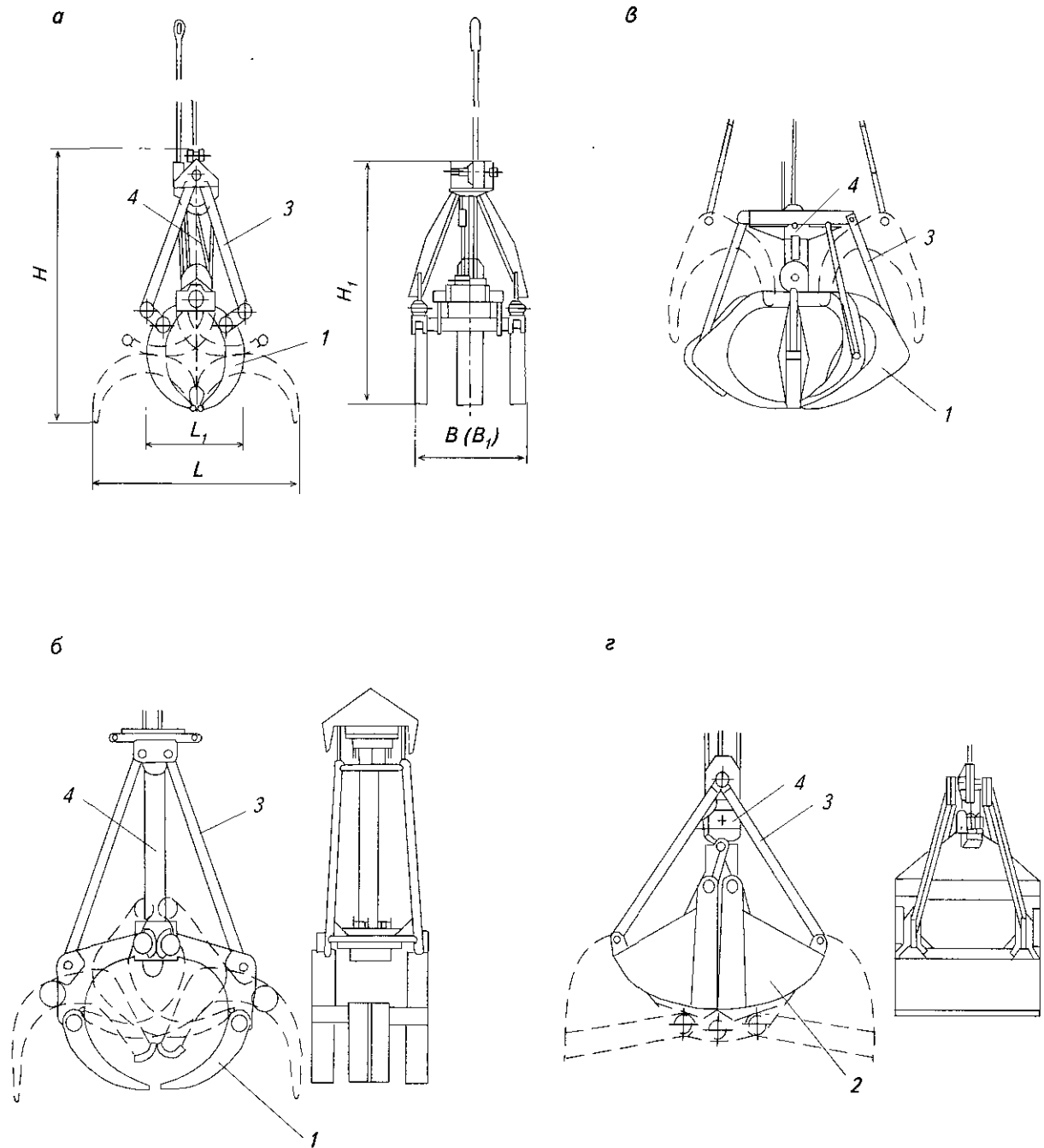


Рис.3.23. Канатные грейферы для круглых лесоматериалов и измельченной древесины:

а – двухчелюстной грейфер по проекту 2103Б; б – двухчелюстной грейфер по проекту 1651.090; в – многочелюстной грейфер типа ЛПТС; г – ковшовый грейфер для щепы типа ЛР-64А:

1 – челюсти; 2 – ковшовые челюсти; 3 – тяги; 4 – трособлочная система грейфера

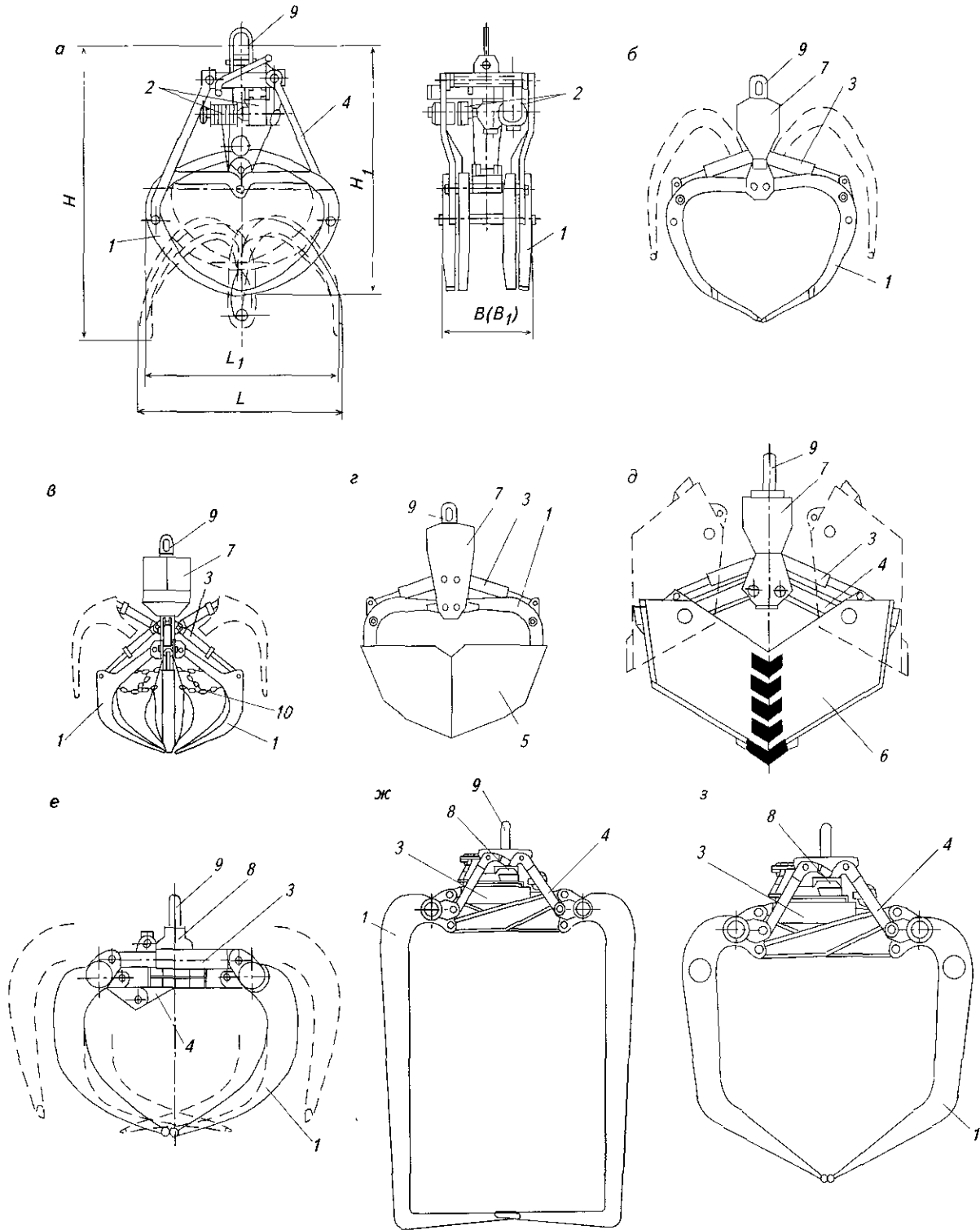


Рис. 3.24 Приводные грейферы для круглых лесоматериалов и измельченной древесины:

а – лебедочный грейфер ЗЛК-5М; б – электрогидравлический грейфер ЛТ153А; в – электрогидравлический четырехчелюстной грейфер ЛТ178А-1; г – электрогидравлический грейфер ЛТ153А с насадкой для щепы; д – электрогидравлический грейфер ГГ-10Щ для щепы, е – электрогидравлический грейфер ГГЛ-400, ж – электрогидравлический грейфер ЛТ185-2, з – электрогидравлический грейфер ЛТ185-3
 1 – челюсти; 2 – электролебедка; 3 – гидроцилиндры; 4 – тросы; 5 – насадка ковшовая; 6 – ковшовые челюсти; 7 – корпус гидропровода и поворотное устройство; 8 – поворотное устройство; 9 – серьга; 10 – цепи для обжатия груза



Рис. 3.25. Выгрузка пачки хлыстов из спецплатформы грейфером ЛТ185 (грейфер ЛТ185 прототип изготавливаемого грейфера ГГЛ-400)

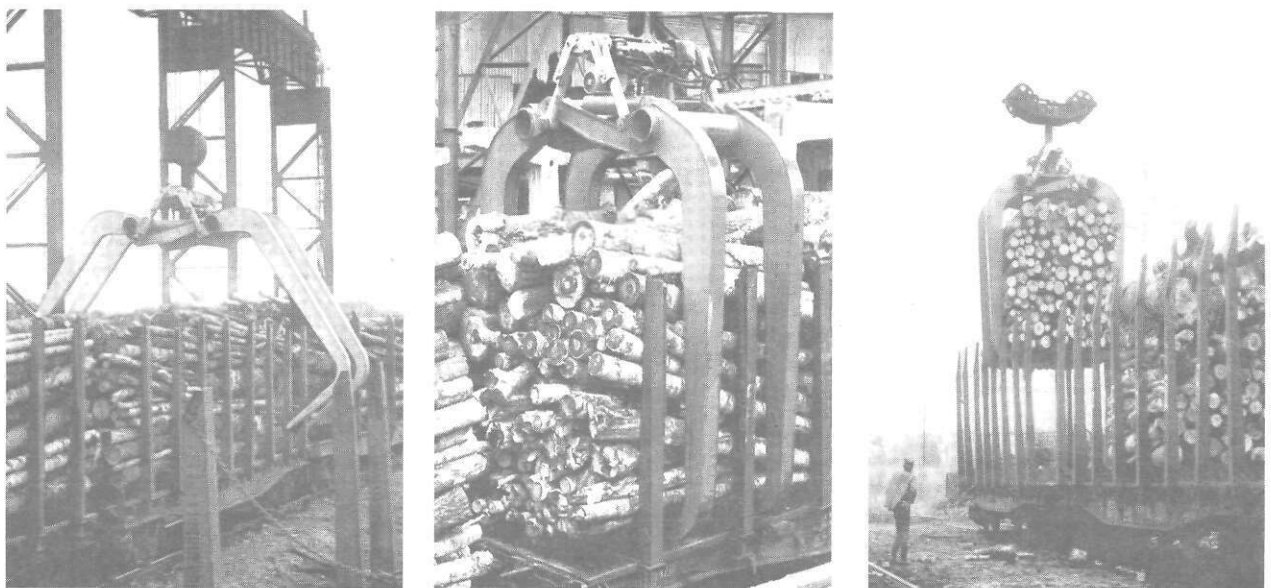


Рис. 3.26. Циклограмма выгрузки штабеля сортиментов из спецплатформы грейфером ЛТ185-2 с площадью зева $9,6 \text{ м}^2$

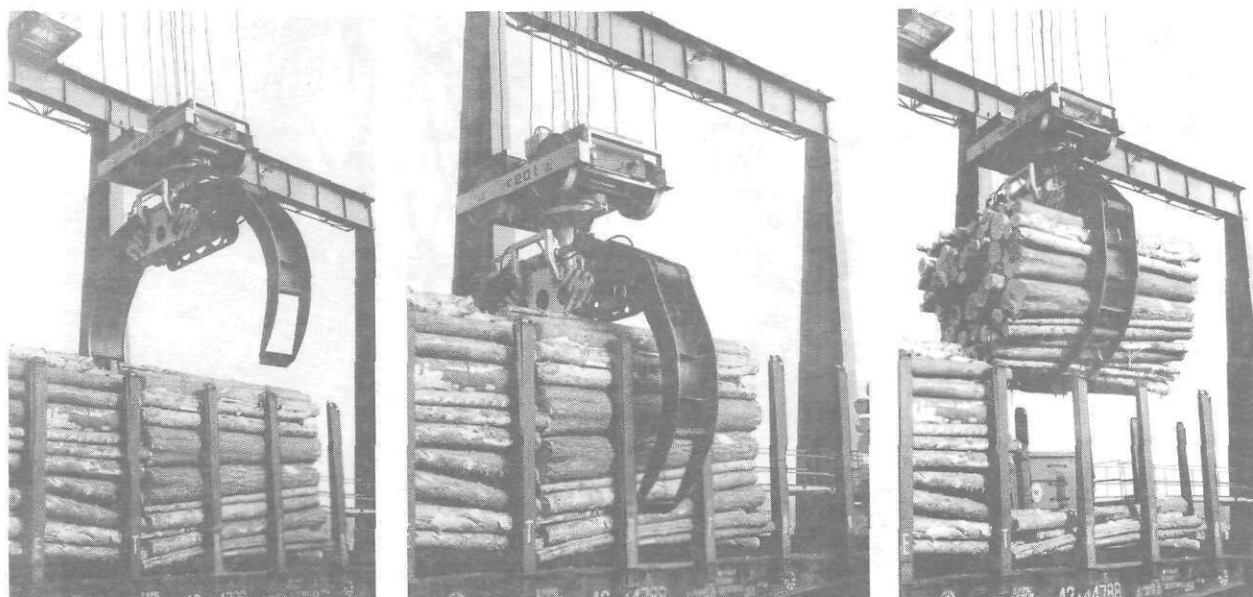


Рис. 3.27. Циклограмма выгрузки штабеля сортиментов из спецплатформы электрогидравлическим грейфером фирмы «Коне-Кранес» с площадью зева $6,6 \text{ м}^2$ (площадь зева грейфера меньше площади сечения штабеля на спецплатформе, поэтому штабель не может быть разгружен полностью за 1 цикл)

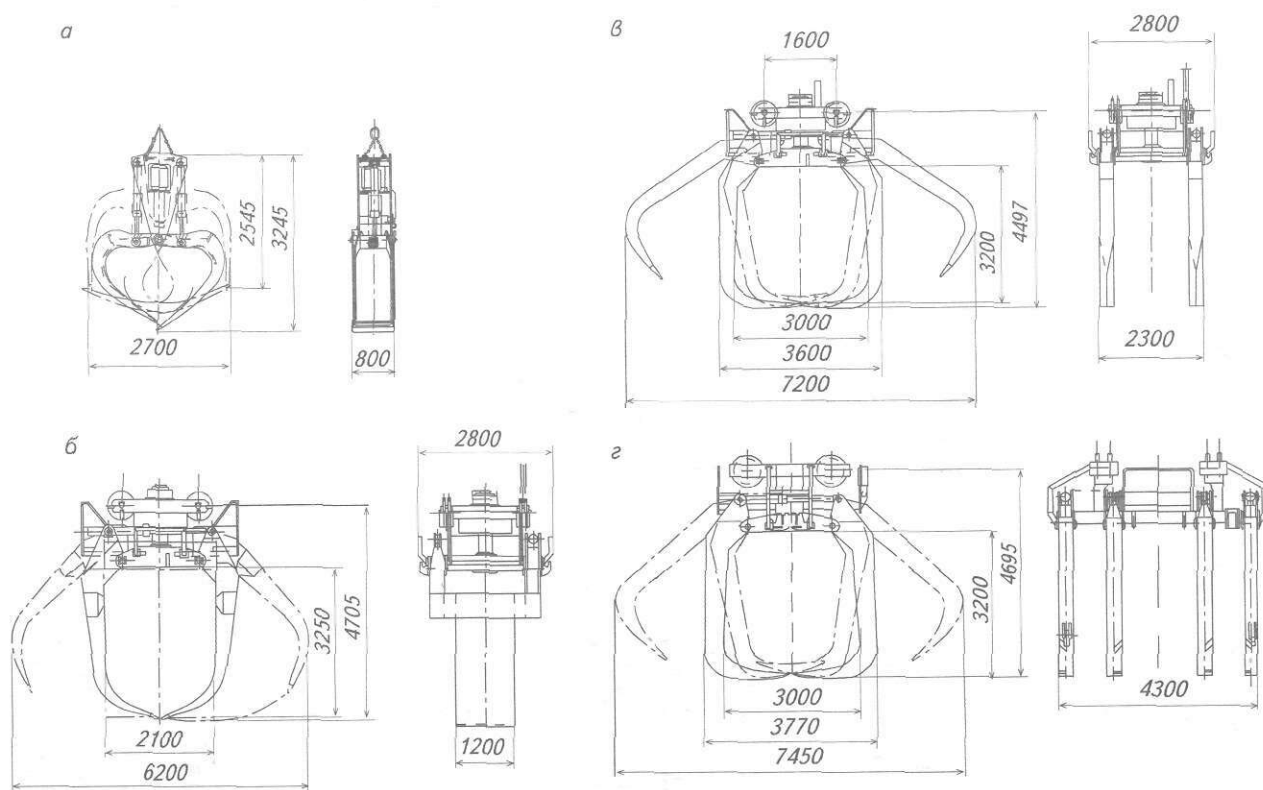


Рис. 3.28. Двухчелюстные гидравлические грейферы фирмы «Коне-Кранес»:

- а – грейфер двулапый с площадью зева 2 м^2 для крана грузоподъемностью 10 т;
- б – грейфер двулапый с площадью зева $6,6 \text{ м}^2$ для крана грузоподъемностью 25...32 т;
- в – грейфер четырехлапый с площадью зева $8,3 \text{ м}^2$ для крана грузоподъемностью 32 т;
- г – грейфер восьмиллапый с площадью зева $8,3 \text{ м}^2$ для крана грузоподъемностью 40–50 т

Таблица 3.18

Основные параметры канатных грейферов для круглых лесоматериалов и измельченной древесины

Номер проекта, тип грейфера	Завод-изготовитель или (и) разработчик проекта	Тип крана, для которого предназначен грейфер	Площадь сечения двухчелюстного грейфера, $S_p, м^2$	Вместимость многочелюстного грейфера или грейфера для щепы, $V_p, м^3$	Масса груза, не более, кг	Выход каната при закрытии, мм	Габаритные размеры открытого (закрытого) грейфера, мм, не более		
							длина, $L (L_1)$	ширина, $B (B_1)$	высота, $H (H_1)$
Грейферы для круглых сортиментов									
пр.2103Б, двухканатный, двухчелюстной	НПП «Речпорт», г.Москва; АО «Союзлесмонтаж», г.Вологда	двухканатный, грейферный	1,0	—	3200	5500	2530 (1660)	1372	3120 (3105)
пр. 2685А, двухканатный, двухчелюстной для выгрузки бревен из уплотненной щепы	НПП «Речпорт», г.Москва	двухканатный, грейферный	1,0	—	3280	4700	5900 (1640)	1530	1330 (3290)
пр.2377А, одноканатный, двухчелюстной	НПП «Речпорт» г.Москва	крюковой или одноканатный	1,5	—	4800	6800	2550 (1450)	1550	3430 (2750)
пр.2231Б, четырехканатный, двухчелюстной	Судостроительный завод «Красный Дон», г.Ростов; АО «Союзлесмонтаж», г.Вологда	четыреканатный, грейферный	1,5	—	6280	6120	2540 (2440)	1780	3320 (2680)
пр.2743, четырехканатный, двухчелюстной	НПП «Речпорт», г.Москва	четыреканатный, грейферный	2,0	—	6240	8800	3670 (1700)	1700	4000 (3200)

Продолжение табл. 3.18

Номер проекта и тип грейфера	Завод-изготовитель или (и) разработчик проекта	Тип крана, для которого предназначен грейфер	Площадь сечения двухчелюстного грейфера, $S_{гр}$, м ²	Вместимость многочелюстного грейфера или грейфера для щепы, $V_{гр}$, м ³	Масса груза, не более, кг	Масса грейфера, кг	Выход каната при закрытии, мм	Габаритные размеры открытого (закрытого) грейфера, мм, не более		
								длина, L (L_1)	ширина, B (B_1)	высота, H (H_1)
пр.3613А, четырехканатный, двухчелюстной	НПП «Речпорт», г. Москва	четыреканатный, грейферный	2,0	—	6050	3950	6020	2600 (2460)	1764	3630 (3265)
ДПЦ, четырехканатный, двухчелюстной	АО «Союзлес-монтаж», г. Вологда	двухканатный грейферный	2,0	—	6600	3400	—	2800	1590	4050
1.651.040, двухчелюстной, четырехканатный	АО «Подъем-трансмаш», г. Санкт-Петербург	четыреканатный грейферный	1,5	—	10 000	5496	—	4300 (3056)	2030	3920 (3465)
1651.090, четырехканатный, двухчелюстной	АО «Подъем-трансмаш», г. Санкт-Петербург	четыреканатный, грейферный	2,75	—	10 000	5355	—	4300 (2920)	1710	5545 (5042)
пр.4132, четырехканатный, двухчелюстной	НПП «Речпорт», г. Москва	четыреканатный, грейферный	2,85	—	10 200	4800	—	5420 (2780)	1930	5500 (5460)
пр.1731Г, четырехканатный, двухчелюстной	НПП «Речпорт», г. Москва	четыреканатный, грейферный	3,0	—	8800	6200	8250	4220 (3280)	1804	5265 (4985)
пр.2686, двухканатный, двухчелюстной	НПП «Речпорт», г. Москва	двухканатный, грейферный	3,0	—	9550	5450	7800	4550 (3140)	2380	5280 (5000)

Продолжение табл 3 18

Номер проекта и тип грейфера	Завод-изготовитель или (и) разработчик проекта	Тип крана, для которого предназначен грейфер	Площадь сечения двухчелюстного грейфера, S_p , м ²	Вместимость многочелюстного грейфера или грейфера для щепы, V_p , м ³	Масса груза, не более, кг	Масса грейфера, кг	Выход каната при закрытии, мм	Габаритные размеры открытого (закрытого) грейфера, мм, не более		
								длина, L (L_l)	ширина, B (B_l)	высота, H (H_l)
пр.3470А, четырехканатный, двухчелюстной	НПП «Речпорт», г. Москва	четырёхканатный, грейферный	3,2	—	9530	6470	10370	4840 (3150)	2546	5610 (5290)
0.651.360, четырехканатный, двухчелюстной для выгрузки пучков леса из воды	АО «Союзлес-монтаж» г. Вологда	четырёхканатный, грейферный	6,0 (расчетная $S_p = 3,35 \text{ м}^2$)	—	15000	5000		5700 (3950)	2200	6300 (5500)
ЛПТС, двухканатный, семичелюстной	АО «Союзлес-монтаж» г. Вологда	двух или четырехканатный, грейферный	—	4,5	3600	4400	8500	4400 (3460)	4400 (3460)	4500 (3600)
пр.3364, четырехканатный, шестичелюстной	НПП «Речпорт», г. Москва	четырёхканатный, грейферный	—	8,0	4000	6000	7680	6250 (4120)	6250 (4120)	5140 (4530)
КГ-1518-30, четырехканатный, шестичелюстной	Завод ПТО, г. Харьков	четырёхканатный, грейферный	—	10,0	8600	12 200		6700 (3100)	6700 (3100)	5640 (5190)
Грейферы для измельченной древесины										
ЛР-64А, двухканатный, двухчелюстной	ЦНИИлесосплава, г. Санкт-Петербург	двухканатный, грейферный	—	6,7	—	2610	10 600	4628 (3320)	2230	4315 (3645)

Номер проекта и тип грейфера	Завод-изготовитель или (и) разработчик проекта	Тип крана, для которого предназначен грейфер	Площадь сечения двухчелюстного грейфера, $S_{гр}$, м ²	Вместимость многочелюстного грейфера или грейфера для щепы, $V_{гр}$, м ³	Масса груза, не более, кг	Масса грейфера, кг	Выход каната при закрытии, мм	Габаритные размеры открытого (закрытого) грейфера, мм, не более		
								длина, $L (L_i)$	ширина, $B (B_i)$	высота, $H (H_i)$
пр.3372, четырехканатный, двухчелюстной	НПП «Речпорт», г. Москва	четыреканатный, грейферный	–	12,0	–	5230	11 120	5600 (4070)	2412	5400 (4540)

Примечания. 1. Габаритные размеры $L(L_i)$, $B(B_i)$, $H(H_i)$ – см. рис. 3.23.

2. Все двухчелюстные грейферы для круглых сортиментов, сведения о которых приведены в таблице, трехлапые и имеют перекрытие челюстей и переменную площадь сечения зева в закрытом состоянии для зажима пачки и исключения выпадения из нее бревен.

3. Грейферы НПП «Речпорт» разработаны бывшим ЦБКБ МРФ и изготавливаются, как правило, заводами речного флота России.

Таблица 3.19

Основные параметры приводных грейферов для круглых лесоматериалов и измельченной древесины

Номер проекта, тип грейфера	Завод-изготовитель или (и) разработчик проекта	Площадь сечения двухчелюстного грейфера, $S_{гр}$, м ²	Вместимость многочелюстного грейфера или грейфера для щепы, $V_{гр}$, м ³	Масса груза, не более, кг	Масса грейфера, кг	Время смыкания челюстей, с	Габаритные размеры открытого (закрытого) грейфера, мм, не более ¹⁾			Тип привода	Мощность электродвигателя привода, кВт
							длина, $L (L_i)$	ширина, $B (B_i)$	высота, $H (H_i)$		
Грейферы для круглых сортиментов											
ЗЛК-5М, лебедочный	Копейский ремонтно-механический завод, г. Копейск	2,4	–	7500	2860	11,5	2680 (2608)	1260 ширина в зоне приводной лебедки 1450	3715 (3295)	электро- лебедочный	7,5

Продолжение табл. 3.19

Номер проекта, тип грейфера	Завод-изготовитель или (и) разработчик проекта	Площадь сечения двух- челюст- ного грейфера, $S_{гр}$, м ²	Вмести- мость мно- гочелюст- ного грейфера или грей- фера для щелы, $V_{гр}$ м ³	Масса груза, не бо- лее, кг	Масса грей- фера, кг	Время смыка- ния челюс- тей, с	Габаритные размеры откры- того (закрытого) грейфера, мм, не более			Тип привода	Мощность электро- двигателя привода, кВт
							длина, $L (L_1)$	ширина, $B (B_1)$	высота, $H (H_1)$		
ГГ-5, электро- гидравлический с поворотным устройством	ЦНИИлесо- сплава, г. Санкт- Петербург	1,2	—	3250	1750	13	2700 (1310)	1610	2400 (3350)	электро- гидравли- ческий	13
ЛТ-153А, электро- гидравлический с поворотным устройством	ОАО «Сухо- ложский мехзавод», г. Сухой Лог	2,1	—	8000	2150	13	2700 (2500)	1300	2360 (2780)	электро- гидравли- ческий	15,0
ГГЛ-400 (ГГЛ-400-1), электрогидравли- ческий с поворот- ным устройством для перегрузки хлыстов (выпус- кается взамен грейфера ЛТ185)	ОАО «Сухо- ложский мехзавод», г. Сухой Лог	3,9	—	28 000	4750	30	5060 (3580)	2250	2900 (3230)	электро- гидравли- ческий	15,0
ЛТ-185-2, электро- гидравлический с поворотным уст- ройством для раз- грузки спецплат- форм и автолесо- возов ³⁾	ОАО «Сухо- ложский мехзавод», г. Сухой Лог	9,6	—	25 000	4890	25	8980 (3520)	2080	4670 (5140)	электро- гидравли- ческий	15,0

Продолжение табл. 3.19

Номер проекта, тип грейфера	Завод-изготовитель или (и) разработчик проекта	Площадь сечения двух- челюст- ного грейфера, $S_{гр}$, м ²	Вмести- мость мно- гочелюст- ного грейфера или грей- фера для щепы, V_p м ³	Масса груза, не бо- лее, кг	Масса грей- фера, кг	Время смыка- ния челюс- тей, с	Габаритные размеры откры- того (закрытого) грейфера, мм, не более			Тип привода	Мощность электро- двигателя привода, кВт
							длина, $L (L_1)$	ширина, $B (B_1)$	высота, $H (H_1)$		
ЛТ185-3, электро- гидравлический с поворотным уст- ройством для вы- грузки пучков из воды ³⁾	ОАО «Сухо- ложский мехзавод», г. Сухой Лог	9,6	—	28 000	4200	25	5000 (4330)	2080	3730 (5000)	электро- гидравли- ческий	7,5
ЛТ-178А-1, электро- гидравлический четырехчелюст- ной для выгрузки коротья из полу- вагонов	ОАО «Сухо- ложский мехзавод», г. Сухой Лог	—	2,6	—	2650	16	2600 ²⁾ (1950)	2600 ²⁾ (1950)	2960 (3685)	электро- гидравли- ческий	15,0
Грейферы для измельченной древесины											
Насадка для пере- грузки измель- ченной древесины к электро- гидравлическому грейферу ЛТ-153А	ОАО «Сухо- ложский мехзавод», г. Сухой Лог	—	7,0	—	Масса насад- ки 1000	—	—	—	—	—	—

Номер проекта, тип грейфера	Завод-изготовитель или (и) разработчик проекта	Площадь сечения двухчелюстного грейфера, $S_{гр}, м^2$	Вместимость многочелюстного грейфера или грейфера для щепы, $V_{гр}, м^3$	Масса груза, не более, кг	Масса грейфера, кг	Время смыкания челюстей, с	Габаритные размеры открытого (закрытого) грейфера, мм, не более			Тип привода	Мощность электродвигателя привода, кВт
							длина, $L (L_1)$	ширина, $B (B_1)$	высота, $H (H_1)$		
ГГ-5, электрогидравлический с поворотным устройством	ЦНИИлесосплава, г. Санкт-Петербург	1,2	–	3250	1750	13	2700 (1310)	1610	2400 (3350)	электрогидравлический	13
ГГ-5Щ, электрогидравлический с поворотным устройством	ЦНИИлесосплава, г. Санкт-Петербург	–	7,0	–	2450	13	3900 (3260)	1810	2100 (3950)	электрогидравлический	2×7,5
ГГ-10Щ, электрогидравлический с поворотным устройством	ОАО «Сухоложский мехзавод», г. Сухой Лог	–	10,0	–	3900	13	3710 (3600)	2300	2650 (3545)	электрогидравлический	15,0

Примечания. 1. Габаритные размеры $L(L_1)$, $B(B_1)$, $H(H_1)$ – см. рис. 3.24.

2. Приведен размер сторон квадрата, в который вписывается грейфер ЛТ-178А-1 в раскрытом состоянии. Челюсти грейфера в раскрытом состоянии размещаются по диагонали квадрата, а размах челюстей в раскрытом состоянии равен диагонали квадрата со стороной 2600 мм.

3. По мере поступления заказов грейферы с базовой моделью ЛТ-185 будут выпускаться на базе модели ГГЛ-400.

Рекомендуемые типы грейферов для круглых сортиментов длиной до 6,5 м и измельченной древесины
(из числа грейферов, приведенных в таблицах 3.18 и 3.19)

Грузо-подъемность крана, т	Вид перегружаемых сортиментов	Тип разгружаемого подвижного состава или другой объект разгрузки	Рекомендуемый тип грейфера	
			для грейферных кранов	для крюковых кранов
Грейферы для круглых лесоматериалов				
Двухчелюстные грейферы				
5	Балансы 3...6,5 м	Платформы, полувагоны, спецплатформы, полувагоны с наращенными бортами, автолесовозы, автомашины бортовые, суда, штабели плотные	пр. 2103Б $S_{гр}=1,0 \text{ м}^2$	ГГ-5 $S_{гр}=1,2 \text{ м}^2$
	Балансы 1,5...3 м		пр. 2231Б $S_{гр}=1,5 \text{ м}^2$ пр. 3613А $S_{гр}=2,0 \text{ м}^2$ пр. 2743 ¹⁾ $S_{гр}=2,0 \text{ м}^2$	ГГ-5 $S_{гр}=1,2 \text{ м}^2$ ЛТ-153А $S_{гр}=2,1 \text{ м}^2$
	Балансы 3...6,5 м	Бревна из многорядной уплотненной щети из воды	пр. 2685А $S_{гр}=1,0 \text{ м}^2$	—
10	Балансы 3...6,5 м	Платформы, полувагоны, спецплатформы, полувагоны с наращенными бортами, автолесовозы, автомашины бортовые, суда, штабели плотные, пучки бревен из воды	пр. 2231 $S_{гр}=1,5 \text{ м}^2$ пр. 3613А $S_{гр}=2,0 \text{ м}^2$ пр. 2743 ¹⁾ $S_{гр}=2,0 \text{ м}^2$	ЛТ-153А $S_{гр}=2,1 \text{ м}^2$ ЗЛК-5М $S_{гр}=2,4 \text{ м}^2$
	Балансы 1,5...3 м		пр. 3613А $S_{гр}=2,0 \text{ м}^2$ пр. 2743 ¹⁾ $S_{гр}=2,0 \text{ м}^2$	ЛТ-153А $S_{гр}=2,1 \text{ м}^2$ ЗЛК-5М $S_{гр}=2,4 \text{ м}^2$
	Балансы 3...6,5 м	Бревна в многорядной уплотненной щети, из воды	пр. 2743 ¹⁾ $S_{гр}=2,0 \text{ м}^2$	—
15/16/	Балансы 3...6,5 м	Платформы, полувагоны, автомашины бортовые, суда (трюмы с узкими проемами люков)	пр. 3613А $S_{гр}=2,0 \text{ м}^2$	ЛТ-153А $S_{гр}=2,1 \text{ м}^2$ ЗЛК-5М $S_{гр}=2,4 \text{ м}^2$
	Балансы 3...6,5 м	Спецплатформы, автолесовозы, суда, штабели плотные	1651.090 $S_{гр}=2,75 \text{ м}^2$ пр. 1731Г $S_{гр}=3,0 \text{ м}^2$ пр. 2686 $S_{гр}=3,0 \text{ м}^2$ пр. 3470А $S_{гр}=3,2 \text{ м}^2$	ЛТ-153А $S_{гр}=2,1 \text{ м}^2$ ЗЛК-5М $S_{гр}=2,4 \text{ м}^2$

¹⁾ Для разгрузки универсальных полувагонов грейфер пр. 2743 не рекомендуется

Продолжение табл. 3.20

Грузо-подъемность крана, т	Вид перегружаемых сортиментов	Тип разгружаемого подвижного состава или другой объект разгрузки	Рекомендуемый тип грейфера	
			для грейферных кранов	для крюковых кранов
15 (16)	Балансы 3...6,5 м	Пучки бревен из воды	пр. 1731Г $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$ пр. 2686 $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$ 1651.090 $S_{гр} = 2,75 \text{ м}^2$	
	Балансы 3...6,5 м	Бревна из многорядной уплотненной щети	пр. 2743 $S_{гр} = 2,0 \text{ м}^2$ 0.651.360 $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$	
	Балансы 1,5...3 м	Полувагоны, полувагоны с наращенными бортами, автомашины бортовые, суда, штабели плотные	пр. 3613А $S_{гр} = 2,0 \text{ м}^2$	ЛТ-153А $S_{гр} = 2,1 \text{ м}^2$ ЗЛК-5М $S_{гр} = 2,4 \text{ м}^2$
20	Балансы 3...6,5 м	Полувагоны, платформы, суда (трюмы с узкими проемами люков)	пр. 3613А $S_{гр} = 2,0 \text{ м}^2$	ЛТ 153А $S_{гр} = 2,1 \text{ м}^2$ ЗЛК-5М $S_{гр} = 2,4 \text{ м}^2$
	Балансы 3...6,5 м	Спецплатформы, автолесовозы, суда, штабели плотные	1651.090 $S_{гр} = 2,75 \text{ м}^2$ пр. 1731Г $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$ пр. 2686 $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$ пр. 3470А $S_{гр} = 3,2 \text{ м}^2$	ЛТ-153А $S_{гр} = 2,1 \text{ м}^2$ ЗЛК-5М $S_{гр} = 2,4 \text{ м}^2$ ЛТ-185-2 (для пачек бревен массой не более 15 т) $S_{гр} = 9,6 \text{ м}^2$
	Балансы 3...6,5 м	Пучки бревен из воды	0.651.360 $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$ пр. 1731Г $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$	ГГЛ-400 $S_{гр} = 3,9 \text{ м}^2$ ЛТ-185-3 (для пучков бревен массой не более 15 т) $S_{гр} = 9,6 \text{ м}^2$
	Балансы 3...6,5 м	Бревна из многорядной уплотненной щети	0.651.360 $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$	—
	Балансы 1,5...3 м	Полувагоны, полувагоны с наращенными бортами, суда, штабели плотные	пр. 3613А $S_{гр} = 2,0 \text{ м}^2$	ЛТ-153А $S_{гр} = 2,1 \text{ м}^2$ ЗЛК-5М $S_{гр} = 2,4 \text{ м}^2$
30	Балансы 3...6,5 м	Полувагоны, платформы, суда (трюмы с узкими проемами люков)	пр.3613А $S_{гр} = 2,0 \text{ м}^2$	ЛТ 153А $S_{гр} = 2,1 \text{ м}^2$ ЗЛК-5М $S_{гр} = 2,4 \text{ м}^2$
	Балансы 3...6,5 м	Суда, штабели плотные	1651.090 $S_{гр} = 2,75 \text{ м}^2$ пр. 1731Г $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$ пр. 2686 $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$ пр. 3470А $S_{гр} = 3,2 \text{ м}^2$	ЛТ-153А $S_{гр} = 2,1 \text{ м}^2$ ЗЛК-5М $S_{гр} = 2,4 \text{ м}^2$

Грузо-подъемность крана, т	Вид перегружаемых сортиментов	Тип разгружаемого подвижного состава или другой объект разгрузки	Рекомендуемый тип грейфера	
			для грейферных кранов	для крюковых кранов
30	Балансы 3...6,5 м	Спецплатформы, автолесовозы, пучки бревен из кассет	1651.090 $S_{гр} = 2,75 \text{ м}^2$ пр. 1731Г $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$ пр. 2686 $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$ пр. 3470А $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$	ЛТ-153А $S_{гр} = 2,1 \text{ м}^2$ ЗЛК-5М $S_{гр} = 2,4 \text{ м}^2$
	Балансы 3...6,5 м	Пучки бревен из воды	0.651.360 $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$ пр. 1731Г $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$ пр. 2686 $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$	ЛТ 185-3 $S_{гр} = 9,6 \text{ м}^2$
	Балансы 3...6,5 м	Бревна из многорядной уплогненной щети	0.651.360 $S_{гр} = 3,0 \text{ м}^2$	—
	Балансы 1,5...3 м	Полувагоны, полувагоны с нарощенными бортами, суда, штабели плотные	пр. 3613А $S_{гр} = 2,0 \text{ м}^2$	ЗЛК-5М $S_{гр} = 2,4 \text{ м}^2$ ЛТ 153 $S_{гр} = 2,1 \text{ м}^2$
Многочелюстные грейферы				
5-30	Балансы 0,75...1,5 м	Полувагоны, спецвагоны-щеповозы, полувагоны с нарощенными бортами, суда (трюмы с узкими проемами люков)		ЛТ 178А-1 $V_{гр} = 2,6 \text{ м}^3$
5	Балансы 0,75...1,5 м	Суда с трюмами открытого типа, штабели плотные и кучи коротья		ЛТ 178А $V_{гр} = 5 \text{ м}^3$
10	Балансы 0,75...1,5 м	Суда с трюмами открытого типа, штабели плотные и кучи коротья	ЛПТС $V_{гр} = 4,5 \text{ м}^3$	ЛТ 178А $V_{гр} = 5 \text{ м}^3$
15/16/	Балансы 0,75...2,0 м	Суда с трюмами открытого типа, штабели плотные и кучи коротья	пр. 3364 $V_{гр} = 8,0 \text{ м}^3$	ЛТ-178А $V_{гр} = 5 \text{ м}^3$
20, 30	Балансы 0,75...2,5 м	Суда с трюмами открытого типа, штабели плотные и кучи коротья	пр. 3364 $V_{гр} = 8,0 \text{ м}^3$ КГ-1518-30 $V_{гр} = 10 \text{ м}^3$	ЛТ 178А $V_{гр} = 5 \text{ м}^3$ (для балансов длиной до 2 м)

Окончание табл. 3.20

Грузоподъемность крана, т	Вид перегружаемых сортиментов	Тип разгружаемого подвижного состава или другой объект разгрузки	Рекомендуемый тип грейфера	
			для грейферных кранов	для крюковых кранов
Грейферы для измельченной древесины				
5	Щепа, опилки, кора и древесные отходы	Полувагоны, спецвагоны-щеповозы, полувагоны с нарощенными бортами, суда (трюмы с узкими проемами люков), кучи измельченной древесины	ЛР-64А $V_{гр} = 6,7 \text{ м}^3$	ГГ-5Щ $V_{гр} = 7 \text{ м}^3$ ЛТ 153 с насадкой $V_{гр} = 7 \text{ м}^3$
10	Щепа, опилки, кора и древесные отходы	Полувагоны, спецвагоны-щеповозы, полувагоны с нарощенными бортами, суда (трюмы с узкими проемами люков), кучи измельченной древесины	пр. 3372 $V_{гр} = 12 \text{ м}^3$	ГГ-10Щ $V_{гр} = 10 \text{ м}^3$
15/16/ 20, 30	Щепа, опилки, кора и древесные отходы	Полувагоны, спецвагоны-щеповозы, полувагоны с нарощенными бортами, суда (трюмы с узкими проемами люков)	пр. 3372 $V_{гр} = 12 \text{ м}^3$	ГГ-10Щ $V_{гр} = 10 \text{ м}^3$
		Суда с трюмами открытого типа, кучи измельченной древесины	пр. 3372 $V_{гр} = 12 \text{ м}^3$	ГГ-10Щ $V_{гр} = 10 \text{ м}^3$

Приведенные в табл. 3.20 рекомендации носят обобщенный и, в определенной степени, предварительный характер. Они позволяют выбрать грейферы и определить их минимальное число с учетом конкретных условий и вида работ. Эти рекомендации относятся к круглым лесоматериалам при длине сортиментов до 6,5 м и измельченной древесине с плотностью $\gamma = 0,8$ т/пл.м³. Для лесоматериалов большей длины и с другой плотностью параметры выбранных грейферов подлежат проверке по грузоподъемности грейфера и крана. Для предварительной оценки значения плотности разных пород древесины могут быть приняты по данным, приведенным в п. 3.1.3.2. Для балансов, выгружаемых из воды, значения плотности разных пород древесины должны быть приняты с коэффициентом 1,15...1,25 в зависимости от влажности древесины.

Для сокращения количества съемных грейферов, используемых для одного крана при перегрузке сортиментов разной длины, в рекомендациях предлагаются, как правило, два типоразмера грейферов: для сортиментов длиной до 3 м и сортиментов длиной от 3 до 6,5 м. Более эффективным было бы использование грейферов с разной площадью зева, ориентированных отдельно на перегрузку леса длиной, например, от 3 до 4 м, от 4 до 6,5 м и от 6,5 до 8 м (или с другой градацией длин).

Отдельные параметры грейферов для предотвращения повреждения подвижного состава регламентированы ГОСТ 22235-76 и ГОСТ 24599-87. В них особо оговорено, что наибольшая, во всех положениях челюстей при их замыкании и раскрытии, длина двухчелюстных грейферов, предназначенных для погрузочно-разгрузочных работ с круглыми сортиментами, перевозимыми в полувагонах, должна быть 2700 мм, а ширина грейферов для навалочных грузов (в том числе для щепы) – не более 2500 мм.

Длина двухчелюстных грейферов, предназначенных для работ с круглыми лесоматериалами, перевозимыми в спецплатформах, автолесовозах или уложенными в карманы накопителей или кассеты, не имеет подобных ограничений. Однако ширина грейфера должна учитывать расположение стоек на платформе, автолесовозе или в кассете и расстояние между стойками, измеренное вдоль оси штабеля.

Длина двухчелюстных грейферов, предназначенных для перегрузки круглых лесоматериалов, уложенных в штабеля на судне-площадке, на палубе или в трюмах открытого типа, а также в штабелях на складе, не ограничивается. Однако, чем меньше длина сортиментов, тем меньше в целях обеспечения устойчивости штабелей должен быть размах челюстей грейфера. Это особенно касается случаев, когда грейфер предназначен для выгрузки леса из штабеля с последующей укладкой его в другой штабель. Для выгрузки древесины в пучках или пачках в обвязке, например, из карманов накопителей, размах челюстей грейфера должен быть не менее ширины пучка или пачки.

Многочелюстные грейферы в зависимости от габаритов и геометрической вместимости могут быть предназначены для разгрузки короткомерных сортиментов максимальной длиной 2,5 м, уложенных в кучевой штабель или штабель с параллельной укладкой. Грейфер в раскрытом, закрытом и промежуточном положениях должен вписываться в габариты кузовов и люков транспортных средств или емкостей для хранения короткомерных сортиментов.

Для разгрузки коротья из полувагонов пригодны многочелюстные грейферы, имеющие при полном раскрытии наибольший габарит в плане не более 2600 мм. Геометрическая вместимость четырехчелюстного грейфера с таким габаритом – примерно 2,6 м³. У пяти-, шести- или семичелюстных грейферов с таким габаритом геометрическая вместимость не более 1,5 м³.

Для исключения выпадения бревен при производстве работ, необходимым требованием, обеспечивающим надежное зажатие бревен, является наличие у двухчелюстных грейферов переменной площади зева с перехватом челюстей. Следует отметить, что не все существующие грейферы имеют такую конструктивную особенность. При отсутствии перехвата челюстей для обжатия пачки двухчелюстные грейферы могут оснащаться тросами либо цепями, охватывающими пучок сверху. Круглозвенные цепи используются как страховочные (снизу и с боков) на некоторых типах многочелюстных грейферов для коротья.

3.3.4 РАСЧЕТЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КРАНОВ

Производительность кранов при выполнении погрузочно-разгрузочных и штабелевочных работ с лесными грузами может быть определена по формулам, приведенным в табл. 3.21.

Данные, приведенные в этой таблице и ниже в других материалах настоящего параграфа, позволяют выполнить предварительные расчеты производительности кранов. Уточняющие расчеты могут быть выполнены по приводимой здесь методике после уточнения в конкретных условиях значений всех показателей, которые не могут быть рассчитаны (установка грузозахватного устройства, захват груза, опорожнение грузозахватного устройства, торцевание и др.).

Таблица 3.21

Формулы для расчета производительности кранов при перегрузочных работах с круглыми лесоматериалами и измельченной древесиной

Вид работ	Формула для определения технической производительности крана Π_m , при продолжительности цикла $T_{ц}$, ¹⁾ с
<p>1. Выгрузка круглых лесоматериалов из полувагонов двухчелюстными грейферами.</p> <p>Выгрузка круглых лесоматериалов из спецплатформ, автолесовозов, карманов-накопителей и кассет двухчелюстными грейферами, имеющими площадь зева в сомкнутом положении челюстей меньше площади сечения разгружаемого штабеля или размах челюстей в открытом положении меньше ширины штабеля.</p>	$\Pi_m = \frac{3600 V_{шт}}{T_{ц} n_{ц}}, \text{ пл. м}^3/\text{ч}, \quad (3.39)$ <p>где $V_{шт}$ – количество древесины в штабеле, находящемся в полувагоне, спецплатформе, автолесовозе, кармане-накопителе, кассете, пл. м³</p> $V_{шт} = S_{шт} l k_n, \text{ пл. м}^3, \quad (3.40)$ <p>где $S_{шт}$ – площадь сечения штабеля, пачки, пучка, пакета, м²; l – длина бревен, м; k_n – коэффициент полнодревесности (см. рекомендации к формуле 3.36); $n_{ц}$ – количество циклов, необходимых для выгрузки штабеля (см. табл. 3.22 и формулу 3.45).</p>
<p>2. Выгрузка круглых лесоматериалов из спецплатформ, автолесовозов, карманов-накопителей и кассет двухчелюстными грейферами (грейферными захватами), когда площадь зева грейфера равна или больше площади поперечного сечения штабеля, пачки, пучка, пакета, а грузоподъемность крана за вычетом массы грейфера равна или больше их массы.</p> <p>Выполнение всех видов перегрузочных работ с использованием строп или стропных захватов, когда масса штабеля (части штабеля), пачки, пучка равна или ниже грузоподъемности крана (за вычетом массы грузозахватного устройства).</p>	$\Pi_m = \frac{3600 V_{шт}}{T_{ц}}, \text{ пл. м}^3/\text{ч}, \quad (3.41)$ <p>где $V_{шт}$ – количество древесины в штабеле, пачке, пучке, пакете, находящемся в полувагоне, спецплатформе, автолесовозе, кармане-накопителе, кассете или сплавном пучке, пл. м³.</p>
<p>3. Выгрузка круглых лесоматериалов из судов и разборка штабелей на складах двухчелюстными грейферами.</p>	$\Pi_m = \frac{3600 S_{гр} l k_n k_3}{T_{ц}}, \text{ пл. м}^3/\text{ч}, \quad (3.42)$ <p>где $S_{гр}$ – площадь зева грейфера в замкнутом положении челюстей, м²; k_3 – коэффициент заполнения грейфера; (k_n и k_3 см. рекомендации к формуле 3.36).</p>
<p>4. Выгрузка коротья многочелюстными грейферами из полувагонов, кузовов несамосвальных автолесовозов, судов, из куч и штабелей на складах.</p>	$\Pi_m = \frac{3600 V_{гр} k_n k_3}{T_{ц}}, \text{ пл. м}^3/\text{ч}, \quad (3.43)$ <p>где $V_{гр}$ – геометрическая вместимость многочелюстного грейфера при нормально замкнутых челюстях, м³; (k_n и k_3 – см. рекомендации к формуле 3.37).</p>

¹⁾ $T_{ц}$ определяется по формуле 3.46

Окончание табл. 3.21

Вид работ	Формула для определения технической производительности крана Π_m , при продолжительности цикла T_{η} , с
5. Выгрузка измельченной древесины грейферами ковшового типа из полувагонов, кузовов несамосваловых автощеповозов, судов и из куч на складах.	$\Pi_m = \frac{3600 V_{30} \kappa_v \kappa_n}{T_{\eta}}, \text{ пл.м}^3/\text{ч}, \quad (3.44)$ <p>где V_{30} – геометрическая вместимость ковшового грейфера, м^3; κ_v – коэффициент наполнения ковшового грейфера (см. рекомендации к формуле 3.38). κ_n – ориентировочно принимать меньшие значения из указанных в п. 3.2.8.</p>

В табл. 3.22 приведены данные о количестве циклов, необходимых для выгрузки одного штабеля круглых лесоматериалов из полувагона или универсальной платформы в зависимости от способа их загрузки стропами при разной грузоподъемности кранов и грейферами с разной площадью зева.

Таблица 3.22

Среднее расчетное число циклов, потребное на выгрузку одного штабеля леса из полувагона или универсальной платформы

Тип грузозахватного приспособления	Площадь зева грейферов, м^2	При длине сортиментов 3...8 м		При длине сортиментов менее 3 м
		штабель без «шапки»	штабель с «шапкой»	штабель без «шапки»
Стропы				
– кран грузоподъемностью 30 т	–	1	1(2*)	1
– кран грузоподъемностью 15 т	–	2	2(3*)	1
– кран грузоподъемностью 10 т	–	2	3	1
Грейферы двухчелюстные	0,8	6,5	9,0	6,5
	1,0	6,0	8,0	6,0
	1,5	4,5	6,0	4,5
	1,75	3,5	5,0	3,5
	2,0	3,5	4,5...5	3,5
	2,2	3,5	4,5...5	3,5

* При съеме «шапки» за отдельный цикл.

На выгрузку штабелированного коротья из полувагона, загруженного до уровня бортов кузова или обрешетки, при использовании многочелюстных грейферов требуется соответственно циклов, n_{η} :

при вместимости грейфера	1,25 м^3	45 и 50...55
	1,5 м^3	40 и 45
	2,6 м^3	25 и 30

Количество циклов n_{η} , необходимых для разгрузки штабеля в автолесовозе, спецплатформе, кармане-накопителе, кассете, когда площадь зева грейфера меньше площади сечения штабеля, для предварительных расчетов может быть установлено по формуле (3.45), причем результат расчетов следует округлять в большую сторону.

$$n_{\eta} = \frac{S_{\text{ш}}}{S_{\text{зп}}}, \quad (3.45)$$

где $S_{\text{ш}}$ – площадь сечения штабеля, м^2 ;
 $S_{\text{зп}}$ – площадь сечения зева грейфера, м^2 .

В случае, если размах челюстей грейфера существенно меньше ширины штабеля (в 1,25...1,5 раза), значение $n_{ц}$, установленное по табл. 3.22 или формуле (3.45), для предварительных расчетов следует увеличить на 1.

Цикл работы крана складывается из элементов цикла, которые выполняются отдельными механизмами крана, грузозахватными приспособлениями и обслуживающим персоналом. Продолжительность цикла ($T_{ц}$) определяется суммой затрат времени на выполнение этих элементов

$$T_{ц} = \sum_i t_{цi}, \text{ с.} \quad (3.46)$$

Продолжительность элементов цикла может быть определена расчетом по соответствующим нормативам времени и по данным хронометражных наблюдений.

В табл. 3.23 приведены данные для определения состава и продолжительности элементов цикла в их последовательности для различных типов кранов. Они представлены либо в виде расчетных формул, либо в виде ссылок на табл. 3.24, в которой указана средняя продолжительность элементов цикла, определение которых расчетным путем не представляется возможным.

Включенные в табл. 3.24 данные о продолжительности элементов цикла (застропка и отстропка пачек и пакетов, захват и опорожнение грейфера, установка груза на подстропное место и порожнего грузозахватного приспособления на груз, торцевания) определены на основании анализа хронометражных материалов, собранных при обследовании устройств для приема круглого леса на предприятиях промышленности и транспорта. Эти данные не являются нормативными и применение их возможно лишь для предварительных расчетов при условии дальнейшей проверки с проведением хронометражных наблюдений в конкретных условиях работы данного крана.

Часть элементов, указанных в табл. 3.23, может не входить в конкретный цикл. Однако, элементы: установка грузозахватного приспособления над грузом и груза над местом укладки, захват груза и опорожнение грузозахватного приспособления, являются обязательными и входят в любой по составу операций цикл работы грузоподъемной машины.

При расчете продолжительности циклов следует учитывать, что часть элементов цикла могут в процессе работы полностью или частично совмещаться, уменьшая таким образом общую продолжительность цикла. К элементам цикла, которые могут совмещаться, относятся те, которые связаны с движениями крана, тележки, стрелы, груза или порожнего грузозахватного приспособления. При расчетах циклов с совмещением их элементов нужно учитывать конкретную схему и условия работы, тип крана, опыт обслуживающего персонала и т.п. В случае возможности совмещения операций, рассчитанные значения их продолжительности должны сокращаться при расчете $T_{ц}$ введением соответствующего понижающего коэффициента, значение которого может быть определено с учетом конкретной схемы работы крана.

Кроме основных операций, методика расчета продолжительности которых приведена выше, при разгрузке полувагонов, платформ и автолесовозов с круглыми лесоматериалами и щепой осуществляется также ряд вспомогательных операций. Продолжительность этих операций следует учитывать при расчете продолжительности разгрузки ставки (подачи) вагонов на грузовом фронте.

К вспомогательным операциям, выполняемым с применением кранов или вручную не одновременно с выгрузкой древесины, относятся:

- открывание и закрывание люков полувагонов;
- очистка полувагонов;
- выгрузка забивки;
- разборка и выгрузка обрешетки;
- выгрузка торцевых щитов;
- снятие и удаление стоек и подкладок из вагона.

При подсчете продолжительности вспомогательных операций следует учитывать, что крановые операции могут выполняться только последовательно одна за другой, поэтому их продолжительность нужно суммировать. Ручные операции выполняются, как правило, одновременно, и суммарная их продолжительность определяется временем самой длительной операции.

Производительность кранов, рассчитанная по формулам, приведенным в табл. 3.21, не учитывает имеющиеся место при практической эксплуатации оборудования простои, связанные с необходимостью проведения технического ухода, приемосдаточных операций, отдыха рабочих (кроме обеденного перерыва), перестановки вагонов и т.д. Коэффициент использования оборудования по времени $K_{оп}$, учитывающий эти простои, может быть принят для кранов, работающих на выгрузке древесины из вагонов, равным 0,83, а для кранов, вы-

полняющих работу по подаче древесины из штабеля в производство и другую работу, не связанную с выгрузкой древесины из вагонов, автолесовозов, карманов-накопителей, кассет – 0,88.

Фактический коэффициент использования кранов по времени часто ниже указанного из-за отсутствия подлежащего выгрузке или погрузке подвижного состава, потребности производства в сырье, либо по другим причинам.

Эксплуатационная производительность крана на конкретной операции подсчитывается по формуле

$$P_{\text{экспл}} = P_m \kappa_{\text{вр}}, \text{ пл. м}^3/\text{ч}. \quad (3.47)$$

В случае, если за время работы кран выполняет различные операции (разгрузку подвижного состава с штабелевкой или с укладкой древесины на устройстве для роспуска пучков, разгрузку подвижного состава с бревнами разной длины, а также пакетов и древесины россыпью и др.), в связи с чем производительность его меняется, следует определять усредненную производительность крана, которая может быть установлена по формуле

$$P_{\text{ср.экспл}} = \frac{P_{m1} m_1 \kappa_{\text{вр}1} + P_{m2} m_2 \kappa_{\text{вр}2} \dots + P_{mi} m_i \kappa_{\text{вр}i}}{m}, \text{ пл. м}^3/\text{ч}, \quad (3.48)$$

где P_{m1}, P_{m2}, P_{mi} – техническая производительность кранов на 1, 2, ... i операции, пл. м³/ч;

m_1, m_2, \dots, m_i – время работы в сутки или в смену на 1, 2, ... i операции, ч;

$m = m_1 + m_2 + \dots + m_i$ – число рабочих часов в сутки (смену) ч;

$\kappa_{\text{вр}1}, \kappa_{\text{вр}2}, \dots, \kappa_{\text{вр}i}$ – коэффициент использования времени на 1, 2, ... i операции, равный в зависимости от выполняемой краном операции 0,83 и 0,88 (см. выше).

Эксплуатационная производительность крана за рассматриваемый период (год или сезон), $P_{\text{экспл пер}}$, может быть подсчитана по формуле

$$P_{\text{экспл пер}} = P_{\text{ср.экспл}} D m \kappa_p \kappa_v, \text{ пл. м}^3/\text{период}, \quad (3.49)$$

где D – продолжительность данного периода в сутках (сменах);

κ_p – коэффициент, учитывающий простой крана из-за ремонтов;

κ_v – коэффициент, учитывающий простой крана по метеоусловиям.

Коэффициент κ_p равен отношению продолжительности рабочего времени крана к сумме рабочего времени и продолжительности ремонтов за межремонтный цикл (время между двумя капитальными ремонтами). Продолжительность межремонтного цикла и ремонтов за этот период определяется по действующим нормам ППР, либо по имеющемуся опыту. Для предварительных расчетов можно принимать κ_p равным

- для порталных кранов 0,88
- для мостовых, башенных и козловых кранов 0,92
- для стреловых кранов на гусеничном ходу 0,9.

Коэффициент κ_v учитывает простой кранов при сильном ветре, плохой видимости, обледенении. Обычно он принимается равным 0,95, что соответствует 15 дням простоя в год.

Опыт показывает, что в одних местах простой по метеоусловиям меньше, а в других – больше 15 дней, поэтому при расчетах для таких предприятий коэффициент κ_v должен быть соответственно откорректирован.

Таблица 3.23

Состав цикла и продолжительность его элементов
(знаком + указано на выполнение данного элемента циклом крана, его грузозахватным устройством или обслуживающим персоналом)

Наименование элемента цикла	Обозначение продолжительности элемента	Расчетная формула продолжительности элемента цикла, с	Тип кранов			Обозначения величин
			мостовые, козловые, мостокабельные, мостовые перегружатели	портальные, стреловые башенные без грузовой тележки на стреле	башенные с грузовой тележкой на стреле	
1. Установка грузозахватного приспособления над грузом (см. прим. 1)	$t_{уст.н}$	см. табл. 3.24	+	+	+	
2. Захват груза грейфером, застропка груза, пакета или контейнера стропами	$t_{з.гр}$	см. табл. 3.24	+	+	+	
3. Подъем груза на высоту H_1 , м	$t_{п.гр}$	$\frac{H_1}{v_n} + 2$	+	+	+	
4. Передвижение крана с грузом на расстоянии S_1 , м	$t_{пер.гр.гр}$	$\frac{S_1}{v_k} + 4$	+	см. прим. 2	см. прим. 2	
5. Передвижение тележки крана с грузом на расстоянии S_2 , м	$t_{нов.гр}$	$\frac{S_2}{v_m} + 4$	+	-	+	
6. Поворот стрелы с грузом на угол α_1 , град.	$t_{пов.стр.гр}$	$\frac{\alpha_1}{n} + 4$	-	+	+	
7. Изменение вылета стрелы с грузом на расстоянии S_3 , м	$t_{изм.стр.гр}$	$\frac{S_3}{v_c} + 4$	-	+	-	
8. Опускание груза на высоту H_2 , м	$t_{оп.гр}$	$\frac{H_2}{v_n} + 2$	+	+	+	
9. Установка груза над местом его укладки (см. прим. 1)	$t_{уст.гр}$	см. табл. 3.24	+	+	+	
10. Опоржнение грузозахватного приспособления (см. прим. 3 и 4)	$t_{опор}$	см. табл. 3.24	+	+	+	
11. Подъем порожнего грузозахватного приспособления на высоту H_3 , м	$t_{п.х}$	$\frac{H_3}{v_n} + 2$	+	+	+	

v_n – скорость подъема-опускания, м/с;
 v_k – скорость передвижения крана, м/с;
 v_m – скорость передвижения тележки, м/с;
 n – скорость поворота стрелы крана, с⁻¹;
 v_c – скорость изменения вылета стрелы крана, м/с

Наименование элемента цикла	Обозначение продолжительности элемента	Расчетная формула продолжительности элемента цикла, с	Тип кранов			Обозначения величин
			мостовые, козловые, мостокабельные, мостовые перегружатели	портальные, стреловые башенные без грузовой тележки на стреле	башенные с грузовой тележкой на стреле	
12. Передвижение крана без груза на расстояние S_4 , м	$t_{пр кр х}$	$\frac{S_4}{v_k} + 4$	+	см. прим. 2	см. прим. 2	
13. Передвижение тележки крана без груза на расстояние S_5 , м	$t_{пр т х}$	$\frac{S_5}{v_m} + 4$	+	–	+	
14. Поворот стрелы без груза на угол α_2 , град.	$t_{пов стр х}$	$\frac{\alpha_2}{n360} + 4$	–	+	–	
15. Изменение вылета стрелы без груза на расстояние S_6 , м	$t_{изм стр х}$	$\frac{S_6}{v_c} + 4$	–	+	+	
16. Опускание грузозахватного приспособления на груз на высоту, H_1 , м	$t_{оп х}$	$\frac{H_1}{v_n} + 2$	+	+	+	

- Примечания.
1. Продолжительность установки порожнего грузозахватного устройства и груза при работе стропами и стропными захватами учтена в продолжительности застропки и отстропки грузозахватных устройств.
 2. Передвижение портальных, башенных и стреловых кранов обычно производится как установочное перед началом работы и при определении продолжительности цикла не учитывается.
 3. При выгрузке пакетов и непосредственной разборке их для подачи в производство в состав цикла включаются также соответствующие элементы, учитывающие продолжительность разборки пакета, перенос порожних строп-комплектов к месту их складирования, отцепка порожних строп-комплектов.
 4. При промежуточной торцовке пачек на торцующей установке в состав цикла включаются соответствующие элементы для учета продолжительности укладки груза в «люльку» установки, торцевания, выгрузки груза из «люльки», а также операций, связанных с дополнительным горизонтальным и вертикальным передвижением груза к торцующей установке и от нее.

Продолжение табл. 3.24

Тип грузозахватного устройства	Длина сортиментов, м	Установка грузозахватного устройства на груз, (см. прим. 1), с		Застропка, захват груза (см. прим. 3), с		Установка груза над местом укладки (см. прим. 1), с		Отстропка груза, опорожнение рейфера, с	
		на вагоне, спецплатформе, кузове автолесовоза, кармане-накопителе, кассете	на штабеле	на вагоне, спецплатформе, кузове автолесовоза, кармане-накопителе, кассете	на штабеле	над штабелем или кучей	на устройстве для подачи древесины в производств	на устройстве для подачи древесины в производств	на штабеле или куче
2. Четырехстропные захваты	1,0...8,0 (пакетированные в строплах ПС)	10	10	70	55	22	см. прим. 4	40	140 см. прим. 4
б) четырехстропный захват с полуавтоматической отстропкой	1,0...8,0 (пакетированные в строплах ПС)	10	10	70	55	22	—	5	—
3. Рейферы канатные	до 3,0 3,0...8,0	14 25	12 18	15 15	15 15	12 18	13 22	5 5	5 6
б) многочелюстные	0,75...2,5 (полугон, кузов) 5 (прочие)	13 5	10	12	12	5	13	3	3
4. Рейферы приливные	до 3,0 3,0...8,0	15 25	12 18	25...30 25...30	20...30 20...30	12 18	13 22	12 12	12 12
б) приливные	до 3,0 3,0...8,0	15 25	12 18	25...30 25...30	20...30 20...30	12 18	13 22	12 12	12 12

Тип грузозахватного устройства	Длина сортиментов, м	Установка грузозахватного устройства на груз, (см. прим.1), с		Застропка, захват груза (см. прим. 3), с		Установка груза над местом укладки (см. прим. 1), с		Отстропка груза, опорожнение грейфера, с	
		на вагоне, спецплатформе, кузове автолесовоза, кармане-накопителе, кассете	на штабеле	на вагоне, спецплатформе, кузове автолесовоза, кармане-накопителе, кассете	на штабеле	над штабелем или кучей	на устройстве для подачи древесины в производство	на штабеле или куче	на устройстве для подачи древесины в производство
5. Стропы универсальные, грейферы канатные и приводные при торцовке пачек сортиментов	3,0...8,0	<p>Продолжительность операции торцовки пачки сортиментов в торцующей установке без вывода грузозахватного приспособления из «люльки» установки (только с расслаблением обжатия пачки)</p> <p>– при работе стропами – 60 с</p> <p>– при работе грейферами – 30...45 с</p> <p>Указанные значения не учитывают продолжительность переноса груза к торцующей установке и от нее к месту укладки груза.</p>							

- Примечания. 1. Продолжительность установки грузозахватного устройства над грузом и груза над местом укладки приведена для кранов или грузозахватных устройств, снабженных механизмом разворота грузозахвата. При отсутствии такого механизма продолжительность элемента цикла для расчета следует увеличить на 20...50%.
2. Продолжительность установки порожнего грузозахватного устройства над грузом и груза над местом укладки входит соответственно в продолжительность застропки груза и его отстропки.
3. Продолжительность захвата груза для канатных грейферов дана при скорости лебедки замыкания грейфера 55...70 м/мин. При других скоростях лебедки замыкания к указанным в таблице показателям следует прибавить:
- при скорости 40...55 м/мин. – 4 с;
 - при скорости 25...40 м/мин. – 6 с.
- Продолжительность захвата груза приводными грейферами может быть уточнена по паспортным данным грейфера.
4. В указанную продолжительность отстропки пакета в стропах ПС входят следующие элементы: установка его над приемным столом, разборка пакета, перенос порожних строп краном к месту отцепки, отцепка порожних строп.

3.3.5. ЛЕСОПОГРУЗЧИКИ И ГИДРОМАНИПУЛЯТОРЫ

3.3.5.1. Лесопогрузчики фронтальные

Лесопогрузчики этого типа представляют собой относительно новый и наиболее прогрессивный вид оборудования, предназначенного для выполнения погрузочно-разгрузочных, транспортных и штабелевочных работ с лесными грузами. Доля таких лесопогрузчиков, используемых на существующих отечественных целлюлозно-бумажных предприятиях, постепенно растет, а в проектах новых предприятий или при реконструкции действующих предприятий, они, как правило, применяются безальтернативно. Этому способствует:

- создание новых высокоэффективных моделей лесопогрузчиков с универсальными возможностями по выполнению всех видов перегрузочных и транспортных работ с лесными грузами и большой грузоподъемностью (до 40 т);

- широкое использование специализированного железнодорожного и автомобильного подвижного состава для доставки круглых лесоматериалов на предприятия;

- возможность использования лесопогрузчиков для транспортировки лесных грузов на значительные расстояния (сотни метров) с отказом от применения других видов сухопутного транспорта.

Лесопогрузчики представляют собой колесную машину, состоящую из шасси с жесткой моноблочной или шарнирносочлененной рамой и установленного на ней подъемного грузозахватного оборудования челюстного или грейферного типа.

Эксплуатация большинства существующих лесопогрузчиков в связи с их большой собственной массой и высокой грузоподъемностью, вызывающих значительные нагрузки на оси, возможна только при использовании специально подготовленной территории с бетонным или железобетонным покрытием.

Для выполнения работ на неровном и сравнительно мягком грунте некоторые типы лесопогрузчиков малой грузоподъемности оборудованы колесами большого диаметра и ширины с низким внутренним давлением.

В зависимости от конструкции грузоподъемного и грузозахватного органа, лесопогрузчики могут осуществлять:

- разгрузку и погрузку специализированного железнодорожного и автомобильного подвижного состава, оборудованного стойками и подкладкой, образующей зазор между штабелем и полом транспортного средства;

- укладку круглых лесоматериалов в штабеля: челюстными погрузчиками, производящими эту операцию с торца штабеля, на высоту 3 м¹⁾; грейферными погрузчиками, производящими эту операцию с боковой стороны штабеля на высоту, определяемую конструкцией погрузчика;

- разборку этих штабелей;

- укладку пачек бревен на высоту, определяемую конструкцией погрузчика (например, на столы роспуска), и снятие этих пачек;

- транспортировку пачек бревен в любом направлении от погрузочно-разгрузочного участка или штабеля на любое расстояние (если это экономически целесообразно по сравнению с использованием других видов внутризаводского транспорта).

Грузоподъемность лесопогрузчиков меняется в зависимости от высоты подъема и вылета стрелы. Отдельные модели погрузчиков с челюстным и грейферным захватом могут осуществлять выгрузку пучков (пачек) бревен из воды или укладку их в воду.

Лесопогрузчики грейферного типа более универсальны, чем лесопогрузчики с фронтальным челюстным захватом. Они при использовании сменных грейферов могут быть применены для разгрузки практически любого подвижного состава (включая полувагоны), могут осуществлять укладку и разборку штабелей большей высоты и пр. В частности, при использовании специального грейфера с площадью зева 2...2,2 м² грейферные лесопогрузчики осуществляют разгрузку древесины из полувагонов. Благодаря наличию устройства для поворота грейфера они могут разворачивать груз на необходимый угол.

Некоторые фирмы комплектуют лесопогрузчики набором грейферов с разным сечением зева и приспособлением для их быстрой замены.

Лесопогрузчики могут оснащаться также видеокамерой, устанавливаемой на стреле над грузозахватным устройством для обеспечения водителю обзора рабочей зоны сверху.

¹⁾ Эта высота может быть меньше конструктивной высоты подъема груза лесопогрузчиком, она определяется раскатыванием бревен при укладке штабеля и относительно небольшим выносом груза по отношению к габариту шасси погрузчика. Высота штабеля (3 м) регламентируется «Правилами по охране труда в целлюлозно-бумажной промышленности» ПОТ РО 00-97.

Особенностью челюстных лесопогрузчиков является то, что при разгрузке спецплатформ, автолесовозов, карманов-накопителей и кассет, возможен подъем только всего штабеля, либо его частей предварительно разделенных прокладками. При этом грузоподъемность и параметры захвата должны соответствовать массе и размерам поперечного сечения выгружаемого штабеля или его части.

Разгрузка челюстными погрузчиками штабелей на складах сырья и все виды перегрузочных работ, выполняемых грейферными лесопогрузчиками, могут осуществляться так же, как и при работе кранов, оснащенных грейферами. Поэтому при подборе лесопогрузчиков и грузозахватных органов к ним следует особое внимание обращать на соответствие их габаритов (ширина, размах челюстей в раскрытом состоянии, площадь зева в нормально закрытом состоянии и пр.) габаритам используемого подвижного состава, карманов-накопителей, кассет (расстояние между стойками, габариты стоек, ширина платформы, площадь и габариты сечения штабеля лесоматериалов и пр.), а также на видимость из кабины водителя в процессе погрузочно-разгрузочных операций и транспортировки груза.

Характеристика лесопогрузчиков с челюстным и грейферным захватом, выпускаемых ведущими зарубежными фирмами, приведена в табл. 3.25 и 3.26.

Виды операций, выполняемых фронтальными лесопогрузчиками, показаны на рис. 3.10 в п. 3.2

На рис. 3.29 приведены габариты и диаграммы рабочей зоны некоторых типов лесопогрузчиков финской фирмы «Кальмар».

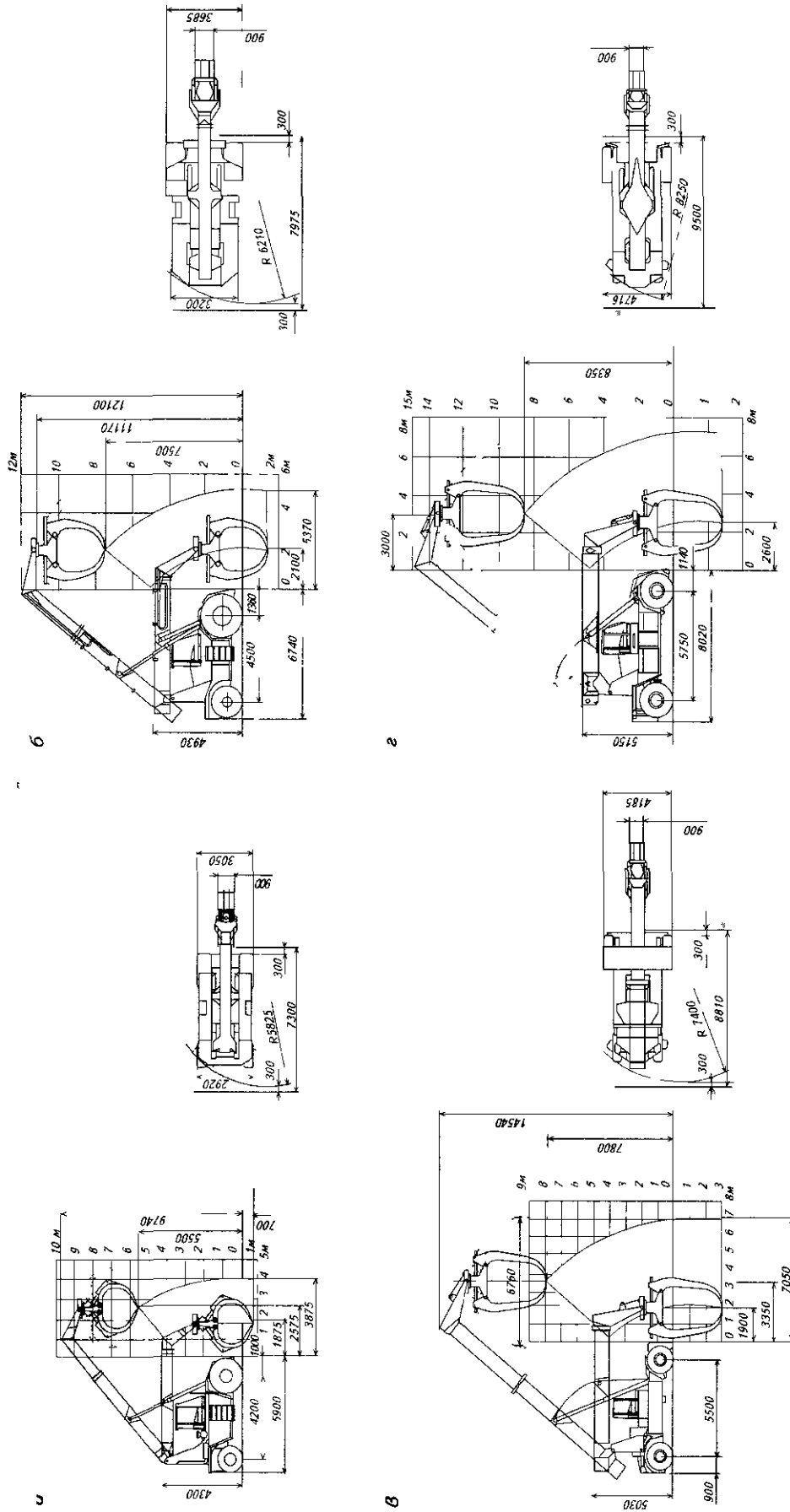


Рис 3.29 Габаритные размеры и диаграмма рабочей зоны лесопогрузчиков фирмы «Катмар»

2 – фронтальные лесопогрузчики с грейферным захватом
 а – RTD920S б – RTD1523, в – RTD2614AR, г – RTD3026

Основные параметры лесопогрузчиков с челюстными захватами, выпускаемых ведущими фирмами

Наименование показателя	Фирма-изготовитель и марка погрузчика							
	«Кальмар», Финляндия		«Катерпиллер», США		«Вольво», Швеция		«Комацу», Япония	
	KTD 2714	KTD 3514	988F series II	990 series II	L120	L90	WA 470-3	WA 500-1
Номинальная грузоподъемность, кг	27 000	35 000	25 000	40 000	6 400	4 450	16 300	21 000
Площадь сечения захвата, м ²	8,5	5,5...8,5	5,9	6,16	2,4	1,3		
Высота штабелирования (макс.), м	5,0	7,2	4,9	5,5	3,5	3,2	4,2	4,3
Вылет под уровнем грунта, м	5,0	7,2	4,9	5,5	3,5	3,2	4,2	4,3
Радиус поворота, м	6,9	8,1	7,9	9,4	5,73		5,82	6,08
Скорость передвижения, км/ч	27	26	35	25				
Мощность двигателя, кВт	285	322	342	503	153		194	217
Рабочая масса, кг	65 700	80 400	49 950	82 000	19 650		22 790	33 090
Максимальная ширина, м	4,35	4,2	3,55	4,16	2,68		2,92	3,19

Таблица 3.26

Основные параметры лесопогрузчиков с грейферными захватами, выпускаемых ведущими фирмами

Наименование показателя	Фирма-изготовитель и марка погрузчика						
	«Кальмар», Финляндия				«Катерпиллер», США	«Вольво», Швеция	
	RTD 920S	RTD1523	RTD 2614	RTD 3026	980G	L180C	
Номинальная грузоподъемность, кг	9000	15 000	26 000	30 000	9500	8500	
Площадь сечения грейфера, м ²	стандартный	3,2	4,5	7,8	7,8	3,5	4,8
	для разгрузки полувагонов	2,2	2,2				
Выдвижение стрелы, м	2,0	3,0		4,7			
Высота штабелирования (макс.), м	6,6	8,15	9,0	9,2	6,6	5,6	
Вылет под уровнем грунта, м	0,7	1,37	3,0	2,7			
Расстояние от передних колес до кромки открытого грейфера, м	6,0	7,7	10,0				
Радиус поворота, м	5,8	6,21	7,4	8,25	7,9	6,8	
Скорость передвижения, км/ч	32	32	27	27	37	35	
Скорость подъема (макс.) с грузом/без груза, м/с	0,60/0,80	0,70/1,00	0,50/0,80				
Скорость телескопического выдвижения стрелы с грузом/без груза, м/с	0,50/0,50	0,50/0,60	0,40/0,43				
Скорость вращения грейфера направо/налево, с ⁻¹	0,1/0,1	0,1/0,1	0,1/0,1				
Мощность двигателя, кВт	167	201	270	298	224	209	
Рабочая масса, кг	32 000	45 000	65 600	72 580	31 950	30 500	
Максимальная ширина, м	3,05	3,685	4,2	4,176	3,24	3,18	

На рис. 3.30 не показаны некоторые грейферы, используемые для оснащения грейферных фронтальных лесопогрузчиков фирмы «Кальмар».

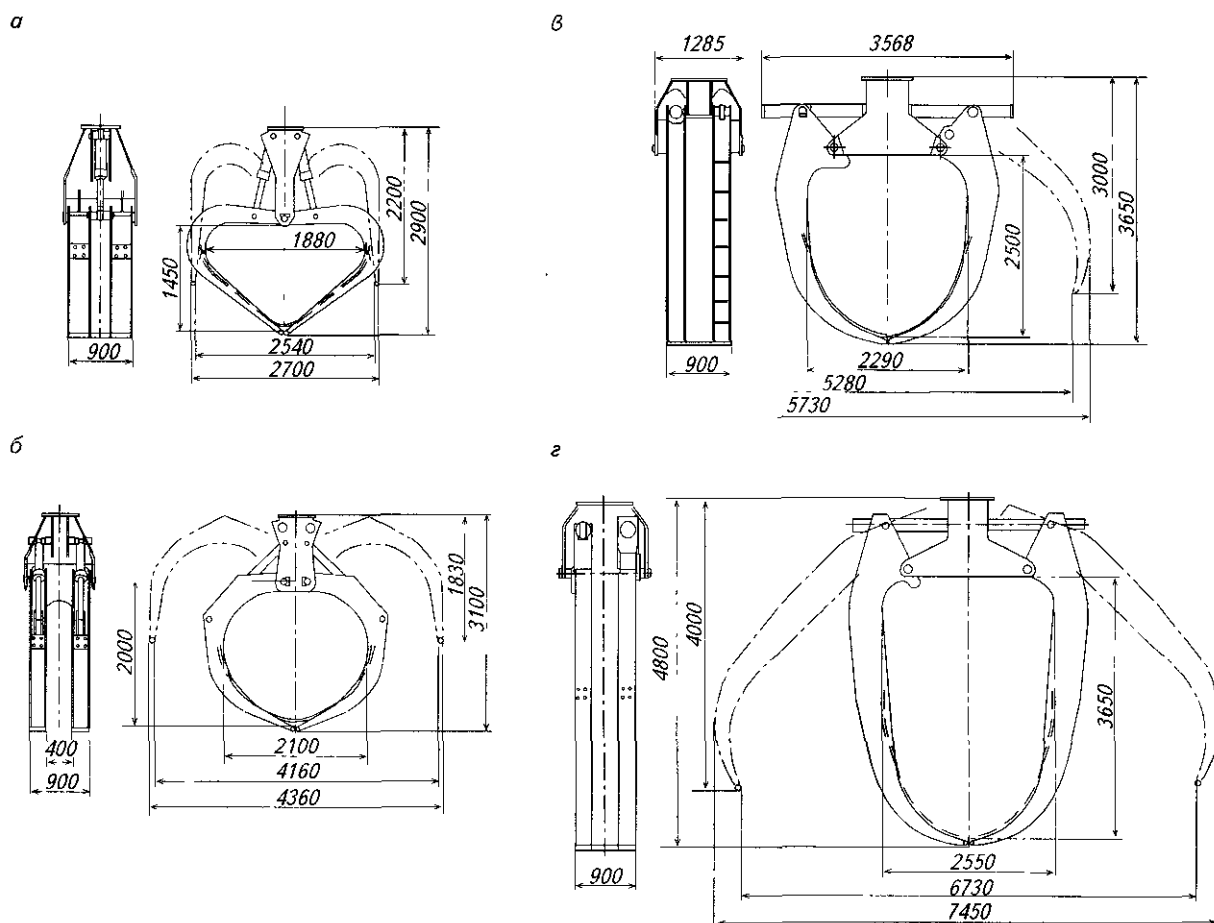


Рис. 3.30. Грейферы фронтальных лесопогрузчиков фирмы «Кальмар»:

а – грейфер с площадью зева $2,2 \text{ м}^2$ для разгрузки полувагонов; б – грейфер с площадью зева $3,2 \text{ м}^2$;
в – грейфер с площадью зева $4,5 \text{ м}^2$; г – грейфер с площадью зева $7,8 \text{ м}^2$

Работа лесопогрузчиков имеет циклический характер, поэтому их техническая и эксплуатационная производительность ($P_m, P_{эксп}$) может быть рассчитана по формулам с учетом указаний, приведенных в п. 3.3.4 для расчета этих показателей для кранов (формулы в табл. 3.21, формула 3.47 и др.).

Продолжительность цикла лесопогрузчиков может быть установлена по формуле 3.50 и по данным, приведенным в таблице 3.27, составленной для некоторых типов лесопогрузчиков фирмы «Кальмар».

В связи с тем, что лесопогрузчик является не только грузоподъемным, но и транспортным средством, продолжительность цикла ($T_{ц}$) устанавливается исходя из продолжительности цикла при минимальном расстоянии перевозки, определяемом конструктивными особенностями погрузчика (габаритами, радиусом разворота, скоростями рабочих органов и пр.), при выполнении конкретной операции и продолжительности пробега лесопогрузчика на данное расстояние.

Продолжительность одного рабочего цикла $T_{ц}$ рассчитывается по формуле

$$T_{ц} = T_{ц0} + \frac{2(L - L_0)}{v_{ср}}, \text{ с}, \quad (3.50)$$

где $T_{ц0}$ – минимальная продолжительность одного цикла (при минимально необходимом расстоянии перевозки груза L_0), с;

L – расстояние между местами приема и оставления груза, м;

L_0 – минимальное расстояние между местами приема и оставления груза достаточное для разворота лесопогрузчика и учтенное при установлении значения $T_{ц0}$, м;

$v_{ср}$ – средняя скорость лесопогрузчика, м/с.

Значения L_0 , $T_{ц0}$ и $v_{ср}$ для лесопогрузчиков фирмы «Кальмар» приведены в табл. 3.27. Для выполнения предварительных расчетов для погрузчиков других фирм, если отсутствуют конкретные данные, могут быть использованы эти показатели с экспертной корректировкой их значений с учетом сопоставления параметров этих погрузчиков с параметрами погрузчиков фирмы «Кальмар», приведенными в табл. 3.25 и 3.26.

Таблица 3.27

Данные для расчета продолжительности цикла работы лесопогрузчика

Показатель	Марка лесопогрузчиков					
	RTD920	KTD1510	RTD1523	KTD2714	RTD614AP	KTD3514
L_0 , м	12	15	15	18	18	20
$T_{ц0}$, с	$\frac{60}{80}$	$\frac{60}{80}$	$\frac{60}{80}$	$\frac{80}{120}$	$\frac{80}{100}$	$\frac{80}{100}$
$v_{ср}$ м/с	6,0	5,0	5,0	3,5	3,5	3,2

Примечания. 1. В числителе значения $T_{ц0}$ при разгрузке полувагонов, спецплатформ, автопоездов карманов-накопителей, кассет, в знаменателе – при разгрузке штабелей на складе.
2. Указана средняя скорость на горизонтальной дороге. При другом качестве дороги значение $v_{ср}$ должно быть снижено с установлением его по факту или по экспертной оценке.

Для расчета эксплуатационной производительности ($\Pi_{эксп.}$) по формуле 3.47 коэффициент использования лесопогрузчика по времени в течение смены $\kappa_{вр}$ следует принимать равным 0,6...0,8.

При поставке лесопогрузчиков фирмы-поставщики выполняют по специальным методикам уточненный расчет производительности погрузчиков и потребность в них для конкретных условий их эксплуатации.

3.3.5.2. Лесопогрузчики на базе универсальных экскаваторов

Эта группа лесопогрузчиков предназначена только для выполнения перегрузочных операций (см. рис. 3.10 в п. 3.2)

- из вагона в штабель;
- из вагона в автолесовозы;
- из вагона на приемный стол;
- из штабеля в штабель;
- из штабеля в вагон;
- из автолесовоза в штабель;
- из автолесовоза на приемный стол и др.

Лесопогрузчики этого типа имеют базовое шасси на колесном или гусеничном ходу с полноповоротной платформой и телескопически удлиняемой и (или) шарнирносочлененной стрелой, вылет которой может достигать 20 и более метров. Лесопогрузчики ряда фирм имеют поворотную платформу, поднятую над базовым шасси на специальном портале, расширяющем возможности осуществления погрузочно-разгрузочных работ. Некоторые типы лесопогрузчиков оснащаются подвешенной шарнирно подъемно-опускной кабиной.

Погрузчик оснащается грейферами двухчелюстными либо многочелюстными с разной площадью зева, вместимостью и грузоподъемностью. При установке на лесопогрузчике ковшового грейфера, он может быть использован для перегрузки измельченной древесины.

Грузоподъемность лесопогрузчиков меняется в зависимости от высоты подъема и вылета стрелы и на малых вылетах может у некоторых моделей доходить до 20 т и более.

Особенностью лесопогрузчиков этого типа являются высокие скорости изменения вылета стрелы, вращения платформы и замыкания грузозахватного устройства.

Обычно лесопогрузчики передвигаются вдоль грузового фронта, либо установлены стационарно у зоны погрузки сырья, а вагоны или автолесовозы подаются к погрузчику. Передвижение таких лесопогрузчиков осуществляется для проведения работ на новом участке. Использование этих лесопогрузчиков для перевозки сырья неэффективно.

Лесопогрузчики на базе универсальных экскаваторов являются машинами циклического действия, поэтому их производительность может определяться по рекомендациям, приведенным в п. 3.3.4 для расчета производительности стреловых кранов.

Универсальные погрузчики с грузозахватными устройствами и стрелой, предназначенные для перегрузки лесных грузов, выпускают некоторые экскаваторостроительные фирмы, а также фирмы, специализирующиеся на переоборудовании для выполнения погрузочно-разгрузочных работ, экскаваторов, произведенных другими фирмами.

На рис. 3.31 показаны универсальный экскаватор-лесопогрузчик фирмы «Мантсинен» (Финляндия) MSK-60, изготовленный на базе экскаватора фирмы «Хитачи» (Япония).

В табл. 3.28 приведена техническая характеристика универсальных экскаваторов-лесопогрузчиков фирмы «Мантсинен».

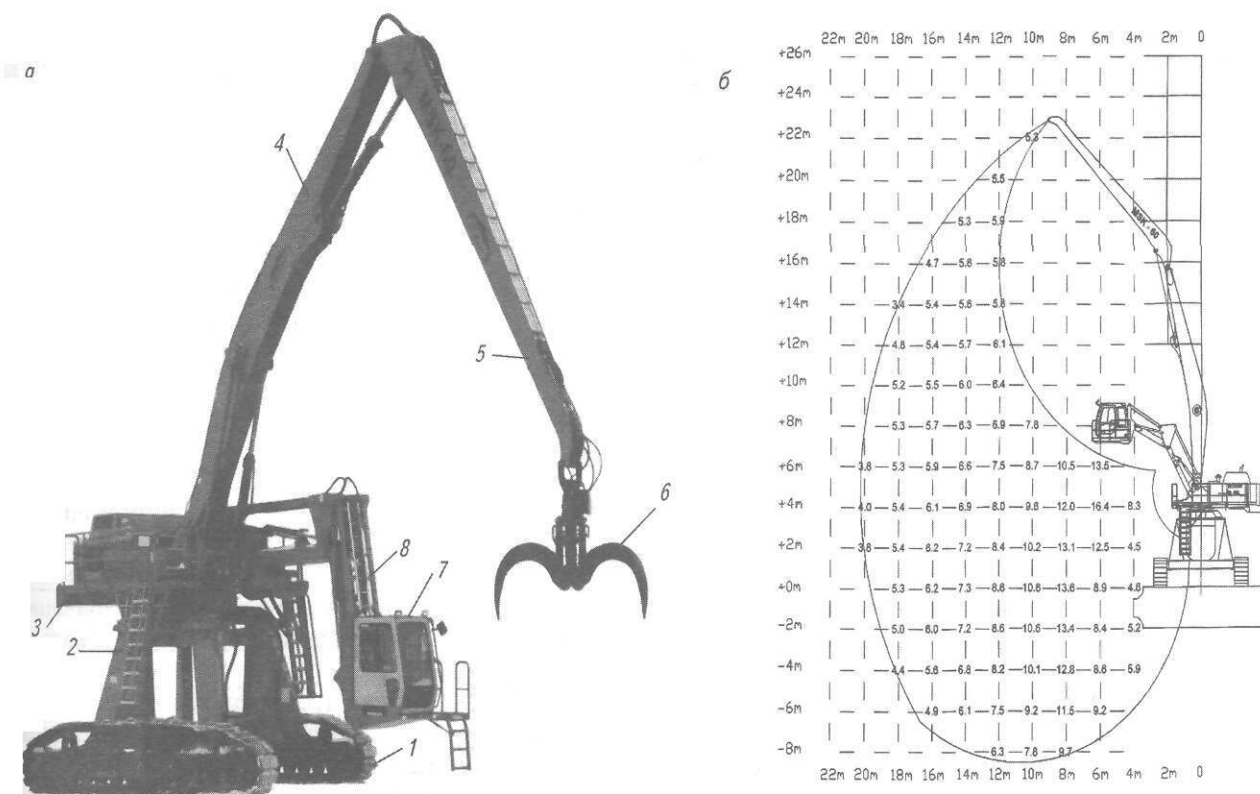


Рис. 3.31. Лесопогрузчик MSK-60 фирмы «Мантсинен» на базе универсального экскаватора фирмы «Хитачи»:

а. Общий вид лесопогрузчика:

1 – базовое шасси; 2 – портал; 3 – платформа поворотная с приводом гидросистемы погрузчика; 4 – стрела; 5 – рычаг; 6 – грейфер; 7 – кабина; 8 – подъемник кабины;

б. Диаграмма рабочей зоны и грузоподъемность погрузчика (без учета массы грейфера)

Таблица 3.28

Основные параметры лесопогрузчиков АО «Мантсинен» на базе универсальных экскаваторов

Наименование показателей	Тип крана-экскаватора				
	MSK-50	MSK-60 MSK-70	MSK-80	MSK-100	MSK-140
Базовая машина	«Fiat-Hitachi EX 355»	«Fiat-Hitachi EN 450» «Fiat-Hitachi EX 455» «Kobe 460»	«Hitachi EX 550/600» «Liebherr 954»	«Liebherr 974»	«Hitachi EX 110/1800»
Грузоподъемность на вылете 16 м, т	5,0...6,0	6,0...7,0	8,0	10,0	11,5
Максимальный вылет от оси поворота платформы, м	16	18	20	21	25
Максимальная высота укладки груза, м	~18	~18	~22	~24	~24
Скорости: – передвижения крана, м/с – поворота платформы, с ⁻¹	0,56 0,17	0,56 0,17	1,11...1,38 0,17	1,11...1,38 0,17	1,11...1,38 0,17
Возможная высота надстройки (портала), м	1,5; 2,2; 2,5 и др.	1,2; 1,5; 2,2; 2,8; 3,0; 4,5 и др.	2,5; 4,5 и др.	2,5; 3,0; 4,5 и др.	2,5; 3,5; 4,5 и др.
Рабочая масса погрузчика, т	50	60...75	80...90	100...120	>140
Мощность привода, кВт	169	225	272	324	412
Площадь зева двухчелюстного грейфера для перегрузки круглых сортиментов, м ²	0,8; 1,2	1,2	1,2; 1,5	1,2; 1,5; 1,8	1,5; 1,8 и другие с большим сечением зева

Примечания. 1. Фирма выпускает погрузчики с учетом конкретных требований заказчиков, поэтому значения вылета стрелы, высоты укладки груза, грузоподъемности и другие параметры могут несколько отличаться от значений, приведенных в таблице.

2. Грузоподъемность – в узле подвеса грейфера. Полезная грузоподъемность равна грузоподъемности, указанной в этой таблице за вычетом массы грейфера, которая для грейферов с площадью зева 0,8; 1,2; 1,5; 1,8 м², соответственно, составляет 1,2; 1,8; 2,3 и 3,0 т.

3. При применении сменных грузозахватных приспособлений погрузчики могут быть использованы для перегрузки других грузов: тарно-штучных и навалочных.

3.3.5.3. Манипуляторы для механизации погрузочно-разгрузочных и вспомогательных работ

Для механизации погрузочно-разгрузочных и вспомогательных работ на приемных узлах, складах сырья и древесных отходов находят применение манипуляторы разных типов с гидравлическим приводом. Использование гидроманипуляторов позволяет исключить ручной труд на многих погрузочно-разгрузочных операциях, сократить количество рабочих занятых физическим трудом на вспомогательных операциях и повысить производительность труда.

Гидроманипуляторы могут использоваться на передвижных устройствах (автотранспортных средствах и передвижных погрузочно-разгрузочных машинах), а также устанавливаются стационарно: на узлах перегрузки древесины в составе устройств для роспуска пучков и питателей для коротья, для механизации околоточных работ (для выравнивания бревен на конвейерах и в карманах-накопителях, для формирования пакетов, для разборки завалов перед и после окорочных барабанов, перед рубильными машинами и пр.).

Обычно гидроманипулятор, используемый для лесных грузов, состоит из опорно-поворотного устройства с колонной, к которой крепится стрела с рукоятью и удлинителем и двухчелюстной либо многочелюстной грейфер. В зависимости от типа, назначения и грузоподъемности, гидроманипулятор оснащается сиденьем или кабиной оператора и пультом управления. Манипулятор приводится в действие при помощи гидропривода, состоящего из гидроцилиндров, гидрораспределителя, трубопроводов и др.

Грузовой момент кранов-гидроманипуляторов большинства фирм имеет диапазон значений от 3 до 35 тм при вылете стрелы (с рукоятью и удлинителем) от 3 до 12,5 м. Однако гидроманипуляторы отдельных фирм

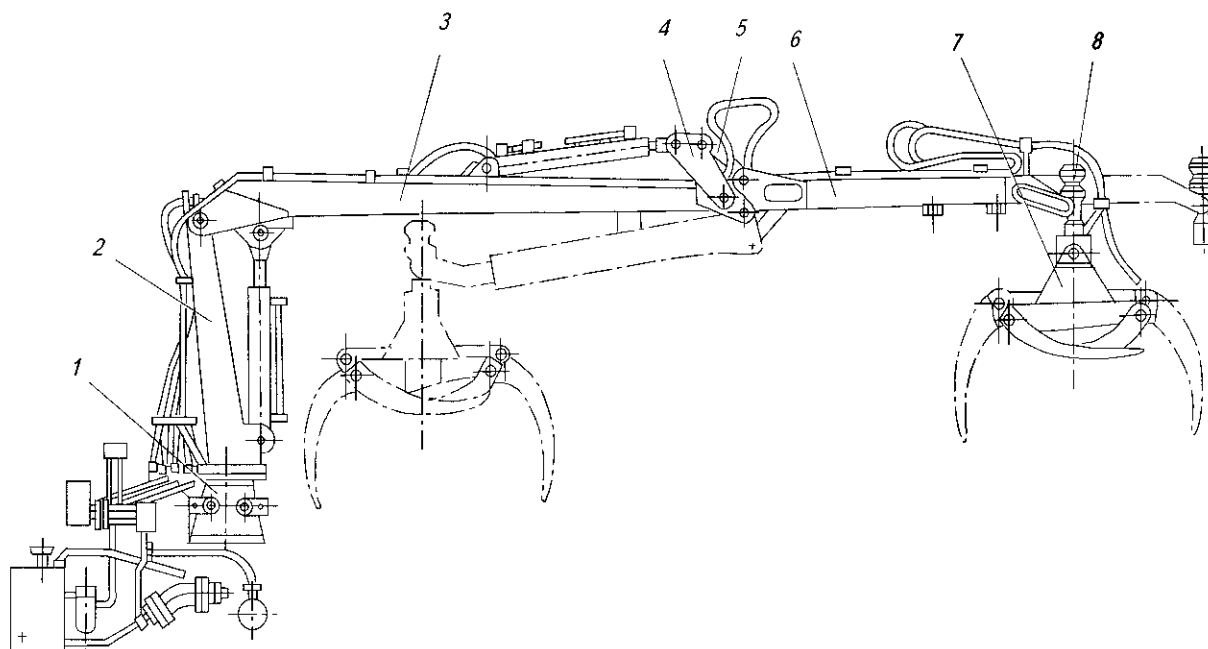


Рис. 3.32. Гидроманипулятор:

- 1 – опорно-поворотное устройство; 2 – колонна; 3 – стрела; 4 – коромысло; 5 – шатун;
6 – рукоять с удлинителем; 7 – грейфер; 8 – механизм поворота грейфера

имеют более высокие параметры. Грузовой момент гидроманипуляторов, устанавливаемых на транспортных средствах, обычно не превышает 15 тм.

Грузоподъемность крана-гидроманипулятора и очертания его рабочей зоны меняются в зависимости от вылета, размещения грузозахватного приспособления по отношению к основанию опорного устройства и др.

Благодаря применению гидравлики все рабочие движения гидроманипулятора осуществляются плавно, при высоких скоростях.

Номенклатура гидроманипуляторов, выпускаемых отечественными и зарубежными фирмами, чрезвычайно широка и постоянно расширяется.

На рис. 3.32 показан общий вид гидроманипулятора. Очертания рабочей зоны манипулятора идентичны показанной на рис. 3.31 для лесопогрузчика на базе универсального экскаватора.

3.3.6. ОБОРУДОВАНИЕ ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЩЕПЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПОСТАВКИ

3.3.6.1. Бурорыхлительные установки

Бурорыхлительные установки (БРУ) предназначены для возвращения сыпучести уплотненным или смерзшимся грузам в вагонах с открытым сверху и прямоугольным в сечении кузовом. Они состоят из стационарного портала, бурорыхлительной машины (БРМ) и маневрового устройства (МУ).

БРМ устанавливается над железнодорожным путем на стационарном портале и представляет собой движущуюся по вертикальным направляющим портала раму с подвешенными к ней четырьмя приводными бу-

рами¹⁾, снабженными двухзаходными винтами. Подъем и спуск рамы для ввода буров в кузов вагона и вывода их из него производится с помощью лебедки. Длина буров, конструкция рамы и высота ее подъема (опускания) должны учитывать высоту кузова вагона. В некоторых конструкциях БРМ для обеспечения обработки всего сечения кузова буры могут быть передвинуты по раме влево и вправо специальным приводом. Эта операция осуществляется перед началом рыхления груза в вагоне.

МУ различны по конструкции и предназначены для установки либо на тупиковых, либо на сквозных железнодорожных путях.

При рыхлении материала вращающиеся буры машины опускаются в кузов у его переднего борта. Когда головки буров достигнут дна кузова (не ближе, чем на 50 мм), вагон с помощью МУ начинает надвигаться на вращающиеся буры со скоростью, которая выбирается в зависимости от прочности смерзшегося или слежавшегося материала. После прохождения бурами всей длины кузова надвиг прекращается и буры поднимаются из вагона. Рыхление может осуществляться при открытых или закрытых люках вагона-щеповоза.

На рис. 3.33 изображена бурорыхлительная установка для щепы модели БРУ 120Щ, разработанная Гипролесхимом и производимая АО «Петрозаводскмаш».

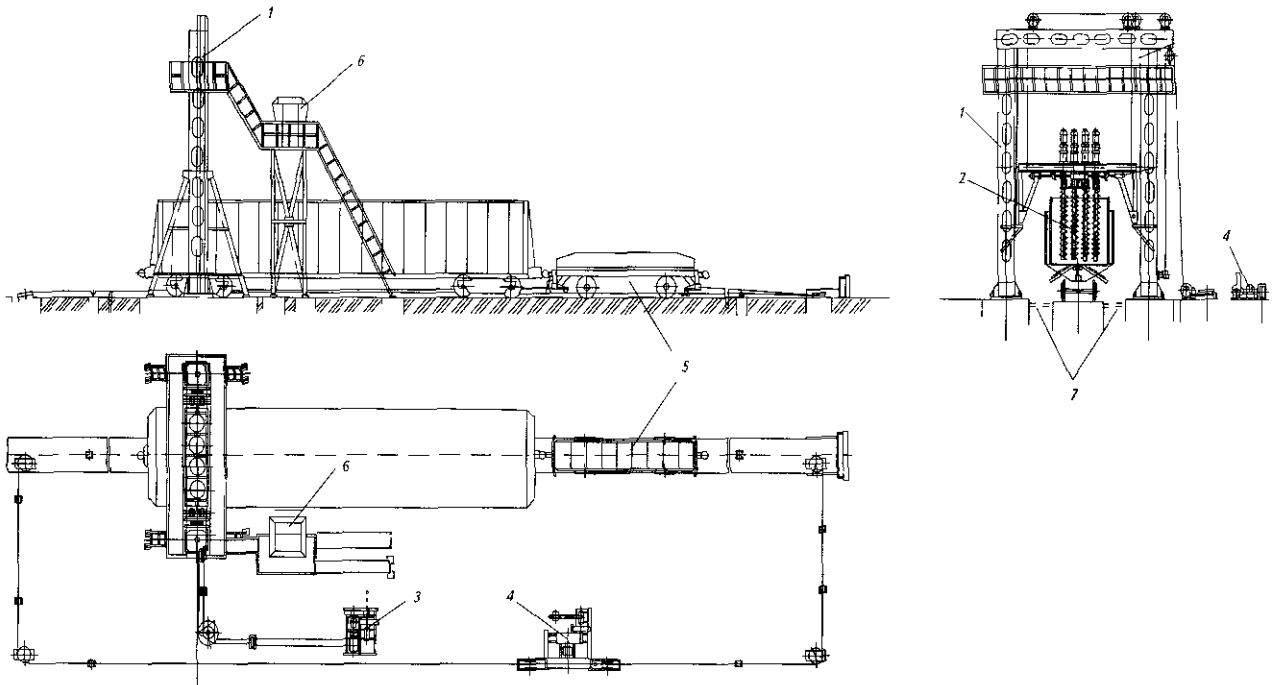


Рис 3.33 Бурорыхлительная установка

1 – портал бурорыхлительной машины (БРМ), 2 – буры БРМ на раме, 3 – лебедка БРМ, 4 – лебедка маневрового устройства (МУ), 5 – тележка МУ, 6 – путь управления БРУ, 7 – решетка над приемным конвейером или бункером

Техническая характеристика бурорыхлительной установки БРУ 120Щ

Производительность установки, пл.м ³ /ч	300
Маневровое устройство МУ БРМ 120Щ:	
– тип	тупиковое
– тяговое усилие при рабочей скорости, кН	120
– тяговое усилие при маневровой скорости, кН	80
– скорость передвижения тележки рабочей, м/с	0,035...0,1
– скорость передвижения тележки маневровая, м/с	0,25
– мощность привода, кВт	37

¹⁾ Известны конструкции бурорыхлительных машин с большим количеством буров.

Бурорыхлительная машина БРМ 120Ц:

тип рабочих органов	буры
число рабочих органов, шт.	4
тип привода рабочих органов	индивидуальный
частота вращения буров, с^{-1}	1,6
мощность привода буров, кВт	4×30
ширина зоны рыхления, мм	2430...2934
максимальная глубина разрыхляемого слоя, мм	2900
скорость вертикального перемещения бурорыхлителя, м/с	0,05...0,1
мощность привода подъема бурорыхлителя, кВт	21
грузоподъемность лебедки подвески, кН	40
скорость поперечного перемещения буров, м/с	0,028
мощность привода поперечного перемещения буров, кВт	1,1
пролет портала, мм	7000
пролет по направляющим, мм	5900
высота портала, мм	11 815
Масса установки, кг	58 360

Габаритные размеры установки:

ширина, мм	16 650
высота, мм	11 815
длина, м	определяется длиной хода маневровой тележки

3.3.6.2. Оборудование для интенсификации выгрузки щепы

Из известных видов оборудования, предназначенного для интенсификации выгрузки сыпучих грузов из полувагонов с нижними люками, в приемных устройствах для щепы могут быть использованы виброплиты и люковибраторы.

Виброплита представляет сварную раму с установленным на ней вибратором (рис. 3.34).

В рабочем положении виброплита устанавливается на верхнюю обвязку кузова вагона щеповоза. Во избежание уплотнения щепы в вагоне виброплита включается лишь после полного открытия люков. Перед использованием виброплиты смерзшаяся щепка должна быть разрыхлена с помощью БРУ. Виброплита подвешивается на одной или двух электроталях, передвигающихся по монорельсам, размещаемым над железнодорожным путем.

Виброплиты не могут применяться для интенсификации разгрузки полувагонов с нарощенными бортами.

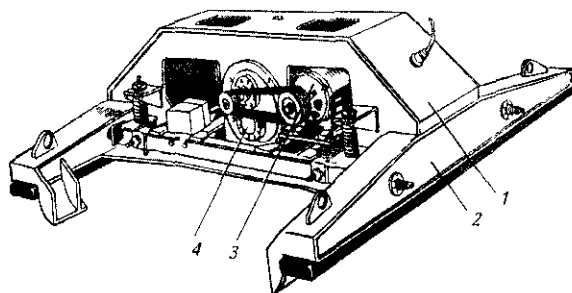


Рис 3.34. Виброплита (накладной вибратор):

1 – корпус и рама; 2 – ложки для укладки на борт полувагона; 3 – электродвигатель; 4 – вибровозбудитель

Техническая характеристика виброплит ЦНИИ МПС и УралЦНИИ МПС

Возмущающая сила не более, кН	90
Направление колебаний	вертикальное
Частота колебаний, с^{-1}	25...27
Мощность электродвигателя, кВт	22...28
Габаритные размеры, мм	3000×3780×1240
Масса, кг	4200...5000

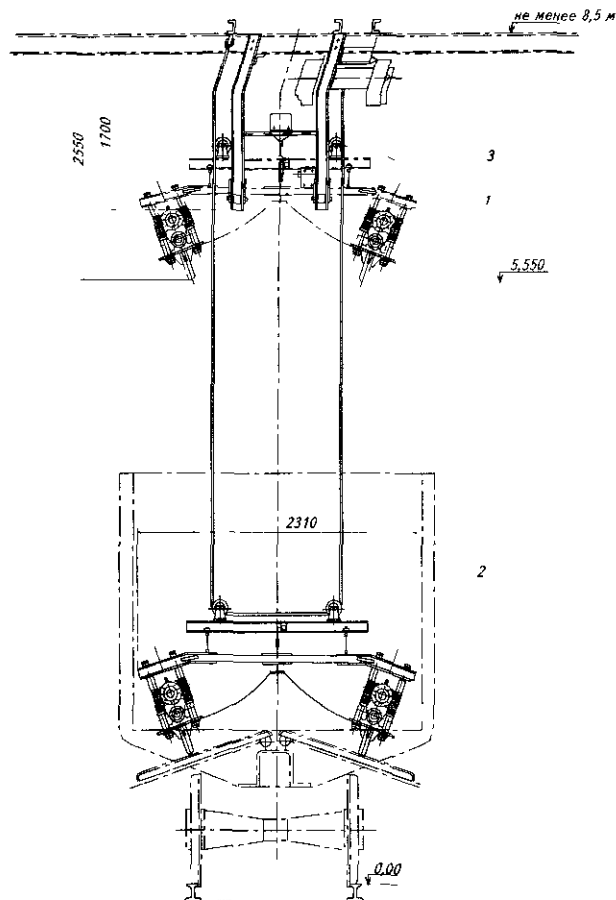


Рис. 3.35. Люковибратор:

1 – подвеска люковибратора; 2 – люковибратор;
3 – электротельфер

Люковибраторы предназначены для окончательной доочистки разгруженных вагонов с открытым сверху кузовом и нижними люками.

Люковибратор состоит из рамы с вибраторами и узла подвески, включающего электротельфер грузоподъемностью 1 т, металлоконструкцию и электромагнитные стопорные устройства. Узел подвески обеспечивает опускание и подъем рамы с вибраторами и закрепление ее в верхнем положении на периоды между циклами. Узел подвески закрепляется в приемном устройстве стационарно над осью железнодорожного пути. Вагон подается на доочистку маневровым устройством и останавливается под люковибратором. Рама с вибраторами опускается в полувагон и устанавливается на паре люков. Вибраторы включаются до полного удаления остатков груза на люках и раме вагона. Затем рама с вибраторами поднимается, а вагон перемещается в следующую позицию и цикл доочистки повторяется. Для доочистки вагона требуется несколько циклов и она занимает 8...10 мин.

Кроме стационарно устанавливаемых существуют передвижные устройства, которые могут перемещаться вдоль вагона. Передвижка вагонов в этом случае не требуется.

Техническая характеристика люковибраторов ПромтрансНИИпроекта

Масса установки, кг	1200...1500
Количество вибраторов, шт	2...4
Мощность электродвигателей, кВт	6,5...10

3.3.6.3. Люкоподъемники

Люкоподъемники предназначены для закрывания нижних люков полувагонов. Наиболее широко применяются подвесные люкоподъемники конструкции ПромтрансНИИпроекта с электроприводом (рис. 3.36). В приемном устройстве люкоподъемники устанавливаются попарно по одному с каждой стороны железнодорожного пути.

Люкоподъемник состоит из люкозакрывателя и подъемного механизма, выполненного на базе электротали грузоподъемностью 1 т, передвигающейся по монорельсу, размещаемому над боковой стенкой вагона. На люкозакрывателе смонтирован пульт управления и амортизатор перегрузки, рассчитанный на усилие 7 кН. Время закрывания люка 5 с. Щелолды люка закрываются вручную. После закрывания люка люкоподъемник перемещается электроталью к следующему люку. Масса люкоподъемника составляет 230 кг.

Для приемных устройств с большим грузооборотом разработаны стационарные люкоподъемники и люкоподъемники с механизацией закрывания щелолды люков.

3.3.6.4. Элеваторно-ковшовые разгрузчики

Элеваторно-ковшовые разгрузчики предназначены для выгрузки сыпучих материалов из вагонов с открытым сверху и прямоугольным в сечении кузовом. Эта машина состоит из самоходного портала со смонтированными на нем сдвоенным ковшовым элеватором и двух ленточных конвейеров: приемного горизонтального и отвального наклонного (рис. 3.37).

При работе машины она передвигается по рельсовым путям с шириной колеи 5000 мм, размещаемым по обоим сторонам железнодорожного пути. Элеватор опускается в полувагон и вычерпывает материал, подавая

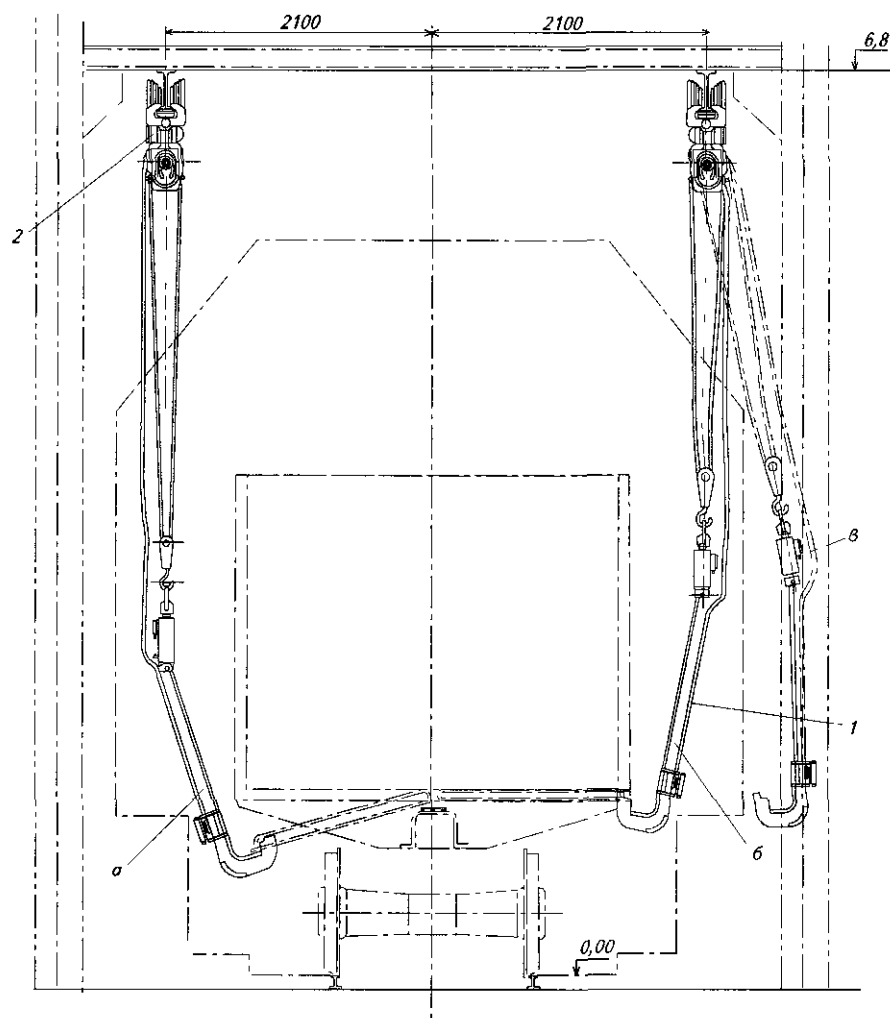


Рис. 3.36. Люкоподъемник подвесной

1 – люкозакрыватель; 2 – электротельфер.

a – рабочее положение в начале закрывания люка; *b* – то же в момент закрытия люка; *в* – в нерабочем положении

его на приемный горизонтальный конвейер, который, в свою очередь, направляет материал на отвальный конвейер, образующий кучевой штабель высотой до 8 м над головкой рельса с размещением ребра кучи на расстоянии 20 м от оси железнодорожного пути (см. рис. 3.14 в п. 3. 2. 3).

Возможно использование элеваторно-ковшового разгрузчика с выбросом груза приемным конвейером на транспортный конвейер, размещаемый вдоль железнодорожного пути. В этом случае, если не предусмотрено формирование кучи, отвальный конвейер может не устанавливаться.

Элеваторно-ковшовый разгрузчик не может выгружать сильно смерзшийся материал, поэтому он должен быть предварительно разрыхлен.

К эксплуатационным недостаткам машины следует отнести то, что после выгрузки в кузове остается не менее 5...6% материала, подлежащего дополнительному удалению через нижние люки вагона вручную или с помощью вибропобудителей. В Укргипроречтранс разработана машина для механизированной доочистки полувагонов без открывания люков с выгрузкой груза через верх кузова.

Удлиняя элеватор и раму портала, стандартный элеваторно-ковшовый разгрузчик ТР-2А(С-492) приспособивают к разгрузке вагонов-щеповозов или полувагонов с нарощенными бортами, имеющих большую, чем у универсальных полувагонов высоту кузова.

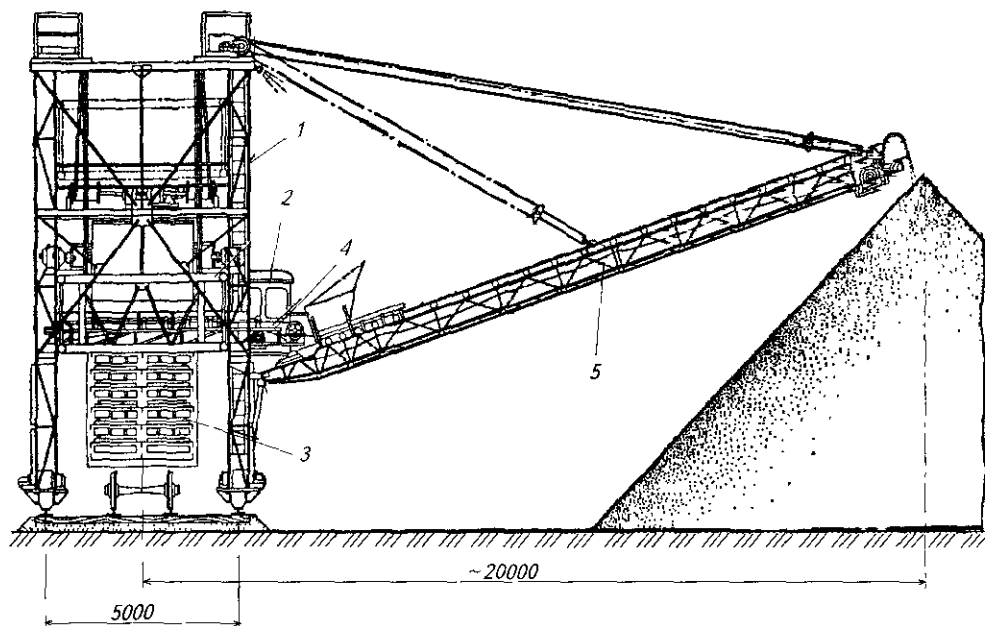


Рис. 3.37. Элеваторно-ковшовый разгрузчик TP-2A:

1 – портал передвижной; 2 – кабина оператора; 3 – элеватор сдвоенный;
4 – конвейер приемный; 5 – стрела с отвальным конвейером

Характеристика элеваторно-ковшового разгрузчика TP-2A(C-492)

Производительность (эксплуатационная), вагонов/ч	4...5
Число ковшовых элеваторов, шт.	2
Число ковшей, шт.	36×2
Ширина захвата двумя ковшами, мм	2500
Скорость движения элеватора, м/с	0,8
Приемный конвейер:	
– ширина ленты, мм	800
– скорость движения ленты, м/с	3
– привод	электрический реверсивный
Отвальный конвейер:	
– ширина ленты, мм	1000
– скорость движения ленты, м/с	3
– вылет от оси пути до оси барабана, мм	19 950
– высота оси барабана от головки рельсов, мм	8650
Портал:	
– рабочая скорость передвижения, м/с	3
– транспортная скорость передвижения, м/с	8
– колея ходовых колес, мм	5000
Общая мощность установленных электродвигателей, кВт	112,5
Масса разгрузчика без балласта, т	34,5
Масса разгрузчика с балластом, т	38,0
Габариты, мм	7200×24350×12 100

3.3.7. УСТРОЙСТВА НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ И ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

3.3.7.1. Общие положения

К устройствам непрерывного транспорта, широко используемым для перемещения лесных грузов, относятся конвейеры ленточные, цепные, скребковотросовые (кабельные), винтовые (шнековые) и элеваторы.

Особенностью этого оборудования является то, что их основной элемент – гибкая лента, цепь, трос, винт – являются одновременно грузонесущим или грузотолкающим и тяговым органом.

Условия эксплуатации устройств непрерывного транспорта для круглых лесоматериалов и щепы, используемые на объектах приема и хранения круглых лесоматериалов и измельченной древесины, относятся к тяжелому, весьма тяжелому и, реже, к среднему режимам работы.

Эксплуатационная производительность ($\Pi_{\text{экспл}}$) устройств непрерывного транспорта может быть определена по формуле

$$\Pi_{\text{экспл}} = \frac{\Pi_m \kappa_{\text{вр}} \kappa_r}{\kappa_n}, \text{ нас.м}^3/\text{ч или пл.м}^3/\text{ч} \quad (3.51)$$

По заданной (требуемой) эксплуатационной производительности ($\Pi_{\text{экспл}}$) по формуле 3.52 может быть определена его необходимая техническая производительность:

$$\Pi_m = \frac{\Pi_{\text{экспл}} \kappa_n}{\kappa_{\text{вр}} \kappa_r}, \text{ нас.м}^3/\text{ч или пл.м}^3/\text{ч}, \quad (3.52)$$

где Π_m – техническая производительность, определяемая по формулам и данным, приводимым ниже для соответствующих типов транспортных устройств, нас.м³/ч или пл.м³/ч;

$\kappa_{\text{вр}}$ – коэффициент использования транспортного устройства по времени, учитывающий простои на выполнение технического обслуживания, а также зависящий от режима работы цехов или участков, в которых оно эксплуатируется. С учетом этих факторов обычно $\kappa_{\text{вр}}$ принимается равным 0,65...0,95;

κ_r – коэффициент готовности (надежности), принимаемый для рассматриваемых транспортных устройств равным 0,96;

κ_n – коэффициент неравномерности загрузки транспортного устройства; при равномерном грузопотоке $\kappa_n = 1 \dots 1,2$; при неравномерном грузопотоке различают два вида κ_n : минутный – $\kappa_{n \text{ мин}} = 1,5 \dots 2$; часовой – $\kappa_{n \text{ час}} = 1,2 \dots 1,5$. По минутному (максимальному) грузопотоку проверяют или устанавливают необходимую пропускную способность транспортного устройства с учетом возможного кратковременного переполнения ленты, рабочего поперечного сечения желоба конвейера и пр., а по часовому – прочность тягового органа и мощность привода.

3.3.7.2. Ленточные конвейеры

3.3.7.2.1. Общие положения

Ленточные конвейеры, используемые для транспортировки лесных грузов, имеют ширину ленты от 400 до 2000 мм. Длина ленточного конвейера при необходимости может достигать нескольких километров. Конвейеры и участки конвейеров могут быть горизонтальными, наклонными либо с горизонтально-наклонной трассой. Трассы большинства типов ленточных конвейеров прямолинейны в плане. Некоторые типы ленточных конвейеров по специальным заказам могут поставляться с криволинейными участками. Они сложнее по конструкции.

Для транспортировки измельченной древесины – щепы, опилок, коры и древесных отходов применяют конвейеры с желобчатыми роlikоопорами, реже с прямыми роlikоопорами в желобе (п.3.3.7.2.2) либо конвейеры трубчатого типа, поставки которых осуществляют некоторые зарубежные фирмы (п.3.3.7.2.4). Существуют другие типы ленточных конвейеров, пригодные для транспортировки измельченной древесины (крутонаклонные, двухленточные, ленточно-канатные, подвесные трубчатые и др.), однако, из-за их специфичности и малого опыта применения на этом виде груза в настоящем пособии они не рассматриваются.

Для транспортировки круглых лесоматериалов используются конвейеры с прямыми амортизирующими роlikоопорами и с желобом из металла либо древесины (п.3.3.7.2.3).

Конвейеры могут быть стационарными, передвижными, переносными, с движением ленты только в одном направлении или реверсивными.

Конвейерные ленты выпускаются для разных климатических условий и могут эксплуатироваться в помещениях и на открытом воздухе, летом и зимой. В России конвейерные ленты регламентируются ГОСТ 20-85¹ и ТУ заводов-изготовителей. Выбор типа и параметров конвейерной ленты зависит от требуемого тягового усилия, вида транспортируемого материала, технологических и климатических условий эксплуатации конвейера и пр.

Конвейеры состоят из стандартизированных и нормализованных узлов, выбор которых для каждого конвейера осуществляется при его проектировании по нормам заводов-изготовителей. В России поставка оборудования для ленточных конвейеров осуществляется по опросным листам, включающим требуемый перечень этих узлов.

Ниже приводятся дополнительные сведения о ленточных конвейерах, данные для определения их производительности и выбора ширины ленты при предварительных расчетах.

3.3.7.2.2. Конвейеры для транспортировки измельченной древесины

Принципиальные схемы трасс и основные узлы ленточных конвейеров для сыпучих грузов приведены на рис. 3.38 и 3.39.

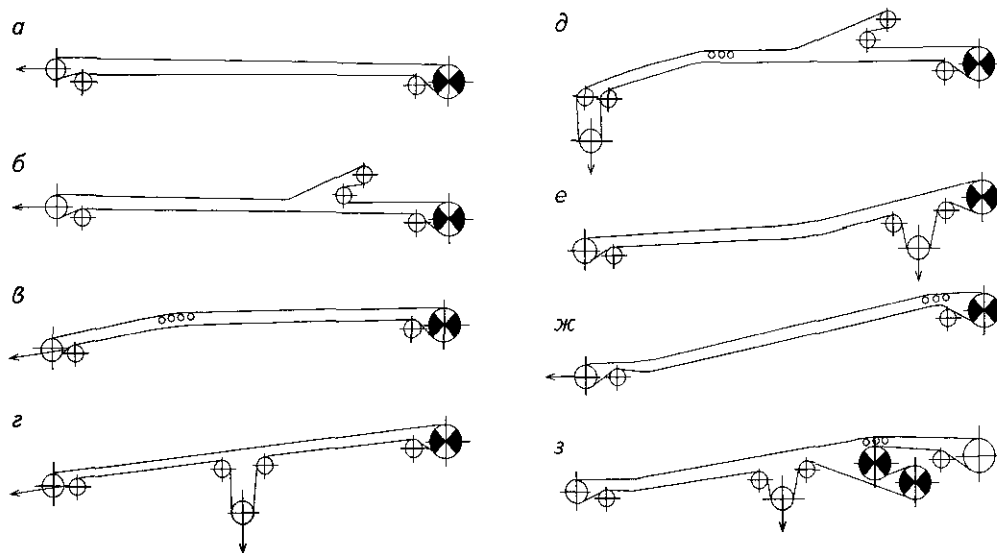


Рис. 3.38. Схемы трасс ленточных конвейеров:

- а* – горизонтальный ленточный конвейер с приводными, натяжными и отклоняющими барабанами;
б – горизонтальный с промежуточной разгрузкой; *в* – наклонно-горизонтальный с отклоняющими роликами;
г – наклонный с концевыми и промежуточными натяжными устройствами; *д* – наклонно-горизонтальный с промежуточной разгрузкой; *е* – наклонно-горизонтальный с промежуточным натяжным устройством;
ж – наклонный с горизонтальными концевыми участками;
з – наклонно-горизонтальный с двумя приводными барабанами

В зависимости от типа, назначения, производительности, длины, ширины, вида трассы в состав конвейера входят:

- привод или несколько приводов, состоящих из приводного механизма (электродвигатель, редуктор, муфты, тормоз) и рамы под приводной механизм;
- натяжные устройства (горизонтальные, наклонные, вертикальные), состоящие из натяжного механизма (винтового, грузового, лебедочного, грузолебедочного), натяжного барабана, натяжной тележки (для горизонтальных и наклонных натяжных устройств) и натяжной рамы (для вертикальных натяжных устройств);
- барабаны: приводные, отклоняющие, оборотные, концевые;
- роlikоопоры: верхние прямые рядовые; верхние желобчатые рядовые трехроликовые или пятироликовые; верхние желобчатые переходные выполаживающие, устанавливаемые около переднего и заднего барабанов; верхние желобчатые и нижние прямые центрирующие с футеровкой и без футеровки роликов; верхние желобчатые амортизирующие; верхние прямые и желобчатые футерованные; нижние прямые ро-

ликовые поддерживающие с футеровкой и без футеровки роликов; нижние прямые дисковые поддерживающие очистные: нижние желобчатые дисковые очистные; верхние желобчатые регулировочные поворотные; нижние прямые регулировочные и др.

– средняя часть (став) конвейера, включающая жесткие металлоконструкции (опорную и подвесную), гибкие канатные конструкции (опорную и подвесную) с двумя или четырьмя параллельными канатами, металлоконструкцию под приводной барабан:

– очистные устройства: скребковые-одинарные и двойные; цилиндрические вращающиеся приводные с жесткими лопастями – прямыми или спиральными; цилиндрические вращающиеся приводные щеточные; вибрационные (встряхивающие): гидравлические; пневматические:

– разгрузатели: плужковые стационарные (сбрасыватели) с жестким неподвижным или подъемным щитом с односторонней или двухсторонней разгрузкой, барабанный стационарный с односторонней или двухсторонней разгрузкой, барабанный подвижной (разгрузочная тележка) с односторонней или двухсторонней разгрузкой;

– воронки загрузочные и разгрузочные направляющие лотки;

– ленты конвейерные: резиноканевые с тканевыми прокладками и верхней (рабочей) и нижней (опорной) наружными обкладками; резинотросовые со стальными тросами и верхней и нижней наружными обкладками; резиноканевые с рифленой рабочей поверхностью (с рифленой верхней обкладкой).

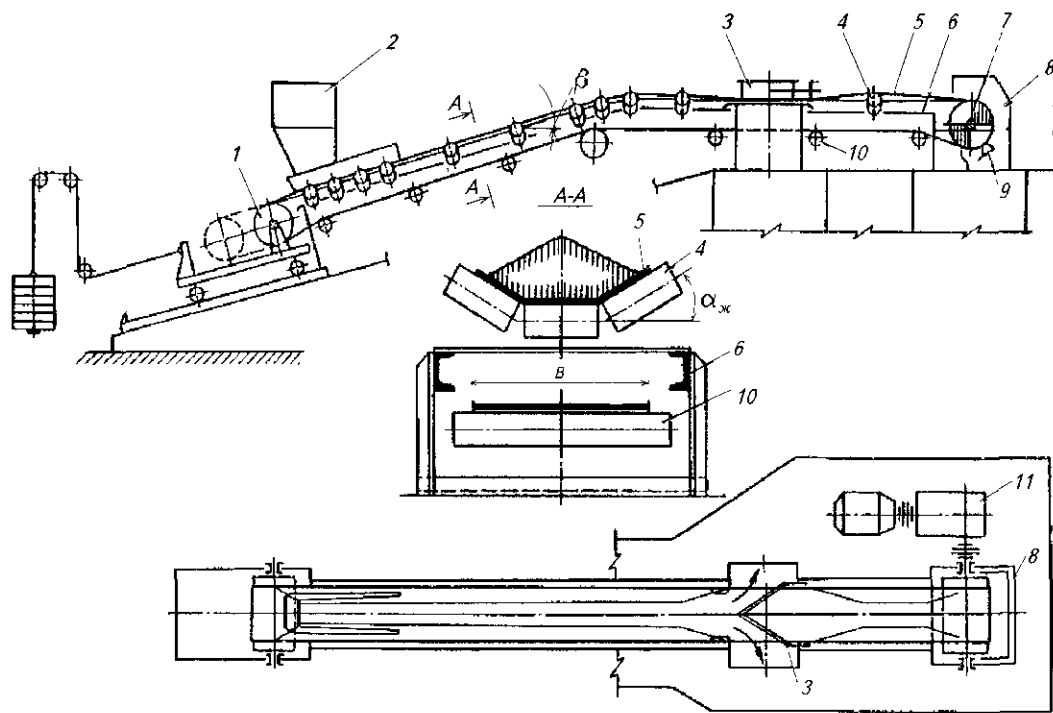


Рис. 3.39. Основные узлы ленточных конвейеров:

- 1 – натяжное устройство; 2 – загрузочная воронка; 3 – плужковый (или барабанный) разгрузатель; 4 – роlikоопора верхняя; 5 – конвейерная лента; 6 – станина конвейера; 7 – приводной барабан; 8 – разгрузочная воронка; 9 – очистное устройство; 10 – роlikоопора нижняя; 11 – привод

Стандартные конвейеры общего назначения поставляются с прямыми роlikоопорами или роlikоопорами с желобчатостью $\alpha_{ж}=30^\circ$. Роlikоопоры с желобчатостью 15° и 20° могут поставляться для замены их на конвейерах, изготовленных в 1960...1980 гг.

Техническая производительность конвейера рассчитывается по формуле

$$P_m = P, \text{ в } \text{кв}, \text{ нас.м}^3/\text{ч}, \tag{3.53}$$

где Π_r – объемная производительность конвейера с горизонтальной лентой при скорости $v=1$ м/с, принимаемая по данным табл. 3.29 в зависимости от величины угла желобчатости роlikоопоры $\alpha_{ж}$ (см. вид А–А на рис. 3.39), нас.м³/ч;

v – скорость ленты конвейера, м/с;

κ_{β} – коэффициент снижения производительности конвейера в зависимости от угла наклона конвейера β (см. рис. 3.39) и типа ленты (табл. 3.31). Рекомендуемые предельные углы наклона конвейеров приведены в табл. 3.30.

Определение требуемой ширины ленты B или потребной скорости конвейера v по необходимой технической производительности Π_m может быть произведено по данным табл. 3.29:

– при известном значении скорости ленты (v) устанавливают потребную Π_r по формуле

$$\Pi_r = \frac{\Pi_m}{v \kappa_{\beta}}, \text{ нас. м}^3/\text{ч}, \quad (3.54)$$

затем по значению Π_r для данного конвейера (роlikоопор) в табл. 3.29 находят значение требуемой ширины ленты B , мм.

– при известной ширине ленты B находят по табл. 3.29 значение Π_r , а затем рассчитывают потребную скорость ленты v по формуле

$$v = \frac{\Pi_m}{\Pi_r \kappa_{\beta}}, \text{ м/с}. \quad (3.55)$$

Ориентировочные значения коэффициентов полндревесности κ_n для пересчета нас.м³ в плотные для разных видов измельченной древесины на ленте конвейера приведены в табл. 3.30.

Рекомендуемые скорости для конвейеров при транспортировании грузов по горизонтали или с подъемом без промежуточных разгрузочных устройств приведены в табл. 3.32.

Таблица 3.29

Объемная производительность (Π_r) горизонтального ленточного конвейера при скорости $v = 1$ м/с

Ширина ленты, B , мм	Угол подвижности груза, ϕ , град.	Объемная производительность Π_r , нас.м ³ /ч, если роlikоопора:		
		прямая	желобчатая, трехроlikовая	
		угол желобчатости $\alpha_{ж}$, град.		
		0	20	30
400	10	16	38	46
	15	23	45	53
	20	32	53	60
500	10	25	63	77
	15	38	75	88
	20	52	88	100
650	10	45	115	139
	15	70	135	160
	20	95	160	181
800	10	70	175	215
	15	110	210	245
	20	150	250	280
1000	10	115	285	350
	15	175	340	400
	20	240	400	450
1200	10	170	420	510
	15	255	500	580
	20	350	580	660

Окончание табл. 3.29

Ширина ленты, B , мм	Угол подвижности груза, φ_1 , град.	Объемная производительность P , нас.м ³ /ч. если роликоопора:		
		прямая	желобчатая, трехроликовая	
		угол желобчатости $\alpha_{ж}$, град.		
		0	20	30
1400	10	280	580	700
	15	350	690	810
	20	480	810	910
1600	10	310	760	980
	15	470	910	1060
	20	640	1070	1210
2000	10	490	1200	1470
	15	740	1440	1690
	20	1000	1690	1920

Примечание. Угол φ_1 , характеризующий подвижность частиц груза, это угол свободного расположения груза в поперечном сечении ленты при движении конвейера. Значение φ_1 принимается по данным табл. 3.30.

Таблица 3.30

Примерное распределение измельченной древесины по подвижности ее частиц, рекомендуемые предельные углы наклона конвейеров и коэффициенты полндревесности

Характеристика подвижности груза	Наименование груза и его относительная влажность W^p , %	Характерные пределы угла естественного откоса груза в покое, α_0 , град.	Угол подвижности груза, φ_1 , град.	Рекомендуемый предельный угол наклона конвейера, β , град.		Коэффициент полндревесности на ленте конвейера, k_n
				отапливаемые помещения	неотапливаемые помещения и вне помещений	
Легкая	сухая древесная пыль и опилки ($W^p < 35\%$)	30...35	10	12...15	10	опилки – 0,30...0,33
Средняя	щепа, опилки, кора и древесные отходы измельченные ($W^p = 35...50\%$)	40...45	15	$\frac{16}{22}$	$\frac{12}{18}$	щепа – 0,33; опилки – 0,28; кора и отходы – 0,34...0,35
Малая	измельченные кора и древесные отходы ($W^p = 50...60\%$), отходы крупных фракций ($W^p = 30...60\%$)	50...55	20	$\frac{20}{25}$	$\frac{15}{22}$	кора и отходы – 0,34...0,35

Примечания. 1. Приведенные значения предельных углов наклона для лесных грузов установлены с учетом имеющегося эксплуатационного опыта и по экспертной оценке.
2. В числителе приведены значения показателей для гладкой ленты, в знаменателе – для рифленой ленты.

Таблица 3.31

Величина коэффициента k_p для транспортирования насыпных грузов с различной подвижностью частиц

Характеристика подвижности частиц груза	Угол наклона конвейера β , град.					
	1...5	6...10	11...15	16...20	21...25	25...30
Лента с гладкой рабочей поверхностью						
Легкая	0,95	0,90	0,85	0,80	–	–
Средняя	1,0	0,97	0,95	0,90	–	–
Малая	1,0	0,98	0,97	0,95	0,90	0,85
Лента с рифленой рабочей поверхностью						
Средняя	1,0	1,0	1,0	0,95	0,85	0,8
Малая	1,0	1,0	1,0	1,0	0,95	0,90

Таблица 3.32

Рекомендуемые максимальные скорости лент конвейеров для транспортирования различных видов измельченной древесины v , м/с

Наименование транспортируемых грузов и их относительная влажность W^p , %	Ширина ленты B , мм					
	400	650	800	1000	1200	1400
Опилки и древесная пыль при $W^p < 35\%$	1	1	1	1	1	1
Щепа, опилки, кора и древесные отходы при $W^p = 35 \dots 50\%$	1,25	1,6	2,0	2,5	2,5	3,0
Кора, древесные отходы, отходы крупных фракций при $W^p = 50 \dots 60\%$	1,6	2	2,5	3,0	3,0	3,0

- Примечания. 1. Приведенные значения рекомендуемой максимальной скорости установлены с учетом имеющегося эксплуатационного опыта и по экспертной оценке
2. При угле наклона конвейера близком к предельному (табл. 3.30), скорость конвейера рекомендуется принимать на 10...15% ниже указанной в табл. 3.32.
3. При наличии на конвейере плужковых сбрасывателей скорость ленты не рекомендуется более 1,6 м/с. При использовании передвижных барабанных разгрузателей – не более 2 м/с. При транспортировании насыпных грузов на спуск (-12° и круче) скорость ленты не рекомендуется более 1,6 м/с.

Помимо стационарных ленточных конвейеров отечественная промышленность серийно поставляет горизонтальные ленточные катучие конвейеры с шириной ленты $B = 800 \dots 1400$ мм (рис. 3.40).

Характеристика серийно поставляемых конвейеров приведена в табл. 3.33.

Конвейеры этого типа используются при формировании открытых и загрузке закрытых складов измельченной древесины, для загрузки котлов в варочных цехах и др.

Опорная металлическая конструкция таких конвейеров установлена на колесные тележки, передвигающиеся по рельсовым путям, размещенным вдоль оси конвейера. Привод конвейера обеспечивает передвижение ленты и передвижение конвейера. Устройство катучих ленточных конвейеров, за исключением специальных узлов механизма передвижения, аналогично конвейерам общего назначения. Для них используется большинство стандартизированных узлов и элементов, перечисленных выше. Конвейеры могут поставляться с реверсивным или односторонним движением ленты. Конвейеры имеют кабельный токоподвод. Управление конвейером дистанционное, программируемое.

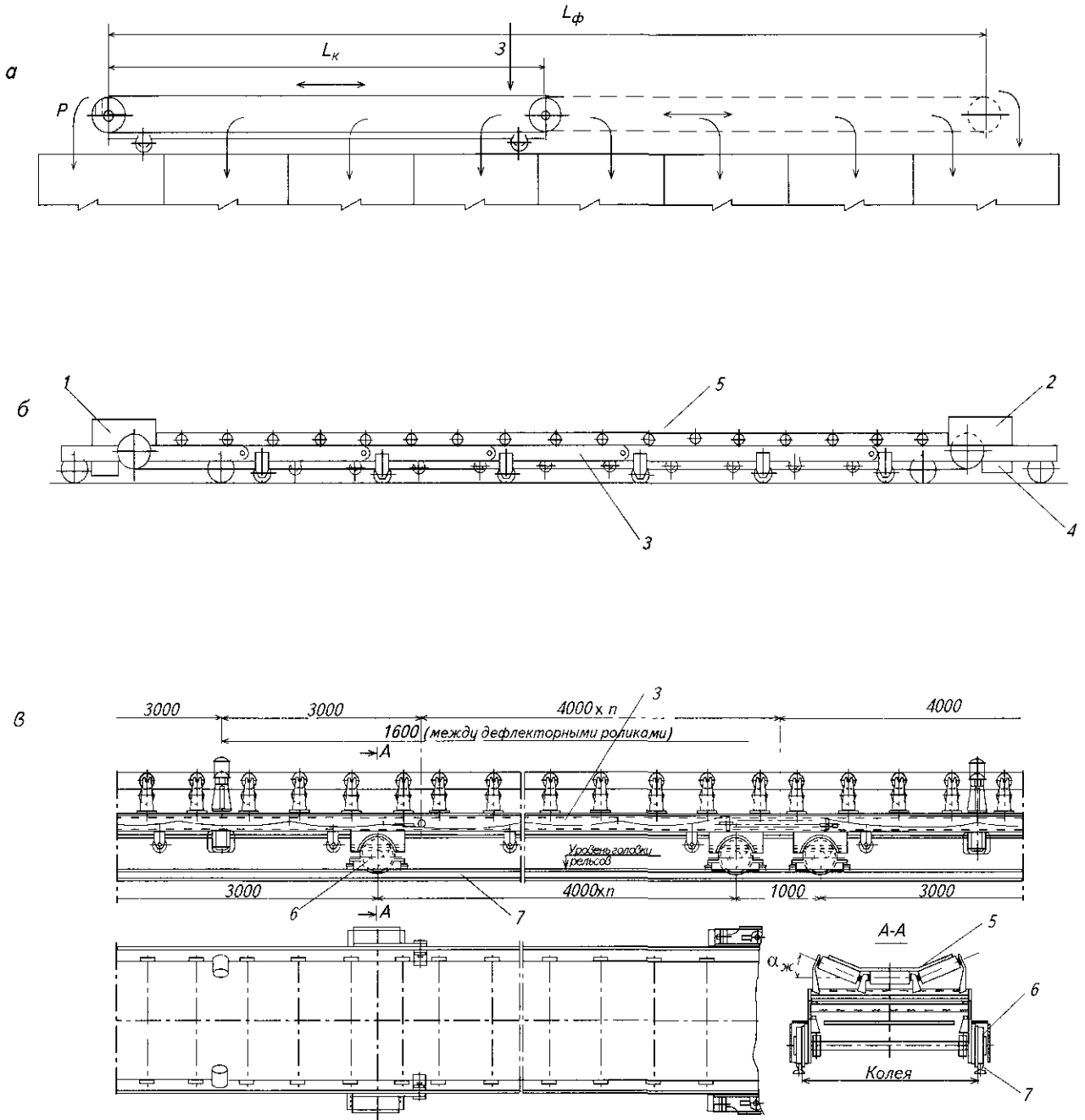


Рис. 3.40 Конвейер ленточный катучий.

a – схема размещения конвейера, *б* – общий вид конвейера, *в* – средняя часть конвейера;
 L_k – длина конвейера; L_ϕ – фронт разгрузки; 3 – загрузка; p – разгрузка

Техническая характеристика катучих ленточных конвейеров конструкции ГПКИ «Союзпроммеханизация»

Ширина ленты В, мм	Обозначение конвейера	Скорость ленты конвейера, v , м/с	Техническая производительность P_m нас.м ³ /ч	Длина поставляемых конвейеров, L_i , м	Мощность привода конвейера (ленты), кВт	Мощность привода механизма передвижения, кВт	Количество механизмов передвижения при длине конвейера, шт.			Коля, мм	Масса конвейера наименьшая и наибольшая, кг
							до 30 м	30...60 м	60...70 м		
800	КЛК 8050-80	1,0...3,15	195...615	8...70	12...21	3,2	1	2	—	1350	6370...17340
	КЛК 8063-100	1,25...2,5	245...490	10...100	16...31,5	4,25	1	2	3		9550...29140
	КЛК 8080-120	1,0...2,5	195...490	40...100	20...45	8,5	—	2	3		20 690...33 080
1000	КЛК 10050-80	1,0...3,15	300...945	8...50	12...26,5	3,2	1	2	—	1550	6870...16 100
	КЛК 10063-100	1,25...2,5	375...750	10...100	19...40	4,25	1	2	3		10 180...31 770
	КЛК 10080-120	1,0...2,5	300...750	20...100	26,5...45	8,5	1	2	3		17 210...37 060
1200	КЛК 12063-100	1,25...2,5	550...1100	9...50	16...40	4,25	1	2	—	1750	10 790...22 640
	КЛК 12080-120	1,0...2,5	440...1100	11...100	20...45	8,5	1	2	3		15 940...41 010
	КЛК 120100-160	1,0...3,15	440...1385	50...100	40...75	8,5	—	—	3		31 800...46 000
1400	КЛК 14063-100	1,25...2,5	750...1500	9...50	19...40	4,25	1	2	—	1950	11 770...24 740
	КЛК 14080-120	1,0...2,5	600...1500	11...100	26,5...55	8,5	1	2	3		17 400...52 750
	КЛК 140100-160	1,0...3,15	600...1890	50...100	40...80	8,5	—	—	3		37 020...56 500

- Примечания: 1. Могут быть заказаны конвейеры со скоростями 1,0; 1,25; 1,6; 2,5; 3,15 м/с, но в пределах диапазона скоростей, указанных в таблице для данного типа конвейера. Производительность конвейера определяется пропорционально его скорости.
2. Производительность конвейера P_m для материалов с $\varphi_1 = 15...20^\circ$ (см. табл. 3.30) с хорошо организованной загрузкой конвейера может приниматься по данным таблицы 3.29.
3. Производительность P_m в табл. 3.33 и в примечании 2 указана при работе конвейера без реверсирования либо при реверсировании без нагрузки. При реверсировании ленты под нагрузкой производительность принимается с коэффициентом 0,5.

3.3.7.2.3. Конвейеры для транспортировки короткомерной древесины

Нормализованные конвейеры для короткомерной древесины, разработанные ВНИИПТМАШ для лент шириной 1000, 1200, 1400 мм, изготавливаются с плоскими амортизирующими роlikоопорами в желобе с высотой бортов от верха роликков 350 мм. Конвейеры поставляются комплектно с металлоконструкциями. По спецзаказу могут поставляться конвейеры с шириной ленты 800, 1600 и 2000 мм.

Поперечное сечение конвейера для коротья показано на рис. 3.41.

Принципиальные схемы конвейеров приведены на рис. 3.38 (кроме схем «б» и «д»).

В состав поставляемого комплектно оборудования конвейеров с шириной ленты 1000, 1200 и 1400 мм входят следующие основные узлы:

- станции приводные (концевые, головные, промежуточные);
- станции натяжные грузолебедочного типа;
- секции средней части длиной 6,9 и 12 м самонесущие с подвижной и неподвижной опорой;
- секции средней части длиной 9 м самонесущие для выпуклой части конвейера;
- секции средней части длиной 9 м самонесущие загрузочно-разгрузочные;
- секции средней части длиной 9 м самонесущие разгрузочные;
- секции средней части длиной 9 м напольные загрузочные;
- секции средней части длиной 6 и 9 м напольные;
- роlikоопоры с амортизирующими роликками: рядовые, для участков загрузки, для нижней холостой ветви;
- плужковые сбрасыватели для разгрузочных секций.

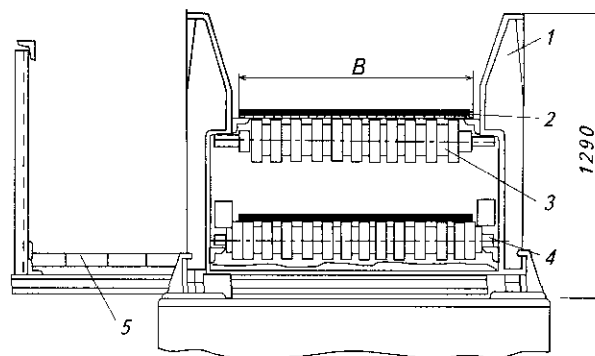


Рис. 3.41. Ленточный конвейер для коротья (поперечное сечение по средней части самонесущей секции):

1 – борт; 2 – конвейерная лента; 3 – верхняя роlikоопора рабочей ветви; 4 – нижняя роlikоопора; 5 – площадка для обслуживания

Остальные узлы конвейеров для коротья комплектуются из стандартных узлов, входящих в состав конвейеров для сыпучих грузов (п. 3.3.7.2.2).

Конвейеры поставляются для условий эксплуатации У и ХЛ (от 40 до – 60 °С). Категории размещения 1, 2, 3 и 4, а приводы – в климатическом исполнении У категории размещения 3 и 4 и исполнении ХЛ категории размещения 4. Такое исполнение оборудования конвейеров позволяет эксплуатировать их в помещениях и на открытом воздухе, кроме приводов, которые всегда должны быть размещены в помещении, а в климатических условиях ХЛ – в отапливаемом помещении.

Конвейеры рассчитаны для транспортировки коротья диаметром до 700 мм и длиной до 2,5 м.

Прямые роlikоопоры верхней грузовой ветви конвейера имеют диаметр амортизирующих колец 145 или 175 мм и размещаются с шагом 750 мм. Амортизирующие роlikоопоры для загрузочных участков конвейера имеют диаметр амортизирующих колец 300 и 360 мм и размещаются с шагом 350...400 мм.

Роlikоопоры нижней холостой части конвейера имеют диаметр 145 мм и размещаются с шагом 3000 мм.

При подборе ленты для таких конвейеров особое внимание должно быть обращено на толщину верхней обкладки, которая должна быть не менее 6 мм, и на климатическое исполнение ленты, которое должно соответствовать условиям эксплуатации конвейеров.

Рекомендуемая скорость конвейеров не более 1,6 м/с.

Угол наклона ленточных конвейеров для коротья не должен превышать для окоренных балансов 4...6° (но не более 8°), а для неокоренных балансов 6...8° (но не более 10°). Первые значения следует принимать для конвейеров, работающих в неотапливаемых помещениях и вне помещений. Использование рифленой ленты позволяет на 2...3° увеличить угол наклона конвейера.

Расчетная техническая производительность P_m горизонтального ленточного конвейера с шириной ленты $B = 1000$ мм при скорости 1 м/с составляет 100...200 пл.м³/ч в зависимости от длины и диаметра бревен, организации загрузки конвейера, равномерности загрузки и пр. Расчетная производительность конвейеров при других значениях ширины и скорости может быть получена путем пересчета указанной выше производительности конвейера с шириной ленты $B = 1000$ мм пропорционально изменениям значений ширины и скорости.

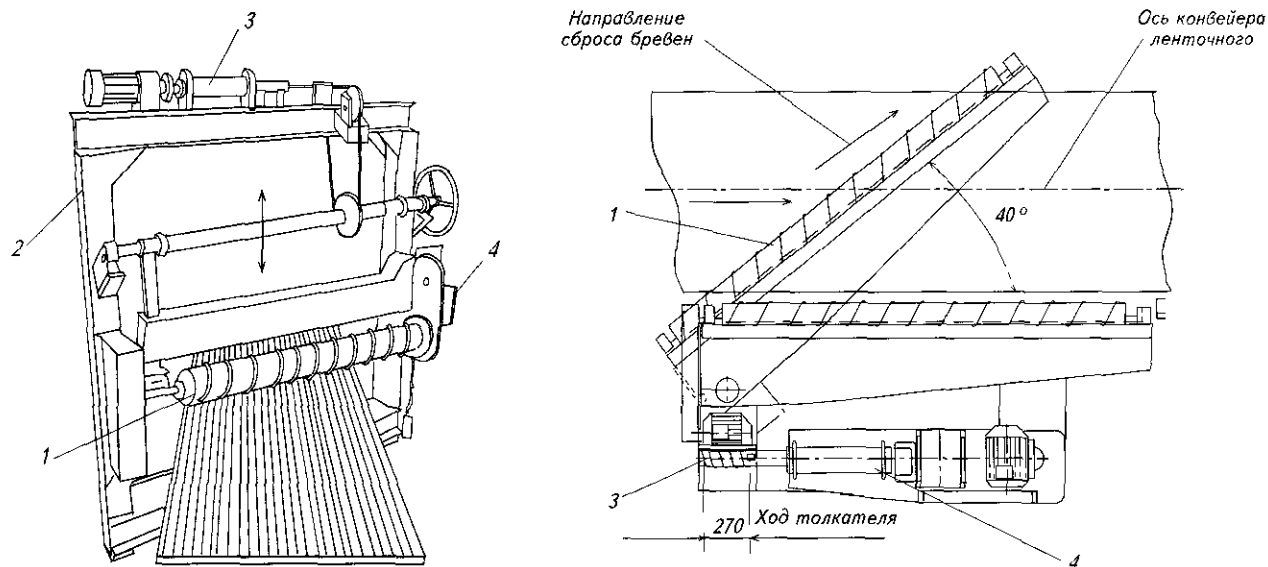


Рис. 3.42. Сбрасыватель роликовый подъемный

1 – ролик сбрасывающий; 2 – рама,
3 – толкатель винтовой; 4 – привод ролика

Отдельные стандартные узлы конвейеров для коротья могут быть использованы в конвейерах для транспортировки балансов большей длины (до 6,5...8 м).

Основным изготовителем оборудования конвейеров для коротья является АО «Кран» (г. Узловая).

В качестве дополнительных устройств для механизации сброса короткомерной древесины с ленты конвейера могут быть использованы подъемно-опускные плужки, подъемные (рис. 3.42) и поворотные (рис. 3.43) роликовые приводные сбрасыватели.

В отличие от неприводных сбрасывающих плужков такие сбрасыватели уменьшают износ транспортной ленты и потери энергии на преодоление трения лесоматериалов о ленту и плужок. Кроме этого, практически исключается возможность заклинивания отщепов между сбрасывателем и конвейерной лентой, что значительно повышает безопасность труда рабочих. Этому способствует также возможность механизированной установки или отвода сбрасывающего ролика. Опыт эксплуатации роликовых сбрасывателей показывает их особую эффективность при сбрасывании коротья, беспорядочно расположенного на конвейере.

Подъемный сбрасыватель состоит из рамы, на которой смонтированы ролик с приводом и приводное подъемное устройство. Ролик сбрасывателя размещается над лентой конвейера с зазором 15...20 мм под углом 45° к оси конвейера. Наличие на поверхности ролика винтообразного выступа (навивки) обеспечивает при его вращении разворот и сталкивание бревен с ленты.

Подъемные сбрасыватели могут быть использованы на горизонтальных и наклонных конвейерах.

Техническая характеристика роликовых подъемных сбрасывателей конструкций АО «Союзлесмонтаж»

Ширина ленты конвейера, мм	800...1400
Размер сбрасываемых балансов:	
– длина, м	до 2,2
– диаметр, мм	до 700

Диаметр ролика с навивкой, мм	260
Шаг навивки, мм	220
Частота вращения ролика, об/мин	380
Установленная мощность, кВт	5,2
Время подъема ролика, с	11...12
Угол наклона ленточного конвейера, град.	0...8
Габариты:	
– длина, мм	3600
– ширина, мм	752
– высота, мм	3734
Масса (в зависимости от длины ролика), т	1450...1600

Для использования на горизонтальных конвейерах, размещаемых на участках, где установка высокой рамы поднимаемых роликовых сбрасывателей невозможна, могут быть применены сбрасыватели поворотного типа.

Техническая характеристика роликовых поворотных сбрасывателей конструкции АО «Союзлесмонтаж»

Тип сбрасывателя	577	573
Ширина ленты конвейера, мм	1000	1200
Размеры сбрасываемых балансов:		
– длина, м	2	3
– диаметр, мм	100...700	100...700
Скорость движения балансов вдоль ролика, м/с	1,4	1,4
Угол установки ролика в рабочем положении относительно оси конвейера, град	40	40
Время поворота, с	30	30
Ход толкателя, мм	270	270
Установленная мощность, кВт,	4,4	4,4
в том числе:		
– механизма вращения	2,2	2,2
– механизма поворота	2,2	2,2
Габариты: длина×ширина×высота, мм	2300×1110×1355	2600×1110×1180
Масса, т	1,3	1,4

Для перевалки древесины с транспортера на другие транспортеры, находящиеся на разных уровнях под любым углом друг к другу, помимо обычных перевалочных устройств может быть использован питатель-дистрибутор. Основным узлом этого устройства является вращающаяся тарель.

Применение дистрибутора позволяет уменьшить высоту падения бревен и ориентировать их, тем самым удлиняя срок службы транспортерных лент, цепей, снижая шум на пересылах и упрощая устройство самих пересыпов.

Общий вид и схема размещения этого дистрибутора показана на рис. 3.44.

Техническая характеристика дистрибутора для коротья конструкции АО «Союзлесмонтаж»

Производительность, пл.м ³ /ч	70...150
Размеры бревен, мм:	
– диаметр	70...700
– длина	до 2100
Диаметр тарели, мм	5000
Частота вращения, с ⁻¹	0,09
Скорость вращения тарели (на радиусе 2 м), м/с	1,13
Установленная мощность, кВт	11
Высота без стенки (от низа рамы до верха тарели), мм	1230
Масса, т	не более 9,0

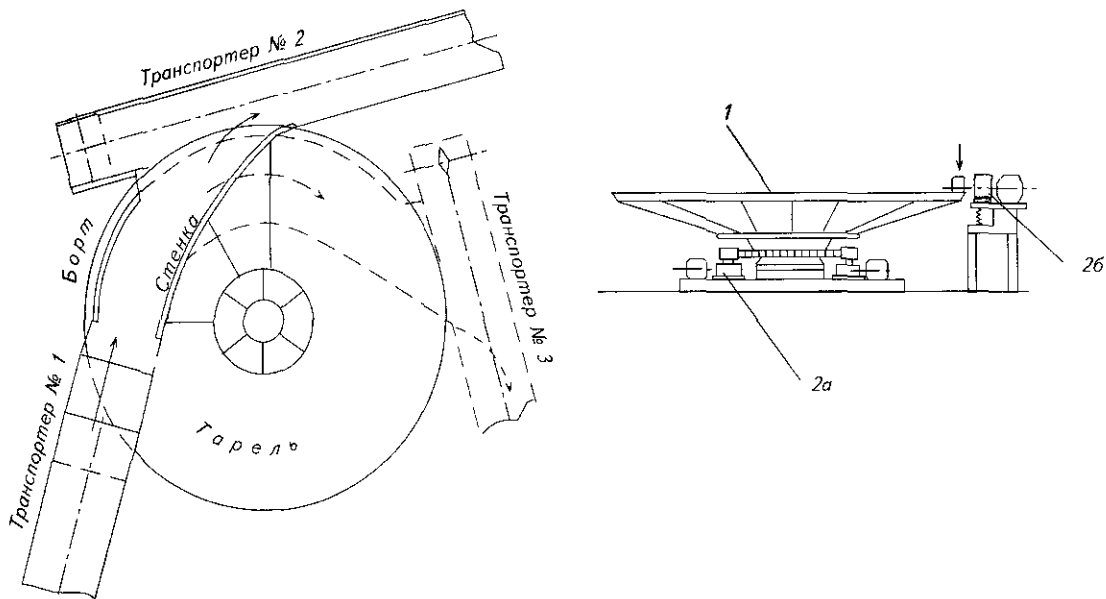


Рис. 3.44 Питатель-дистрибутор для переалки короткомерной древесины конвейера на другие конвейеры:

1 – тарель поворотная; 2 – привод через зубчатую передачу (а) или фрикционный (б)

При большем диаметре тарели и скорости ее вращения может быть увеличена длина обрабатываемых бревен и производительность установки.

Для переалки круглых сортиментов с конвейера на конвейер без поворота или с поворотом направления потока используются также приводные рольганги, состоящие из роликов с индивидуальным или групповым приводом. Они могут применяться для переалки сортиментов между конвейерами, находящимися в одном уровне или разных уровнях. Радиус поворота рольгангов зависит от длины и диаметра сортиментов.

3.3.7.2.4 Трубчатые ленточные конвейеры

Трубчатые конвейеры являются одной из перспективных модификаций ленточных конвейеров, в которой благодаря использованию высокоэластичных лент и особой конструкции роликоопор транспортировка сыпучего груза осуществляется не в открытом желобе, а в трубе, формируемой из ленты на конвейере (рис. 3.45).

Для транспортировки груза используется, как правило, верхняя ветвь конвейера, однако существуют схемы с использованием нижней ветви конвейера, а при необходимости транспортировки груза в разных направлениях – одновременно верхней и нижней ветвями. Трасса трубчатого конвейера может изменять направление одновременно по вертикали и горизонтали. Скорости конвейеров зависят от диаметра трубы. У конвейеров с диаметром трубы 150...200 мм скорость обычно не превышает 2 м/с, а у конвейеров с большим диаметром трубы (750...850 мм) она может быть принята 5 м/с. Расчетная степень заполнения трубы конвейера составляет 75%.

Рекомендуемый предельный угол наклона трассы – до 30°. Угол поворота в плане – до 45°. Радиус поворота трассы в вертикальной и горизонтальной плоскостях не может быть менее 120 ширин используемой для конвейера ленты. Некоторые фирмы допускают радиус поворота трассы не менее 300 диаметров трубы конвейера. При сопоставлении эти значения дают неравнозначный результат, что, вероятно, вызвано использованием лент различной конструкции и разных типов роликоопор для образования трубы и ее изгиба. Поэтому выбор схемы и расчет трассы трубчатых конвейеров осуществляют фирмы-поставщики оборудования.

При условии правильного выбора типа и климатического исполнения конвейерной ленты трубчатые конвейеры могут размещаться в закрытых помещениях и вне помещений.

В таблице 3.34 приведены основные параметры трубчатых ленточных конвейеров, объемная техническая производительность которых рассчитана при скорости $v = 1$ м/с. Производительность при других скоростях может быть пересчитана пропорционально изменению скорости.

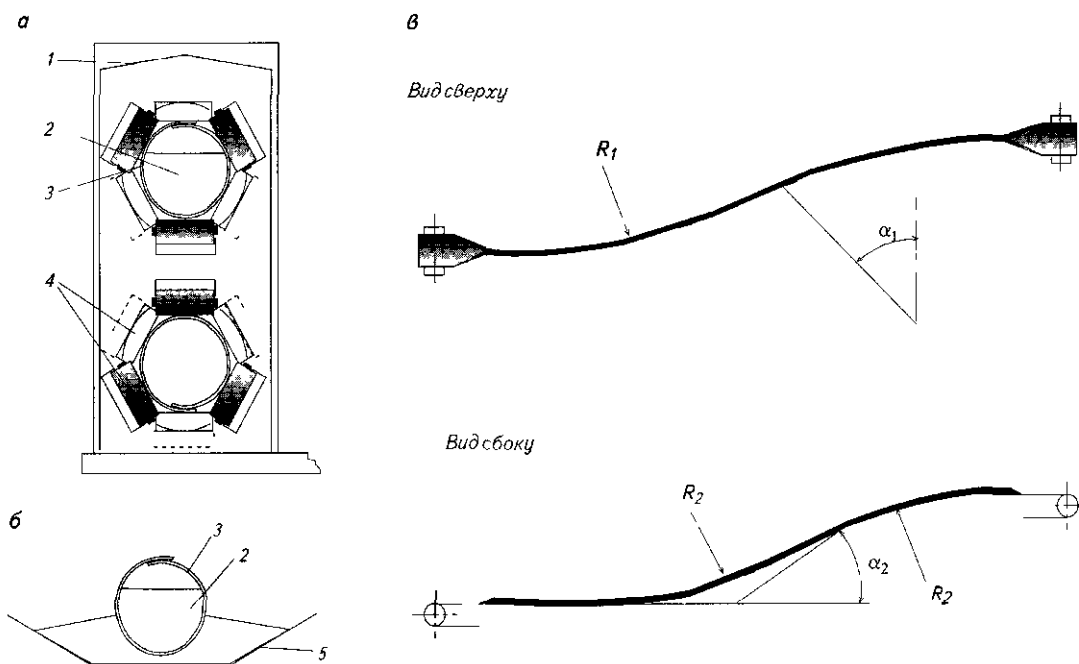


Рис 3 45 Трубчатый ленточный конвейер

- а – поперечное сечение по трубчатому конвейеру,
 б – развертка трубы конвейера в зоне загрузки и разгрузки,
 в – рекомендуемые параметры поворотов трассы трубчатого конвейера,
 1 – металлоконструкция конвейера, 2 – транспортируемый материал, 3 – конвейерная лента, свернутая в трубу,
 4 – направляющие ролики, 5 – конвейерная лента развернутая в зоне загрузки и разгрузки конвейера
 – угол изгиба трассы $\alpha_1 \leq 45^\circ$, радиус поворота $R_1 \geq 120$ ширины конвейерной ленты,
 – угол наклона трассы $\alpha_2 \leq 30^\circ$, радиус поворота $R_2 \geq 120$ ширины конвейерной ленты

Таблица 3.34

Основные параметры трубчатых ленточных конвейеров для сыпучих материалов

Внутренний диаметр трубы, мм	Ширина ленты, образующей трубу, мм	Максимальный размер транспортируемых фракций, мм	Производительность конвейера при $v = 1$ м/с, нас.м ³ /ч
150	600	30...50	50
190	750	50...70	75
235	900	70...90	115
275	1050	90...100	160
315	1200	100.. 110	210
370	1400	110.. 120	290
420	1600	120...140	375
475	1800	140. .170	480
530	2000	170. .200	600
585	2200	200...240	725
640	2400	240...280	865
690	2600	280...320	1000
745	2800	320...350	1175
800	3000	350...400	1350

3.3.7.3. Цепные конвейеры

В цепных конвейерах тяговым или одновременно тяговым и несущим органом является одна или несколько цепей, пластинчатых или круглозвенных.

Цепи оснащены захватами (упорами), размещенными на каждой цепи, либо групповыми захватами, соединяющими две или несколько цепей (траверсы разных конструкций). Цепи некоторых конвейеров используются без захватов.

Цепи движутся по направляющим устройствам. Для снижения сил сопротивления движению тягового органа в некоторых конструкциях конвейеров перемещение тягового органа осуществляется не на скользящих, а на роликовых опорах.

Одно-, двух- и многоцепные конвейеры применяются:

- для транспортировки короткомерных и длинномерных сортиментов, хлыстов (в продольном и поперечном направлении), а также измельченной древесины;
- в качестве основных узлов питающих и распределительных устройств (питателей, дозаторов) и устройств для разборки (разгрузчиков) складов сырья и отходов.

К первой группе устройств относятся разнообразные продольные и поперечные лесотаски, скребковые конвейеры. Ко второй группе – относятся цепные конвейеры, входящие в состав слешеров, устройств для роспуска пучков древесины, стакеров для формирования и разборки кучевых складов коротья, питателей для коротья и щепы, а также конвейеры скребковые для распределения измельченной древесины и многие другие.

Расширение использования ленточных конвейеров для транспортировки измельченной древесины и коротья, а в ряде случаев и сортиментов большей длины, ограничило в последние годы применение цепных конвейеров в транспортных целях.

В настоящее время на целлюлозно-бумажных предприятиях в новых технологических схемах они находят ограниченное применение в следующих случаях:

- для создания крутонаклонных трактов транспортировки коротья;
- в составе устройств для роспуска пучков и поперечной распиловки бревен (см. п. 3.3.9 и п. 3.5);
- в системах, где требуется транспортировка измельченной древесины с возможностью дозированного распределения ее в нескольких точках, например, для распределения измельченной древесины по сортировкам, дробилкам, загрузки древесными отходами бункеров над утилизационными котлами, складов щепы и опилок и пр.;
- в устройствах для загрузки дефибреров;
- на приемных узлах и складах сырья и отходов;
- в питателях для коротья, щепы, древесных отходов и пр.

Многоцепные устройства в качестве транспортного средства используются для загрузки корообдирочных барабанов большого диаметра при подаче в них пачек балансов большой длины и объема. Такие многоцепные конвейеры, в частности, используются в размораживающих устройствах перед корообдирочными барабанами.

Техническая производительность Π_m цепных конвейеров разных типов может быть определена по приводимым ниже формулам.

Продольные конвейеры для перемещения бревен по одному (продольные лесотаски):

$$\Pi_m = \frac{3600 V v \varphi_n}{l}, \text{ пл. м}^3/\text{ч.} \quad (3.56)$$

Продольные конвейеры для перемещения по несколько бревен в ряду (продольные лесотаски):

$$\Pi_m = \frac{3600 n V v \varphi_n}{l}, \text{ пл. м}^3/\text{ч.} \quad (3.57)$$

Конвейеры для поперечного перемещения бревен (поперечные лесотаски):

$$\Pi_m = \frac{3600 V n_l v \varphi_n}{a}, \text{ пл. м}^3/\text{ч.} \quad (3.58)$$

Скребковые конвейеры для измельченной древесины:

$$P_m = 3600 b h v C \varphi_n, \text{ нас. м}^3/\text{ч.}^{1)} \quad (3.59)$$

где V – средневзвешенный объем одного бревна, пл.м³;
 l – средневзвешенная длина бревна, м;
 v – скорость конвейера, м/с;
 φ_n – коэффициент использования конвейера по длине тягового органа (для поперечных конвейеров – коэффициент использования захватов);
 a – расстояние между захватами поперечного конвейера, м;
 n – среднее количество бревен в сечении продольного конвейера;
 n_l – количество бревен на захвате поперечного конвейера, шт.;
 b – ширина скребка, м;
 h – высота скребка, м;
 C – поправочный коэффициент, учитывающий снижение производительности скребкового конвейера в зависимости от угла наклона.

Обычно рекомендуются следующие значения скоростей цепных конвейеров, используемых для транспортных операций v , м/с:

- продольные конвейеры для длинника 0,2...1,25
- продольные конвейеры для коротья 0,5...1,0
- поперечные конвейеры для длинника 0,2...0,5
- скребковые конвейеры для измельченной древесины 0,2...1,0

В случае применения конвейера в узлах питающих и распределительных устройств значение скорости может быть принято ниже или несколько выше указанной.

Рекомендуются следующие значения φ_n :

- продольные конвейеры 0,6...0,85
- поперечные конвейеры 0,7...0,85
- скребковые конвейеры для щепы и опилок 0,5...0,6
- для измельченной коры и отходов 0,6...0,8

Значения a принимаются в зависимости от технологического назначения, требуемой производительности конвейера, диаметра и длины перемещаемых бревен, однако, не менее 0,6 м.

Среднее количество бревен в сечении конвейера n принимают:

- при транспортировке длинномерной древесины – не более 2;
- при транспортировке коротья, в зависимости от диаметра бревен – 2...6.

Количество бревен на захвате поперечного конвейера n_l для расчетов обычно принимают равным 1...1,5 шт. в зависимости от диаметра бревен и высоты захватов. Большие значения n_l принимаются при высоте захватов, превышающих в 2 раза средневзвешенный диаметр бревен.

Соотношение $b : h$ обычно принимают от 2 до 4 (большее значение при большем b).

Значения поправочного коэффициента C в зависимости от угла наклона конвейера даны в табл. 3.35.

Таблица 3.35

Значения коэффициента C

Угол наклона конвейера, град.	0	от 0 до 10	от 10 до 20	от 20 до 30
Значение C	1	от 1 до 0,85	от 0,85 до 0,65	от 0,65 до 0,5

¹⁾ Для пересчета производительности скребкового конвейера в плотную меру, пл. м³ ч., могут быть приняты показатели коэффициента полнодревесности k_n , приведенные для ленточных конвейеров в табл. 3.30.

3.3.7.4. Скребоквотросовые (кабельные) конвейеры

Скребоквотросовый конвейер представляет собой транспортное устройство для короткомерной древесины, в котором тяговым и грузотолкающим органом является трос диаметром 25...32 мм с чугунными скребками, закрепленными на нем через 1,4...2,0 м. Масса одного скребка 18...25 кг.

Трос со скребками движется в желобе треугольного сечения с полукруглым дном, по которому транспортируются короткомерные сортименты. Загрузка и разгрузка груза может осуществляться на любом участке средней части конвейера. Особенно широкое применение такие конвейеры нашли на кучевых складах коротья.

Производительность конвейеров достигает 200 пл.м³/ч, наибольшая длина до 600 м, мощность двигателя до 160 кВт.

К недостаткам скребоквотросовых конвейеров относятся значительный износ скребков и направляющих лотков, высокая стоимость и трудоемкость ремонтных работ, выполняемых вручную. В связи с этим скребоквотросовые конвейеры начали постепенно вытесняться на предприятиях ленточными конвейерами для коротья.

3.3.7.5. Винтовые конвейеры

Винтовые конвейеры представляют собой транспортное устройство, в котором сыпучий груз перемещается вращающимся винтом (шнеком). Винтовые конвейеры могут быть горизонтальными, наклонными и вертикальными. У горизонтальных и наклонных конвейеров груз перемещается винтом в желобе с полукруглым днищем или в трубе, а у крутонаклонных (свыше 45°) и вертикальных конвейеров – в трубе.

К преимуществам винтовых конвейеров относятся простота конструкции, ремонта и обслуживания, небольшие габариты, удобство компоновки, возможность промежуточной по длине конвейера загрузки и разгрузки. К недостаткам винтовых конвейеров относятся повышенное измельчение груза (для щепы, в основном, дробление вдоль волокон) и относительно высокая энергоемкость.

Винтовые конвейеры малопригодны для перемещения крупнокусковых, липких и влажных грузов. Поэтому кора и древесные отходы должны перед транспортировкой винтовыми конвейерами подвергаться дроблению и отжиму. От щепы и опилок должны быть отсортированы крупные отщепы.

Производительность винтовых конвейеров для измельченной древесины современных конструкций достигает 1000 нас.м³/ч и более. Диаметр винта обычно не превышает 1000 мм.

На горизонтальных и наклонных конвейерах на определенном расстоянии друг от друга, зависящем от диаметра применяемого винта и его прогиба по длине конвейера, устанавливаются промежуточные опоры. Длина таких конвейеров обычно не превышает 40 м. Возможная предельная высота транспортирования в вертикальных и крутонаклонных конвейерах, в которых, как правило, не устанавливаются промежуточные опоры, определяется конструктивными и прочностными расчетами. Обычно она не превышает 10...15 м.

Длина и высота транспортирования может быть увеличена за счет установки последовательно двух или нескольких конвейеров с использованием переходных коробок. Таким же образом с использованием переходных коробок и размещением винтовых конвейеров под разными углами может быть изменена трасса транспортирования груза.

Техническую производительность винтового конвейера Π_m , нас.м³/ч, можно определить по формуле

$$\Pi_m = \frac{3600 \pi (D_n^2 - D_c^2)}{4} S n \Psi C, \text{ нас.м}^3/\text{ч}, \quad (3.60)$$

где D_n – наружный диаметр винта (шнека), м;

D_c – диаметр вала (внутренний диаметр винта), м;

S – шаг винта, м;

n – частота вращения винта, с⁻¹;

Ψ – коэффициент заполнения сечения лотка (трубы);

C – поправочный коэффициент.

Значения S , n , Ψ , C зависят от угла наклона конвейера β и вида транспортируемого материала.

Значения S могут быть установлены по формуле

$$S = \kappa D_n, \quad (3.61)$$

где

- для опилок $\kappa = 0,75 \dots 1$;
- для щепы $\kappa = 0,6 \dots 0,9$;
- для измельченных коры и древесных
отходов при $W^p = 45 \dots 55\%$ $\kappa = 0,5 \dots 0,7$.

Меньшие значения κ принимаются для менее измельченных материалов (или имеющих большую долю крупных фракций) и больших углов наклона конвейера.

Значения n и Ψ могут быть приняты:

- для опилок и мелкой щепы $\Psi = 0,35 \dots 0,45$;
..... $n = 0,85 \dots 2 \text{ с}^{-1}$;
- для щепы, измельченных коры и
древесных отходов при $W^p < 45\%$ $\Psi = 0,25 \dots 0,4$;
..... $n = 0,65 \dots 1,65 \text{ с}^{-1}$;
- для измельченных коры и древесных
отходов при $W^p = 45 \dots 55\%$ $\Psi = 0,15 \dots 0,30$;
..... $n = 0,5 \dots 1,5 \text{ с}^{-1}$.

Значения n для вертикальных и крутонаклонных конвейеров могут быть в 1,25...1,5 раза выше указанных значений.

Меньшие значения Ψ принимаются для каждого вида материала со снижением его сыпучести и повышением влажности.

Значения C могут быть приняты в зависимости от угла наклона конвейера β :

β	0°	5°	10°	15°	20°	45°	90°
C	1,0	0,9	0,8	0,7	0,65	0,55	0,5

Учитывая специфичность транспортируемых грузов, различия по фракционному составу, влажности, сыпучести и другим свойствам, приведенные данные ориентировочны и в конкретных условиях могут существенно отличаться, особенно для винтовых конвейеров с большим, чем 600 мм диаметром, большим углом наклона и большими скоростями ($n > 2 \text{ с}^{-1}$).

Основные параметры винтовых конвейеров общего назначения, горизонтальных и наклонных (до 20°) с диаметром винта до 600 мм регламентируется ТУ заводов-изготовителей (существовавший ранее ГОСТ 2037 отменен). Винтовые конвейеры с большой производительностью, диаметром и длиной, а также крутонаклонные и вертикальные для оснащения ими основных технологических потоков лесосырьевого производства целлюлозно-бумажных предприятий разрабатываются и изготавливаются для конкретных условий по спецзаказам.

3.3.7.6. Элеваторы

Ковшовые ленточные и цепные элеваторы предназначены для подъема сыпучих грузов в вертикальном и крутонаклонном направлениях.

Тяговым органом таких элеваторов является конвейерная лента, пластинчатые или круглозвенные цепи (одна или две), к которым через равные интервалы либо без интервалов прикреплены ковши. Приводное и натяжное устройства заключены в кожух. Между ними расположена шахта элеватора, в которой движется в грузе и порожнем направлении тяговый орган с ковшами. Ковши бывают глубокими для хорошо сыпучих грузов и мелкими – для влажных и плохосыпучих материалов.

Загрузка элеватора (заполнение ковшей) осуществляется в его нижней части в загрузочном «башмаке», где располагается и натяжное устройство. Разгрузка элеватора производится в его головной части после перехода тягового органа через верхние точки приводного устройства (т.е. на стороне, противоположной стороне загрузки элеватора).

Для транспортировки измельченной древесины используют, как правило, двухцепные элеваторы с шириной ковша 450...1000 мм или ленточные элеваторы с шириной ковша до 1150 мм.

Производительность нормализованных элеваторов доходит до 300 нас.м³/ч. Их параметры регламентируются заводскими ТУ (ГОСТ 2036 отменен).

Высота подъема элеваторов обычно не превышает 40 м. Она в значительной степени определяется прочностью тягового органа и может быть существенно выше (до 50...60 м).

Техническая производительность P_m ковшовых элеваторов определяется по формуле

$$P_m = \frac{3,6 i v \Psi}{a}, \text{ нас. м}^3/\text{ч}, \quad (3.62)$$

где i – емкость (вместимость) ковша, дм^3 ;
 a – шаг ковша, м;
 v – скорость ленты или цепи элеватора, м/с;
 Ψ – коэффициент заполнения ковшей.

В зависимости от производительности и типа элеватора вместимость ковша i может достигать у известных конструкций 100 дм^3 .

Значения шага ковшей принимают:

- для элеваторов с расставленными ковшами $a = 2,5 \dots 3,0$ высоты ковша;
- для элеваторов с сомкнутыми ковшами a равен высоте ковша.

Значение скорости элеватора v , м/с, определяется типом тягового органа (цепь или лента), потребной производительностью, параметрами, шагом ковшей и при транспортировании ими измельченной древесины принимается:

- для цепных элеваторов до 1,25 м/с;
- для ленточных элеваторов до 2,5 м/с.

Ориентировочно значения коэффициента заполнения Ψ принимаются:

- для опилок и щепы 0,5 ... 0,9;
- для дробленых коры и древесных отходов 0,45 ... 0,6.

Меньшие значения Ψ принимаются для плохосыпучих, более влажных материалов и при меньших скоростях тягового органа элеватора с мелкими ковшами.

Производительность специальных высокопроизводительных ленточных элеваторов отечественного производства для измельченной древесины составляет до $600 \text{ м}^3/\text{ч}$. Характеристика этих элеваторов приведена в табл. 3.36.

Таблица 3.36

Основные параметры ленточных элеваторов для транспортировки измельченной древесины

Показатели	Л-750 М		Л-750	Л-1150
	I исполнение	II исполнение		
Назначение элеватора	транспортировка дробленых коры и древесных отходов	транспортировка щепы	транспортировка щепы	транспортировка щепы
Производительность, $\text{нас. м}^3/\text{ч}$	200	400	375	600
Расчетная плотность груза, $\text{т}/\text{нас. м}^3$	до 0,5	до 0,3	до 0,3	до 0,3
Ширина ленты, мм	800	800	800	1200
Ширина ковша, мм	750	750	750	1150
Шаг ковшей, мм	1500	1000	900	900
Емкость ковша, дм^3	60	60	57	88
Скорость движения ковша, м/с	2,0	2,0	1,9	1,85
Высота элеватора, м	38,6; 31,85; 25,1	38,85; 31,85; 24,85	40,1; 31,1; 22,1	40,1; 31,1; 22,1
Минимальная высота поставляемого элеватора, м	6,35	6,35	6,46	7,11
Мощность приводного электродвигателя (в зависимости от высоты элеватора), кВт	30; 22; 18	30; 22; 18	30; 22; 18	40; 30; 22
Масса элеватора (в зависимости от его высоты), т			14,8; 13,0; 9,2	23,8; 18,8; 14,4

Примечание. Завод-изготовитель – Белохолуницкий машиностроительный завод.

3.3.7.7. Пневмотранспорт измельченной древесины

Принцип действия пневматического транспорта основан на перемещении частиц груза во взвешенном состоянии потоком воздуха. Системы пневмотранспорта могут быть всасывающего, нагнетательного типа или комбинированные, в которых транспортируемый материал проходит часть пути во всасывающем трубопроводе, а часть – в нагнетательном.

Системы пневмотранспорта включают в себя транспортный трубопровод, оборудование, создающее в начале и конце трубопровода разность давления, вызывающую возникновение воздушного потока (воздуходувки, вентиляторы, эксгаустеры, вакуум-насосы), загрузочные и разгрузочные устройства.

В целлюлозно-бумажной промышленности наибольшее распространение нашли пневмотранспортные установки для измельченной древесины нагнетательного типа, в основном, средне- и высоконапорные, обладающие высокой производительностью.

На отечественных предприятиях эксплуатируется значительное число пневмотранспортеров для щепы, коры и древесных отходов большой производительности, длины и высоты подъема. Производительность некоторых из них достигает 900 нас. м³/ч. Имеются пневмотранспортеры длиной более 1200 м и высотой подъема более 60 м. Диаметр используемых трубопроводов у отдельных пневмотранспортеров составляет 820 мм.

К достоинствам этого вида транспорта относятся:

- относительная компактность транспортных трубопроводов, узлов распределения потоков и устройств для загрузки и разгрузки системы;
- возможность изменения трассы в горизонтальной и вертикальной плоскости под любыми углами;
- простота изготовления, монтажа и обслуживания оборудования;
- возможность полной автоматизации работы установок с минимальными трудозатратами;
- относительно малые по сравнению с другими видами транспорта капитальные затраты;
- высокая герметичность системы (при должном техобслуживании), позволяющая улучшить санитарно-гигиенические условия в помещениях и обеспечить охрану окружающей среды при прокладке трассы за пределами зданий.

Наряду с указанными достоинствами пневмотранспорт имеет серьезные недостатки, проявившиеся при эксплуатации пневмотранспорта на целлюлозно-бумажных предприятиях. Это:

- высокий расход электроэнергии, превышающий в 5...8 раз расход электроэнергии другими видами транспорта;
- высокий износ трубопроводов и колен;
- значительное измельчение транспортируемой щепы с образованием дополнительного количества мелочи и опилок.

Указанные обстоятельства привели к тому, что на предприятиях ЦБП постепенно осуществляется замена пневмотранспорта щепы другими видами транспорта. Новые пневмотранспортеры для щепы сооружаются только при крайней необходимости.

Установки пневмотранспорта опилок, коры и древесных отходов – материалов, для которых последний недостаток имеет меньшую актуальность, продолжают функционировать. Сооружаются новые установки.

Расчеты средне- и высоконапорных пневмотранспортных устройств для измельченной древесины выполняются по специальным методикам, разработанным ЦНИИМЭ и СибНИИЦК. Они позволяют рассчитывать пневмотранспортные установки длиной до 2000 м и производительностью до 300 т/ч. Среди зарубежных фирм основным разработчиком и поставщиком пневмотранспортных установок, в том числе, в Россию, является фирма «Редер».

3.3.7.8. Гидротранспорт древесины

Транспортировка короткомерной и длинномерной древесины по лоткам и каналам со складов штабельного и кучевого хранения сырья к древесно-подготовительным цехам широко использовалась в целлюлозно-бумажной промышленности разных стран.

Достоинствами этого вида транспорта являются:

- высокая пропускная способность (производительность);
- низкие трудозатраты на обслуживание;
- промывка бревен с отделением от них песка, грязи, мусора и др.

В настоящее время гидротранспорт круглых лесоматериалов постепенно вытесняется другими видами транспорта, сохраняясь на предприятиях, сооруженных в предшествующие годы.

Перспективным может оказаться в дальнейшем использование напорного гидротранспорта щепы по трубопроводам. На целлюлозно-бумажных комбинатах, лесопромышленных комплексах и гидролизных заводах гидротранспорт щепы и опилок может найти применение в случаях:

– прямой подачи измельченной древесины от древесно-подготовительных, лесопильных и деревообрабатывающих цехов до перерабатывающих производств (целлюлозных, древесномассных, древесноплитных, гидролизных, лесохимических) и отдельных агрегатов; щепы может подаваться непосредственно к варочным котлам, к расходным бункерам или в помещения перерабатывающих цехов для предварительного обезвоживания с последующим ее подъемом и распределением по перерабатывающим агрегатам механическими средствами;

– транспортировки щепы от открытых и закрытых складов, а также привозной щепы от приемных устройств до перерабатывающих цехов и т.д.

В установке гидравлического транспорта осуществляются следующие технологические операции:

- пульпообразование в пунктах отгрузки материала;
- транспортирование пульпы по трубам;
- прием материала в конечном пункте.

Пульпообразование осуществляется путем смешения транспортируемого материала с жидкостью в специальных смесительных камерах или бункерах. Образующаяся пульпа насосом перекачивается по трубопроводу к разгрузочному устройству, где происходит отделение материала от транспортирующей жидкости, которая может быть использована в обороте. Обезвоженный материал направляется на последующие технологические операции. В качестве транспортирующей жидкости могут быть использованы вода и варочные растворы.

При гидротранспорте можно попутно осуществить такие важные операции по подготовке сырья к переработке как промывка щепы, очистка ее от механических примесей, учет объема щепы и др. Эксперименты показали, что практически исключается измельчение щепы.

В процессе транспортирования щепы увлажняется, причем, значительно интенсивнее, чем при намокании в неподвижном состоянии. Значение коэффициента интенсивности водопоглощения щепы при ее гидротранспорте в среднем в три раза выше, чем при намокании щепы в неподвижном состоянии.

Установлено, что скорость движения гидросмеси может быть до 3 м/с, а концентрация гидросмеси – до 22...25%.

Производительность установки может достигать 250 пл.м³/ч и более. Расстояние транспортирования может достигать нескольких десятков километров.

Исследования влияния гидротранспорта на выход и качество продуктов химической переработки сосновой древесины показали:

– при прочих равных условиях щепы, прошедшая гидротранспорт, варится сульфатным способом быстрее, чем обычная щепы;

– из щепы после гидротранспортирования можно получить целлюлозу такого же выхода и практически такой же прочности, как из обычной щепы. Для этого требуется несколько сократить время стоянки на конечной температуре, что дает возможность уменьшить продолжительность варки и увеличить производительность варочных котлов.

По имеющимся сведениям в 1969 году линия гидротранспорта щепы длиной 80 км была введена в Канаде (эксплуатируется ли она в настоящее время – неизвестно). Отдельные фирмы включают элементы гидротранспорта щепы в состав технологических потоков по производству ТММ, ХТММ (например, фирма «Сунд Дефибратор», поток ХТММ на Сыктывкарском ЛПК, введенный в 1987 году, и др.).

Научно-исследовательские работы в области гидротранспорта щепы ведутся в России в СПб ЛТА им. С. М. Кирова и в СПб ГТУ РП (бывший Технологический институт ЦБП).

3.3.8. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КУЧ КРОТКОМЕРНОЙ И ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

3.3.8.1. Стакеры для формирования куч короткомерной древесины

На складах длительного хранения сырья для формирования куч короткомерной древесины применяются стакеры-кучеукладчики следующих типов:

- порталные одно- и двухстреловые, формирующие прямоугольные кучи;
- радиальные, формирующие кольцеобразные кучи;

Наиболее широкое применение нашли порталные одностреловые стакеры для формирования прямоугольных куч высотой до 30 м (рис. 3.46).

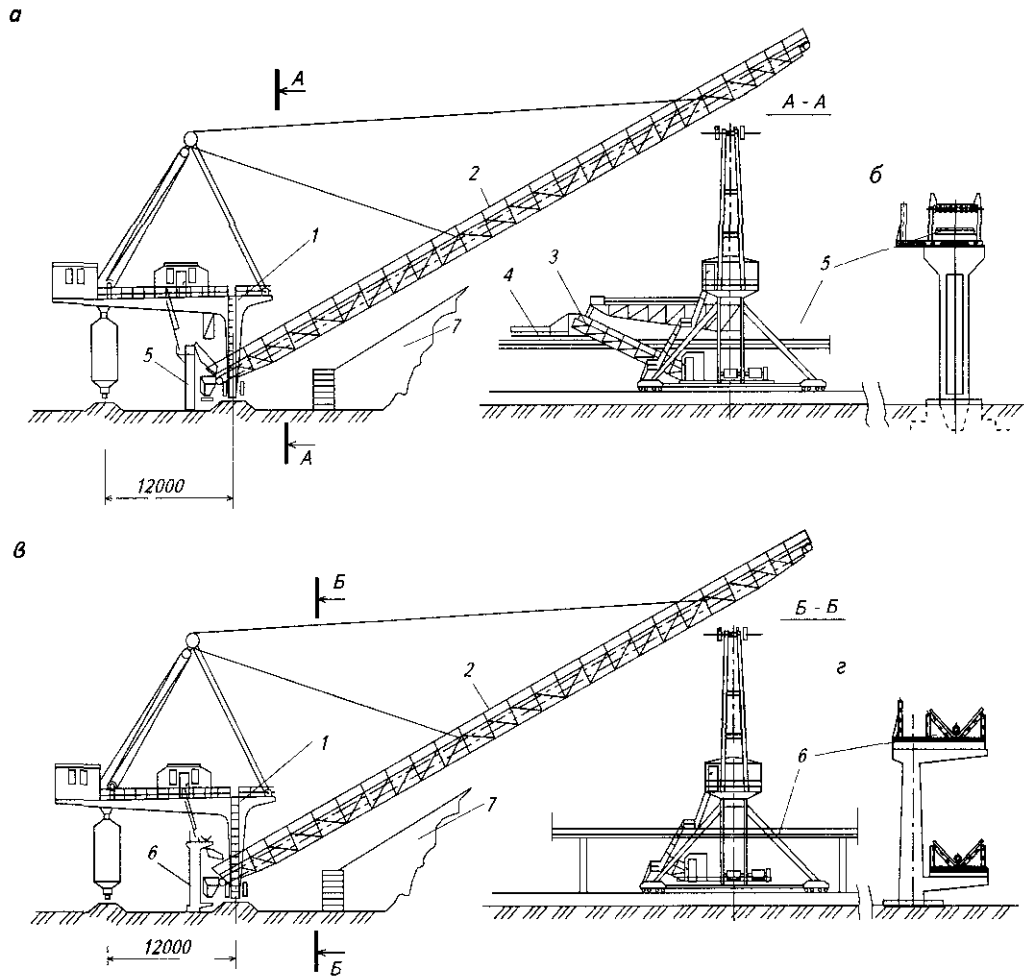


Рис. 3.46 Стакер для формирования куч коротья:

а – стакер в сборке для работы с ленточным конвейером, б – эстакада ленточного конвейера; в – стакер в сборке для работы со скребковотросовым конвейером, г – эстакада скребковотросового конвейера:

1 – портал стакера; 2 – стрела стакера с реверсивным двухцепным конвейером; 3 – наклонный двухцепной конвейер, 4 – ленточный конвейер стакера сбрасывающий; 5 – магистральный ленточный конвейер для коротья на эстакаде; 6 – магистральный скребковотросовый конвейер на эстакаде; 7 – куча коротья

Стакер состоит из передвижного портала, установленного на ходовые тележки: двухрельсовые с расстоянием между рельсами 1524 мм (со стороны кучи) и однорельсовые (со стороны удаленной от кучи). Пролет портала 12 м. На портале перпендикулярно к путям передвижения стакера шарнирно закреплена стрела, на которой установлен двухцепной реверсивный конвейер для коротья. Для изменения угла наклона и вылета стрелы на портале установлена лебедка.

В начальный период формирования кучи для снижения силы удара бревен о поверхность площадки и кучи, вызывающего размочаливание и загрязнение их торцов, высоту кучи увеличивают путем постепенного подъема стрелы. При разборке кучи конвейер, установленный на стреле, используется для подачи коротья с кучи в производство. В этом случае стрела опускается в горизонтальное положение на подкладки из бревен, а движение верхней ветви конвейера осуществляется в сторону портала.

Подача коротья к стакеру и от него осуществляется конвейером, ленточным для коротья или скребковотросовым, который располагается параллельно формируемой куче. В случае, если подача коротья с куч в производство осуществляется ленточным конвейером или верхней ветвью скребковотросового конвейера, для подъема коротья от конвейера стрелы стакера на конвейер, идущий вдоль кучи, используются дополнительный наклонный двухцепной конвейер и короткий сбрасывающий ленточный конвейер, входящие в конструк-

цию стакера (см. рис. 3.46 а, б). При использовании для подачи в производство нижней ветви скребковотросового конвейера дополнительный двухцепной и ленточный конвейеры на стакер не устанавливаются (см. рис. 3.46 в, г).

Для обрушения кучи к стреле стакера подвешен сигарообразный якорь-скрепер, приводимый в движение канатом при помощи установленной на портале стакера лебедки. Разборка кучи коротья осуществляется крапом-экскаватором, оснащенный многочелюстным грейфером, а подача коротья на конвейер стрелы стакера – посредством питателя для короткомерной древесины. Управление стакером осуществляется из пульта, расположенного на портале.

*Техническая характеристика
стакера ПС 230 конструкции завода «Сибтяжмаш»¹⁾*

Наибольшая высота отсыпаемой кучи, м	28
Наибольшая высота разгрузочного туера стакерного конвейера, м	31
Длина стрелы, м	61,36
Максимальная расчетная производительность, пл.м ³ /ч	230
Диаметр балансов, мм	80...360
Длина балансов, м	до 1,3
Скорость конвейера стакера, м/с:	
– при загрузке кучи	1,28
– при разгрузке кучи	0,64
Скорость цепей дополнительного двухцепного конвейера ²⁾ для подачи коротья на сбрасывающий ленточный конвейер, м/с	1,1
Скорость ленточного конвейера стакера, сбрасывающего коротье на размещенный вдоль кучи конвейер, м/с	1,25
Скорость передвижения стакера, м/с	0,4
Мощность электродвигателей, кВт:	
– привода стакерного конвейера	65,4/46
– лебедки подъема стрелы	55
– конвейеров дополнительного двухцепного и ленточного сбрасывающего	14
– механизмов передвижения портала	4×9,5
Угол наклона стрелы, град	от -3 до +45
Рабочий угол наклона стрелы, град	от -3 до +30
Масса стакера без противовеса, т	157,3
Масса дополнительного двухцепного и ленточного сбрасывающего конвейеров, т	~15,0
Масса противовеса, т	100

3.3.8.2 Оборудование для формирования куч измельченной древесины

К числу наиболее применяемых устройств для формирования куч измельченной древесины относятся пневмостакеры и стакеры, оснащенные механическими конвейерами. Стакеры в зависимости от формы и вместимости формируемой кучи могут быть стационарными, поворотными и передвижными.

Производительность пневмостакеров достигает 200...250 пл.м³/ч. На рис. 3.47 показан пневмостакер с подъемно-опускной стрелой. Стакеры такого типа завершают трассу системы пневмотранспорта измельченной древесины. В зависимости от длины кучи, на трассе может быть установлено несколько таких пневмостакеров. Наличие на трубе поворотного дефлектора позволяет не только гасить скорость выброса щепы, но и направлять ее в соответствующие участки кучи, снижая объем работы бульдозера, необходимой для формирования кучи. Подъем и опускание стрелы осуществляется лебедкой посредством системы тросов. Высота установки такого пневмостакера над основанием кучи определяется при проектировании.

¹⁾ Эксплуатируемые на ряде предприятий стакеры типа ПС 200 и ПС 200-2, разработанные ЛПКБ «Союзпроммеханизация», имеют производительность 200 пл.м³/ч, скорости конвейеров стрелы 0,5...1 м/с.

²⁾ Устанавливаются при использовании для подачи коротья в производство магистрального ленточного конвейера или верхней ветви скребковотросового конвейера.

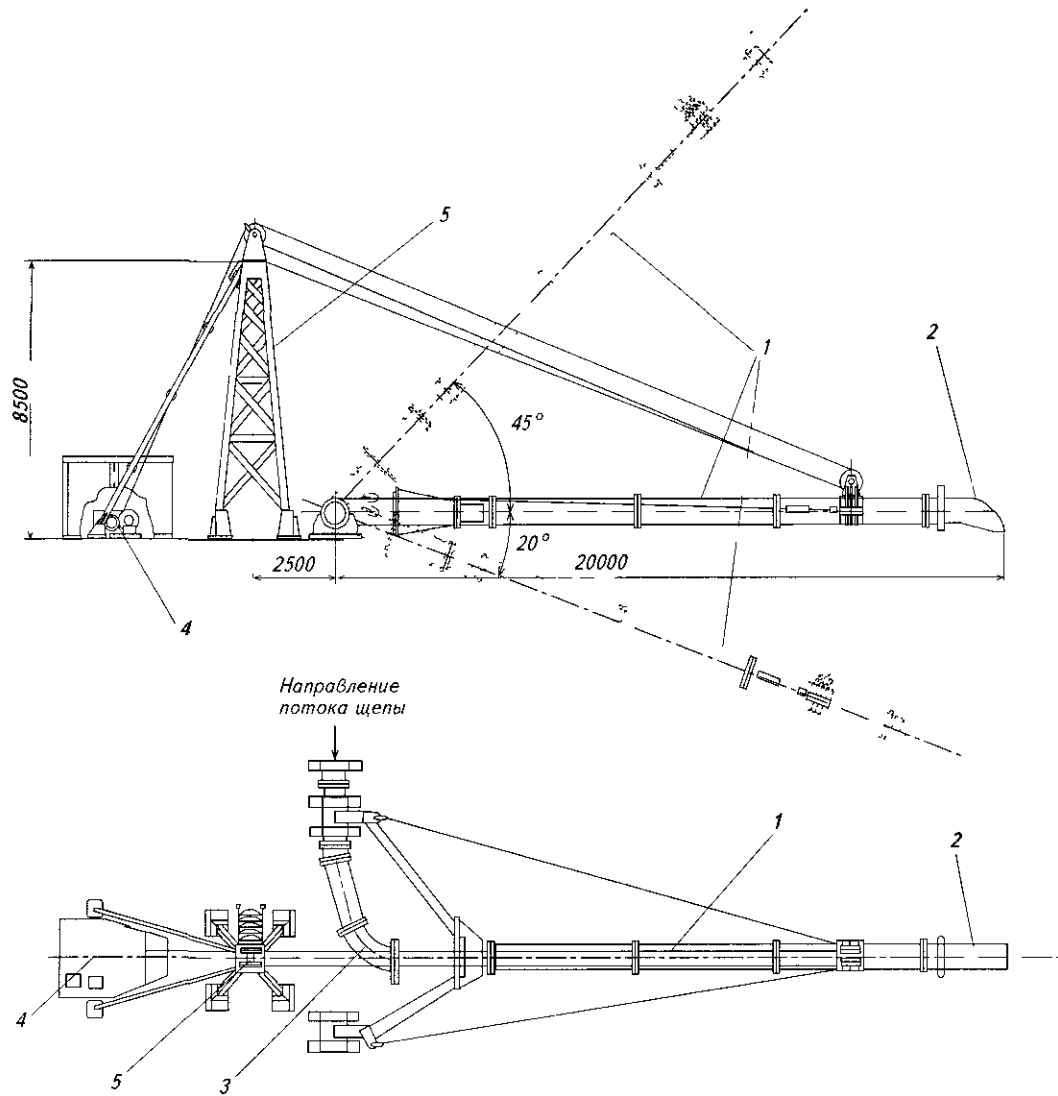


Рис 3 47 Пневмостакер с подъемно-опускной стрелой.

1 – стрела подъемно-опускная с выдувной трубой, 2 – дефлектор, 3 – котено, 4 – лебедка, 5 – башня

Техническая характеристика пневмостакера конструкции Гипролесхима с подъемно-опускной стрелой для трубы диаметром 630 мм

Высота кучи от отметки оси поворота стрелы, м	14.0
Длина стрелы (от оси поворота до конца дефлектора выдувной трубы), м	20.0
Возможное перемещение стрелы (от горизонтального положения), град:	
– вверх	45°
– вниз	20°
Механизм перемещения стрелы:	
– грузоподъемность лебедки, т	3.2
– мощность двигателя, кВт	11
– диаметр каната, мм	17,5
Управление механизмами	местное и дистанционное
Привод дефлектора	электромеханический
Масса, кг	15 100

Пневмостакеры для формирования кольцеобразных куч измельченной древесины представляют собой опорную конструкцию с поворотным устройством, приводом и стрелой, в которой размещается выдувная труба. В случае, если необходимо осуществить подъем и опускание стрелы на определенный угол, на поворотном устройстве размещается лебедка с трособлочной системой. Труба пневмотрассы, подающей щепу к стакеру, может размещаться на эстакаде, либо в канале под кучей. Она соединяется с выдувной трубой стрелы стакера шарнирными коленами с промежуточными прямыми участками трубы. Выдувная труба завершается поворотным дефлектором.

Стакеры подобного типа могут иметь стрелу длиной более 40 м. При высоте кучи 30 м и с использованием бульдозеров могут быть сформированы кучи с внешним диаметром более 200 м. На рис. 3.48 показан пневмостакер с поворотной стрелой с вылетом от оси вращения 20 м для формирования кольцеобразной кучи.

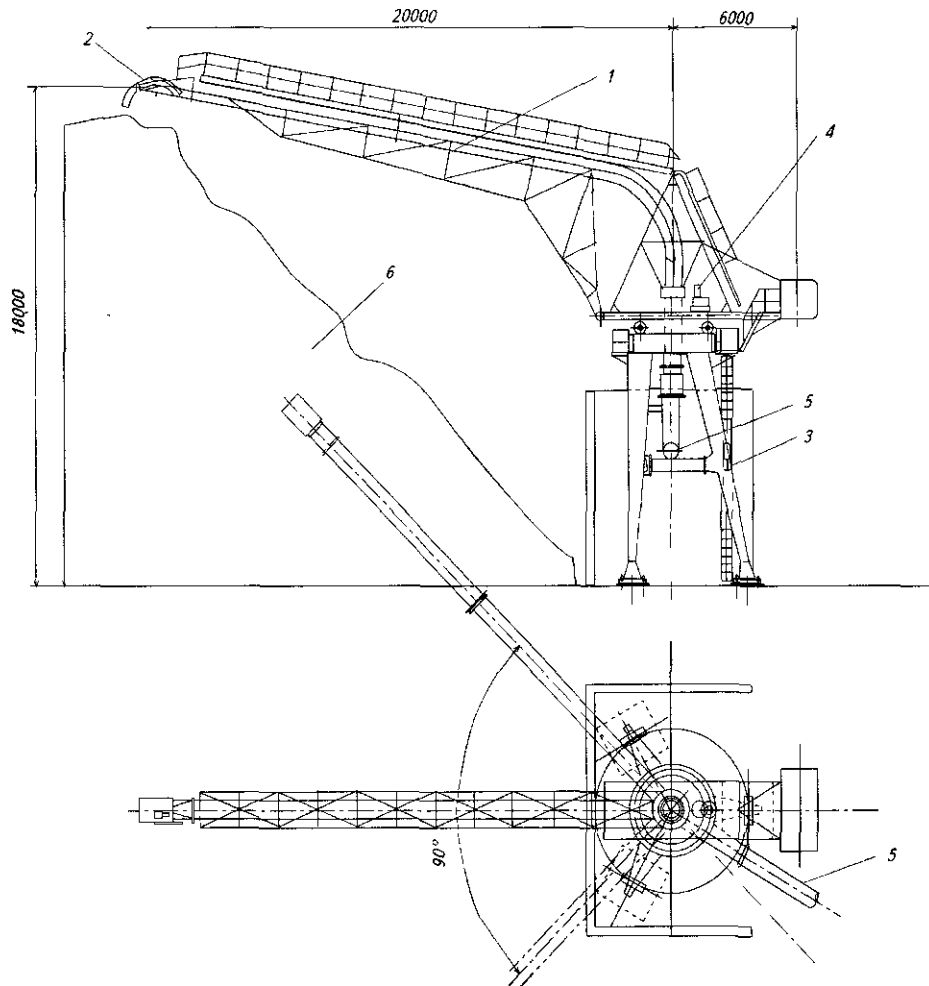


Рис. 3.48. Пневмостакер с поворотной стрелой:

1 – стрела с выдувной трубой поворотная; 2 – дефлектор; 3 – опора стакера;
4 – привод поворота стрелы; 5 – труба пневмотрассы для подвода щепы к стакеру; 6 – куча щепы

В связи с постепенным отказом от применения пневмоустановок на целлюлозно-бумажных предприятиях используют для оснащения складов щепы стакеры и другое оборудование на базе ленточных, цепных и, реже, шнековых конвейеров.

Стакеры такого типа для формирования кольцеобразных куч имеют железобетонную или металлическую опорную конструкцию, на которой размещена поворотная или стационарная башня с горизонтальной, слабонаклонной либо подъемно-опускной стрелой (как правило, угол наклона не более $\pm 12^\circ$). На стреле размещен конвейер для подачи щепы на кучу. Привод поворота башни, стрелы, а также механизмы для подъема и опускания стрелы размещаются на стакере. Максимальный вылет стрелы в настоящее время по сообщению фирм, специализирующихся на создании подобного оборудования, не превышает 45 м. Подача щепы на ста-

кер осуществляется конвейером, размещаемым на эстакаде, перебрасываемой через кучу и опирающейся на специальную опору на башне стакера. Производительность стакеров, оснащенных ленточными конвейерами может достигать 300...400 пл.м³/ч и более.

На рис. 3.49 приведен поворотный стакер фирмы «FMW», предназначенный для формирования кольцеобразной кучи, со стрелой длиной до 42,5 м, оснащенной ленточным конвейером. На рисунке также показано

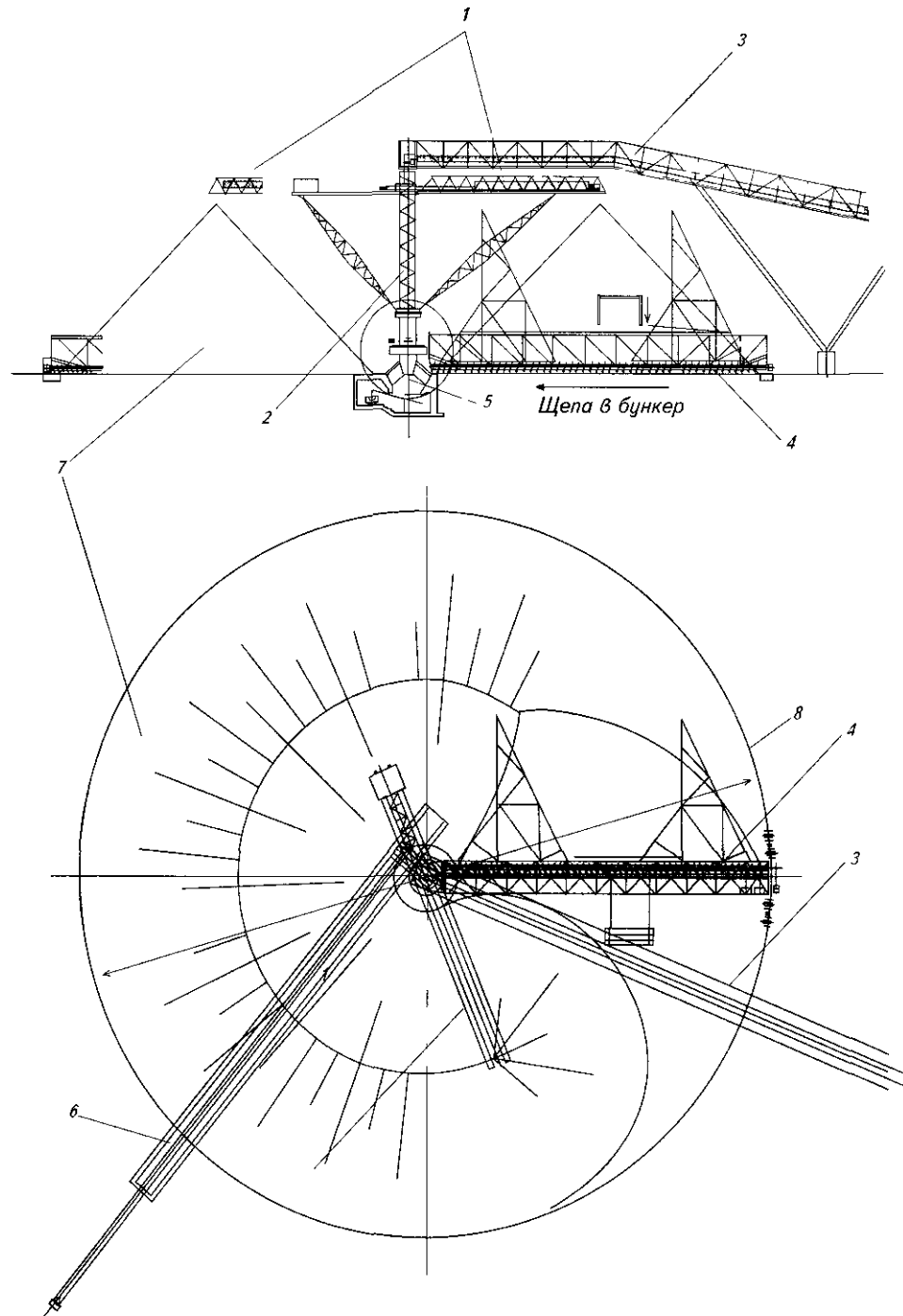


Рис 3 49 Поворотный стакер с ленточным конвейером на стреле

- 1 – стрела стакера, 2 – опорная конструкция, 3 – эстакада конвейера для подачи щепы на стакер,
 4 – шнековое поворотное разгрузочное устройство, 5 – бункер с питателем для приема щепы с кучи,
 6 – подземная галерея конвейера для подачи щепы с кучи, 7 – куча щепы,
 8 – кольцевой путь для передвижения шнекового разгрузочного устройства (поз 4)

специальное поворотное шнековое устройство, предназначенное для разборки кучи и подачи щепы на питатель, размещенный под осью вращения стрелы стакера.

Формирование прямоугольной кучи может осуществляться с применением передвижного стакера с ленточным или цепным конвейером на стреле. Такой стакер передвигается по путям, размещаемым вдоль кучи (см. рис. 3.18 г). Куча имеет в сечении треугольную либо трапециевидную форму. При высоте 30 м ее ширина может быть 55...60 м (при треугольной форме сечения кучи) и более (при трапециевидной форме). Разборка такой кучи может осуществляться порталным скребковым разгрузчиком, передвигающимся вдоль кучи по рельсовым путям. Рабочая стрела разгрузчика опускается на кучу и послойно подает измельченную древесину из кучи на магистральный конвейер, размещенный вдоль нее. Разборка такого склада может осуществляться также и шнековыми разгрузчиками (см. п. 3.3.10). При больших габаритах куч такого типа для их разборки дополнительно могут использоваться бульдозеры.

3.3.9. УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАСФОРМИРОВАНИЯ ПУЧКОВ, ПАЧЕК, ПАКЕТОВ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

3.3.9.1 Устройства для роспуска пучков длинномерной древесины

Технологические процессы приема, хранения, подготовки и транспортировки древесного сырья целлюлозно-бумажных предприятий предусматривают разобшение пучков, пачек, пакетов круглых лесоматериалов на отдельные бревна.

К числу операций, при выполнении которых необходимо обращение с отдельными бревнами, относятся:

- раскряжевка (поперечная распиловка) длинномерных сортиментов на коротье;
- раскряжевка хлыстов;
- окорка хлыстов и сортиментов в корообдирочных устройствах с кулачковыми, ножевыми, цепными рабочими органами и при гидравлической окорке;
- раздельная подача бревен на один, два или три потока;
- сортирование хлыстов и сортиментов по породам, качеству, длинам, диаметрам и пр.

Для осуществления поштучной подачи хлыстов и сортиментов с разделением пучка, пачки, пакета разработаны различные по конструкции устройства, большая часть которых представляет собой систему многоцепных поперечных конвейеров. Помимо установок с цепным тяговым органом существуют конструкции, в которых пачки лесоматериалов разделяются в результате вибрации площадки, на которую она уложена, либо в качестве тягового органа используются винты.

Простейшими механизмами с многоцепными тяговыми органами, обеспечивающими выполнение этой операции, являются разобшители разных типов. Обычно разобшитель выполнен в виде сварной рамы, состоящей из гладкой наклонной площадки и рабочей площадки гребневого профиля. Гладкая наклонная площадка установлена под углом 40° к горизонтالي и образует с наклонной рабочей площадкой бункер. На рабочей площадке смонтированы неподвижные гребни, разделяемые на зоны участками для прохода цепей поперечного конвейера. Цепи конвейера оснащены упорами-толкателями, размещенными с интервалом 640...960 мм (при шаге цепей 160 мм). Уложенная в бункер пачка круглых лесоматериалов размещается на наклонной площадке и гребнях рабочей площадки. При проходе под пачкой цепей многоцепного конвейера их упоры (толкатели) приподнимают пачку над гребнями, выталкивают отдельные бревна вверх в направлении движения цепей и сбрасывают их с разобшителя.

Ниже приведены характеристики разобшителя для пачек сортиментов ЛТ-80 и разобшителя хлыстов ЛТх-80С (рис. 3.50).

Техническая характеристика разобшителя ЛТ-80 конструкции СевНИИП

Вместимость бункера, пл.м ³	15
Параметры бревен:	
– длина, м	4,0...6,5
– диаметр, см	6.. 60
Скорость движения цепей с упорами-толкателями, м/с	0,5
Количество цепей, шт	5
Превышение толкателей над гребнями рабочей площадки, мм	85
Мощность двигателя, кВт	7,5
Масса, кг	9400
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), м:	8,0×7,0×2,6

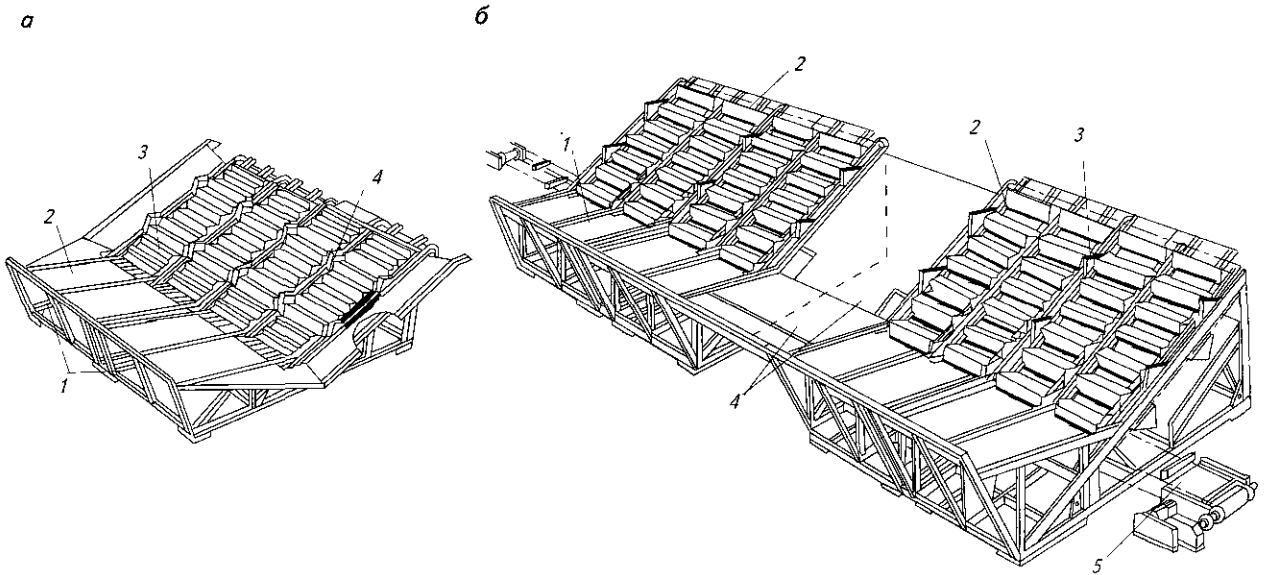


Рис. 3.50 Разобцители пачек сортиментов и хлыстов:

а – разобцитель ЛТ-80:

1 – рама разобцителя; 2 – гладкая наклонная площадка; 3 – рабочая гребневидная площадка; 4 – тяговая цепь с упорами-толкателями;

б – разобцитель хлыстов ЛТХ-80С:

1 – гладкая наклонная площадка секции разобцителя; 2 – рабочая гребневидная площадка секции разобцителя; 3 – тяговая цепь с упорами-толкателями; 4 – наклонные площадки между секциями, 5 – конвейер для уборки мусора

Техническая характеристика разобцителя хлыстов ЛТХ-80С конструкции СевНИИП

Наибольший объем, пл. м ³ :	
– обрабатываемой пачки	25
– выдаваемого хлыста	4,9
Диаметр одновременно обрабатываемых хлыстов, см:	
– наибольший	100
– наименьший	10
Длина одновременно обрабатываемых хлыстов, м:	
– наибольшая	35
– наименьшая	8
Количество тяговых цепей, шт	10
Мощность установленных двигателей, кВт	30
Цикл выдачи хлыста, с	6,5...10,0
Производительность по чистому времени работы при среднем объеме хлыста 0,75 м ³ , пл.м ³ /ч	170
Габариты разобцителя (длина × ширина × высота), м	16,0×7,5×3,0

На рис. 3.51 приведены принципиальные схемы более сложных многоцепных устройств для роспуска пучков круглых сортиментов и хлыстов, встраиваемых в различные сортировочные и раскряжевочные агрегаты.

Устройство (рис. 3.51 а) может быть использовано для сортировочных установок (сортирование по длине, диаметру, качеству окорки и т.д.). Оно состоит из приемного многоцепного стола, многоцепного растаскивающего конвейера со скоростью цепей, превышающей скорость цепей приемного стола, и многоцепного подъемника-выравнивателя. На цепях первых двух элементов устройства захваты-упоры установлены на каждой цепи, на подъемнике – захваты групповые, ламельные, соединяющие две цепи и образующие сплош-

ную ступеньку по ширине устройства. Сортименты по несколько штук сбрасываются с головной части растаскивающего конвейера в бункер, образованный между ним и подъемником. Движущиеся вверх под углом $40...50^\circ$ цепи подъемника захватами выбирают из бункера сортименты поштучно (редко по два), выравнивают их, благодаря ламельному типу захвата, и подают на сортировочные устройства.

Устройство (рис. 3.51 б) используется на современных установках для приема и распиловки пачек сортиментов. Здесь роль подъемника выравнивателя выполняет многоцепной с ламельными захватами конвейер слешера. Подобную принципиальную схему имеют отечественные агрегаты для приема и распиловки бревен «Комби», рассмотренные в п. 3.5.

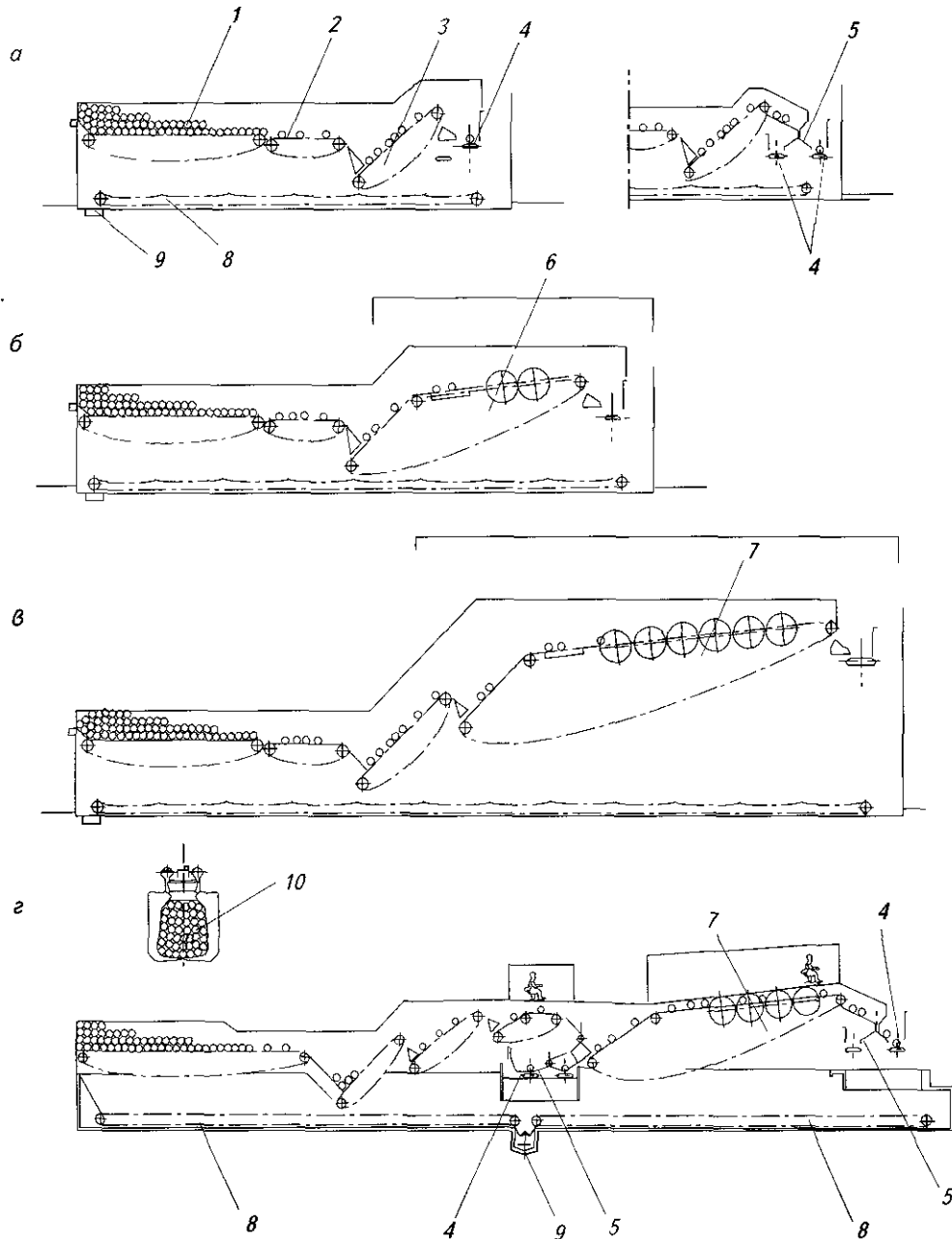


Рис. 3.51. Принципиальные схемы устройств для роспуска пучков сортиментов и хлыстов:

- 1 – многоцепной приемный стол; 2 – многоцепной растаскивающий конвейер; 3 – ламельный цепной подъемник; 4 – приемный конвейер; 5 – распределительный пересып; 6 – слешер для поперечной разделки сортиментов; 7 – слешер для поперечной разделки хлыстов; 8 – многоцепной конвейер для сбора и удаления древесных отходов; 9 – конвейер для транспортировки отходов на утилизацию; 10 – грейфер с пачкой круглых лесоматериалов

На рис. 3.51 в и 3.51 г показаны устройства, встраиваемые в агрегаты для раскряжевки и сортировки хлыстов. Устройство на рис. 3.51 в используется в агрегате для поперечной раскряжевки хлыстов, а устройство на

рис. 3.51 г предназначено для предварительного отбора хлыстов, направляемых в другие потоки и для подачи на раскряжевку оставшихся хлыстов.

Привод устройств – электромеханический (через цепные или клиноременные передачи) или электрогидравлический (со ступенчатым либо бесступенчатым регулированием скоростей).

Все современные устройства для роспуска и распиловки бревен имеют систему сбора и удаления мусора и древесных отходов.

Загрузка устройств осуществляется кранами либо лесопогрузчиками.

Управление всеми установками для роспуска пучков круглых лесоматериалов производится дистанционно из пульта управления.

Техническая производительность устройств для роспуска пучков сортиментов длиной 4...6,5 м может достигать 150...250 пл.м³/ч, а устройств для роспуска пучков хлыстов – 200...400 пл.м³/ч в зависимости от объема пачек, длины и объема хлыстов и сортиментов и др.

3 3.9.2. Питатели для короткомерной древесины

Для дозированной подачи короткомерной древесины на средства непрерывного транспорта используются цепные и тарельчатые (дисковые) питатели.

Цепные питатели изготавливаются двух- или многоцепными с захватами на каждой цепи, соединяющими соседние цепи, либо пластинчатыми. Некоторые типы цепных питателей не имеют захватов на цепях. Питатели коротыя цепного типа, как правило, горизонтальные либо слабонаклонные (до 3...5°). Для поштучного дозирования коротыя применяются крутонаклонные (25...45°) цепные питатели с ламельными захватами.

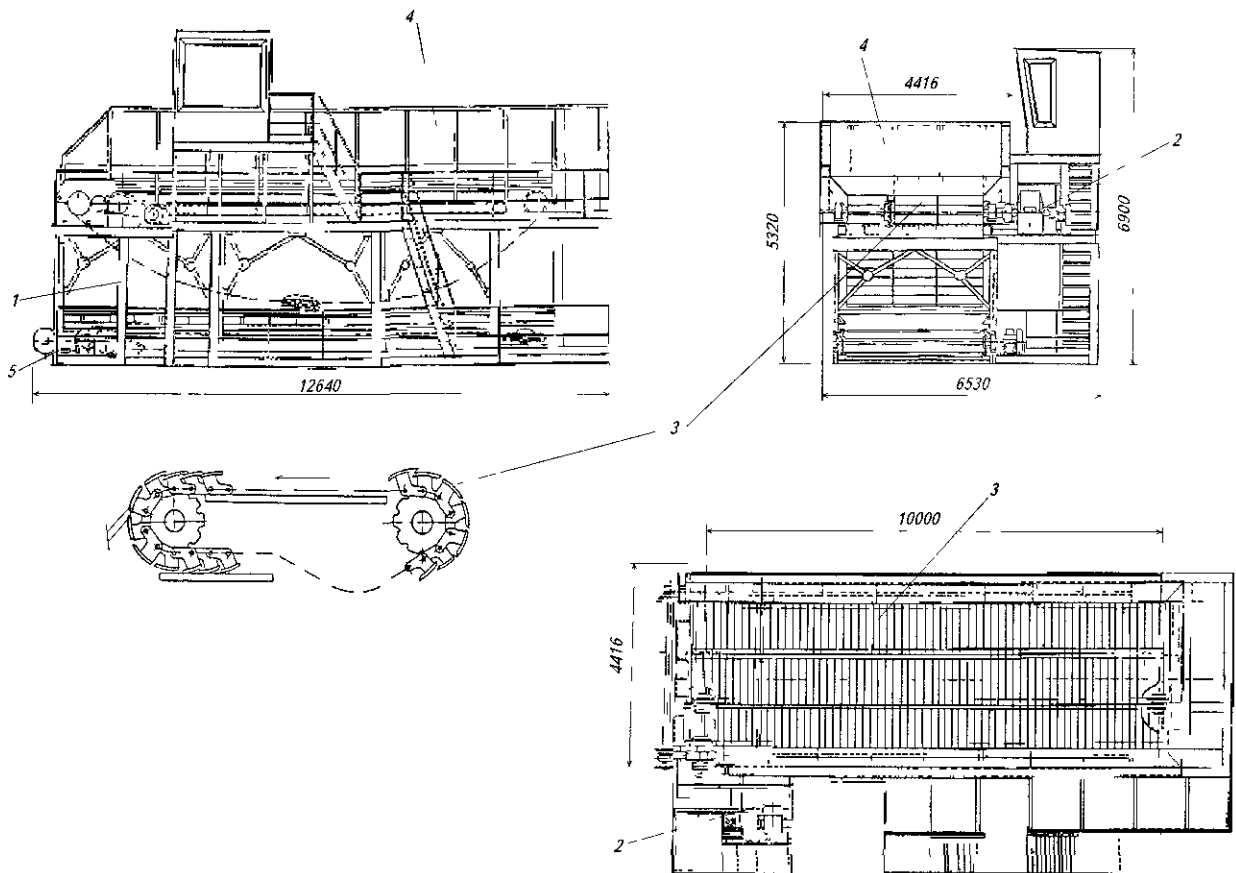


Рис 3.52. Питатель коротыя пластинчатый (панцирный) стационарный:

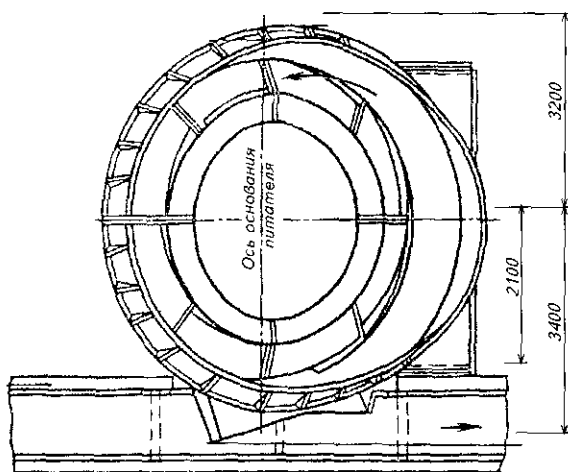
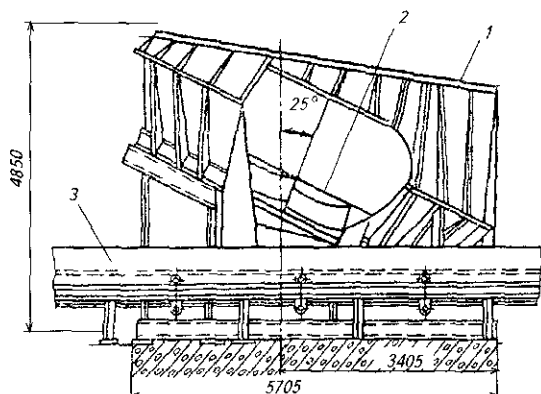
1 – металлоконструкция опорная, 2 – привод питателя; 3 – грузонесущее полотно;
4 – короб-бункер питателя; 5 – конвейер цепной скребковый для сбора и удаления отходов

Пластинчатый питатель конструкции АО «Союзлесмонтаж» (рис. 3.52) представляет собой устройство конвейерного типа, грузонесущим и тяговым органом которого являются, как правило, три двухцепные пластинчатые секции шириной 1050 мм. Грузонесущее полотно состоит из пластин выпуклого сечения, прикрепленных посредством кронштейнов и пальцев к тяговым цепям. Количество секций питателя и его длина могут меняться в зависимости от потребной производительности и технологических требований. Питатель обладает повышенной сопротивляемостью к ударным нагрузкам от груза, падающего с высоты (например, при разгрузке грейфера). Питатель может быть стационарным либо передвижным (на салазках), привод питателя многоскоростной. Загрузка питателя осуществляется кранами либо лесопогрузчиками.

Техническая характеристика трехсекционного пластинчатого питателя коротья типа ПКП конструкции АО «Союзлесмонтаж»

Производительность, пл.м ³ /ч	80...120
Рабочая ширина, мм	4000
Суммарная ширина цепного полотна, мм	3200
Скорость цепного полотна, м/с	0,028...0,085
Мощность привода, кВт	5/8/8,5/12
Масса, т:	
– стационарного (при длине питателя 10 м)	50
– передвижного (при длине питателя 5 м).....	25...30

Наиболее распространенным в России из дисковых питателей для коротья являются питатели конструкции инженера Ю. А. Васина моделей 325М и ДЛ-50 (рис. 3.53).



Питатели этих моделей состоят из наклонного диска (тарели) с сегментовидными ступеньками, размещенными на его периферии, и бункера с окном для выхода коротья. При вращении диска ступеньки захватывают одно или несколько бревен и подают их к разгрузочному окну на располагаемый за ним приемный конвейер. Конструкция питателя позволяет свести к минимуму просыпь мусора под тарель. Весь мусор (древесный лом и минеральные включения) высыпается на конвейер вместе с коротьем.

Техническая характеристика питателя коротья ДЛ-50

Производительность питателя (макс.), пл.м ³ /ч	200
Емкость бункера (рабочая), м ³	15
Частота вращения диска, с ⁻¹	0,081/0,06/0,04
Линейная скорость на периферии диска, м/с	1,25/0,94/0,63
Диаметр диска, м	5
Характеристика перерабатываемой древесины:	
– диаметр, мм	до 700
– длина, мм	до 2000
Мощность привода, кВт	48/36,2/32,7
Масса питателя, т	26,3
Требуемая скорость приемного конвейера м/с, не менее	1,5
Максимальный угол наклона приемного конвейера к горизонтали, град.	±6

Рис. 3.53. Питатель автоматический для коротья ДЛ-50:

1 – бункер; 2 – наклонный диск; 3 – конвейер ленточный приемный

3.3.10. ПИТАТЕЛИ–РАЗГРУЗЧИКИ СКЛАДОВ И ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

3.3.10.1. Шнековые питатели-разгрузчики

Шнековые питатели-разгрузчики могут быть радиальными полноповоротными, передвижными и стационарными. Основной особенностью шнековых питателей является постепенное увеличение вместимости зоны между соседними витками винта в направлении от начала участка загрузки питателя к зоне разгрузки. Это достигается увеличением шага винта и (или) диаметра винта при сохранении либо некотором увеличении диаметра вала.

Обобщенные параметры поворотных и передвижных питателей-разгрузчиков, изготавливаемых различными фирмами (рис. 3.54), приведены в табл. 3.37.

Радиальные полноповоротные питатели-разгрузчики состоят из приводной поворотной опоры, располагаемой над разгрузочным окном, и установленного на опоре вращающегося шнека с переменным шагом винта и диаметром вала. В зависимости от конструкции разгрузчика и длины шнека он может быть консольным или с опиранием противоположной приводной опоре участка шнека, снабженного катком, на круговой рельс.

Передвижные шнековые питатели-разгрузчики состоят из передвижного приводного устройства и шнека с переменным шагом винта и диаметром вала. Питатель может быть одноопорным (с консольным шнеком), либо двухопорным, у которого шнек опирается не только на приводное устройство, но и на опорное устройство, размещенное со стороны противоположной приводному устройству. Разгрузчики-питатели передвигаются по параллельным двух или трех рельсовым путям, число которых зависит от конструкции питателей. Разгрузка склада передвижным питателем осуществляется на конвейер, размещаемый под питателем со стороны приводной станции.

Стационарные шнековые питатели, как правило, размещаются на дне бункеров разной высоты и состоят из одного или нескольких винтов, представляющих собой «живое дно». Если количество винтов более одного, их обычно устанавливают четное число (2, 4, 6 и т. д.) и они попарно вращаются навстречу друг другу.

На рис. 3.13 (см. п. 3.2.3) показано применение такого питателя с одним винтом в приемном устройстве для щепы железнодорожной поставки.

На рис. 3.55 показаны варианты применения стационарных шнековых питателей для оснащения ими небольших складов измельченной древесины и приемных устройств.

Бесступенчатое регулирование производительности питателя осуществляется с применением гидропривода, привода постоянного тока, либо привода переменного тока с регулированием частоты.

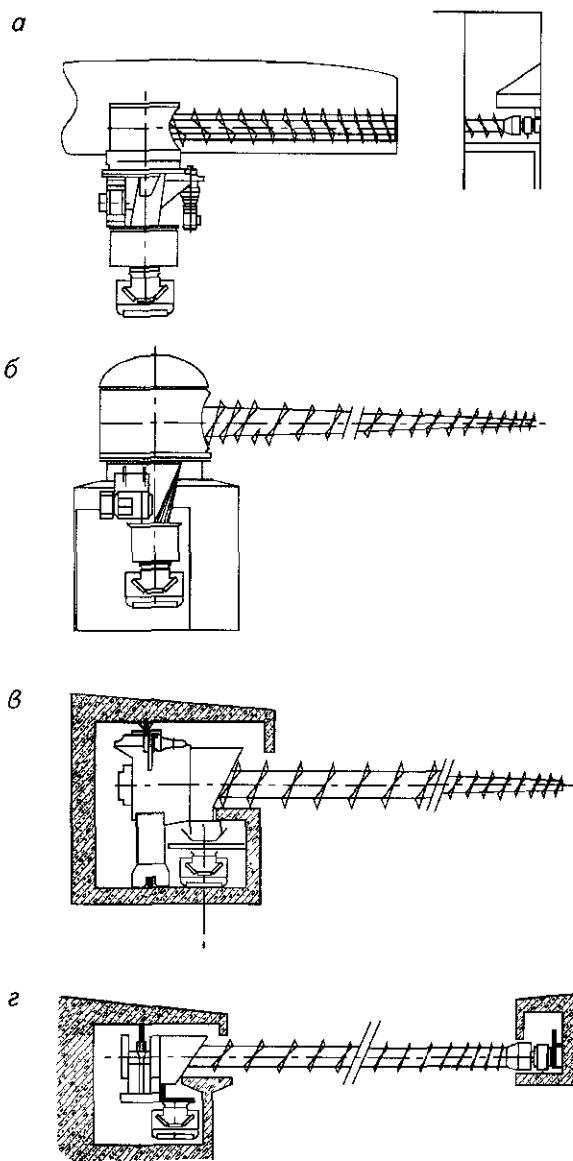


Рис. 3.54. Шнековые питатели-разгрузчики для складов измельченной древесины:

- а – разгрузчик полноповоротный консольный или опорный;
 б – разгрузчик полноповоротный консольный, в – разгрузчик передвижной одноопорный консольный; г – разгрузчик передвижной двухопорный

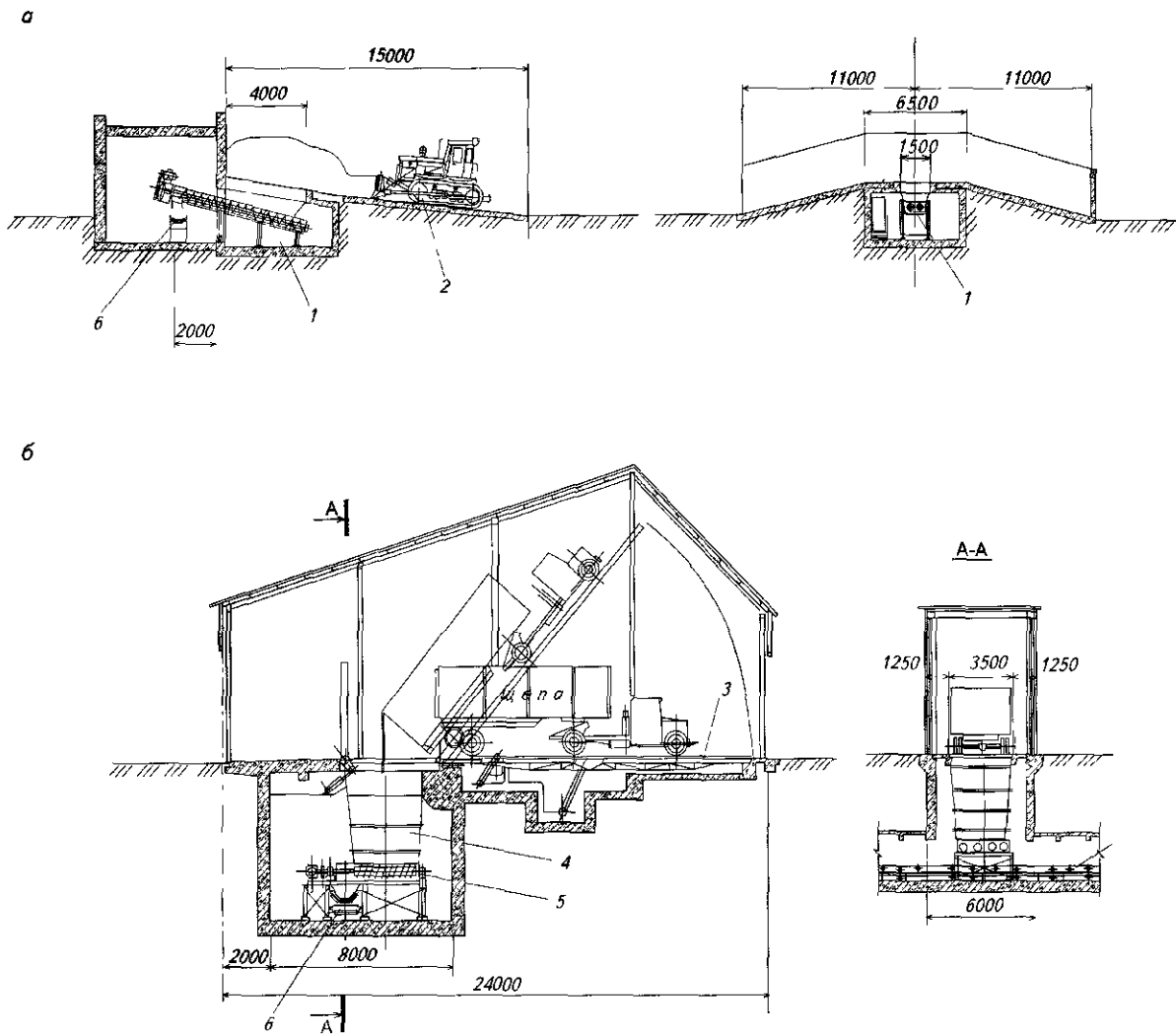


Рис. 3.55. Стационарные шнековые питатели:

а – двухвинтовой шнековый питатель-разгрузчик для отбора измельченной древесины с открытого склада;

б – четырехвинтовой шнековый питатель-разгрузчик бункера в приемном устройстве для щепы автомобильной поставки;

1 – бункер с двухвинтовым питателем; 2 – бульдозер; 3 – автомобилеопрокидыватель, 4 – бункер приемного устройства для щепы; 5 – четырехвинтовой питатель, 6 – конвейер для транспортировки щепы в производство

3.3.10.2. Разгрузчики типа Нелр

Такие разгрузчики предназначены для бункеров с круглым плоским дном (рис. 3.56). Бункера с разгрузчиками типа Нелр обычно используют для промежуточного хранения щепы и опилок перед их подачей в технологический процесс, например, в потоках ТММ, ХТММ и др., для аккумуляирования значительного количества щепы перед подачей ее за короткий период в котлы периодической варки, для предварительной пропарки и разогрева щепы, опилок и пр.

Разгрузчик размещается на дне бункера и состоит из приводимого в движение гидравлическим приводом, четырехлопастного устройства, совершающего вращательное возвратно-поступательное движение вокруг оси, расположенной в центре бункера. В сечении лопасть подобна сечению «ступенек» стокерного питателя (прямоугольная трапеция), а перемещение лопастью материала в бункере идентично тому, как это осуществляется «ступеньками» стокера (см. п. 3.3.10.3).

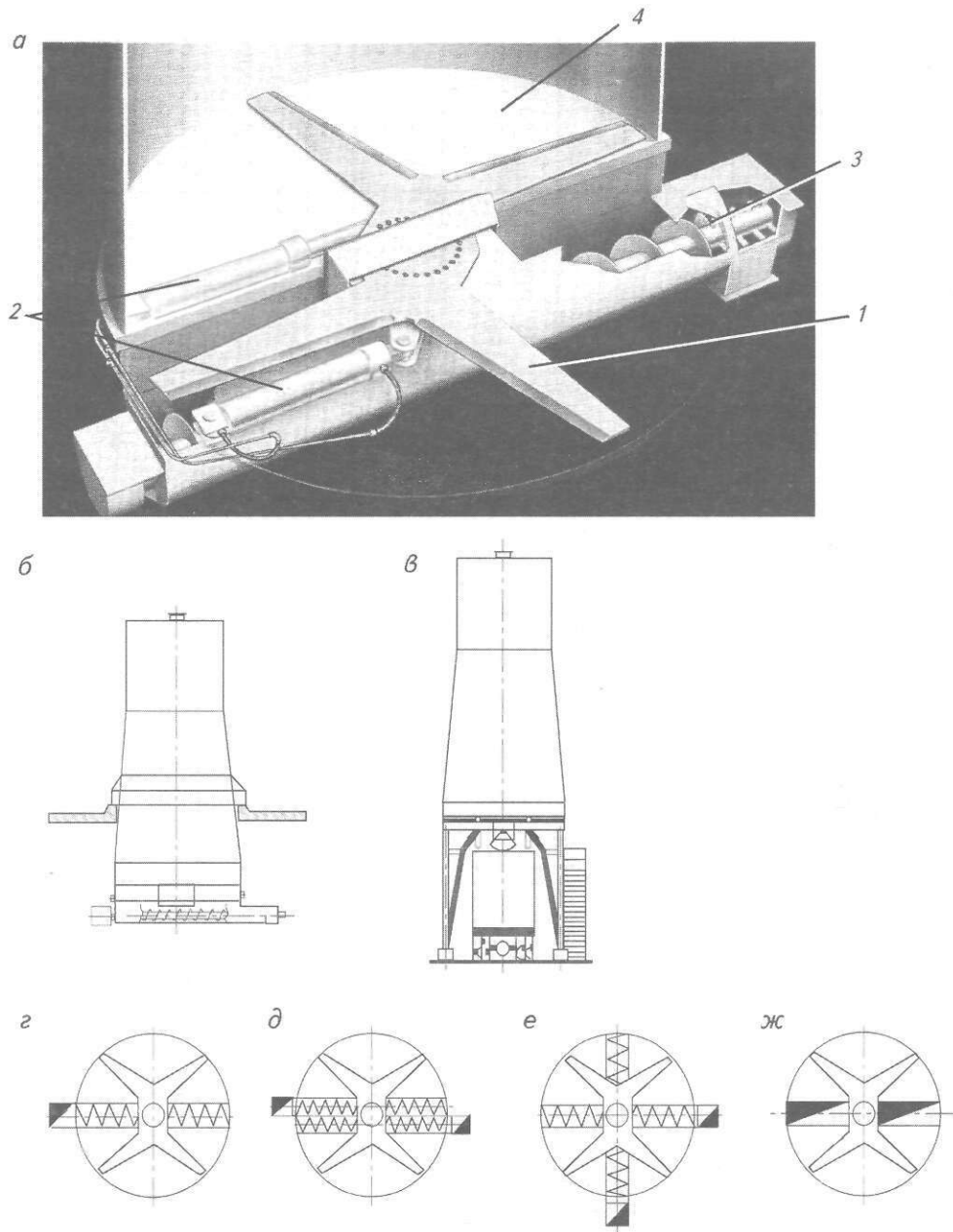


Рис. 3.56. Питатель-разгрузчик типа Helpr:

а – питатель типа Helpr:

1 – лопасти питателя; *2* – гидропривод; *3* – винтовой приемный конвейер; *4* – дно силоса;

б – силос с питателем Helpr и приемным шнеком (см. *г*, *д*, *е*); *в* – силос с питателем Helpr, отверстием в дне силоса и челюстным затвором (см. *ж*); *г*... *ж* – размещение разгрузочных отверстий в дне силоса: *г*, *д*, *е* – для силосов с дозированной выгрузкой приемными шнеками; *ж* – для быстрой загрузки транспортного средства (вместо приемного шнека – челюстной затвор)

Разгрузка бункера осуществляется через прямоугольные отверстия в дне бункера на винтовые конвейеры, размещаемые под его дном. При разгрузке таким способом может быть достигнута большая точность дозирования выгружаемого материала (до 99%). Разгрузка бункера может осуществляться и на другие средства непрерывного транспорта, а также в кузова подвижного состава. Параметры разгрузчиков и складов, организуемых с их использованием, представлены в табл. 3.37.

Таблица 3.37

Параметры питателей-разгрузчиков для открытых и закрытых складов измельченной древесины

Тип склада	Тип и наименование питателя-разгрузчика	Хранимый материал	Параметры питателя-разгрузчика			Параметры склада		
			ширина рабочей зоны передвигающего разгрузчика, м	длина радиального разгрузчика от оси поворотной опоры, м	производительность, нас.м ³ /ч	ширина прямоугольного склада, В, м	диаметр круглого склада, D, м	высота складирования, H, м
Силос или бункер цилиндрической или конической формы с плоским дном	Разгрузчик шнекового типа полноповоротный или консольный или двухопорный, рис. 3.54 а	щепа	—	3...13,5	до 2000	—	6...28	до 30, но не более 3D
			—	с опорным разгрузчиком 11,5...16,5	до 2000	—	24...34	до 30
			—	3...9	до 250	—	6...18	до 15, но не более 1,5D
Открытый склад прямоугольный, круглый, кольцеобразный. Закрытый прямоугольный склад шатрового типа	Разгрузчик шнекового типа полноповоротный консольный, рис. 3.54 б	щепа кора и древесные отходы	—	7,5...14,5	до 2000	см. прим.3	см. прим.3	до 30
			—	3...9	до 250	см. прим.3	см. прим.3	до 15
Бункер прямоугольной формы	Разгрузчик передвижной одноопорный консольный, рис. 3.54 в	щепа кора и древесные отходы	5...13	—	до 1500	5...13	—	до 30, но не более 3B
			5...8	—	до 350	5...8	—	до 12, но не более 1,5B

Тип склада	Тип и наименование питателя-разгрузчика	Хранимый материал	Параметры питателя-разгрузчика			Параметры склада		
			ширина рабочей зоны передвижного разгрузчика, м	длина радиального разгрузчика от оси поворотной опоры, м	производительность, нас.м ³ /ч	ширина прямоугольного склада, В, м	диаметр круглого склада, D, м	высота складирования, H, м
Открытый склад прямоугольной формы. Закрытый прямоугольный склад шатрового типа	Разгрузчик передвижной одноопорный консольный (могут быть установлены 1 разгрузчик или, на параллельных путях, 2 разгрузчика), рис. 3.54 в	щепа, опилки	до 13	–	до 1500	16...40	–	до 20
		кора и древесные отходы	до 10	–	до 350	до 30	–	до 15
Открытый склад прямоугольной формы. Закрытый прямоугольный склад шатрового типа	Разгрузчик передвижной двухопорный (могут быть установлены 1 разгрузчик или, на параллельных путях, 2 разгрузчика), рис. 3.54 г	щепа	6...20	–	до 1600	10...60	–	до 30
		кора и древесные отходы	6...10	–	до 350	10...30	–	до 15
Силоса или бункеры цилиндрической формы (с плоским дном) для технологической подготовки и дозированной выдачи щепы	Разгрузчик четырехлопастной типа Нерп, рис. 3.56	щепа, опилки	–	–	до 1200	–	2,5...10	3...25

- Примечания. 1. Таблица составлена на основании проспектов различных фирм. Известны отдельные склады и разгрузчики с параметрами, превышающими указанные в таблице.
2. Разработка и изготовление разгрузчиков-питателей для измельченной древесины осуществляется отдельными отечественными (по спецзаказам) и значительным числом зарубежных фирм, из которых наиболее известны на отечественных предприятиях ЦБП фирмы «Андрец», «ВМН», «FMW», «Клекнер», «MANTAKRAF», «Ленстрем».
3. Параметры склада и питателей-разгрузчиков определяются при проектировании с учетом требований технологии, условий генплана и правил пожарной безопасности.

3.3.10.3. Питатели-разгрузчики стокерного типа

Стокерные питатели-разгрузчики состоят из одной или нескольких двух- или одноштанговых «лестниц», совершающих при работе возвратно-поступательное движение (рис. 3.57).

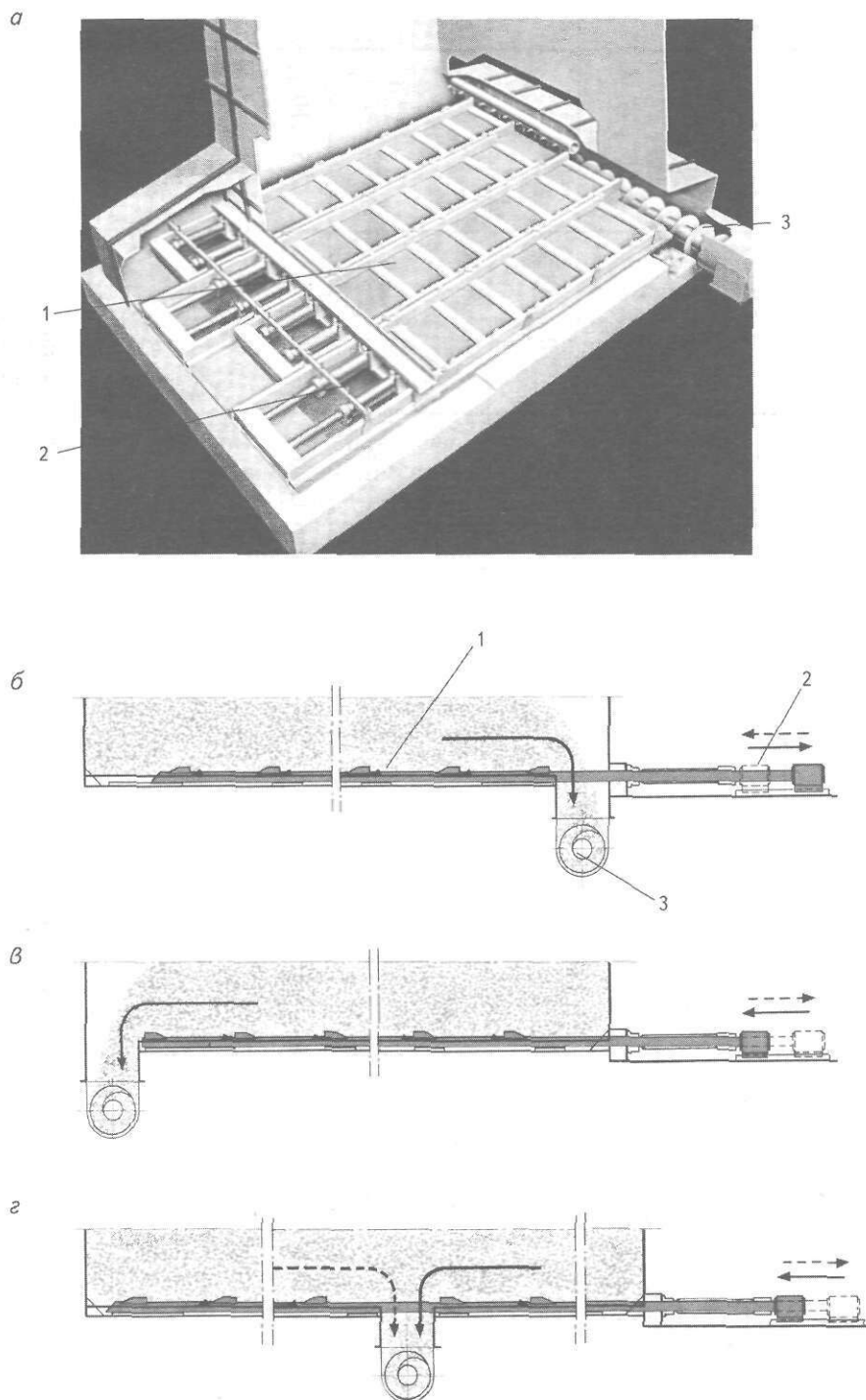


Рис. 3.57. Питатели-разгрузчики стокерного типа:

а – склад для измельченной древесины со стокерным питателем; б – тянущий стокерный питатель; в – толкающий стокерный питатель; г – стокерный питатель двойного действия;

1 – секция стокерная; 2 – гидропривод; 3 – шнек приемный

Разгрузчики размещаются на дне открытого или закрытого склада или емкости (например, в бункере приемных устройств для щепы) под хранимым в нем материалом, перекрывая всю площадь дна.

«Ступеньки» «лестниц» имеют в сечении форму, близкую к форме прямоугольной трапеции. При движении вперед стороной, перпендикулярной основанию, «ступеньки» захватывают и проталкивают некоторое количество материала, а при движении в обратном направлении (вперед – наклонной боковой стороной) проходят под хранимым материалом практически без его возвращения назад. Возвратно-поступательное движение «лестницы» обеспечивает выдачу материала из склада на приемный конвейер, например, ленточный, цепной скребковый или шнековый, который размещается либо у одного из торцов разгрузчика, либо под его серединой ниже дна бункера или покрытия открытого склада.

Привод стокерного разгрузчика – гидравлический, индивидуальный для каждой секции. Он может располагаться с любой стороны разгрузчика – спереди или сзади.

Разгрузчик, как правило, выполняется горизонтальным, однако при необходимости может быть наклонным.

Штанги разгрузчиков движутся по металлическому дну бункеров либо по металлическим направляющим, заложеным в бетонное дно бункеров или бетонное покрытие поверхности открытого склада.

Производительность разгрузчика достаточно высока. Она определяется параметрами «лестницы», количеством работающих «лестниц», частотой возвратно-поступательных движений привода. Возможная остановка одной или нескольких «лестниц» не влияет на эффективность «лестниц», оставшихся в работе.

Фирмой «Андриц», например, разработаны стокерные питатели, выполненные в виде модулей шириной 1,5, 2,0 и 2,5 м с шагом ступеней и максимальной длиной питателя, соответственно, м:

- для щепы 0,95 и 14,25
- для коры и древесных отходов 1,25 и 10,95

Производительность одного модуля (самого большого по ширине и длине) составляет 400 нас.м³/ч.

3.3.10.4. Многоцепные скребковые питатели

Широкое применение на открытых складах щепы и древесных отходов находят скребковые многоцепные питатели-разгрузчики с цепями, оснащенными захватами (рис. 3.58).

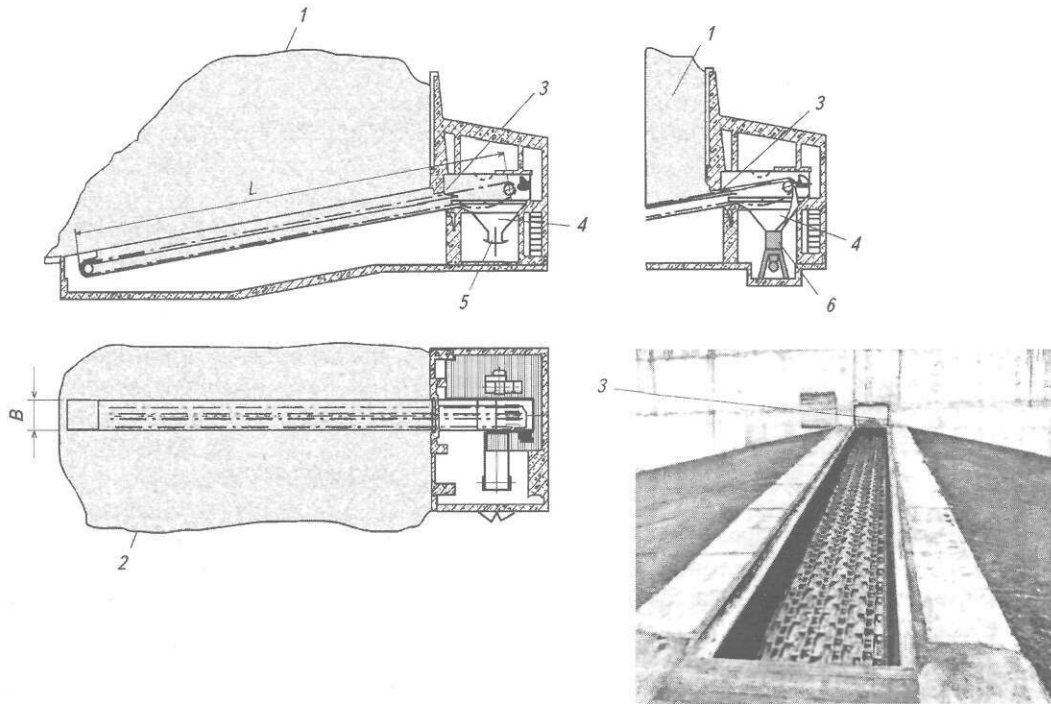


Рис. 3.58. Скребковый многоцепной питатель для измельченной древесины:

- 1 – куча измельченной древесины; 2 – тяговая цепь (4 шт.) в желобе; 3 – шиббер-ограничитель; 4 – приемный бункер;
- 5 – ленточный конвейер; 6 – питатель пневмотранспорта

Тяговым органом питателя являются несколько пластинчатых цепей с захватами размещенных в наклонном трапециевидного сечения желобе. Измельченная древесина наваливается на питатель бульдозером. Количество подаваемой из кучи измельченной древесины регулируется скоростью цепей и высотой слоя, пропускаемого в головную часть питателя шибером-ограничителем. В конструкцию питателя может быть включено устройство для дробления комьев измельченной древесины и снега, попавших на конвейер питателя.

*Техническая характеристика
скребкового питателя-разгрузчика конструкции Гипролесхим*

Производительность (при толщине слоя после шибера – 0,63 м) нас м ³ /ч	600
Мощность электродвигателя, кВт	37
Тяговый орган	
– цепь типа ПВР, с шагом, мм	160
– количество цепей, шт	4
– шаг скребков, мм	640
– скорость движения цепей м/с	0,3
Привод дробилки	
– мощность электродвигателя, кВт	4
– частота вращения с ⁻¹	25
Габариты питателя разгрузки	
– длина, мм	19950
– ширина мм	3970
– ширина многоцепного «полотна» конвейера, мм	2100
– высота, мм	5930
Масса, т	22,7

*Техническая характеристика
скребкового питателя-разгрузчика щепы
и коры конструкции ОАО «Союзлесмонтаж»*

Производительность нас м ³ /ч	
– при толщине слоя щепы после шибера – 0,63 м	320 650
– при толщине слоя щепы после шибера – 0,41 м	200 420
Мощность привода, кВт	37 или 25/28/37
Тяговый орган	
– цепь со скребками	М315-2-160-2
– количество цепей, шт	4
– шаг скребков, мм	640
– скорость движения цепи, м/с	0,2 или 0,3, 0,2, 0,15
Длина конвейера, мм	17000
Ширина многоцепного «полотна» конвейера, мм	2100

3 3 11 ТОРЦЕВАТЕЛИ ПАЧЕК СОРТИМЕНТОВ

Выравнивание торцов и формирование заострившихся пачек круглых сортиментов перед их укладкой в штабели, на транспортные средства и на устройства для роспуска пучков производится торцюющими установками (торцевыравнивателями). Такая операция может при необходимости осуществляться с частью сортиментов, выгружаемых из судов и в процессе некоторых других погрузочно-разгрузочных работ.

По конструкции торцюющие установки могут быть гравитационными и силовыми.

В гравитационных торцюющих установках выравнивание торцов пачек осуществляется под воздействием массы пачки либо входящих в нее сортиментов.

К числу установок такого типа относятся

- 1 Установка, состоящая из двух торцюющих щитов с рычагами, с горизонтальным расположением пачки при торцевании. При укладке пачки на рычаги торцюющие щиты поворачиваются на осях и выравни-

вают бревна между собой, сжимая пачку с торцов. При изменении длины торцуемых бревен требуется переналадка устройства, осуществляемая специальным приводом, изменяющим расстояние между торцующими щитами.

2. Установка с вертикальным размещением пачки при торцевании. После укладки пачки бревен в седлообразную раму, рама с пачкой при помощи гидроцилиндров поворачивается на 90° . Бревна под воздействием собственного веса сползают вниз к неподвижному щиту. При этом нижние торцы бревен выравниваются в одной плоскости. Затем рама установки возвращается в исходное положение.

Основным недостатком устройств гравитационного типа является прерывание цикла крана и существенное увеличение продолжительности цикла.

Наиболее широкое применение находят торцующие установки силового типа, в которых торцевание осуществляется при горизонтальном размещении пачки. Установки такого типа не требуют переналадки на определенную длину бревен. Торцовка осуществляется, как правило, без удаления грузозахватного устройства, а только с ослаблением силы обжатия им пачки. Это существенно снижает продолжительность операции.

Торцующие установки такого типа могут быть стационарными и передвижными. Стационарные установки выполняются одинарными и двояными для обслуживания, соответственно, одного либо двух кранов одновременно и устанавливаются параллельно грузовому фронту в зоне работы кранов. Передвижные устройства крепятся к кранам и передвигаются с ними.

Торцующая установка силового типа состоит из рамы, люльки (корыта) для размещения пачки леса и передвижной тележки со щитом-бойком для торцевания пачки. Передвижение торцующей тележки осуществляется с помощью лебедки, устанавливаемой на раме установки либо на самой тележке. Двояные установки имеют две люльки и одну передвигающуюся по раме тележку с двумя торцующими щитами. Существуют силовые торцующие установки, имеющие одну люльку для размещения пачки сортиментов и два торцующих щита, сдвигающихся при торцевании к пачке с обеих сторон. Привод сдвижки силовых щитов у таких установок осуществляется гидроцилиндрами, с помощью лебедок либо других силовых механизмов.

Установки управляются из кабины крановщика посредством гибкого кабеля либо по радио.

Разработку и изготовление торцующих установок осуществляют НПЦ «Речпорт» (бывшее ЦПКБ МРФ), ОАО «Союзлесмонтаж» (г. Вологда), ЦНИИлесосплав, ЦНИИМЭ, ВКНИИВОЛТ (г. Казань), ИркутскНИИЛП и др.

Параметры торцевателей, в том числе объем торцуемой пачки и ее размеры в поперечном сечении, устанавливаются при заказе оборудования в зависимости от конкретных условий.

Характеристика некоторых типов торцующих установок приведена ниже.

Торцеватель бревен ОАО «Союзлесмонтаж» (рис. 3.59)

Объем торцуемой пачки (наибольший), пл.м ³	8
Длина торцуемых бревен, м	
– минимальная	4,0
– максимальная	6,5
Скорость перемещения тележки, м/с	0,65
Средняя продолжительность торцевания пачки, с	10
Усилия торцевания, кН	29
Мощность привода, кВт	22
Тяговый орган	канат+цепь
Ход тележки, м	3,5
Габаритные размеры, мм	3720×12 500×1640
Масса, т	17

Примечание. Машина имеет одну люльку с неподвижным щитом и один торцующий щит на тележке.

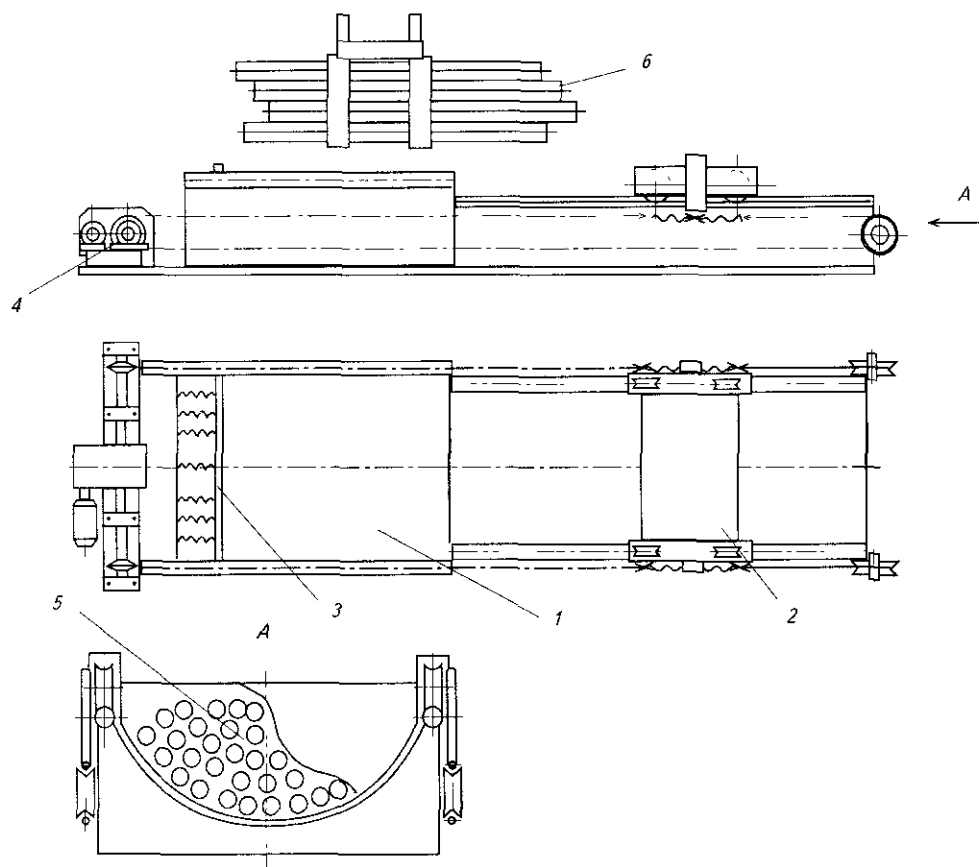


Рис. 3.59. Торцеватель бревен с одной неподвижной стенкой конструкции АО «Союзлесмонтаж»:

1 – люлька (корыто); 2 – тележка с торцующим щитом; 3 – стационарный щит; 4 – лебедка;
5 – пачка сортиментов в корыте; 6 – пачка сортиментов в грейфере

Торцеватель бревен ОАО «Союзлесмонтаж» двухсторонний

Объем торцуемой пачки (наибольший), пл.м ³	10
Длина торцуемых бревен, м	
– минимальная	2,7
– максимальная	8,5
Скорость перемещения тележки, м/с	0,65
Средняя продолжительность торцевания пачки, с	10
Усилия торцевания, кН	29
Мощность привода, кВт	22
Габаритные размеры, мм	4320×21 600×1620
Масса, т	32,3

Примечание. Машина имеет две люльки с неподвижными щитами и два торцующих щита на одной тележке.

Торцевальная машина НПЦ «Речпорт» (проект 4281)

Объем торцуемой пачки (не более), пл.м ³	8,0
Длина торцуемых бревен, м	
– минимальная	2,7
– максимальная	7
Время торцевания, с	10
Скорость передвижения торцующей тележки, м/с	0,65
Усилия торцевания, кН	30
Мощность привода, кВт	22
Габаритные размеры, мм	4715×20 340×1820
Масса, т	31,42

Примечание. Машина имеет две люльки с неподвижными щитами и два торцующих щита на одной тележке.

Торцевыравниватель ВКНИИВОЛТ (ЛВ-169)

Масса торцуемых пачек, т.....	до 10
Длина торцуемых бревен, м	
– минимальная	2,0
– максимальная	6,5
Усилие торцевания, т	15
Максимальное расстояние между стационарным и передвижным торцующим щитом, м	9,0
Масса, т	8,4

Примечание. Машина предназначена для крепления к portalу portalного либо башенного крана и передвигается с ним по одному из крановых путей.

Таблица 3.38

Техническая характеристика торцующих установок конструкции ИркутскНИИЛП

Показатели	Тип торцевателя		
	П-6	П-8	П-8-1
Максимальный объем торцуемой пачки, м ³	30	17,0	8,0
Длина торцуемых бревен, м:			
– минимальная	4,0	4,0	4,0
– максимальная	6,5	8,0	8,0
Параметры торцевыравнивающего щита, м:			
– ширина	4,5	3,7	3,7
– высота	3,2	3,2	2,0
– максимальный ход	2,4	3,3	3,3
Скорость сближения щитов, м/с	0,12	0,3	0,3
Усилие торцевания, кН	200	70	60
Давление в гидросистеме, МПа	10	–	–
Установленная мощность, кВт	60,0	22,0	15,0
Масса конструктивная, кг	16000	11000	8500

Установки проходного типа П-6 и П-8 конструкции ИркутскНИИЛП предназначены для выравнивания торцов сортиментов в пучках, сформированных непосредственно в захвате или тросовой петле подъемно-транспортного средства, в том числе лесопогрузчика. Установка П-6 состоит из двух направляющих рам, на которых смонтированы подвижные каретки. На каретках жестко закреплены два торцующих щита. Привод внутренней каретки – гидравлический, отдельный, реверсивный. Установки П-8 и П-8-1 также состоят из двух направляющих рам, по которым в продольном направлении перемещаются каретки с закрепленными на них торцевыравнивающими щитами. Привод кареток – электромеханический, отдельный, реверсивный.

3.4. ВЛИЯНИЕ ХРАНЕНИЯ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ НА ЕГО СВОЙСТВА

3.4.1. ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ БАЛАНСОВ

При заготовке и складировании балансов на суше в весенне-летний период в результате протекания в древесине биохимических реакций и, в основном, в результате развития микроорганизмов происходит изменение ее первоначальных свойств и химического состава. Природные свойства древесины балансов не изменяются, если они заготовлены и хранились в осенне-зимний сезон. Изменение характеристик древесины начинается с наступлением теплого периода года.

При хранении в штабелях неокоренных хвойных балансов в течение одного летнего сезона изменение свойств и химического состава наблюдается только у заболонной древесины.

Влажность древесины несколько понижается, но остается выше точки насыщения волокна. У древесины изменяется цвет, в основном, в результате развития плесневых и деревоокрашивающих грибов. Особенно это характерно для сосновых балансов. У еловых балансов в местах отмирания коры древесина темнеет в результате проникновения в нее танинов из коры.

В древесине изменяется содержание и состав экстрактивных веществ, растворимых в петролейном эфире и горячей воде, и понижается содержание летучих продуктов (терпенов). Эфиры жирных кислот гидролизуются. Свободные жирные кислоты накапливаются в окисленном виде в подсыхающей древесине. Во влажной, особенно в пораженной грибами древесине, большая часть свободных жирных кислот окисляется до летучих продуктов.

В течение первого года хранения, как правило, основные компоненты древесины (целлюлоза, лигнин и пентозаны) не разрушаются.

Базисная плотность древесины хвойных балансов уменьшается на 1...2% за счет понижения содержания экстрактивных веществ. Целлюлоза, полученная сульфитным способом из еловой древесины, несколько хуже проваривается, имеет более низкую белизну, на 5...10 единиц, но содержит меньше смолистых веществ. Древесные массы, выработанные из хранившихся балансов, также отличаются более низкой белизной. Показатели механической прочности и способность волокнистых полуфабрикатов к отбелке в процессе первого года хранения хвойных балансов не изменяются.

Расход древесины на выработку целлюлоз увеличивается на 1...2%.

При хранении окоренных хвойных балансов в кучах древесина неравномерно просыхает. Это один из основных недостатков данного способа хранения. Влажность древесины в наружных слоях снижается ниже точки насыщения волокна. При рубке подсохших балансов на щепу образуется больше мелкой фракции и опилок. В результате развития плесневых и деревоокрашивающих грибов древесина темнеет, в ней понижается содержание экстрактивных веществ, что приводит к снижению выхода сульфатного мыла на 50...60%. Небеленая сульфитная целлюлоза содержит меньше смолы, но имеет более темный цвет. Расход древесины на выработку единицы продукции увеличивается на 2...3%. Показатели механической прочности не изменяются.

Хранение балансов в воде обеспечивает полную сохранность древесного вещества. Базисная плотность древесины не изменяется. Экстрактивные вещества прегерпевают только качественные изменения. В процессе хранения протекает гидролиз эфиров жирных кислот (триглицеридов). Жирные кислоты (ненасыщенные и насыщенные) накапливаются в древесине. Воска, представляющие другую большую группу эфиров жирных кислот древесины, не подвергаются гидролизу. При переработке хранившихся в воде еловых балансов сульфитным способом в целлюлозе содержится больше липкой смолы, увеличивается содержание в ней сора из-за проникновения в древесину танинов из отмирающей коры. Водное хранение балансов не оказывает отрицательного влияния на производство целлюлозы сульфатным способом.

Хранение лиственных балансов на суше приводит к развитию в древесине прелости. Прелость лиственной древесины разделяется на несколько фаз: побурение – результат отмирания паренхимных клеток; подпар – следствие развития в древесине деревоокрашивающих грибов; твердая гниль (мрамор) – результат поражения древесины грибами субдеструкторами; мягкая гниль, конечная фаза прелости – результат развития мощных дереворазрушающих грибов.

Лиственные балансы поражаются прелостью, если они заготовлены и уложены в штабеля до августа месяца. Балансы, заготовленные в августе и в более поздние месяцы, остаются без поражения до весны будущего года.

В первый летний сезон хранения древесина балансов поражается, в основном, побурением и подпаром на 80...120 см вглубь от торцов. Твердая гниль только начинает появляться и ею поражается не более 10...15% древесины кряжа.

В результате развития первых двух фаз прелости базисная плотность древесины уменьшается на 1,5...2,0% за счет снижения содержания экстрактивных веществ, растворяющихся в петролейном эфире на 50% и ацетоне на 30%, а также веществ, растворяющихся в 1%-ном растворе щелочи на 0,6...1,2% от массы древесины. Основные компоненты клеточных стенок не разрушаются, но лигнин частично модифицируется. Пораженная подпаром древесина медленнее делигнифицируется. Остаточный лигнин в целлюлозе содержит больше хромофорных групп. Показатели механической прочности целлюлозы не изменяются. Расход древесины на выработку единицы продукции увеличивается на 1,5...2,0%.

Если балансы оставлены на хранение на второй год, то в этом случае древесина будет поражена твердой и мягкой гнилью до 40% по объему.

При переработке данной древесины резко увеличивается ее расход на единицу вырабатываемой продукции, а качество полуфабрикатов значительно ухудшается. Поэтому, балансы лиственных пород нельзя хранить более одного летнего сезона.

3.4.2. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ ЩЕПЫ

С момента измельчения балансовой древесины на технологическую щепу в весенний, летний и осенний сезоны года и складирования ее в кучу происходит непрерывное изменение ее физических свойств и химического состава. Характер этих изменений зависит от состояния древесины, условий в куче и продолжительности хранения щепы. Щепа, сложенная в кучу, в зимний период сохраняет свое нативное состояние до начала ее разогревания в летний сезон. Технологическую щепу хранят на открытом воздухе в кучах кольцевой или прямоугольной формы. В кучах кольцевой формы отсыпка щепы и направление ее на переработку производится в двух смежных секторах (рис. 3.60).

В кучах прямоугольной формы отбор щепы осуществляется из ее основания по всему продольному сечению при помощи шнеков.

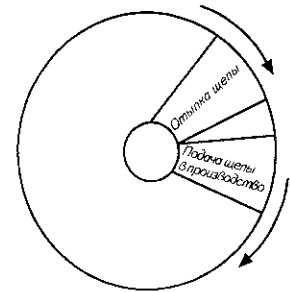


Рис. 3.60 Схема отсыпки и отбора щепы из куч

3.4.2.1 Условия внутри куч щепы

Хранение технологической щепы на открытом воздухе в относительно больших по высоте кучах (8...10 м и более) приводит к возникновению совершенно новых условий внутри складов древесного сырья, в корне отличающихся от условий хранения в штабелях балансов.

Подобно другим растительным продуктам (торф, зерно, корнеплоды) большие массы технологической щепы обладают способностью к саморазогреванию. Причины этого явления – биохимические реакции в живых клетках древесины, жизнедеятельность мико- и микроорганизмов, плохой отвод тепла из больших по объему куч щепы.

Кучи щепы начинают разогреваться сразу же после складирования, но для начала экзотермического процесса необходимо, чтобы начальная температура в куче была не менее +3...+5 °С. При складировании мерзлой щепы разогрев куч начинается только с подводом тепла извне.

Кучи щепы разогреваются до температуры +55...+68 °С. Наиболее высокие температуры наблюдаются при хранении щепы лиственных пород. Кучи еловой щепы разогреваются до температуры +56...+60 °С.

Интенсивность нарастания температуры в кучах щепы для различных пород неодинакова и зависит от окружающих условий. Кучи еловой щепы до максимальной температуры в летний период разогреваются за 15...30 дней, в осенний и весенний периоды за 30...40 дней. Достигнув максимума, температура в кучах щепы, независимо от сезона хранения, довольно значительное время остается неизменной, а затем она постепенно понижается.

Размер куч оказывает решающее влияние как на процесс разогревания, так и на скорость остывания массы древесины. В небольших кучах щепы высотой до 3...4-х метров увеличения температуры не наблюдается, так как теплотери значительно превышают экзотермический процесс, а если температура и повышается, то на незначительную величину. Температура в таких кучах меняется с изменением температуры окружающего воздуха.

Большие массы щепы объемом 10 000 м³ и более быстро разогреваются до относительно высоких температур и остывают очень медленно.

На температурный режим куч щепы большое влияние оказывает ее форма. Если куча имеет форму конуса, усеченного конуса или сильно вытянута, при ширине в 2...3 раза превышающей ее высоту (12...15 мет-

ров), то такие кучи в теплый период года быстро разогреваются, но и относительно быстро остывают. Температура в них поддерживается на 10...15 °С выше окружающего воздуха. В зимний период они остывают, температура понижается в периферийных слоях ниже 0 °С. Центральные слои имеют температуру от 0 °С до +5...+10 °С. Весной с повышением температуры окружающего воздуха до +5...+10 °С такие кучи щепы снова начинают разогреваться и через 30...40 дней температура в них достигает +35...+40 °С.

При формировании куч щепы в осенне-зимний сезон, когда температура окружающего воздуха ниже 0 °С, щепы находятся в охлажденном состоянии весь зимний и часть весеннего периода. С повышением температуры до +5...+10 °С куча щепы начинает медленно прогреваться, возникают биохимические процессы, которые с повышением температуры постепенно ускоряются, и куча щепы через 1,5...2 месяца разогревается.

По другому идут процессы в кучах щепы большего размера, когда их длина и ширина превышает высоту (20...30 м) в 4...5 раз. При отсыпке куч щепы в теплый период года относительно высокие температуры в них сохраняются в любое время года, несколько понижаясь зимой, что способствует протеканию деструктивных процессов весь период хранения щепы. При формировании куч указанных размеров в зимний период они находятся в охлажденном состоянии до конца июня месяца, и древесина сохраняет все свои первоначальные свойства.

Наличие в куче опилок и коры способствует более значительному повышению температуры как по всему профилю кучи при равномерном распределении этих компонентов в щепе, так и при наличии отдельных мест их скопления. Так, при наличии опилок температура кучи может достигать 80 °С, а коры – 90 °С.

По объему кучи температура распределяется неравномерно. Обычно максимальная температура наблюдается в центральной части кучи, ближе к вершине. По направлению к поверхности температура постепенно понижается, а в граничных слоях, кроме вершины, она равна температуре окружающего воздуха. Незначительное повышение температуры обычно наблюдается в нижней части кучи.

С момента начала разогревания в кучах щепы происходит перераспределение влаги. Понижается влажность нижних боковых и центральных слоев щепы и увеличивается влажность верхних слоев.

Увеличение влажности верхних слоев щепы происходит за счет конденсации паров воды, поднимающихся с нижних более теплых слоев, а также за счет атмосферных осадков. При отсутствии процесса разогревания в кучах влажность внутренних слоев щепы после хранения не отличается от исходной.

Влажность верхних слоев щепы на глубине до 1 метра зависит от метеорологических условий района хранения. Общее содержание влаги в кучах щепы в процессе хранения изменяется мало, кроме случаев очень длительного хранения, когда после остывания куч содержание влаги в щепе увеличивается за счет атмосферных осадков.

В разогревающихся кучах изменяется газовый состав атмосферы. В период разогревания понижается содержание кислорода, иногда до 0%, и повышается содержание углекислоты. Через три, четыре недели возникает устойчивый газообмен между кучей и окружающей атмосферой за счет различий в температурах. Концентрация кислорода и углекислоты в атмосфере кучи восстанавливается и незначительно отличается от концентраций в окружающем кучу воздухе.

Как уже отмечалось, в зимний период боковые поверхностные слои кучи щепы охлаждаются до температуры ниже 0 °С.

В некоторых случаях охлажденные участки щепы могут смерзаться в ледяные глыбы, что затрудняет подачу щепы в производство. Смерзание щепы до образования сплошных ледяных глыб наблюдается только в разогревающихся кучах, при накоплении конденсата паров воды в наружных слоях кучи и достижения относительной влажности у щепы более 50%. Для преодоления возникших затруднений в подаче смерзшихся глыбы щепы раздавливают трактором или их откатывают в сторону от загрузочного устройства линии транспортировки щепы. В весенний период глыбы легко разрушаются. Смерзанию щепы способствует неправильная форма куч и неровности на их поверхности.

При формировании куч в зимний период смерзание щепы не происходит. Только при складировании щепы в период сильного снегопада она может смерзаться и образовывать большие ледяные глыбы.

3.4.2.2 Изменение характеристик древесины в процессе хранения щепы

Плотность древесины. В процессе хранения щепы в разогревающихся кучах происходит уменьшение плотности древесины. Скорость деструкции веществ древесины до летучих продуктов в среднем для всего объема кучи составляет в первые 4...6 месяцев для хвойной щепы около 1% в месяц, а для лиственной – 1,5%. Данный характер изменения плотности древесины свойственен кучам, сформированным в весенний и летний периоды года. При формировании куч осенью (сентябрь, октябрь) плотность древесины снижается в такой же степени только в первые два, три месяца. В дальнейшем с понижением температуры в куче щепы из-за снижения температуры окружающего воздуха плотность древесины уменьшается со значительно меньшей скоростью и потери древесного вещества за 6...9 месяцев не превышают 4...5 %.

Плотность древесины щепы, хранящейся в зонах куч с относительно низкими температурами (не превышающими +35...+40 °С), в первые 4...5 месяцев у хвойной щепы и первые 2...3 месяца у лиственной щепы уменьшается, в основном, из-за окисления до летучих продуктов экстрактивных веществ, растворяющихся в органических растворителях, и веществ, растворяющихся в горячей воде, т.е. веществ, которые могут удаляться в процессе получения целлюлозы. Абсолютная величина потерь зависит от содержащихся экстрактивных веществ в древесине. После 3...6 месяцев хранения в щепе начинают развиваться дереворазрушающие грибы. С этого момента плотность древесины понижается из-за разрушения основных ее компонентов

У щепы, хранящейся в зонах куч с относительно высокой температурой, плотность древесины уменьшается из-за окисления экстрактивных веществ, растворяющихся в органических растворителях, и веществ, растворяющихся в горячей воде. После 1...1,5 месяцев хранения щепы плотность древесины уменьшается почти с постоянной скоростью из-за отщепления ацетильных групп и окисления экстрактивных веществ.

Реакция древесины. В процессе хранения щепы уменьшается рН древесины (рис. 3.61).

Особенно активно данный процесс протекает в зоне куч с повышенной температурой. Реакция древесины изменяется вследствие отщепления ацетильных групп и накопления в зонах конденсации паров воды уксусной кислоты, а также вследствие жизнедеятельности микро- и микроорганизмов, которые могут синтезировать муравьиную, уксусную и щавелевую кислоты. Сочетание относительно низкого рН и высокой температуры вызывает изменение белизны щепы.

Белизна древесины. В процессе хранения щепы понижается белизна древесины. Особенно активно данный процесс протекает в первые два месяца хранения щепы (рис. 3.62).

В зонах относительно низких температур потемнение щепы является следствием развития деревоокрашивающих грибов и биохимических реакций в живых клетках древесины. В зонах куч с относительно высокой температурой изменение цвета древесины является следствием модификации лигнина. Образовавшиеся хромофорные группы не разрушаются в процессе кислотной сульфитной варки.

Экстрактивные вещества древесины. При хранении балансов на суше содержание экстрактивных веществ в древесине за летний период понижается на 15...25%.

При хранении щепы в разогревающихся кучах изменение содержания экстрактивных веществ и их окисление происходит значительно быстрее. Общее количество экстрактивных веществ понижается в течение первого месяца хранения щепы до 40% (рис. 3.63).

Интенсивность данного процесса зависит от температурных условий и физиологического состояния древесины (заболонь, спелая древесина, ядро). Количество эфиров жирных кислот за первый месяц уменьшается до 70%. Но жирные кислоты не накапливаются в щепе, количество их сохраняется почти на первоначальном уровне. Окисляются как ненасыщенные, так и насыщенные жирные кислоты, но количество первых снижа-

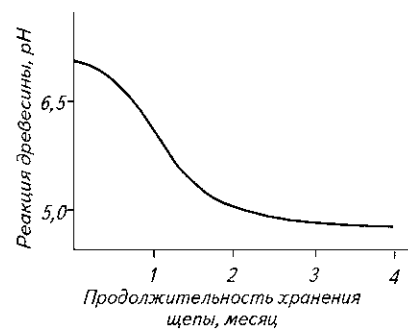


Рис. 3.61. Изменение реакции еловой древесины в процессе хранения щепы

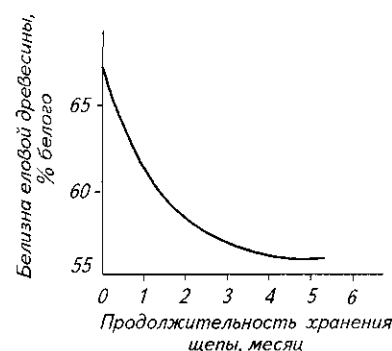


Рис. 3.62. Изменение белизны еловой древесины в процессе хранения щепы

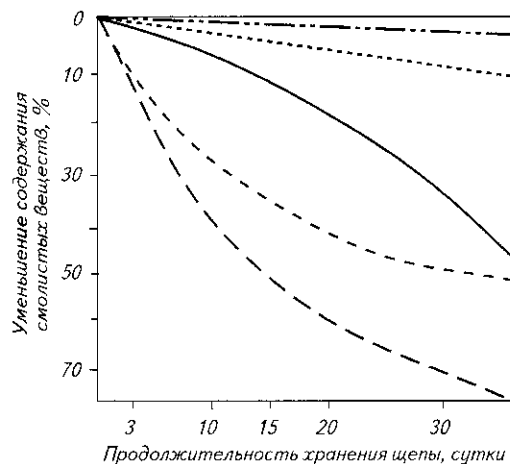


Рис. 3.63. Изменение содержания смолистых веществ в еловой щепе (% от первоначального количества):

- общее количество смолистых веществ
- - - - - смоляные кислоты
- - - - - неомыляемые вещества
- - - - - нейтральные вещества
- - - - - эфиры жирных кислот

ется значительно быстрее. В связи с этим состав оставшихся в древесине жирных кислот изменяется: увеличивается относительное содержание насыщенных жирных кислот и уменьшается относительное содержание ненасыщенных.

При хранении щепы гидролизуются не только триглицериды, но и воска, входящие в группу неомыляемых веществ. Понижается количество смоляных кислот. Продукты их самоокисления частично накапливаются в щепе.

В процессе хранения щепы уменьшается количество летучих компонентов смолы – терпенов. После одного месяца содержание их уменьшается до 60%, а после 8...9 месяцев в древесине обнаруживают только их следы.

С изменением количества и качественного состава смолистых веществ в еловой древесине изменяется и количество липкой смолы в сульфитной целлюлозе (рис. 3.64).

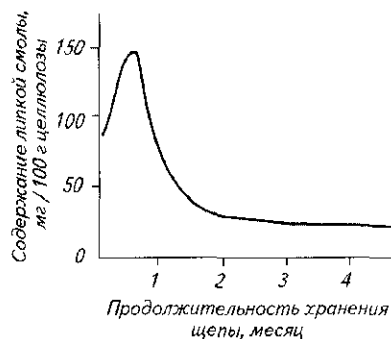


Рис. 3.64. Изменение содержания липкой смолы в еловой сульфитной целлюлозе в процессе хранения щепы

Минимальное ее количество обнаруживается в целлюлозе после 2-х месяцев хранения щепы.

Основные компоненты древесины. Количество целлюлозы и лигнина в древесине не изменяется в течение 5...6 месяцев хранения щепы хвойных пород и 3...4 месяцев хранения щепы лиственных пород до момента проявления жизнедеятельности дереворазрушающих грибов. Содержание гемицеллюлоз в древесине стабильно в течение первых 2...3-х месяцев. В последующий период хранения щепы происходит понижение количества легкогидролизуемых гемицеллюлоз. В зоне относительно высоких температур кучи продукты их деструкции в виде сахаров накапливаются в щепе.

Основное отрицательное явление при хранении щепы для производства целлюлозы – это процесс конденсации лигнина. Конденсация лигнина особенно заметно проявляется у щепы, находящейся в зоне относительно высоких температур и более низких значений pH, после первого месяца хранения.

В значительно меньшей степени (в 3...3,5 раза медленнее) конденсация лигнина наблюдается и у щепы, хранящейся в зонах куч с относительно низкими температурами. Из-за конденсации замедляется растворение лигнина при варке.

3.4.2.3. Выход и характеристики сульфитной целлюлозы

При постоянстве режима варки еловой щепы выход небеленой целлюлозы увеличивается из-за уменьшения степени провара массы. Это происходит вследствие конденсации лигнина в древесине при хранении щепы. При отбелке полученной целлюлозы увеличивается расход химикатов и, соответственно, количество нежелательных загрязнений в сточных водах. Выход беленой целлюлозы относительно массы древесины не изменяется.

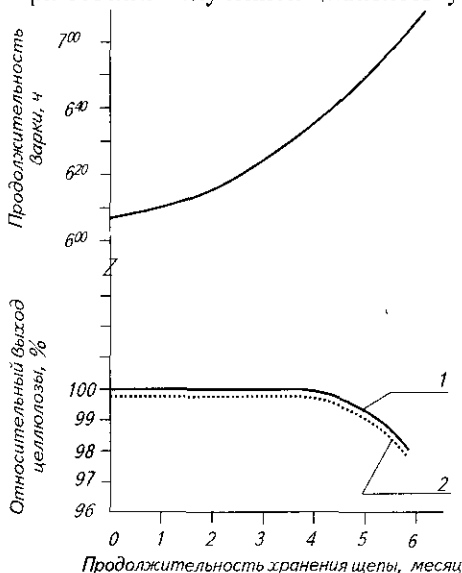


Рис. 3.65. Изменение выхода сульфитной небеленой (1) и беленой (2) целлюлозы в процессе хранения еловой щепы (целлюлоза варится до заданной степени провара)

Для достижения заданной степени провара массы увеличивают продолжительность или конечную температуру варки. При этом в течение первых четырех месяцев хранения щепы не наблюдается изменения выхода целлюлозы. С увеличением срока хранения щепы выход целлюлозы уменьшается (рис. 3.65).

Хранение щепы оказывает отрицательное влияние на белизну небеленой сульфитной целлюлозы (рис. 3.66). Белизна ее интенсивно понижается в первые два месяца хранения, как следствие изменения белизны древесины. Изменение белизны небеленой целлюлозы не оказывает отрицательного влияния на процесс отбелки и на показатели беленой целлюлозы. Белизна беленой целлюлозы не изменяется.

Вследствие хранения щепы уже после одного месяца резко понижается содержание смолы как в небеленой, так и беленой целлюлозе (рис. 3.67).

С увеличением продолжительности хранения щепы содержание смолистых веществ в целлюлозе понижается в значительно меньшей степени.

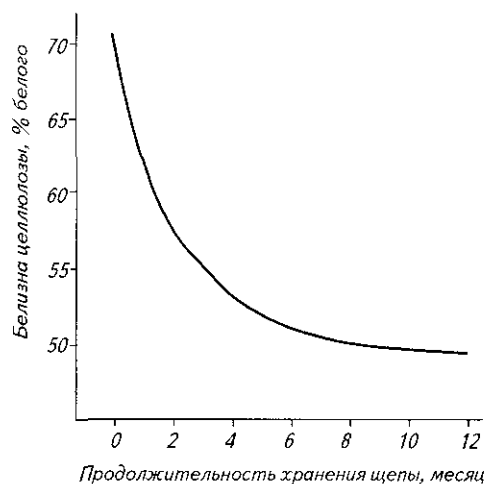


Рис. 3.66 Изменение белизны небеленой еловой сульфитной целлюлозы в процессе хранения щепы

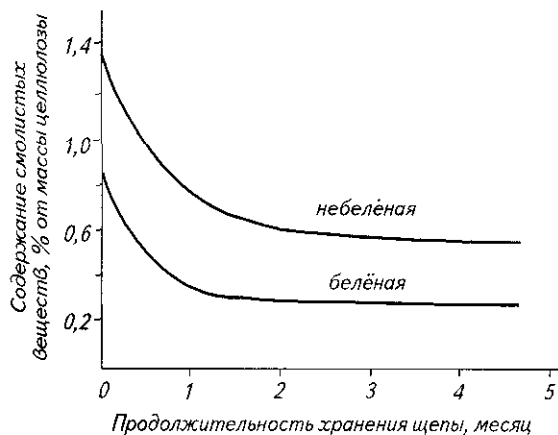


Рис. 3.67. Изменение содержания смолистых веществ в сульфитной вискозной целлюлозе в процессе хранения еловой щепы

При переработке свежезаготовленной древесины в целлюлозу и использовании на первой ступени ее отбелки хлора, последний присоединяется по месту двойных связей к ненасыщенным экстрактивным веществам. Вследствие этого резко ухудшается их растворимость и эмульгирующая способность при щелочной обработке. Содержание смолы в беленой целлюлозе при этом сохраняется на относительно высоком уровне. Оставшаяся в целлюлозе смола содержит значительное количество хлора, что является причиной изменения потребительских свойств полуфабриката при его хранении и транспортировке. Хранение щепы в данном случае оказывает положительное влияние, так как при использовании выдержанной щепы в целлюлозе содержится значительно меньше ненасыщенных смолистых соединений. Уже после одного месяца хранения щепы содержание хлора в беленой целлюлозе уменьшается почти в 4 раза.

Хранение щепы не оказывает влияния на содержание альфа-целлюлозы, вязкость, реакционную способность и сорность сульфитной еловой целлюлозы. После шести месяцев хранения щепы у нее сохраняется нормальная фильтруемость и обычное помутнение.

Расход древесины на выработку одной тонны небеленой сульфитной вискозной целлюлозы увеличивается в процессе хранения щепы со скоростью, примерно, один процент за каждый месяц.

3.4.2.4. Выход и характеристики сульфатной целлюлозы

Хранение хвойной щепы в течение 5...6 месяцев обычно не приводит к снижению выхода сульфатной целлюлозы. В течение первых двух месяцев наблюдается небольшое увеличение выхода на 1...2%, что является следствием уменьшения содержания экстрактивных веществ в древесине в этот период.

Во всех случаях выход целлюлозы рассчитывается относительно массы использованной древесины, но так как при хранении щепы имеют место потери древесного вещества, выход целлюлозы в пересчете на первоначальное состояние древесины понижается.

Для получения целлюлозы с заданной степенью провара расход щелочи на варку увеличивается на 5...7%.

Разрывная длина и сопротивление продавливанию незначительно изменяются в процессе хранения щепы. Сопротивление раздиранию и число двойных перегибов уменьшаются на 5...10%. Отбелка хвойных полуфабрикатов проходит без затруднений. Изменение характеристик беленой целлюлозы обычно является следствием изменений свойств небеленого полуфабриката.

Расход древесины на выработку единицы продукции увеличивается на 0,5...0,8% в месяц.

Хранение лиственной щепы, нарубленной из здорового баланса, в течение 3...4-х месяцев не приводит к снижению выхода целлюлозы, но жесткость небеленой целлюлозы увеличивается на 10...12% уже в течение первого месяца. Содержание смолы в небеленой целлюлозе уменьшается на 40...45% за 2 месяца хранения щепы. Содержание смолы в беленой целлюлозе достигает минимума после 2...4-х недель хранения щепы. Снижение содержания смолы в целлюлозах является следствием снижения ее количества (табл. 3.39) и изменения качественного состава в древесине (табл. 3.40).

Таблица 3.39

Содержание экстрактивных веществ в березовой щепе, % от массы абсолютно сухой древесины

Продолжительность хранения щепы	Растворители			Сумма всех растворителей
	петролейный эфир	этиловый эфир	спирто-бензол	
Свежеприготовленная	1,37	0,19	1,25	2,81
7 суток	1,32	0,23	1,49	3,04
15 суток	1,09	0,26	0,92	2,27
30 суток	0,97	0,28	0,91	2,16
2 месяца	0,79	0,25	0,76	1,80
4 месяца	0,71	0,26	1,00	1,97
6 месяцев	0,56	0,29	1,35	2,20

Таблица 3.40

Состав петролейного экстракта березовой щепы, %

Продолжительность хранения щепы	Свободные жирные кислоты, %	Эфиры жирных кислот, %	Неомыляемая группа веществ, %	Нейтральные вещества, %
Свежеприготовленная	4/0,05	64/0,88	32/0,44	96/1,32
7 суток	3/0,04	61/0,81	36/0,47	97/1,28
15 суток	19/0,21	43/0,47	38/0,41	81/0,88
30 суток	23/0,22	37/0,36	40/0,39	77/0,75
2 месяца	6/0,05	47/0,37	47/0,37	94/0,74

Примечание. Числитель – содержание компонента относительно массы экстракта; знаменатель – содержание компонента относительно абсолютно сухой массы древесины.

Отбелка целлюлозы, полученной из хранившейся щепы, происходит без заметных затруднений.

Показатели механической прочности небеленой и беленой целлюлозы начинают уменьшаться после 3...4-х месяцев хранения щепы.

Расход древесины на выработку единицы продукции увеличивается ежемесячно на 1...1,2% в течение первых четырех месяцев. После полугодового хранения щепы расход древесины увеличивается на 8...10%. Понижаются показатели механической прочности целлюлозы, особенно, сопротивление излому и раздиранию, на 15...20%.

3.4.3 ВЛИЯНИЕ ХРАНЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ НА ВЫХОД ТАЛЛОВОГО МАСЛА И СКИПИДАРА

Выход таллового масла из расчета на 1 тонну целлюлозы зависит от метода отделения сульфатного мыла от черного щелока, аппаратурного оформления процесса, от смолистости перерабатываемого сырья и качественного состава экстрактивных веществ.

Извлечение сульфатного мыла существенно понижается, если в исходном сырье содержится менее 4% смолистых веществ (серный эфир). Если принять количество сульфатного мыла, извлекаемого из сырья, содержащего 4% смолистых веществ, за 100%, то при 3% будет получено сульфатного мыла 90%, а при 2% – только 60% от этого количества.

Из сырья со смолистостью до 1,0...1,3% сульфатное мыло не выделяется.

Выход сульфатного мыла зависит также от количества окисленных веществ в сырье, которые с большим трудом выделяются из черных щелоков и препятствуют полному выделению остальных компонентов.

При хранении балансов в воде выход и состав таллового масла изменяются незначительно, как следствие несущественных изменений количества экстрактивных веществ в древесине.

При хранении балансов в штабелях выход и состав таллового масла изменяются вследствие уменьшения количества и изменения состава экстрактивных веществ в заболонной древесине.

За один летний сезон хранения балансов выход таллового масла уменьшается на 20...40%, в основном, за счет уменьшения количества ненасыщенных жирных кислот. При хранении окоренных балансов в кучах потери таллового масла имеют место в большем количестве.

В процессе хранения щепы в результате протекания биохимических и химических реакций содержание и качественный состав экстрактивных веществ в древесине хвойных и лиственных пород быстро изменяется. Данный процесс зависит от температурных условий в кучах щепы и физиологического состояния древесины (заболонь, ядро). В заболонной и ядровой древесине характер превращения экстрактивных веществ подобен, но в заболонной древесине абсолютные потери значительно выше. В разогреваемых кучах щепы содержание смолистых веществ в древесине понижается в первые два месяца на 50...60% – в заболонной и на 12...25% – в ядровой древесине.

Выход таллового масла при переработке хранившейся щепы изменяется подобно изменению содержания смолистых веществ в древесине. В первый месяц хранения щепы выход таллового масла понижается на 30...50%. За второй месяц выход падает еще на 10...20%. После 6...7 месяцев хранения щепы выход таллового масла составляет не более 20% от количества, получаемого при переработке свеженарубленной щепы.

Вследствие хранения щепы изменяется состав таллового масла.

При переработке свежесрубленной сосновой древесины талловое масло состоит до 90% из смоляных и жирных кислот и небольшого количества неомыляемых веществ. При переработке хранившейся щепы в получаемом талловом масле содержится повышенное количество смоляных кислот и неомыляемых веществ и значительно меньше жирных кислот. Состав жирных кислот также изменяется. В масле понижается содержание ди- и полиненасыщенных и увеличивается количество мононенасыщенных и насыщенных жирных кислот.

При хранении щепы содержание летучих веществ в древесине хвойных пород быстро понижается и, как следствие этого, понижается выход сульфатного скипидара. За первый месяц хранения содержание летучих продуктов в щепе и выход скипидара понижаются на 40...60%. После 4-х месяцев потери увеличиваются до 70...80%.

Чтобы не допустить потерь выхода таллового масла и скипидара, доставленную древесину необходимо перерабатывать сразу, минуя этап какого-либо хранения, или осуществлять хранение балансов в плотных штабелях в неокоренном виде. В летний период целесообразно организовать дождевание штабелей.

3.5. ОКОРКА ДРЕВЕСИНЫ И ПОДГОТОВКА КОРЫ К УТИЛИЗАЦИИ

3.5.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Кора, содержащая большое количество экстрактивных веществ, усложняет и удорожает технологический процесс производства полуфабрикатов, ухудшая при этом качество продукции. Кора во время варки поглощает в два раза больше активной щелочи, чем древесина, тем самым обедняется варочный раствор и нарушается режим варки щепы. В процессе сульфатной варки большая часть коры растворяется, а оставшаяся ее часть в волокнистой массе повышает сорность продукции. Вносимые корой загрязнения ухудшают механические и химические свойства целлюлозы, являются причиной осложнений в работе сортировочного оборудования.

В процессе сульфитной варки присутствие коры резко ухудшает качественные показатели целлюлозы: сорность, разрывную длину и т.д. Особенно тщательная очистка древесины от коры требуется при выработке высококачественной сульфитной растворимой целлюлозы (вискозной).

Присутствующие в целлюлозе или древесной массе частички коры трудно удалить при сортировании и обесцветить при отбелке. Даже последние успехи в области облагораживания полуфабрикатов не обеспечивают полного удаления частичек коры. Поэтому древесное сырье должно подвергаться окорке.

Древесное сырье может поставляться на предприятия ЦБП в хлыстах и сортиментах (балансах) – в виде длинника и коротья. Для окорки этих видов сырья разработано различное окорочное оборудование, основанное на групповых и индивидуальных способах обработки.

Наибольшее распространение в ЦБП из групповых способов получил способ окорки в окорочных (коробдирочных) барабанах, а из индивидуальных – окорка на кулачковых роторных станках. В своей основе указанные способы окорки используют разницу в физико-механических свойствах коры и древесины.

В зависимости от выбранного способа окорки выбирается оборудование для выполнения подготовительных операций, включающих:

- роспуск пачек круглых лесоматериалов;
- поперечную распиловку хлыстов и длинника;
- размораживание или замочку круглых лесоматериалов и т.д.

Общие вопросы, касающиеся роспуска пучков хлыстов, длинника и коротья, и принципиальные схемы таких устройств рассмотрены в п. 3.3.9. В данной главе рассмотрены некоторые вопросы распиловки хлыстов и длинника, процессов окорки и подготовки отходов окорки к утилизации.

3.5.2 СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОРЫ

При окорке древесины и подготовке коры к утилизации существенное значение имеют следующие характеристики коры: толщина, влажность, механическая прочность, плотность и свойства коры в измельченном состоянии.

Толщина и количество коры на растущем дереве зависят от породы древесины, диаметра, возраста, условий и места произрастания дерева, а также места расположения на стволе. Диапазон колебаний толщины коры на древесине значителен [1]. Так толщина коры балансовой древесины сосны составляет 3...20 мм, ели 2...10, березы 4...25, осины 4...20, лиственницы 6...60 мм. Таксационные данные, опубликованные в работе [2] о содержании коры в древесине различных категорий и пород по лесорастительным районам, приведены в табл. 3.41. Эти данные могут быть полезны для предварительных технологических расчетов.

Таблица 3.41

Процентное содержание коры на древесине для целлюлозно-бумажного производства по категориям, породам и лесорастительным районам бывшего СССР

Лесорастительные районы	Сосна		Ель		Береза		Осина		Лиственница		Кедр		Пихта	
	категории													
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1. Мурманский	11,5	10,9	14,9	15,3	15,0	15,0	–	–	–	–	–	–	–	–
2. Северный	12,6	11,2	12,9	12,6	16,6	14,7	10,5	10,2	–	–	–	–	–	–
3. Северно-таежный	11,0	10,3	12,4	12,5	13,7	13,2	10,4	10,6	–	–	–	–	–	–

Окончание табл. 3 41

Лесорастительные районы	Сосна		Ель		Береза		Осина		Лиственница		Кедр		Пихта	
	категории													
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
4. Прибалтийский	13,4	13,4	12,8	12,6	10,0	12,1	6,5	4,9	–	–	–	–	–	–
5. Ленинградский	11,5	10,9	11,8	11,5	11,5	10,9	9,4	8,6	–	–	–	–	–	–
6. Уральский	16,2	11,5	13,9	11,3	11,5	9,6	9,3	7,9	23,9	19,0	–	–	13,0	11,9
7. Украинский	13,9	13,0	12,9	11,0	11,8	11,9	17,9	11,5	–	–	–	–	11,4	11,2
8. Карпатский	–	–	11,4	11,2	–	–	–	–	–	–	–	–	8,9	9,7
9. Центральный	11,9	12,4	12,0	11,0	10,2	10,2	9,8	9,7	–	–	–	–	–	–
10. Кавказско-Крымский	15,3	14,0	13,9	12,6	–	–	–	–	–	–	–	–	14,0	14,9
11. Северо-Казахстанский	13,8	15,0	–	–	8,0	7,5	9,5	10,2	–	–	–	–	–	–
12. Восточно-Казахстанский	–	–	14,0	15,2	11,0	10,5	–	–	28,4	28,9	16,7	14,3	14,0	14,9
13. Западно-Сибирский	16,2	11,5	14,0	11,3	11,5	9,6	9,5	7,9	24,0	22,6	16,7	14,3	–	–
14. Центрально-Сибирский	13,8	11,5	13,0	12,6	–	–	–	–	23,9	19,0	13,4	11,4	16,6	12,6
15. Восточно-Сибирский	16,2	11,5	13,9	11,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16. Южно-Сибирский	–	–	14,0	13,2	11,5	9,6	–	–	–	–	16,7	14,3	12,4	9,1
17. Якутский	15,7	13,7	–	–	–	–	–	–	20,5	19,4	–	–	–	–
18. Камчатский	–	–	17,6	16,7	14,0	13,5	–	–	25,5	22,4	–	–	–	–
19. Приморский	13,8	12,0	11,8	11,4	14,7	13,4	14,0	14,0	15,9	13,6	10,8	9,8	10,3	10,3
20. Сахалинский	–	–	10,9	10,6	10,9	11,0	–	–	15,5	13,7	–	–	11,8	12,0

Примечание. Древесине 1-ой категории соответствуют балансы 1-го и 2-го сорта по ГОСТ 9462–88 и ГОСТ 9463–88. Древесине 2-ой категории соответствуют балансы 3-го сорта по ГОСТ 9462–88 и ГОСТ 9463–88, балансы 4-го сорта по ТУ 13–0273685–402–89, дровяная древесина для технологических нужд по ТУ 13–0273685–404–89 и сырье для целлюлозно-бумажной промышленности по ТУ 13–0273685–405–90.

Количество коры на поставляемой древесине зависит также от технологии лесозаготовок и способа транспорта древесины (хлыстов, балансов) на предприятие. Ввиду тенденции к снижению поставок древесины сплавом, во время которого часть коры (до 30%) теряется, следует ожидать увеличения количества коры в объеме поставок древесины.

Как известно (см. п. 2.1.5.), кора состоит из трех слоев: луб, камбий, корка. Влажность этих слоев различна. Влажность луба у свежесрубленной древесины значительно выше, чем корки. Снижение влажности коры происходит главным образом за счет снижения влажности луба.

Механическая прочность коры зависит от ее влажности и температуры. Предел прочности на сжатие сосновой коры при повышении влажности с 20 до 80% уменьшается с 7 до 3 МПа. Однако пластические свойства коры при увеличении влажности изменяются настолько, что вызывают затруднения при ее измельчении.

При замерзании коры силы ее сцепления с древесиной увеличиваются в несколько раз. Так, у сосны при положительных температурах этот показатель составляет 0,33 МПа, при –10 °С уже составляет 1,06 МПа, при –20 °С увеличивается до 1,6 МПа, а при –30 °С достигает величины 1,81 МПа.

Плотность абсолютно сухой коры у лиственницы 418 кг/м³, сосны – 652, ели – 715 и у березы – 736 кг/м³. С повышением влажности коры ее плотность увеличивается.

Плотность насыпного объема коры зависит от влажности коры и высоты слоя (или приложенного давления). При увеличении давления от 0 до 12 кПа плотность мелкоизмельченной коры влажностью 70...75% изменяется от 400 до 700 кг/м³.

Угол естественного откоса при свободном отсыпании коры составляет 34...39°, а при наличии в коре крупных отщепов древесины увеличивается до 43...48°.

Коэффициенты трения коры по различным поверхностям приведены в табл. 3.42.

Таблица 3.42

Фрикционные свойства коры

Поверхность	Начальное сопротивление сдвига, кПа	Коэффициент трения
Стальная	0,10	0,80
Деревянная:		
– строганая	0,75	0,85
– нестроганая	0,80	1,05
Бетонная	0,40	0,88
Кора (трение коры по коре)	0,80	1,15

3.5.3. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ОКОРКИ

К качеству окорки предъявляются требования, соответствующие назначению данного баланса: ГОСТ 15815–83 Щепла технологическая. Технические условия – регламентирует содержание коры в щепе (табл. 3.43).

Таблица 3.43

Требования к качеству щепы по содержанию коры

Марка щепы	Назначение	Норма в %, не более
Ц-1	Сульфитная целлюлоза и древесная масса для бумаги с регламентируемой сорностью	1,0
Ц-2	Сульфитная целлюлоза и древесная масса для бумаги и картона с нерегламентируемой сорностью, сульфатная и бисульфитная целлюлоза для бумаги и картона с регламентируемой сорностью	1,5
Ц-3	Сульфатная целлюлоза и различные виды полуцеллюлозы для бумаги и картона с нерегламентируемой сорностью	3,0
ГП-1	Спирт, дрожжи, глюкоза и фурфурол	11,0
ГП-2	Пищевой кристаллический ксилит	3,0
ГП-3	Фурфурол и дрожжи при двухфазном гидролизе	3,0
ПВ	Древесноволокнистые плиты	15,0
ПС	Древесностружечные плиты	15,0

Примечание. На некоторых предприятиях в зависимости от применяемого режима варки целлюлозы или технологии производства полуфабрикатов к качеству щепы по содержанию в ней коры предъявляются другие требования.

При производстве древесной массы из круглых лесоматериалов (балансов) степень окорки должна быть:

- для белой древесной массы 95...98%;
- для бурой древесной массы – 80...85%.

Требования к необходимой степени окорки древесины зависят не только от нормы допустимого содержания коры в щепе, но и от породы древесины (табл. 3.44). Это объясняется тем, что начальное количество коры на балансах различных пород разное.

Таблица 3.44

Необходимая степень окорки различных пород древесины в зависимости от установленной нормы содержания коры в щепе

Содержание коры на свежесрубленной древесине, %	Степень окорки в зависимости от допустимого содержания коры в щепе, %												
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
22	95-98												
24	90-95												
26	85-90												
	80-85												
	70-80												
	60-70												
	50-60												

Степень окорки определяют визуально или расчетом. В последнем случае окоренное бревно оборачивают полиэтиленом в один слой и маркером наносят границы коры. Затем снимают полиэтилен и с помощью масштабной линейки измеряют площадь оставшейся коры и рассчитывают степень окорки:

$$Y = \frac{S_g - S_K}{S_g} 100, \%, \tag{3.63}$$

где Y – степень окорки, %;
 S_g – площадь поверхности бревна, см²;
 S_K – площадь оставшейся коры, см².

3.5.4. ПОДГОТОВКА БАЛАНСОВ К ОКОРКЕ

3.5.4.1. Назначение процесса подготовки древесины к окорке

Древесное сырье, поставляемое на предприятия целлюлозно-бумажной промышленности и лесопромышленные комплексы, различается по породам, качеству и по геометрическим размерам: хлысты длиной до 25 м и сортименты (балансы) – длинник (долготье) длиной 3,0...6,5 м, короткомер (коротье) длиной 1,2...2,5 м. Поставляется древесное сырье сухопутным (железнодорожным или автомобильным) транспортом и водным (в судах или сплавом). Кроме того, поставка древесного сырья осуществляется как при положительных, так и при отрицательных температурах.

Подготовка древесины к окорке заключается в создании оптимальных условий при окорке. Процесс подготовки может включать следующие операции:

- раскряжевка хлыстов и длинных сортиментов на отрезки, обеспечивающие стабильность процесса окорки в окорочных (корообдирочных) установках;
- размораживание слоя коры, обеспечивающее снижение сил сцепления коры с древесиной до величин, соответствующих силам сцепления при положительных температурах, путем обработки древесины горячей водой, паром, теплым воздухом;
- увлажнение коры (замочка), обеспечивающее снижение сил сцепления коры с древесиной, особенно подсушенной древесины, путем обработки древесины водой или влажным паром;
- повышение фрикционных свойств коры путем механических или гидравлических надрезов и надрывов на поверхности коры (особенно, у березы).

Подготовка древесины к окорке позволяет минимизировать затраты на процесс окорки, снизить потери древесины и вести процесс окорки с максимальной производительностью в любое время года.

3.5.4.2. Поперечная распиловка круглых лесоматериалов

Поперечную распиловку круглых лесоматериалов (хлыстов и балансов длиной 3...6,5 м) в случае необходимости производят на специальных устройствах при поперечной подаче распущенных в щель бревен на пильный механизм.

На лесопромышленных предприятиях и целлюлозно-бумажных комбинатах для этих целей применяют триммеры (устройства с опускающимися круглопильными механизмами) и слешеры (устройства со стационарными круглопильными механизмами), а также комбинированные устройства триммер-слешер, когда часть механизмов может опускаться, а другая часть пильных механизмов установлена стационарно. Для крупных предприятий разработаны устройства для распиловки пачек круглых лесоматериалов (в основном, хлыстов) мощными цепными пилами.

Рабочими органами для распиловки (разделки) круглых лесоматериалов могут быть следующие механизмы:

- круглые пилы,
- цепные пилы,
- серповидные ножи (для безопилочного резания).

Кроме того, имеются разработки, в которых для поперечной разделки круглых лесоматериалов используется струя воды большого давления и лазерный луч.

3.5.4.2.1. Пильные механизмы

Круглые пилы. Круглая пила представляет собой стальной диск с нарезанными по периферии зубьями и отверстием в центре для крепления на пильном валу [3].

Зубчатый венец пилы для поперечной распиловки имеет симметричные (рис. 3.68 а) или несимметричные (рис. 3.68 б) зубья. Боковая кромка 1–2 зуба образует с радиусом пилы передний угол γ_k , который может быть равен половине угла заострения β_k (в этом случае зуб получается симметричным), либо меньше половины угла β_k (зуб несимметричный).

Наряду с передним углом γ_k , форма зуба характеризуется углом резания δ_k , который связан с γ_k соотношением

$$\gamma_k = 90 \delta_k \text{ град.}$$

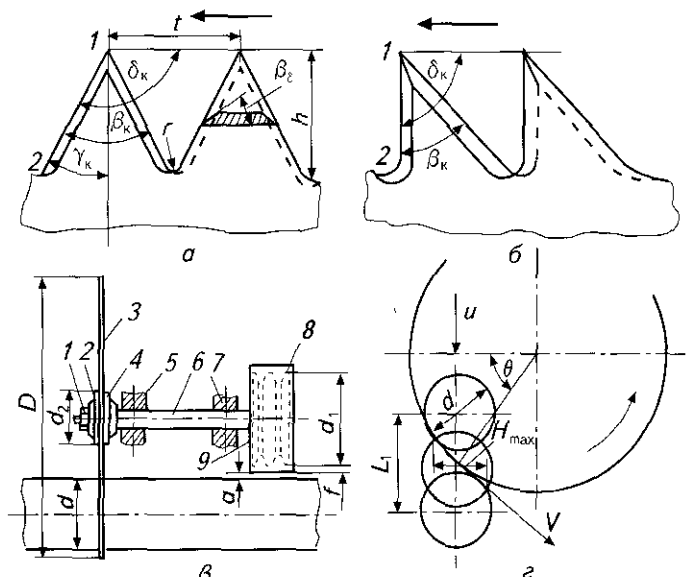


Рис. 3.68. Круглые пилы для поперечной распиловки:

а – симметричные зубья, б – несимметричные зубья; в – пильный вал;
г – схема для определения наибольшей высоты пропила и пути подачи

У пил с симметричным зубом $\beta_k = 50^\circ$, $\gamma_k = 25^\circ$, $\delta_k = 115^\circ$, а у пил с несимметричным зубом $\beta_k = 40^\circ$, $\gamma_k = 0^\circ$, $\delta_k = 90^\circ$.

С уменьшением угла резания δ_k снижается сила отжима, а следовательно, и усилие подачи. Поэтому угол δ_k желательно выполнять возможно меньшим, имея в виду, что при положительном угле γ_k , когда $\delta_k < 90^\circ$, возможно самозатягивание пилы в пропил. При поперечной распиловке боковая кромка 1–2 зуба производит резание в торец, в связи с чем она должна иметь косую заточку. Заточки чередуют через один зуб с одной и с другой стороны полотна пилы. Угол заточки β_8 для мягкой древесины составляет $50...60^\circ$ и для твердой – около 75° .

Круглые пилы для поперечной распиловки выпускают с числом зубьев $z = 72; 96$ или 120 . Шаг зубьев t определяется по формуле $t = \pi D/z$. Высота зуба $h = (0,8...1)t$, радиус закругления межзубовой впадины $r = 0,15t$. Отдают пред-

почтение большому шагу, т.к. при этом несколько снижается мощность, необходимая для пиления, однако, одновременно ухудшается качество пропила.

Чтобы пила не зажималась в пропилах, ширина пропила должна превышать толщину пилы. Это достигается разводом зубьев. Величина развода на сторону составляет для твердой древесины 0,5...1 мм, для мягкой 0,7...1,5 мм. У пил большого диаметра ($D > 1,5$ м) ширина пропила превышает 9 мм, вследствие чего режущие зубья начинают плохо справляться с удалением трапециевидного гребня со дна пропила. В этом случае в зубчатый венец круглых пил вводят скалывающие неразведенные зубья, имеющие углы $\delta_k < 90^\circ$ и $\beta_k = 90^\circ$. Пильный диск 3 (рис. 3.68 в), несущий зубчатый венец, закреплен на валу 6 при помощи 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 насажена на пильный вал наглухо и обработана вместе с ним, что обеспечивает перпендикулярность плоскости пилы к оси вала. Шайба 2 съемная. Обе шайбы имеют внутренние выточки. Они стягиваются гайкой 1, зажимая пильный диск. Крутящий момент от шайб к пильному диску передается трением. Направление резьбы на гайке 1 должно быть противоположным направлению вращения вала, т.к. при этом исключается опасность самоотвинчивания гайки.

Диаметр пильного диска D зависит, в основном, от диаметра распиливаемых круглых лесоматериалов и рассчитывается по формуле

$$D = d_1 + 2(d + a + e + f), \text{ мм.} \quad (3.64)$$

где d_1 – диаметр шкива, мм;

d – наибольший диаметр лесоматериала, мм;

a – запас на неровности лесоматериала, равный 50 мм;

e – запас на затачивание пилы, равный, примерно, 50 мм;

f – запас на размещение ограждения ремня, равный 20...30 мм.

Если диаметр шайбы d_2 больше суммы $d_1 + 2f$ или шкив расположен за пределами распиливаемого бревна, то в формулу вместо d_1 следует подставить d_2 и принять $f = 0$. Для достаточной надежности крепления пильного диска диаметр шайбы принимают $d_2 = D/5 \dots D/7$.

Размеры круглых пил для поперечной распиловки, а также параметры их режущих элементов регламентируются ГОСТ 980–80. Круглые пилы выпускают диаметром до 1,8 м. По специальным заказам возможно изготовление пил диаметром 2,0 и 2,2 м. Пилы могут быть выполнены в обычном исполнении или со вставными зубьями из твердого сплава.

Пильные диски имеют толщины в пределах 2,5...5,5 мм или по сравнению с диаметром пильного диска его толщина $s = D/240 \dots D/350$.

Окружная скорость круглой пилы, являющаяся скоростью резания, $v = 50 \dots 70$ м/с. Угловая скорость $\omega = 2v/D, \text{ с}^{-1}$.

Мощность, потребную для пиления N_p с учетом потерь, возникающих при передаче вращения от двигателя к пильному диску, вычисляют по формуле

$$N_p = kbH \frac{u}{\eta_p}, \text{ Вт,} \quad (3.65)$$

где k – удельная работа резания, Дж/м³;

b – ширина пропила, м;

H – высота пропила, м;

u – скорость подачи (надвигания), м/с;

η_p – КПД передач от двигателя к пиле.

Высота пропила H при поперечной распиловке круглых лесоматериалов является переменной. Сначала она возрастает от нуля до максимума, а затем уменьшается до нуля. Удельная работа резания k зависит от породы, влажности и сучковатости распиливаемой древесины, остроты зубьев пилы, подачи на один зуб, ширины пропила и других факторов. Определяется k по формуле

$$k = k_0 a_n a_{ш} a_p a_l a_c, \text{ Дж/м}^3, \quad (3.66)$$

где k_0 – основное значение удельной работы резания (удельная работа резания при пилении воздушно сухой сосны острой пилой при положительной температуре и малом числе сучьев), Дж/м³;

a_n, a_w, a_p, a_T, a_c – поправочные коэффициенты на породу, влажность, затупление пилы, температуру и сучковатость.

Фактически, формула (3.66) неточно отражает влияние отдельных факторов на величину k , так как, например, изменение влажности у различных пород по-разному сказывается на величине удельной работы резания. Однако, никаких других, сравнительно простых методов учета влияния переменных факторов на величину k не имеется, в связи с чем для практических расчетов пользуются этой формулой.

Поправочный коэффициент a_n имеет следующие значения: 0,8 для осины; 0,9...1 для ели; 1,0 для сосны; 1,1 для лиственницы; 1,2...1,3 для березы; 1,5...1,6 для дуба.

Поправочный коэффициент a_w может быть определен по эмпирической формуле

$$a_w = 1 - 0,001W, \quad (3.67)$$

где W – абсолютная влажность древесины, %.

При распиловке воздушно сухой древесины $a_w = 1$, для свежесрубленного и сплавленного леса – 0,85.. 0,9 (при соответствующем увеличении величины развода).

Поправочный коэффициент a_p может быть определен по эмпирической формуле (при $T_0 < 6$ ч)

$$a_p = 1 + 0,25T_0, \quad (3.68)$$

где T_0 – число часов работы пилы после заточки.

Поправочный коэффициент a_T при отрицательной температуре может быть определен по эмпирической формуле

$$a_T = 1 + 0,13 \sqrt{-T}, \quad (3.69)$$

где T – температура древесины, °С. При положительной температуре $a_T = 1$.

Поправочный коэффициент a_c принимается: при распиловке стволовой древесины – 1...1,1; при распиловке сучковатых вершин – 1,5.

Основное значение удельной работы резания при поперечной распиловке круглой пилой k_0 может быть определено по эмпирической формуле

$$k_0 = 8,5 \cdot 10^5 u_z^{-0,15} b^{-0,5}, \text{ Дж/м}^3, \quad (3.70)$$

где u_z – подача на зуб, м;

b – ширина пропила, м.

Подача на один зуб u_z находится по формуле

$$u_z = \frac{t u}{v}, \text{ м}, \quad (3.71)$$

где t – шаг зубьев пилы, м;

u – скорость подачи, м/с;

v – скорость резания, м/с.

При этом нужно иметь в виду, что, исходя из прочности зубьев, при толщине пилы s (м) подача на один зуб $u_z \leq is$, где i коэффициент прочности зуба (при распиловке твердой древесины $i = 0,2...0,3$; при распиловке мягкой древесины $i = 0,3...0,4$).

При увеличении подачи на зуб растут размеры опилок, вследствие чего уменьшается работа, затрачиваемая на измельчение древесины. Таким образом, для уменьшения расхода энергии на резание более выгодно работать с большой подачей на зуб, но качество пропила при этом ухудшается.

При поперечной распиловке скорость надвигания круглых лесоматериалов на пилы выбирают в пределах 0,1...0,4 м/с. В ряде случаев механизм надвигания (многоцепной поперечный транспортер) выполняют с регулируемым приводом и скорость надвигания выбирают в зависимости от диаметров распиливаемых лесоматериалов.

Круглые пилы работают со скоростью резания $V = 50...70$ м/с. Мощность двигателей пил составляет 20...30 кВт, а у пил диаметром пильного диска $D = 2,2$ м достигает 75 кВт.

Цепные пилы. Для раскряжевки хлыстов и сортиментов (балансов) большого диаметра в качестве режущего инструмента могут быть использованы цепные пилы ПЦУ-10,26; ПЦУ-12,7; ПЦУ-15; ПЦУ-20; ПЦУ-30 с плоской пильной шиной, установленной с выпуском 1,0...1,2 м. Основным критерием для выбора цепной пилы является жесткость пильной шины, поэтому предпочитают пильные цепи ПЦУ-20 и ПЦУ-30 с жесткой пильной шиной.

При расчете мощности привода цепной пилы N_p учитывается трение пильной цепи о шину

$$N_p = kbHu \frac{1 + \alpha_o \mu_{mn}}{\eta_p}, \text{ Вт}, \quad (3.72)$$

где α_o – отношение силы отжима P_o к силе резания P_p ;

μ_{mn} – коэффициент трения пильной цепи по шине;

η_p – КПД передач от двигателя к ведущей звездочке пильной цепи; остальные обозначения приведены выше.

Удельная работа резания k определяется по формуле 3.66 как для дисковой пилы, а k_0 определяют по эмпирической формуле:

$$k_0 = 2,65 \cdot 10^3 (u \cdot b)^{-0,33}, \text{ Дж/м}^3, \quad (3.73)$$

Скорость движения пильных цепей (скорость резания) составляет 10...15 м/с. Скорость надвигания $u = 0,01...0,15$ м/с. Мощность двигателей в пределах 10...25 кВт.

Стационарные цепные пилы с шинами обычно делают качающимися. Чаще всего они во время пиления подаются сверху вниз, а в исходное положение приводятся подъемом вверх без пиления. Для увеличения производительности цепной пилы можно использовать для пиления круговое движение шины.

Цепные пилы для групповой распиловки круглых лесоматериалов имеют упрочненную конструкцию как щек пилы, так и зубьев. Для таких установок применяются пилы типа ПЦУ-30В. У них пильный механизм не имеет шины в зоне пиления. Скорость надвигания пилы не превышает 0,075 м/с. Скорость резания цепной пилой составляет 10...15 м/с.

Ножевой аппарат для «силового» резания круглых лесоматериалов (для безпилочного резания) представляет собой вращающиеся серповидные ножи с крупными зубьями. Толщина ножей 7...9 мм.

3 5.4.2.2 Устройства для поперечной распиловки хлыстов

Устройства для распиловки (раскряжевки) хлыстов при поперечной их подаче на пильные механизмы обычно включают разобшитель хлыстов, многопильную установку (триммер, слешер или комбинацию из них), транспортеры для перемещения распиленных лесоматериалов, сортировочных устройств (на ЛПК), транспортеры для удаления отходов [4].

Триммер с непрерывным движением хлыста (рис. 3.69 а) работает по следующей схеме. Хлысты с площадки 1 или буферного магазина поштучно подаются на рольганг 2, служащий для выравнивания торцов. Крюки поперечного транспортера 3 снимают хлысты с этого рольганга и подают их к пилам 4. Пилы в исходном положении расположены ниже подающих цепей (или в некоторых конструкциях подняты над подающими цепями на величину, превышающую наибольший диаметр распиливаемого хлыста). Введение каждой из пил в работу, подъем и опускание производится при помощи индивидуального привода 6. Оператор, оценивая размеры и качество хлыста, находящегося на подающих цепях, выбирает программу его раскроя и вводит в действие соответствующие пилы (на некоторых установках программа выбирается автоматически). Цепи надвигают хлыст на пилы. Отпиленные отрезки падают на выносной транспортер 5, при этом межторцевых разрывов между ними не образуется.

К триммерным установкам, распиливающим движущийся хлыст, относится установка финской фирмы «Раума-Репола» (рис. 3.69 б). Она имеет 11 пил диаметром 1,8 и 1,4 м, расположенных по диагоналям. Хлысты из буферного магазина 1 через ориентирующий транспортер 3 поступают на подающие цепи триммера 4, которые перемещаются в поперечном направлении со скоростью 0,3 м/с. Поштучная подача хлыстов обеспечивается манипулятором 2, расположенным на ферме, перекрывающей стол триммера. Программа раскроя выбирается автоматически в зависимости от диаметра и длины хлыста. Пилы, которые должны участвовать в выполнении данной программы, поднимаются только тогда, когда через зону их действия пройдет предыду-

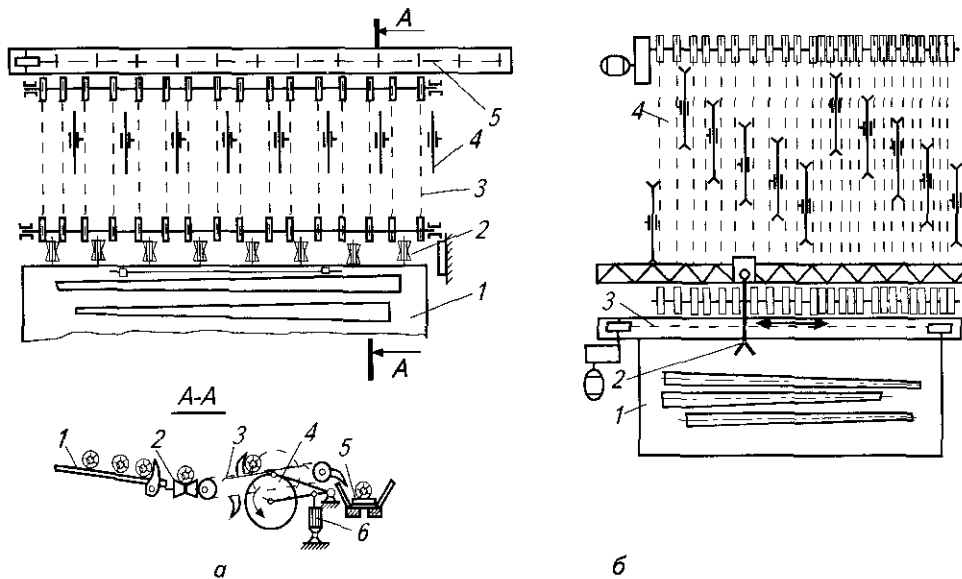


Рис. 3.69. Схемы триммерных установок:

а – триммер с пилением движущегося хлыста; б – триммер фирмы «Раума-Репол»

щий хлыст. Это усложняет систему автоматического управления, но дает возможность при диагональном расположении пил иметь сравнительно небольшое расстояние между крюками и на подающих цепях триммера (3,6 м) и, следовательно, повысить производительность.

Для раскряжевки хлыстов довольно широко применяются **установки слешерного типа**. У пятипильного слешера ЛО-65 (рис. 3.70) хлысты из буферного магазина 1 поштучно подаются на реверсивный продольный транспортер 3 и ориентируются по любой из пил слешера, после чего сбрасывателями 2 сбрасываются на цепи 4, которыми подаются на пилы 5. Диаметр пил 1,8 и 1,5 м. Скорость движения цепей слешера 0,1 и 0,2 м/с в зависимости от толщины распиливаемых хлыстов. Расстояние между крючьями на цепях 1,6 м. Каждая пила приводится во вращение от отдельного электродвигателя. Производительность слешера составляет 70...80 м³/ч.

К установкам слешерного типа относятся также многопильная раскряжевочная установка ЛО-105 и раскряжевочно-сортировочная установка ЛО-117.

Установка ЛО-105 предназначена для раскряжевки хлыстов преимущественно хвойных пород объемом от 0,15 до 5 м³ в механизированных потоках с поперечной подачей древесины. Основными областями применения являются нижние склады лесозаготовительных предприятий, биржи сырья ЛПК и деревообрабатывающих предприятий с годовым объемом производства 300 тыс. м³ и более. Установка (рис. 3.71) состоит из раскряжевочного устройства (слешера) и околостаночного оборудования.

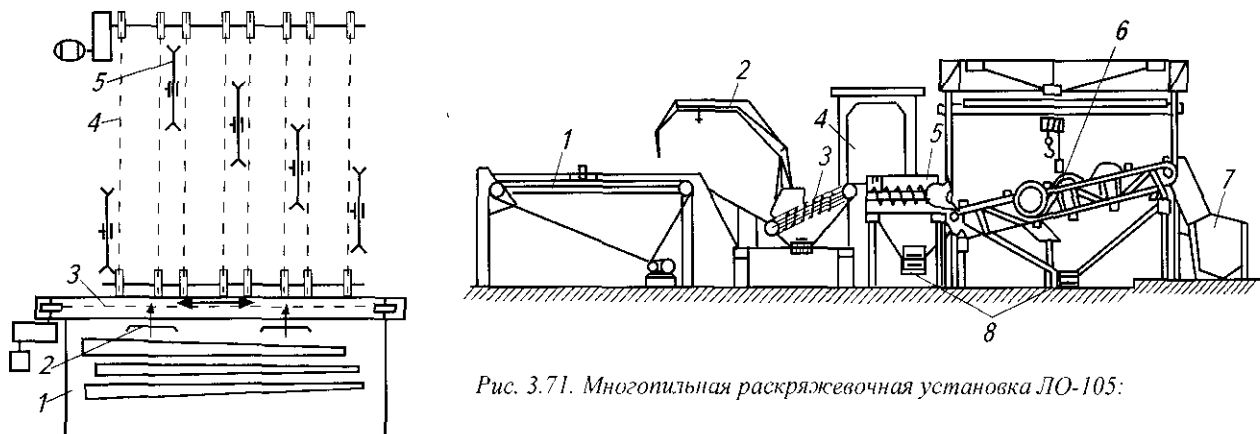


Рис. 3.70. Схема пятипильного слешера ЛО-65

Рис. 3.71. Многопильная раскряжевочная установка ЛО-105:

1 – растаскивающее устройство; 2 – торцовый манипулятор; 3 – разбрасыватель хлыстов; 4 – кабина оператора; 5 – ориентирующее устройство; 6 – слешер; 7 – устройство приема сортиментов; 8 – транспортеры отходов

В состав околостаночного оборудования входят:

– устройство разобшения и поштучной выдачи хлыстов, включающее в себя разобщик пачек хлыстов ЛТх-80С и торцевой манипулятор. На практике возможна привязка ЛО-105 к растаскивающему устройству ЛТ-10 (РРУ-10М), которое осуществляет предварительное разобшение пачки хлыстов, подаваемой краном. В этом случае ЛТ-10 будет приемной секцией установки;

– ориентирующее устройство для выравнивания торцов хлыстов перед раскряжкой, состоящее из приводных роликов и подвижной торцующей стенки. Устройство устанавливает хлыст в определенное положение относительно первой пилы слешера. Поштучная подача хлыстов на тяговые цепи слешера осуществляется отсекателем;

– устройство приема сортиментов;

– система уборки отходов и выноса опилок за пределы раскряжевочного узла;

– автоматизированная система управления, обеспечивающая функционирование всех узлов и устройств установки в необходимой последовательности.

Техническая характеристика установки ЛО-105

Длина обрабатываемых хлыстов, м.....	8...30
Диаметр разделяемого хлыста в зоне реза, мм.....	700
Размеры сортиментов, м.....	4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5
Количество сортиментов, шт.	5
Скорость, м/с:	
– резания (пила Ø 1500)	64
– надвигания хлыстов	0,18; 0,25
Мощность установленных двигателей, кВт	320
Количество операторов, чел.....	2
Габаритные размеры, мм	
– длина	36 200
– ширина (без транспортеров)	30 700
– высота	9740
Производительность (при объеме хлыста 0,5 м ³), м ³ /ч	120
Масса конструктивная, кг	175 000

Раскряжевно-сортировочная установка ЛО-117 предназначена для раскряжки хлыстов средним объемом до 0,3 м³ преимущественно хвойных пород и сортировки круглых лесоматериалов на биржах сырья ЛПК. В состав установки входят:

– разобщик хлыстов ЛТх-80С;

– многопильная раскряжевочная установка в составе ориентирующего устройства, слешера, выносного транспортера, передающего рольганга, транспортера выноса отходов, электрооборудования и металлоконструкций;

– автоматизированное сортировочное устройство в составе: лесотранспортера, пневмосбрасывателей, пневмосистемы, лесонакопителей с металлоконструкциями эстакады, системы автоматического управления.

Техническая характеристика установки ЛО-117

Раскряжевочная установка

Диаметр обрабатываемых хлыстов, см:	
– наибольший	60
– наименьший	6
Относительная кривизна обрабатываемых хлыстов, %, не более	10
Абсолютная погрешность отмера сортиментов, мм, не более	30
Количество пил, шт.	6
Производительность по чистому времени работы при среднем объеме хлыста 0,3 м ³ , м ³ /ч, не менее	70
Автоматизированное сортировочное устройство	

Диаметр транспортируемых сортиментов, см:

– наибольший	60
– наименьший	6

Длина транспортируемых сортиментов, м:	
– наибольшая	6
– наименьшая	2
Скорость тягового органа, м/с, не менее	0,9
Количество мест сброски, шт.	28
Производительность по чистому времени работы при длине сортимента 4 м и среднем объеме 0,075 м ³ , м ³ /ч, не менее	70

Примеры установок для групповой раскряжевки хлыстов и разделки долготья представлены на рис. 3.72 и рис. 3.73.

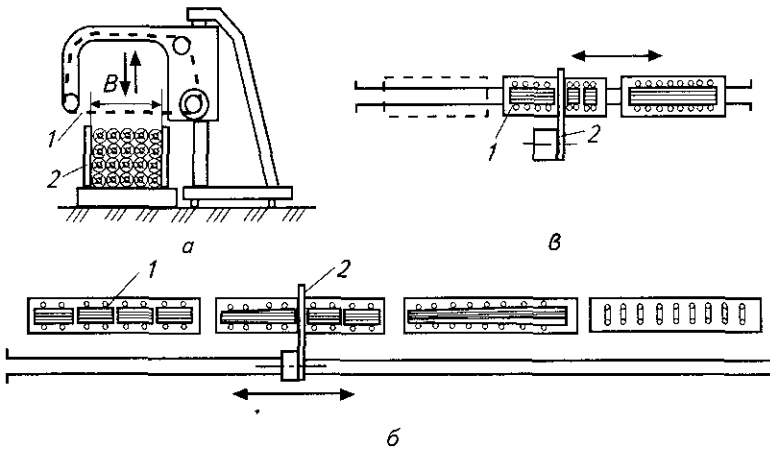


Рис. 3.72. Схемы установок для групповой раскряжевки:

а – тильный механизм; б – установка для раскряжевки хлыстов ЛО-62; в – установка для разделки долготья ЛО-67

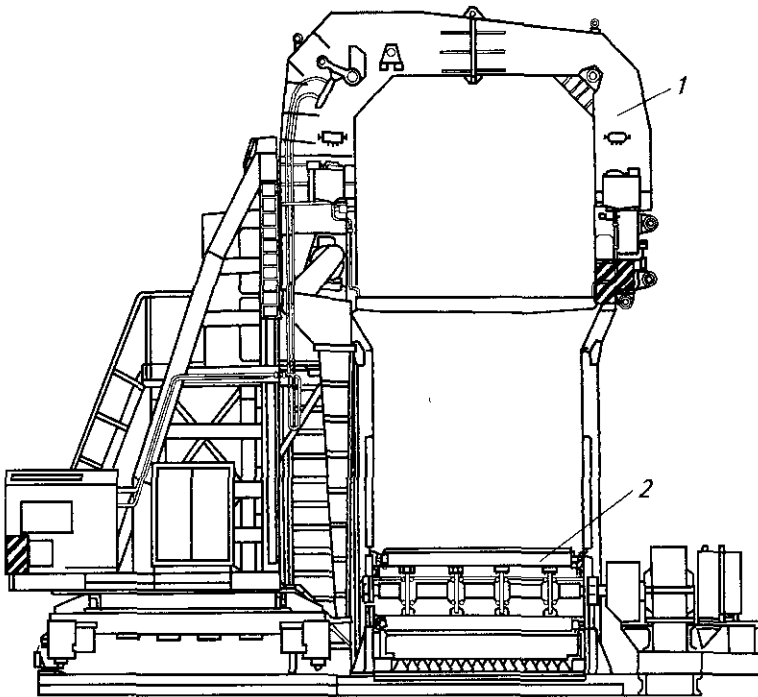


Рис. 3.73. Установка для раскряжевки пачек хлыстов ЛО-62:

1 – тильный механизм; 2 – приемно-подающее устройство

Для групповой раскряжевки лесоматериалов на коротыге используют цепные пилы 1, совершающие прямолинейное возвратно-поступательное движение (рис. 3.72 а). Пачки хлыстов или долготья располагают на приемных устройствах 2, имеющих коники со стойками. В установке ЛО-62, схема которой приведена на рис. 3.72 б, приемные устройства смонтированы на самоходных вагонетках 1, перемещающихся при переходе от одного пропила к следующему, а пила 2 установлена стационарно. У установки ЛО-67, изображенной на рис. 3.72 в, приемные устройства неподвижны, а переход от одного пропила к следующему осуществляется передвижением пилы 2. Для облегчения подъема пилы при выведении ее из пропила коники со стойками, несущие пачки отпиленных отрезков, после прихода пилы в нижнее положение передвигаются вдоль приемного устройства на величину 0,1...0,2 м.

Мощность привода цепной пилы, применяемой для групповой раскряжевки, рассчитывается так же, как и для обычных цепных пил, однако, в этих формулах высота пропила определяется из выражения

$$H = B \Delta, \text{ м}, \quad (3.74)$$

где B – ширина распиливаемой пачки, м; Δ – коэффициент полндревесности пачки.

Установка для раскряжевки пачек хлыстов ЛО-62 (рис. 3.73) предназначена для работы на крупных нижних складах, специализирующихся на обработке хлыстов, с годовым объемом 300 тыс. м³ и более, а также на биржах сырья ЦБК и лесопромышленных комплексах.

Установка ЛО-62 поставляется в климатическом исполнении V категории 1 (ГОСТ 15 150–69 и ГОСТ 16 350–80).

Установка состоит из пильного механизма, приемно-подающего устройства, электрооборудования и гидрооборудования.

Пильный механизм включает в себя пильный аппарат, стойку, тележку, кабину, гидрооборудование.

Пильный аппарат представляет собой П-образную раму, выполненную из листового проката, на которой смонтированы цепной пильный орган с автоматической смазкой и каретка. Стойка представляет собой сваренную из швеллера раму, на которую устанавливается каретка пильного аппарата. Перемещение пильного аппарата производится гидроцилиндром через канатно-блочную систему. Стойка жестко связана с тележкой, передвигающейся на катках по рельсовому пути. Кабина – металлическая с теплоизоляционным слоем войлока. Внутри размещается сидение – пульт оператора с кнопками управления установкой. В кабину также введен дроссель ручного управления гидросистемой надвигания и подъема пильного аппарата. Кабина устанавливается на амортизаторах на площадке, связанной болтовыми соединениями со стойкой. На тележке под кожухом размещено гидрооборудование, состоящее из насосной станции, на которой крепится гидроаппаратура, трубопроводы и гидроцилиндры.

Приемно-подающее устройство представляет собой металлический короб. В нижней части короба расположены четыре цепных контура, несущих на себе траверсы с катками. Со стороны натяжной станции установлен щит, который направляет пачку хлыстов при укладке и сталкивает последний пакет сортиментов.

Техническая характеристика раскряжевочной установки ЛО-62

Максимальные размеры распиливаемой пачки хлыстов, мм:

– ширина	2800
– высота	2800
– длина	25 000

Длины отпиливаемых сортиментов, м, не менее

Погрешность отмера для отпиливаемых сортиментов

Способ отмера длин сортиментов

Управление установкой

Тип пильной цепи

Длина пильной цепи, мм

Система смазки пильного аппарата

Скорость резания, м/с

Тип привода подъема и опускания пильного аппарата

Скорость надвигания пильного аппарата, мм/с

Скорость подъема пильного аппарата, мм/с

Скорость перемещения пильного механизма, м/с

Скорость перемещения пачки, м/с

Общая мощность установленных двигателей, кВт

в том числе:

– пильного механизма

– приемно-подающего устройства

Габаритные размеры, мм

Масса, кг:

– установки в целом

– пильного механизма

– приемно-подающего устройства

Производительность при объеме пачки хлыстов 25 м^3 ,

в плотной мере, $\text{м}^3/\text{ч}$, не менее

3.5.4.2.3. Устройства для поперечной распиловки балансового долготья

Для распиловки балансов длиной от 3 до 6 м (называемого длинник, долготье) применяют слешерные установки с различным количеством пил в зависимости от требований производства. Слешерные установки включают целый комплекс устройств, обеспечивающих роспуск (раскатку) пачек бревен в однородную щель, выравнивание бревен, распиловку, уборку отходов. В настоящее время слешерные установки автоматизированы, снабжены манипуляторами, поэтому высокопроизводительны и обслуживаются одним, двумя операторами. Разработаны слешеры с шириной приемного стола до 16 м, которые могут распиливать по два ряда бревен длиной до 6 м. Производительность установок может достигать 250 пл.м³/ч. Характеристики наиболее распространенных слешерных установок приведены в табл. 3.45.

Таблица 3.45

Слешерные установки

Показатели	Число пил							
	1	2	3	3	3	4	5	5
Диаметр пил, мм	1500	1500	1500	1700	2200	1800	1500	1500
Частота вращения, мин ⁻¹	730	730	735	600	1000	730	735	980
Расстояние между смежными пилами (длина обреза), мм	—	2000	1600	1600	1600	1250	1250	1300
Наибольший диаметр распиливаемых бревен, мм	500	500	500	550	750	600	500	500
Число подающих цепей слешера	6	8	10	10	8	11	12	12
Расстояние между захватами подающего транспортера, мм	600	600	640	600	800	1500	840	640
Скорость подачи, м/с	0,15	0,18	0,182	0,185	0,15	0,22	0,182	0,25
Мощность привода, кВт:								
– каждой пилы	20	20	20	40	75	56	20	28
– транспортера	2,5	3	14 ¹⁾	28 ¹⁾	40 ¹⁾	10	14 ¹⁾	14 ¹⁾
Масса слешера, т	9,3	12,6	21,0	24,0	29,4	34	24,5	—

¹⁾ Привод общий с наклонной поперечной лесотаской.

В состав слешерных установок включают устройства для роспуска пачек бревен (столы для роспуска). Учитывая, что объем пачки бревен может достигать 25...30 м³, столы делают таких размеров, чтобы они сразу могли принять две пачки или 60 м³. Столы для роспуска представляют собой мощную металлоконструкцию, установленную на железобетонные или металлические опоры высотой около 4-х метров. Столы устанавливаются горизонтально или под углом не более 8°. Стол представляет собой неполный бункер, на дне которого расположена многоцепная поперечная лесотаска с гладкими цепями. Привод лесотаски обеспечивает постоянное или толчковое движение. Скорость движения цепей 0,08...0,1 м/с. Благодаря движению цепей на пачку древесины действуют горизонтальные силы, придающие бревнам, находящимся на поверхности пачки, растаскивающее действие – пачка распускается на отдельные бревна или на группы бревен, которые транспортером выносятся далее к другим механизмам.

В настоящее время конструкциям слешерных установок уделяют большое внимание, так как работа слешера оказывает влияние на качество окорки и на количество отходов при окорке и рубке древесины. Стремятся на слешере получить отрезки длиной не менее 1 м без косых срезов.

Этим требованиям отвечают слешерный агрегат типа «Комби-10» (рис. 3.74) и триммерный агрегат «Комби-2001» (рис. 3.75), созданные ОАО «Союзлесмонтаж» (г. Вологда) [5]. При разработке установок учитывался опыт эксплуатации агрегатов по раскатке и распиловке длинника на Усть-Илимском ЛПК, Сегежском, Архангельском и Соликамском ЦБК, ЦЗ «Питкяранта» и Красновишерском, а также отечественных агрегатов с пильным триммером типа ПЛ-85, ПЛ-88 и финских РСЛ.

Техническая характеристика слешера «Комби-10»

Диаметр пил, м	1,5
Количество пил, шт.	4
Угол наклона слешера,	5
Формула расстановки пил слешера, мм	1230+1230+1230+1230 (стационарно)

Привод пильного механизма:	
– частота вращения диска пилы, мин ⁻¹	735
– мощность привода одной пилы, кВт	45
Торцующий рольганг:	
– длина ролика, мм	1250
– привод рольганга.....	общий для всех роликов
– скорость торцевания, м/с.....	1,2
Габариты установки, мм:	
– общая длина.....	25 700
– рабочая ширина приемного стола	8600
Производительность, м ³ /смену.....	400...600

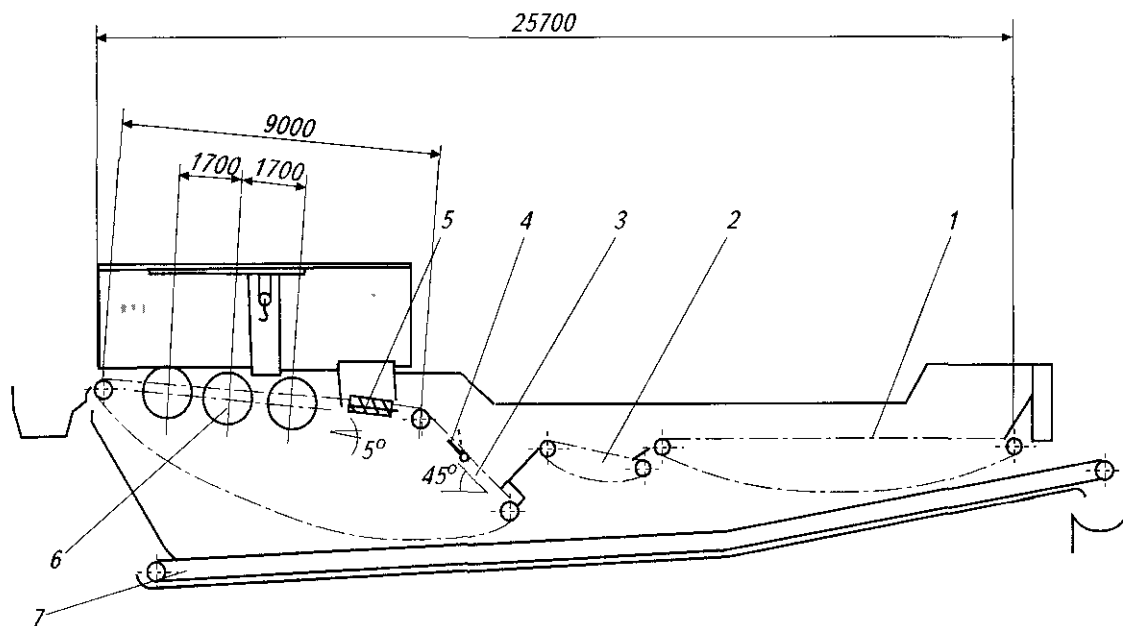


Рис. 3.74. Агрегат слешерного типа «Комби-10» для приема и распиловки бревен:

- 1 – приемный стол; 2 – транспортер растаскивающий; 3 – целной контур лесотаски с ламелями;
4 – отсекатель бревен; 5 – рольганг торцующий; 6 – пильный механизм (слешер); 7 – скребковый транспортер отходов

Агрегат «Комби-10» снабжен двумя приводами лесотаски слешера, а сама лесотаска имеет ламельные захваты для удержания бревен. Захваты расположены на цепях лесотаски и имеют ширину 1120 мм и высоту 210 мм. Расстояние между рядами захватов (шаг) 960 мм. Для ограничения количества бревен, находящихся на захватах, имеется специальный приводной сбрасыватель. Для обслуживания пильного агрегата на «Комби-10» установлен тельфер. Кабина оператора утеплена и снабжена телефонной связью.

Агрегат «Комби-10» может выпускаться как с четырьмя, так и с двумя пилами с расстановкой их от торцевой стенки 2100+2000 мм.

Триммерный агрегат «Комби-2001» имеет ряд преимуществ перед слешером «Комби-10». Благодаря опускающимся пилам «Комби-2001» проводит раскрой бревен без образования маломерных отрезков, что позволяет резко уменьшить отходы не только при распиловке, но и на последующих операциях производства щепы. Угол наклона лесотаски триммера выполнен большим, что обеспечивает улучшение процессов торцевания бревен и лучшую их устойчивость при пилении. Кабина оператора снабжена телеустановкой, которая обеспечивает обзор всего агрегата.

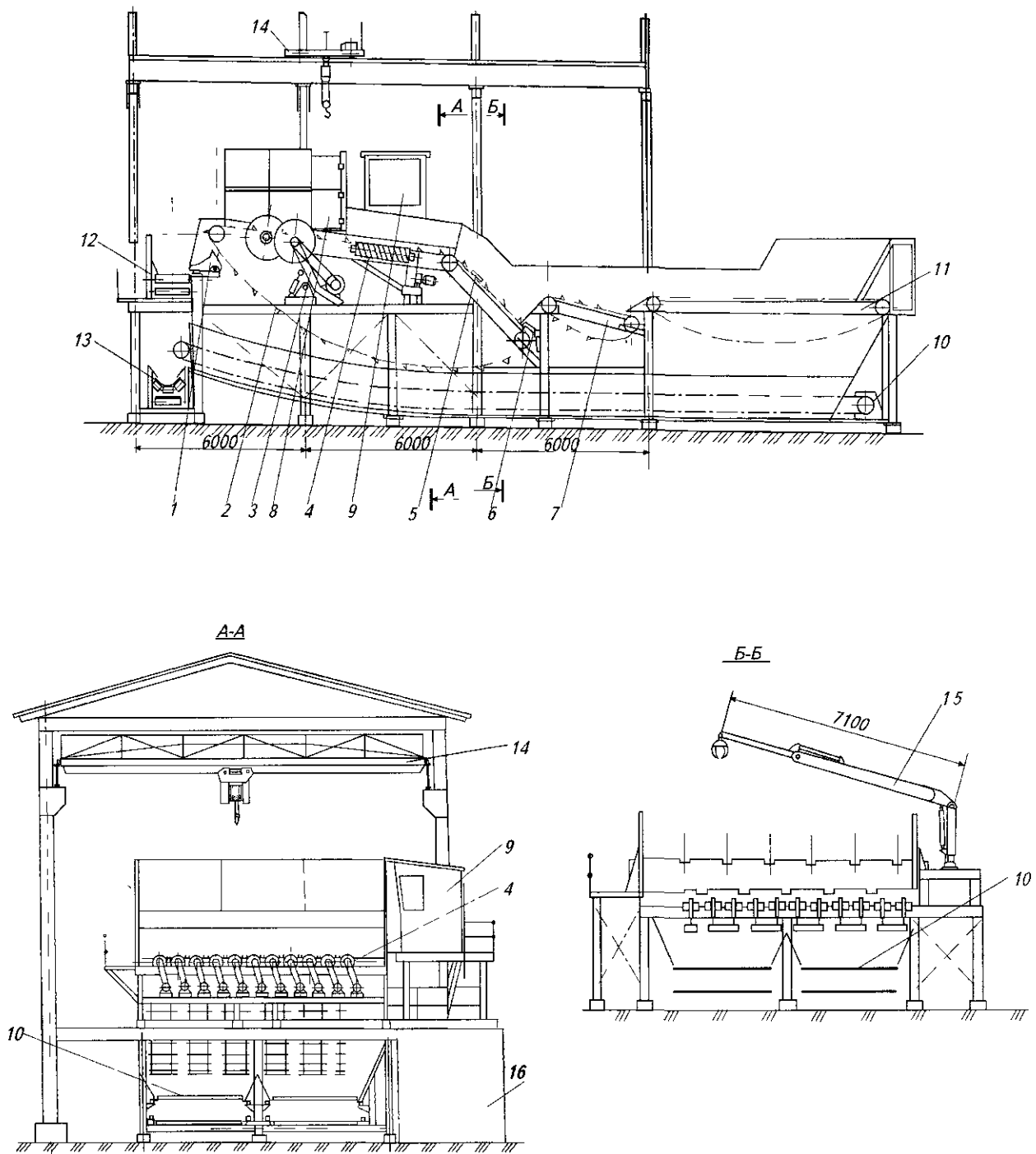


Рис. 3.75 Агрегат триммерного типа «Комби-2001» для приема и распиловки бревен.

1 – пересып; 2 – цепной контур лесотаски с ламелями, 3 – пильный механизм (триммер) с гидроцилиндром подъема; 4 – рольганг торцующий; 5 – отсекатель бревен реечного типа; 6 – заслончатое устройство; 7 – транспортер растаскивающий; 8 – ограждение триммера; 9 – кабина оператора, 10 – скребковый транспортер отходов; 11 – приемное растаскивающее устройство, 12 – ленточный конвейер балансов, 13 – ленточный конвейер отходов, 14 – кран-балка; 15 – гидроцилиндр типа БАКМ, 16 – помещение станции гидропривода

Техническая характеристика триммера «Комби-2001»

Производительность, м ³ /смену.....	400...700
Максимальные размеры распиливаемых бревен, мм:	
– длина	7000
– диаметр.....	500
Формула расстановки подъемных пил, мм	1230+1230+1230+1230 или 2460+2460
Установленная мощность приводов, кВт	210 или 150
Длина агрегата, общая, мм	23 000
Ширина приемного стола, рабочая, мм	8000
Масса, общая, т	110...140

Характеристика модульных узлов «Комби-2001» (номера позиций по рис. 3.75)

1. Пересып:
 - масса без наполнителя (песка), кг
2. Цепной контур:
 - количество цепей, шт.
 - марка цепей
 - размеры захватов (ламелей), мм:
 - длина
 - высота
 - шаг ламелей на контуре, мм
 - количество ламелей на контуре, шт
 - длина контура, мм
 - количество контуров, шт
 - угол наклона лесотаски триммера, град
 - скорость тяговых цепей, м/с
 - масса всех контуров на триммере, т.
3. Пильный механизм с гидроцилиндром подъема:
 - диаметр пилы, мм
 - частота вращения пилы, мин⁻¹
 - мощность привода одной пилы, кВт
 - масса одного механизма, кг
 - количество механизмов, шт.....
4. Рольганг торцующий:
 - длина ролика, мм
 - диаметр ролика, мм
 - количество роликов на рольганге, шт
 - скорость торцевания, м/с
 - скорость винтовая, м/с
 - привод ролика
 - общая установленная мощность роликов, кВт
 - масса рольганга, т
5. Реечный отсекаТЕЛЬ бревен:
 - длина, мм
 - ширина, мм
 - высота над настилом, мм
 - количество отсекателей, шт
6. Заслончатое устройство:
 - ширина, мм
 - высота, мм

7	Транспортер растаскивающий	
	– длина, мм	2900
	– количество цепей, шт	6
	– скорость цепей, м/сдо	0,18
	– шаг упоров, мм	640
	– угол наклона транспортера, град	12
	– установленная мощность, кВт .	8

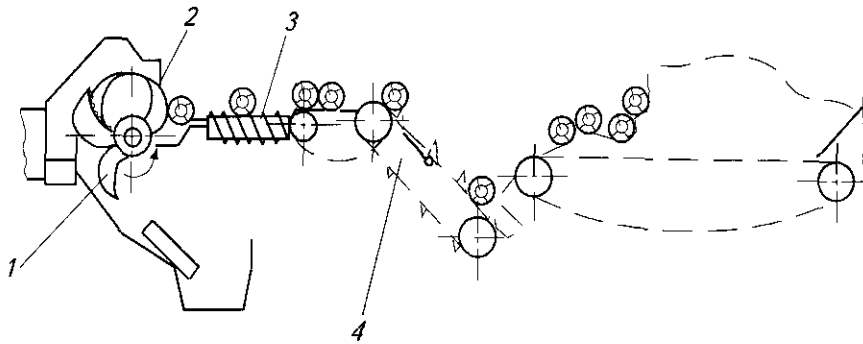


Рис 3 76 Установка безопилочного резания

1 – механизм безопилочного резания 2 – «kozyрек» скатывающий 3 – рольганг подающе торцующий 4 – транспортер гачетный с отсекателем

зубьями. Такие агрегаты могут заменить слешерные установки. Они более компактны, а мощность установленных двигателей может быть меньше в полтора раза.

В последнее время создано окорочное оборудование, способное окоривать древесину длиной до 6 м, что позволяет отказаться от операции поперечной распиловки балансового долготья.

3 5 4 3 Надрезание коры

С целью повышения фрикционных свойств коры, создания условий для эффективной замочки коры, для уменьшения размеров коры, направляемой в отходы, на поверхности коры делают надрезы. Надрезы могут выполняться как индивидуально, так и при групповой обработке. Индивидуально на бревнах проводят надрезы с помощью ножей как вдоль бревна, так и по винтовой линии. Кроме того, надрезы могут быть выполнены с помощью струи воды под большим давлением (порядка 55–65 МПа) при диаметре сопла 2,5–3,0 мм. Струя воды производит надрезы и на мороженой древесине. Надрезы коры при групповой обработке осуществляют ножами, установленными на внутренней стороне корообдирочных барабанов типа КБ-6, КБ-12 или специальных барабанов.

Надрезание коры можно проводить и на столах роспуска бревен и после них в движущейся однородной щети или в воде (в бассейне). В этих случаях для надрезания используются укрепленные на длинном валу цепи с ножами на концах.

Продольное надрезание коры выполняют непосредственно перед окоркой на роторных (кулачковых) окорочных станках, вращающимися тарельчатыми ножами.

Надрезание коры осуществляют и по спирали. Такой надрез нарушает целостность коры и ее прочность, особенно для березы.

3 5 4 4 Размораживание коры

Размораживание коры производят в связи с резким увеличением прочности коры и сил ее сцепления с древесиной в зимний период. Со снижением температуры от 0 до -30°C силы сцепления коры с древесиной (предел прочности коры на скалывание с древесины вдоль волокон) увеличиваются с 0,2–0,3 МПа до 1,5–2,0 МПа.

Для размораживания коры используют различные теплоносители: горячую воду, пар, теплый воздух. Размораживание коры, находящейся на бревнах, производят в специальных каналах, бассейнах, камерах или непосредственно в окорочных агрегатах (бункерных или барабанных корообдирках).

Кроме пильных агрегатов для разделки длинника ОАО «Союзлесмонтаж» разработал как самоходные, так и стационарные установки для безопилочного «силового» резания древесины.

Агрегат УБР (рис 3 76) представляет собой конструкцию, включающую стол для приема пачек древесины, растаскивающее устройство (по типу «Комби-10»), торцующее устройство и механизм силового резания. Механизм включает вал, на котором смонтированы серповидные ножи с крупными

Установлено, что при размораживании коры до -5°C (температура на границе луб-древесина) силы сцепления коры с древесиной снижаются до $0,3 \dots 0,5$ МПа. что достаточно для проведения эффективной окорки. Процесс размораживания коры до -5°C называется неполным оттаиванием в отличие от полного оттаивания, когда температура на границе кора-древесина – от 0°C и выше.

При прогреве бревен тепло Q расходуется на нагрев коры Q_k , на оттаивание свободной влаги в коре Q_b , на нагрев кольца древесины Q_d , на нагрев гигроскопической влаги Q_g , на таяние льда (снега), находящегося на поверхности бревна Q_l :

$$Q = Q_k + Q_b + Q_d + Q_g + Q_l, \text{ кДж.} \quad (3.75)$$

Время, необходимое для размораживания коры, зависит от толщины коры, начальной температуры коры, породы древесины и от вида теплоносителя. Затраты тепла на размораживание коры, отнесенные к 1 пл. м^3 древесины, от -30 до -5°C составляют $50 \dots 63$ тыс. кДж. Наиболее эффективно размораживание производится паром, так как 1 кг пара содержит около 2261 кДж. Расход пара на размораживание 1 пл. м^3 древесины составляет $25 \dots 30$ кг. Однако пар является дорогостоящим теплоносителем и его применение необходимо экономически обосновать. Применение горячей воды также эффективно, но вода увлажняет кору, затрудняя ее утилизацию, а сама вода загрязняется экстрактивными веществами из коры и требует очистки. Наиболее проблематично размораживание при помощи горячего воздуха, поскольку его приготовление требует больших энергозатрат.

3.5.4.5. Замочка бревен

При длительной транспортировке древесины или при длительном хранении на складе, особенно в летний период, кора подсыхает, а при этом силы ее сцепления с древесиной увеличиваются в $2 \dots 3$ раза, что затрудняет процесс окорки. Для уменьшения сил сцепления кору увлажняют путем замочки.

Замочку бревен производят в специальных бассейнах, каналах и в акваториях лесных портов предприятий ЦБП. Время, необходимое для замочки, зависит от породы древесины, диаметра бревен (толщины коры), начальной влажности коры и температуры воды и составляет $1 \dots 30$ часов. При окорке в барабанах мокрым или полусухим способом бывает достаточно $20 \dots 60$ мин. Это объясняется тем, что в барабанах, наряду с замочкой, на кору оказывают интенсивные динамические воздействия (удары, трение, давление).

3.5.5. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОКОРКИ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

3.5.5.1. Способы и методы окорки

Известно большое количество способов окорки. Все способы можно разделить на индивидуальные и групповые.

К индивидуальным способам относятся: способ удаления коры вращающимися ножами (фрезами); удаление коры тупыми короснимателями, расположенными на вращающемся роторе, гидроокорка – снятие коры при помощи струи воды большого давления.

К групповым способам относится окорка в бункерных корообдирках и окорка в окорочных (корообдирочных) барабанах.

Критериями для оценки применяемых способов окорки является производительность, качество окорки, потери полезной древесины с отходами, трудозатраты, расходы электроэнергии, тепла, воды, воздуха, вписываемость в технологический процесс.

В настоящее время еще нет способов окорки, удовлетворяющих всем требованиям, поэтому вопросы окорки относятся к разряду проблемных. Во многих странах, в том числе и России, продолжают исследования в области очистки щепы от коры (окорка щепы). Решение этой проблемы во многом упростит технологию подготовки древесного сырья.

В настоящее время в ЦБП из индивидуальных способов окорки применяется окорка на роторных станках. Они устанавливаются в древесно-подготовительных цехах для окорки хлыстов и балансов, в лесопильных цехах для окорки пиловочника, в фанерном производстве для окорки фанерного кряжа и т.д.

Из групповых способов окорки широко применяется окорка в барабанах. Барабаны устанавливают в древесно-подготовительных цехах для окорки балансов и в цехах подготовки низкокачественного древесного сырья к переработке. Известны корообдирочные барабаны для окорки хлыстов и деревьев с кроной, но они не применяются в России из-за огромных размеров и трудностей с подготовкой такого сырья к окорке, особенно в зимний период. Бункерные корообдирки в ЦБП России в настоящее время уже не применяются.

В связи с этим в данной главе рассматриваются только роторные окорочные станки и корообдирочные барабаны.

3.5.5.2. Роторные окорочные станки

Для поштучной окорки круглых лесоматериалов наибольшее распространение получили роторные станки. Установка ротора на специальном подшипнике допускает высокие скорости вращения, что вместе с возможностью расположения на роторе нескольких окорочных устройств обеспечивает сравнительно высокую производительность станков такого типа. В роторных станках может применяться любой из рассмотренных ниже окорочных инструментов: скребки, ножи, ножевые фрезы. Основными элементами роторных окорочных станков являются короснимающий и подающий механизмы [6].

Короснимающий механизм состоит из ротора, имеющего угловую скорость $100...500 \text{ мин}^{-1}$ и несущего на себе несколько окорочных инструментов (короснимателей), прижимаемых к поверхности бревна и вращающихся вокруг него.

Коросниматели 1 рис. 3.77а и б) сидят на осях 2, закрепленных на роторе 3. Окариваемый кряж 4, не вращаясь, проходит сквозь ротор. Коросниматели прижимаются к поверхности кряжа при помощи резиновых колец 5 или стальных пружин. Прижим короснимателей может также осуществляться при помощи гидро- и пневмоцилиндров. В некоторых типах роторных станков коросниматели прижимаются под действием центробежных сил, возникающих в противовесах, установленных на осях 2.

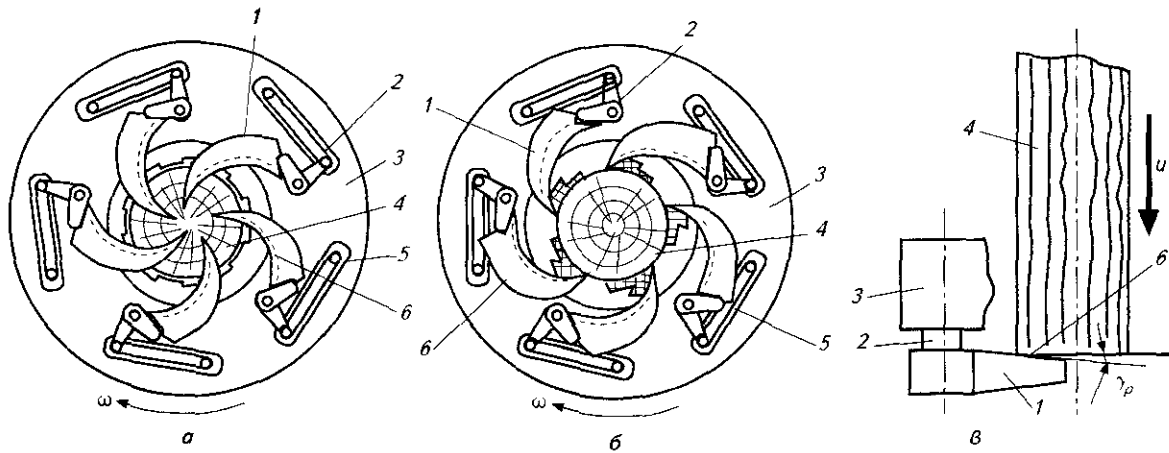


Рис. 3.77. Короснимающий механизм роторных окорочных станков.

а, б – схемы короснимающего механизма с прижимо и короснимателей резиновыми кольцами; в – схема взаимодействия короснимателя с кряжем при разводе

Развод короснимателей и выход их на поверхность очередного кряжа происходит автоматически, причем каждый коросниматель разводится индивидуально независимо от других. Для этой цели служит специальный элемент короснимателя – разводная кромка б. Она может иметь различную конфигурацию, но наиболее надежный развод обеспечивается, если в процессе выхода на поверхность кряжа коросниматель взаимодействует кромкой с торцом бревна. Для этого необходимо, чтобы разводная кромка на всем ее протяжении была наклонена от плоскости вращения ротора в направлении подачи бревна на некоторый угол γ_p равный $5...15^\circ$ (рис. 3.77 в). В исходном положении (рис. 3.77 а) коросниматели сомкнуты и вращаются вместе с ротором. При нажатии торцом кряжа на коросниматель их разводные кромки врезаются в кромку торца и притормаживаются; вследствие этого коросниматели, поворачиваясь вокруг осей 2, разводятся и выходят на поверхность кряжа.

В некоторых конструкциях роторных окорочных станков для развода используют кромки отогнутые навстречу движению кряжа. В процессе развода они взаимодействуют с плоскостью торца кряжа. В этом случае развод сопровождается значительными деформациями системы коросниматель – кряж, что является причиной частых поломок короснимателей.

В большинстве конструкций короснимателей сила прижима к поверхности окариваемого кряжа может регулироваться только при неподвижном роторе. Это вызывает ряд эксплуатационных трудностей при окорке нерассортированных по диаметрам лесоматериалов разных пород с корой, имеющей различную толщину и влажность. Изменять силу прижима короснимателей, не останавливая ротора, можно, если для прижима используются пневмо- или гидроцилиндры. Управляемый механизм прижима значительно расширяет возмож-

ности роторного станка, но требует установки сложного и дорогостоящего оборудования для подачи воздуха или рабочей жидкости в цилиндры, расположенные на вращающемся роторе.

Скребковый окорочный инструмент отделяет кору по камбиальному или лубяному слою путем ее скалывания и отрыва. Характер отделения коры зависит от соотношения пределов прочности на скалывание коры по слою камбия (или луба) и смятие по линии давления передней грани скребка. При непрочном лубе кора отрывается в виде непрерывной ленты, оставляя гладкую чистую поверхность древесины. При прочном сцеплении кора под действием скребка разрушается, впереди него образуется уплотненный гребень, мешающий углублению скребка до древесины, в результате коросниматель выходит на поверхность коры, оставляя значительную часть ее нетронутой.

Основным показателем, характеризующим сцепление коры с древесиной, является влажность коры. С уменьшением влажности сцепление увеличивается и качество окорки 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, и сила сцепления возрастает в несколько раз. Поэтому мерзлая древесина очень трудно поддается окорке кулачками. Для облегчения окорки на станках с тупыми короснимателями мерзлую древесину надо предварительно оттаить, а сухую – увлажнить.

Качество окорки зависит от геометрических параметров скребка и силы прижима к поверхности кряжа. Рабочая часть скребка (рис. 3.78 а и б) обычно имеет форму клина с затупленной режущей кромкой. Угол заострения кулачка $\beta = 30...50^\circ$, радиус закругления режущей кромки $\rho = 1...3$ мм, длина контактной площадки (ширина скребка) $b = 25...60$ мм. Радиус закругления оказывает существенное влияние на качество окорки. С уменьшением ρ улучшается окоряющая способность кулачка, но повышается опасность повреждения древесины. При окорке сплавной и свежесрубленной древесины принимают большие значения ρ , а при окорке сухой и мерзлой – меньшие. При окорке древесины с температурой ниже -10°C величину ρ снижают до 0,1...0,3 мм, при этом процесс снятия коры по камбиальному слою переходит в резание, и часть древесины превращается в отходы (стружку).

Сила прижима скребка к поверхности кряжа должна составлять 15...25 кН на 1 м ширины скребка. Для окорки мерзлой древесины без оттаивания эта сила должна возрасти до 30 кН/м. При увеличении давления до 35...40 кН/м начинается разрушение древесины. Для высокого качества окорки и снятия коры со всей поверхности кряжа необходимо, чтобы траектории, описываемые каждым скребком на поверхности кряжа, перекрывали друг друга. Скорость подачи кряжа u определяют по формуле

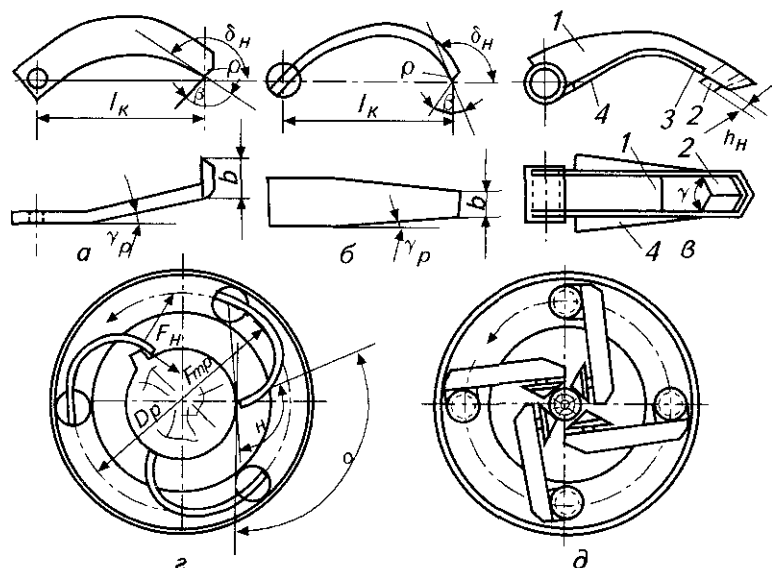


Рис. 3.78. Окорочный инструмент роторных окорочных станков: а, б – скребковый окорочный инструмент; в – ножевой окорочный инструмент; г – схема взаимодействия короснимателя с остатками сучьев; д – схема установки конических фрез на роторе станка

$$u = \frac{bz_k \omega}{2\pi\gamma}, \text{ м/с}, \quad (3.76)$$

где b – ширина скребка, м;

z_k – число одноименных короснимателей на роторе;

ω – частота вращения ротора, рад/с;

γ – коэффициент перекрытия; в обычных условиях γ принимается равным 2; при окорке мерзлой древесины без оттаивания величина коэффициента перекрытия должна быть доведена до 3...5.

Мощность, необходимую для приведения в действие короснимающего механизма, определяют по формуле

$$N_p = (z_k P_p v + G_p \mu_n v_n) \frac{1}{\eta_p}, \text{ Вт}, \quad (3.77)$$

где P_p – сила сопротивления окорке на одном короснимателе, Н;

v – скорость окорки, м/с;

G_p – вес ротора, Н;

μ_n – коэффициент трения в подшипнике ротора;

v_n – окружная скорость подшипника ротора, м/с;

η_p – КПД передачи от подшипника к ротору

Скорость окорки определяют из выражения

$$v = \sqrt{v_1^2 + u^2}, \text{ м/с}, \quad (3.78)$$

где v_1 – окружная скорость короснимателя, м/с.

В связи с тем, что величина v_1 во много раз превышает u , практически можно считать, что $v \approx v_1$. следовательно,

$$v = 0,5 d_k \omega, \text{ м/с}, \quad (3.79)$$

где d_k – диаметр окориваемого кряжа, м.

Окружная скорость подшипника ротора равна

$$v_n = 0,5 D_n \omega, \text{ м/с}, \quad (3.80)$$

где D_n – диаметр подшипника ротора, м.

Сила сопротивления окорке на одном короснимателе состоит из усилия, затрачиваемого на отделение коры, и силы трения:

$$P_p = k_0 b_0 + F_n \mu_k, \text{ Н}, \quad (3.81)$$

где k_0 – линейное сопротивление окорке, Н/м;

b_0 – ширина полосы коры, снимаемой одним короснимателем, м;

F_n – усилие прижима короснимателя к поверхности кряжа, Н;

μ_k – коэффициент трения короснимателя о древесину, равный 0,18...0,2.

Величину b_0 определяют по коэффициенту перекрытия γ :

$$b_0 = \frac{b}{\gamma}, \text{ м}. \quad (3.82)$$

Величина k_0 зависит от состояния древесины, породы и b_0 . Подставив в формулу (3.77) выражение для P_p согласно (3.81), выражая v и v_n через ω , подставляя b_0 по формуле (3.82), а затем, вводя u согласно (3.76), получим формулу для расчета мощности в следующем виде:

$$N_p = \left[\pi k_0 u d_k + 0,5 \omega (z_k F_n \mu_k d_k + G_p \mu_n D_n) \right] \frac{1}{\eta_p}, \text{ Вт}. \quad (3.83)$$

Мощность двигателя привода ротора выбирают по мощности N_p для окорки наиболее толстых кряжей с максимальной скоростью подачи.

Ножевой окорочный инструмент представляет собой коросниматель, на конце которого установлены один или несколько острых резцов. Ножевые инструменты различают по числу режущих кромок, их очертаниям, взаимному положению и расположению относительно обрабатываемого кряжа.

Ножевой коросниматель (см. рис. 3.78 в) состоит из державки 1, разводной кромки 4, копира-ограничителя 3 и ножа 2. Нож имеет две основные и одну вспомогательную режущие кромки. Основные режущие кромки, не параллельные оси ротора, расположены в плоскости, параллельной копирующей поверхности. Угол γ между режущими кромками составляет $140 \dots 160^\circ$. Вспомогательная режущая кромка служит для перерезания волокон коры и древесины. Толщину срезаемого слоя коры и древесины, называемую глубиной окорки H_0 , регулируют выпуском ножа h_n относительно копира ограничителя.

Отличительной особенностью рассматриваемого ножевого инструмента является его способность производить резание вдоль волокон при движении ножа поперек волокон. Это обеспечивает получение гладкой окоренной поверхности, соответствующей требованиям к окорке балансов, и других лесоматериалов, для которых регламентируется товарный вид продукции.

Ножевой инструмент можно использовать как для одностадийной, так и для двухстадийной окорки.

Одностадийную окорку целесообразно применять для обработки подсушенных и мерзлых бревен, а также лесоматериалов с прочной и толстой корой. Двухстадийную окорку – для экспортных балансов и пропсов, столбов, шпального кряжа и т. п. В этом случае на первом этапе производится удаление коры по камбиальному слою скребковым инструментом, а на втором этапе ножевым инструментом производится удаление остатков коры, сучков и камбиального слоя. Ножевой инструмент на роторных станках можно использовать для зачистки сучковых остатков без окорки. Для этих целей целесообразно применять ножи, лезвие которых параллельно оси ротора.

Применение ножевого инструмента значительно расширяет возможности роторных станков, поэтому конструкция роторного станка должна предусматривать возможность замены скребкового инструмента на ножевой без существенной переналадки самого станка. Роторные станки для чистой окорки целесообразно делать двухроторными с установкой на первом скребкового, а на втором – ножевого инструмента.

Роторные фрезерные станки можно оснащать цилиндрическими или коническими фрезами. Чаще всего на роторных станках фрезы имеют вид плоскоконических дисков (см. рис. 3.78 д), несущих на себе ножи с прямолинейной режущей кромкой. Ножи выступают над поверхностью диска, который является копиром-ограничителем. При вращении фрезы каждый нож срезает стружку переменного сечения. Максимальная толщина стружки соответствует выпуску ножей над поверхностью диска. Плоскоконические фрезы производят резание коры и древесины вдоль волокон при высоких скоростях резания, поэтому получается гладкая окоренная поверхность и хороший товарный вид. Это обстоятельство определило область применения роторных фрезерных станков для чистой окорки балансов, столбов и шпальных кряжей. Недостатком роторных фрезерных станков является обратно пропорциональная зависимость глубины окорки от диаметра окариваемого кряжа. При окорке бревен различных диаметров выпуск ножей должен быть таким, при котором глубина окорки равна толщине коры на бревнах максимального диаметра. При окорке бревен меньших диаметров глубина окорки увеличивается, что вместе с уменьшением толщины коры (ее можно считать прямо пропорциональной диаметру кряжа) приводит к значительным потерям древесины при окорке. Кроме того, фрезерный окорочный инструмент во всех случаях значительно сложнее ножевого, поэтому применение роторных фрезерных станков оправдано лишь тогда, когда по каким-либо причинам не могут быть применены ножевые станки.

Подающие механизмы на роторных окорочных станках должны выполнять следующие функции: производить продольную подачу кряжа, центровать кряж относительно оси ротора, не допускать проворачивания кряжа под действием усилия окорки. В роторных окорочных станках наиболее распространены вальцовые подающие механизмы, которые могут быть трех- и четырехвальцовыми.

В трехвальцовом механизме (рис. 3.79 а) оси поворота рычагов вальцов перпендикулярны плоскости вращения ротора и расположены в вершинах равностороннего треугольника. Вальцы 2 прижимаются к поверхности окариваемого кряжа при помощи пружины 1. Между собой вальцы связаны тягами 3, благодаря чему они разводятся на строго одинаковую величину

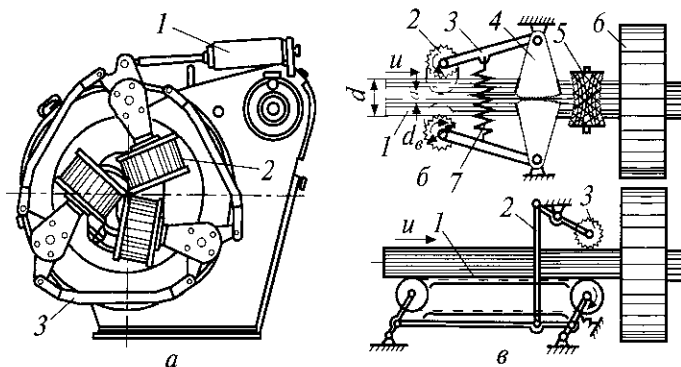


Рис. 3.79. Подающие механизмы роторных окорочных станков:

а – трехвальцовый; б – четырехвальцовый; в – центрирующий транспортер

и окариваемые кряжи любых диаметров оказываются сцентрированными относительно оси ротора. Четырех-вальцовый механизм (рис. 3.79 б) состоит из пары вертикальных 5 и пары горизонтальных вальцов 2, прижимаемых к поверхности окариваемого кряжа 1 при помощи пружины 7. Зубчатые секторы 4, связанные с рычагами 3, обеспечивают расхождение вальцов на одинаковую величину от оси ротора б. В качестве подающего механизма может также применяться подпружиненный транспортер 1 (рис.3.79 в), работающий совместно с вальцом 3. Тяга 2, соединяющая рычаг вальца с рамой транспортера, обеспечивает центрирование кряжа. Для надежного захватывания подаваемого кряжа вальцами и саморазведения вальцов их диаметр $d_в$ должен удовлетворять следующему неравенству (см. рис. 3.79 б):

$$d_в > d_{max} - a, \text{ м}, \quad (3.84)$$

где d_{max} – наибольший диаметр окариваемых кряжей, м;

a – расстояние между образующими сведенных вальцов (всегда меньше наименьшего диаметра окариваемого кряжа), м.

До ротора на станке расположены подающие вальцы, а за ним – извлекающие вальцы. От расстояния между ними зависит минимальная длина кряжей, которые могут быть пропущены через окорочный станок. Подающие и извлекающие вальцы должны зажимать окариваемый кряж с такой силой, чтобы не допустить его вращения под действием усилий окорки. Это условие обеспечивается при соблюдении неравенства

$$m_в Q_в \mu_в > z_k P_p, \quad (3.85)$$

где $m_в$ – минимальное число вальцов, удерживающих наиболее короткий кряж;

$Q_в$ – сила прижима вальца к окариваемому кряжу, Н;

$\mu_в$ – коэффициент сцепления вальца с кряжем; $\mu_в=1,1 \dots 1,3$;

z_k – число короснимателей, взаимодействующих с кряжем;

P_p – сопротивление окорке на одном короснимателе, Н.

Кроме силы сопротивления окорке на коросниматель действует перпендикулярная ей сила сопротивления подаче

$$P_u = P_p \operatorname{tg} \theta = \frac{P_p u}{v}, \text{ Н}, \quad (3.86)$$

где θ – угол подъема винтовой линии следа короснимателя на поверхности бревна, град.;

u – скорость подачи бревна, м/с.

Мощность привода подачи определяют по формуле

$$N_u = \frac{P_p u^2}{v \eta_u}, \text{ Вт}, \quad (3.87)$$

где η_u – КПД передачи от двигателя к вальцам.

Мощность привода подачи должна быть достаточной для развода короснимателей и выхода их на поверхность бревна

$$N_u = \frac{z_k P_{pl} u}{1,8 \dots 2}, \text{ Вт}, \quad (3.88)$$

где P_{pl} – усилие подачи, необходимое для развода одного короснимателя, Н.

Часовую производительность роторных окорочных станков определяют по формуле

$$\Pi_v = 3600 \varphi_1 \varphi_2 \frac{uV}{l_k}, \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (3.89)$$

где φ_1 – коэффициент использования рабочего времени;

φ_2 – коэффициент загрузки станка, учитывающий межторцовые разрывы;
 V – объем среднего кряжа, м³;
 l_k – длина среднего кряжа, м.

У большинства роторных окорочных станков скорость подачи выбирается с учетом толщины коры, поэтому производительность станка оказывается прямо пропорциональной квадрату диаметра кряжей.

Типы роторных окорочных станков. Широкое распространение получили окорочные станки ОК-35 и ОК-66. Они имеют примерно одинаковое устройство. Станок ОК-35 предназначен для окорки балансов диаметром от 7 до 35 см и длиной не менее 1,5 м, а станок ОК-66 в основном для окорки бревен диаметром от 10 до 66 см. Окаривающими устройствами на этих станках являются пять серповидных короснимателей, расположенных на роторе и прижимаемых к поверхности окариваемого кряжа при помощи резиновых колец. Окариваемые кряжи подают два трехвальцовых механизма (см. рис. 3.79 а и рис. 3.80).

В настоящее время вместо станков ОК-35 и ОК-66 выпускают станки новой унифицированной гаммы ОК-40-1, ОК-63-1, ОК-80-1, ОК-100-1. Окорочные станки ОК-40-1, ОК-63-1, ОК-80-1 не имеют принципиальных конструктивных отличий, но каждый из них предназначен для окорки бревен определенных диаметров. Станок ОК-40-1 применяют для окорки балансов диаметром от 6 до 35 см и длиной не менее 1,5 м. Станки ОК-63-1 и ОК-80-1 – для окорки бревен длиной не менее 2,7 м и диаметром: ОК-63-1 от 10 до 53 см, ОК-80-1 – от 14 до 70 см. Окорочная головка у этих станков выполнена в виде отдельного механизма с индивидуальным приводом. В отличие от станков ОК-35 и ОК-66 прижим короснимателей осуществляется металлическими пружинами. Наряду с короснимателями на роторе могут быть установлены специальные ножи для надрезания коры. На станке ОК-40-1 могут быть установлены три ряда рабочих органов: ножи для надрезания коры, скребковый инструмент и ножевой окорочный инструмент. Механизм подачи четырехвальный (см. рис. 3.79 б). Подающая и приемная секции механизма подачи выполнены в виде отдельных узлов, имеющих одинаковую конструкцию.

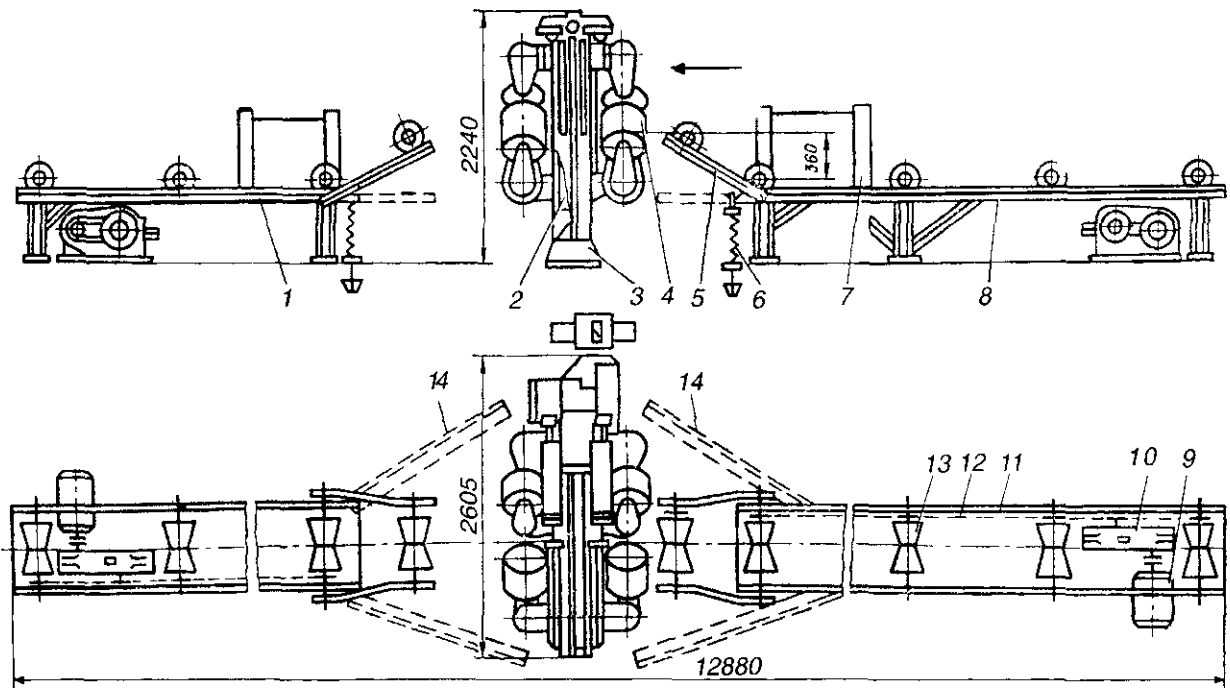


Рис 3 80 Станок ОК-66М с подающим и приемным рольгангами

1 – приемный рольганг; 2 – окорочная головка; 3 – станина, 4 – механизм подачи, 5 – качающаяся подпружиненная секция рольганга; 6 – регулируемая пружина, 7 – дугообразные ограждения; 8 – подающий рольганг; 9 – электродвигатель; 10 – цилиндрический редуктор, 11 – рама рольганга; 12 – приводная цепь; 13 – ролик; 14 – ограждения (устанавливаются на месте)

Окорочный станок ОК-100-1 существенно отличается от остальных станков гаммы. Главной его особенностью является автоматическая установка окорочной головки по оси окариваемого бревна. Станок предназначен для окорки крупномерных сортиментов длиной от 2,7 м и диаметром от 20 до 90 см. Все станки гаммы оснащены регулируемым приводом подачи, обеспечивающим изменение скорости подачи в диапазоне 0,1 ... 1,0 м/с. Суммарная установленная мощность электродвигателей станка ОК-40-1 составляет 30 кВт, станка ОК-100-1 – 85 кВт.

Производительность роторного окорочного станка определяется состоянием окариваемых лесоматериалов и их диаметром. Предельные значения производительности станка одной и той же марки могут отличаться в несколько десятков раз, поэтому в каждом отдельном случае производительность следует рассчитывать исходя из конкретных условий работы.

Для индивидуальной окорки круглых лесоматериалов (хлыстов, балансов, пиловочника, фанерного кряжа) на предприятиях ЦБП России и за рубежом применяют широкую гамму роторных окорочных станков. Характеристика станков, выпускаемых в России, приведена в табл. 3.46, а импортных – в табл. 3.47 и 3.48.

Для повышения качества окорки за один проход через станок разработаны двухроторные установки.

Таблица 3.46

Российские роторные окорочные станки

Показатели	Тип станка							
	ОК-35М	ОК-66М	ОК-40-1	ОК-40-2 2ОК-40-1	ОК-63-1	ОК-63-2 2ОК-63-1	ОК-80-1	ОК80-2 2ОК-80-1
Диаметр просвета ротора, мм	360	680	400	400	630	630	800	800
Диаметр окариваемых лесоматериалов, см	7...35	10...66	6...35	6...35	10...53	10...55	14...70	14...70
Наименьшая длина бревна, м	1,5	3	1,5	1,5	2,7	2,7	2,7	2,7
Допускаемая кривизна бревна, %	3	3	3	3	3	3	3	3
Частота вращения ротора, с ⁻¹	36,6	18,8	18;25;37	20;27;40	16;21;32	16;21;32	15;21	16;26
Скорость подачи, м/с	0,4;0,6	до 1,0	0,18...1,1	0,2...1,2	0,2...1	0,2...1,2	0,18...1	0,2...1,17
Число скоростей подачи	2	~	6	6	6	6	6	6
Количество, шт:								
– роторных головок	1	1	1	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$
– режущего инструмента	5	5	10	$\frac{6}{12}$	5	$\frac{6}{12}$	6	$\frac{6}{12}$
Общая мощность, кВт	22,7	41,5	37,1	$\frac{37,6}{51,12}$	37,1	$\frac{50,1}{75,1}$	76,12	$\frac{97,1}{115,12}$
Средняя сменная производительность (паспортная), м ³	62	135	117	$\frac{119}{147}$	255	$\frac{231}{294}$	390	$\frac{400}{497}$
Габариты, мм:								
– длина	8100	15600	13100	$\frac{6160}{7235}$	13600	$\frac{8110}{9800}$	14900	$\frac{11780}{14235}$
– ширина	1260	2900	2400	$\frac{2210}{2500}$	2670	$\frac{2215}{2307}$	3200	$\frac{2350}{2620}$
– высота	1600	2200	1800	2500	2100	2565	2400	3505
Масса станка, т	2,6	8,3	10,2	$\frac{7,38}{9,6}$	14,1	$\frac{9,4}{12,5}$	20,7	$\frac{17,8}{20}$

Таблица 3.47

Импортные роторные окорочные станки

Показатели	Тип станка					
	финских фирм			японских фирм		
	VK-450	VK-600	VK-800	SDB-1200	SDB-900	SDB-800
Диаметр просвета ротора, мм	520	640	840	1200	900	800
Диаметр окариваемых бревен, см	8...47	10...60	10...80	15...110	13...85	12...75
Наименьшая длина бревен, м	2	2,4	2,4	2,6	3	3
Допускаемая кривизна бревна, %	3	3	3	3	3	3
Частота вращения ротора, рад/с	30	20,5	19	8	10	13
Скорость подачи, м/с	0,6...0,9	0,3...1	0,3...1	0,08...0,5	до 0,7	до 0,6
Число режущих инструментов, шт	6	6	6	5	4	4
Длина рабочей кромки, мм	45	70	70	70;100	–	–
Мощность, кВт	78	125,6	–	88,5	119	92
Масса, т	8,06	21,84	22,74	–	–	–

Окорка древесного сырья на роторных окорочных станках производится в любое время года. С тепловой подготовкой в бассейнах в зимний период – мокрая окорка или без нее – сухая окорка. В летний период древесину со склада также пропускают через бассейн. Наилучшие результаты достигаются при окорке сплавной древесины и свежерубленной.

В древесных цехах ЦБК устанавливают роторные окорочные станки большой мощности типа ОК-80, VK-800 или Nicholson A-5-27" (табл. 3.48).

В табл. 3.47 и 3.48 указаны габариты станков без транспортеров подачи и приема древесины. Каждый из этих транспортеров имеет длину от 4 м до 30 м. В соответствии с этим участок для окорки будет иметь длину от 10 до 70 м.

Таблица 3.48

Техническая характеристика американских роторных окорочных станков Nicholson A-5

Показатели	Типоразмер			
	17"	22"	27"	35"
Диаметр просвета ротора:				
– в дюймах	17	22	27	35
– в мм	432	558	686	889
Максимальная скорость подачи, м/мин	132	113	97	83
Номинальная скорость подачи, м/мин	115	99	85	72
Двигатели ротора:				
– кВт	75	75	75	90
– мин ⁻¹	1200	1200	1200	1200
Двигатель механизма подачи:				
– кВт	30	30	30	37
– мин ⁻¹	1800	1800	1800	1800
Масса станка, кг	15 876	17 917	20 865	31 752
Масса дополнительного модуля с двумя кольцами, кг	3810	4762	5714	6667
Средний диаметр окариваемого бревна, см	20	24	28	36
Производительность при среднем диаметре бревен, м ³ /смену	300	500	700	1000

3.5.5.3. Окорочные барабаны

3.5.5.3.1. Основные типы окорочных барабанов

Наибольшее распространение для окорки балансов и низкокачественной древесины получили окорочные или корообдирочные барабаны.

Окорочные барабаны могут быть периодического и непрерывного действия. Барабаны периодического действия применяют для окорки сплавной, свежесрубленной и низкокачественной древесины. Цикличность работы резко снижает производительность и применяются такие барабаны для небольших производств.

Барабаны непрерывного действия предназначены для окорки длинника (4...6 м) и коротья (1,2...2,2 м).

В последнее время созданы барабаны, которые пригодны для окорки как длинника, так и коротья.

Для окорки длиномерной древесины длиной 4,5...6 м в Швеции фирмой KMW созданы барабаны конической формы длиной 45...60 м. Эти барабаны служат для окорки свежесрубленной (весной, летом) древесины или сплавной. Древесина должна быть правильной формы, с небольшой кривизной, подобрана по диаметру. Предъявляются и другие требования, ограничивающие применение таких барабанов в ЦБП России.

Широкое распространение в ЦБП России получили барабаны для окорки коротья. Барабаны предназначены для окорки мокрым, полусухим и сухим способом. Окорка древесины длиной 1,2...2,2 м позволяет использовать древесину с первоначальной длиной до 6,5 м, предварительно распилив их на слесере на указанные отрезки.

Барабаны мокрой окорки представляют собой конструкцию, помещенную в ванну, обеспечивающую заполнение барабана водой на 1/3 его диаметра. Окорка в таких барабанах происходит за счет трения бревен друг о друга при обильном смачивании коры водой. Барабаны имеют длину до 15 м и диаметр до 6 м, частота вращения до 4 мин⁻¹. В барабанах хорошо окоривается свежесрубленная и сплавная древесина при сравнительно небольших отходах древесины до 1,5%. Производительность барабанов до 40...50 м³/ч. Однако большой расход воды (до 10 м³/м³) и относительно низкая производительность привела к замене их на барабаны полусухой и сухой окорки.

Барабаны полусухой окорки состоят из двух-трех секций (зон). При этом в первую (глухую) секцию подается горячая вода (40...80°C), что создает условия для размораживания и увлажнения коры, обеспечивая хорошую окорку практически любой древесины. Расход воды в таких барабанах сокращен до 2...3 м³/м³, а с учетом оборота воды – до 1,0...1,5 м³/м³. Барабаны могут окоривать древесину длиной от 1 до 3 и даже до 6 м в зависимости от диаметра барабана. Производительность барабанов достигает 300...400 пл.м³/ч. (табл.3.49).

Барабаны устанавливают на катки, гидропоры или пневмошины. Барабаны имеют загрузочное и выгрузочное устройства, регулирующие загрузку барабана древесиной, степень окорки и закрытие барабана в экстренных случаях. Вращение барабана обеспечивает венцовая зубчатая пара или пневмокотки (шины).

Таблица 3.49

Барабаны для окорки древесины длиной 1...6 м

Страна, фирма, тип барабана	Показатели						
	Диаметр, м	Длина, м	Длина балансов, м	Частота вращения, мин ⁻¹	Масса, т	Потребляемая мощность, кВт	Производительность, пл.м ³ /ч
Финляндия: «Раума-Репола»	4,0	20	1...2	6...7	110	270	42...91
	4,5	25	1...3	5,5	140	440	91...196
	5,0	30	2...4	5,5	150	610	126...315
	4,0	24	1...2	5,5	131	264	80...100
	5,0	24	2...4	5,5	174	530	120...150
	5,0	30	2...4	5,5	209	640	150...200
«Коне-Вуд»	5,5	28	2...5	5,0	218	800	200...280
	5,5	35	2...5	5,0	268	1000	280...350
	6,0	35	2...6	5,0	287	1280	300...400
Россия: КБ-100 (КБС-425) КБ-530 (КБС-530)	3,85	25	1...2	6...9	170	350...500	до 150
	5,0	30	2...4	6...8	250	600...800	до 250

Барабаны сухой окорки (рис. 3.81) практически идентичны барабанам полусухой окорки, но глухую зону используют для подачи и удержания внутри барабана пара. Пар с температурой 130...140 °С подается в барабан в количестве 25...55 кг/пл. м³, что обеспечивает размораживание коры. При таком способе окорки стоки отсутствуют, а влажность коры увеличивается только на 1...1,5% [7].

Для окорки низкокачественной древесины (с большим содержанием гнили, с большой кривизной и т.д.) используются барабаны типа КБ-6 и КБ-12 (табл. 3.50), которые устанавливают в леспромпхозах, перевалочных базах, на лесопромышленных комплексах. Внутри таких барабанов установлены ножи для надрезания коры и гнили у предварительно расколотой древесины.

Таблица 3.50

Барабаны для окорки низкокачественной древесины (короткомерной древесины длиной 0,75...1,2 м)

Тип барабана	Диаметр, м	Длина, м	Длина бревен, м	Частота вращения, мин ⁻¹	Масса, т	Мощность привода, кВт	Производительность, пл.м ³ /смену
КБ-6	3,00	7,5	0,75...1,2	10,1	37,9	55,0	40...60
КБ-12	3,00	15,5	0,75...1,2	10,1	67,1	110	80...140

В последнее время АО «Петрозаводскмаш» разработал целую гамму корообдирочных барабанов [8]: двухсекционные КБ-420А (КБП-420А), КБ-425А (КБП-425А) и односекционные КБ-420Б (КБП-420Б), КБ-425Б (КБП-425Б) и ЛТ-3.02.

Корообдирочные барабаны КБ-420А (КБП-420А), КБ-425А (КБП-425А) предназначены для окорки хвойных и лиственных пород с использованием для интенсификации окорки подогретой воды или пара (табл. 3.51 и рис. 3.82). Барабаны двухсекционные. Секции сварные из углеродистой стали толщиной 32 мм. На внутренней поверхности секций вдоль образующих через равные промежутки приварены окорочные балки. На корпусе каждой секции смонтированы бандаж и зубчатые венцы. Секции установлены на опорные рамы и приводятся во вращение от индивидуального электродвигателя через открытую зубчатую передачу.

Продольное перемещение древесины происходит за счет разности уровней древесины в барабане на загрузке и выгрузке. Древесина поступает в первую (со стороны загрузки) секцию барабана. Для интенсификации процесса окорки в барабан через коллектор, оснащенный задвижкой, поступает вода или пар. Во второй секции барабана происходит окончательная окорка древесины.

Для удаления коры и абразивных включений на выходе из первой секции выполнена перфорация в виде щелей. Вторая секция перфорирована полностью. Над стыком секций установлен колпак, соединенный с вентиляцией, служащий для отсоса из барабана остатков паровоздушной смеси. С торцов барабана установлены неподвижные стенки, к которым со стороны загрузки и выгрузки примыкают пересыпные устройства, направляющие древесину в барабан и принимающие ее из барабана.

Выгрузка древесины из барабана осуществляется через проем в торцевой стенке под действием силы тяжести. Для достижения заданной производительности барабана сечение проема регулируется затвором. Возможно полное прекращение выгрузки древесины. Помимо производительности от положения затвора зависит качество окорки. Привод затвора гидравлический от автономной гидростанции. Выпускное устройство снабжено sprыском для отмыва древесины от остатков коры.

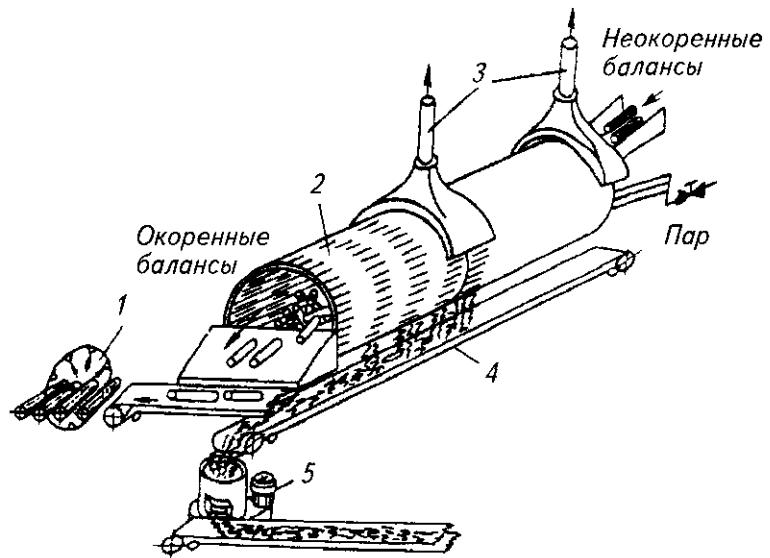


Рис. 3.81 Схема барабана для сухой окорки древесины с применением пара

1 – кольцевой sprыск; 2 – барабан, 3 – вытяжная вентиляция;
4 – транспортер для коры, 5 – корорубка

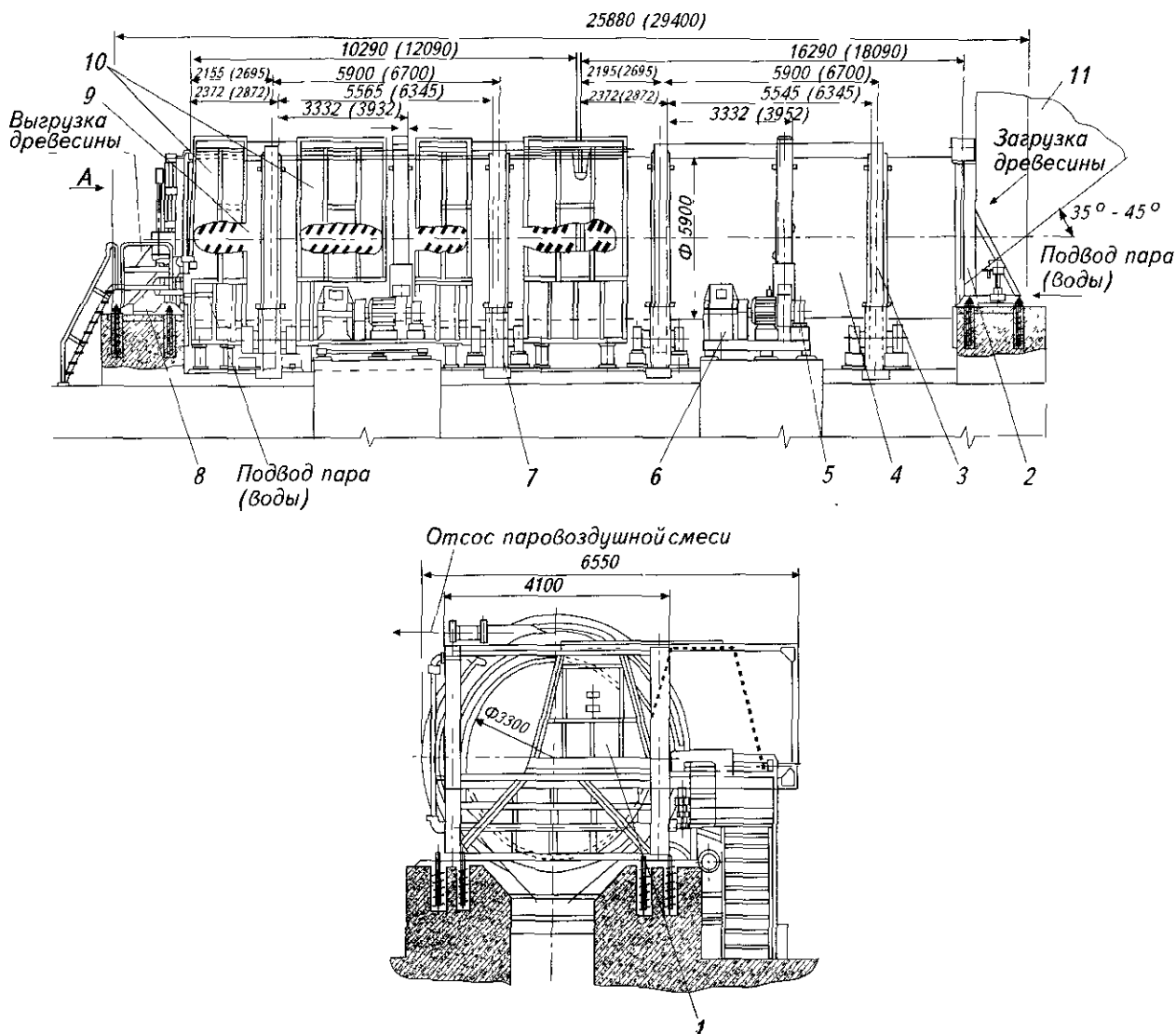


Рис. 3.82. Корообдирочный барабан КБ-420А (КБ-425А):

1 – выпускное устройство; 2 – стенка со стороны загрузки; 3 – бандаж; 4 – глухая секция; 5 – зубчатый венец, 6 – привод; 7 – опорная станция; 8 – площадка обслуживания; 9 – открытая секция; 10 – защитные листы; 11 – загрузочный лоток

Управление барабаном дистанционное с центрального пульта. В наладочном режиме управлять работой отдельных механизмов барабана можно с местных пультов.

Барабаны изготавливаются в правом и левом исполнениях, отличающихся расположением приводов и направлением вращения секций.

Таблица 3.51

Техническая характеристика двухсекционных окорочных барабанов АО «Петрозаводскмаши»

Показатели	КБ-420А (КБП-420А)	КБ-420-01 (КБП-420А-1)	КБ-425А (КБП-425А)	КБ-425-01 (КБП-425А-1)
Объемная производительность при окорке свежесрубленной еловой древесины до степени окорки 90...95%, м ³ /ч: – окорка с водой – окорка с паром	90	65	105	75
	70	50	85	60
Размер окариваемой древесины, мм – диаметр – длина	60...800 700...2000			
Степень окорки древесины, %	80...98			
Размер барабана, м – внутренний диаметр – длина секций	3,85			
	20,58		24,18	
Частота вращения секций барабана, мин ⁻¹	9	6	9	6
Установленная мощность, кВт	325	269	365	269
Расход воды (при мокрой окорке) на 1 м ³ окариваемой древесины, м ³ , не более	1,2			
Расход пара (при окорке с паром) на 1 м ³ окариваемой древесины, кг, не более	15...55			
Температура, °С: – воды – пара	40...80			
	130...150			
Габаритные размеры, м: – барабана – наибольшего поставочного блока (длина×диаметр)	25,8×6,6×5,6		29,4×6,6×5,6	
	10,29×3,9		12,0×3,9	
Масса барабана, т	205		220	

В комплект поставки двухсекционных барабанов входят: секции барабана, опорные станции, приводные станции, стенка барабана со стороны загрузки, стенка барабана со стороны выгрузки, разделительная стенка с колпаком, комплект защитных кожухов, щиты и пульты управления, комплект запасных и монтажных частей.

Односекционные корообдирочные барабаны КБ-420Б (КБП-420Б), КБ-425Б (КБП-425Б) и ЛТ-3.02 предназначены для групповой окорки древесины хвойных и лиственных пород с использованием подогретой воды или пара на предприятиях целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности (табл. 3.52 и рис. 3.83).

По конструктивным признакам барабаны изготавливаются левого и правого исполнений в зависимости от направления вращения секции барабана.

Секция барабана цельносварная из толстолистовой качественной стали толщиной 40 мм с гарантированными показателями по механическим характеристикам. Опорные бандажи изготавливаются литыми или сварными из качественных легированных сталей, а опорные катки – стальными или из высокопрочного чугуна. Вся секция опирается на две станции тележечного (балансирного) типа. Вращение секции обеспечивается сегментным зубчатым венцом, закрепленным на бандаже. Положение каждого сегмента венца фиксируется на бандаже шпонкой и болтами. Приводные шестерни установлены на каждой из четырех осей катков опорно-приводных станций, что обеспечивает идеальный контакт в зубчатом зацеплении, не требующий регулировки. Благодаря компактным приводам обеспечивается возможность выполнения перфорации на большой поверхности секции, тем самым создаются хорошие условия для отвода отходов окорки из секции.

Перфорированные зоны секции, а также стыки с торцовыми стенками ограждены снаружи лотками закрытого типа. Отсос выделяющейся в процессе работы барабана пылепаровоздушной смеси производится от каждого лотка.

Типоразмер барабана	Размеры, мм														Ход
	L	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	D	
КБ-420Б	21 750	20 630	—	4915	10 800	6600	4920	4700	5790	6700	3600	3600	3600	3900	2000
КБ-425Б	25 200	24 130	—	5415	13 300	6600	4920	4700	5790	6700	3600	3600	3600	3900	2000
ЛТ-3.02	45 000	37 570	6950	8140	21 250	9000	6750	6500	7300	14 000	8620	—	4800	5680	2500

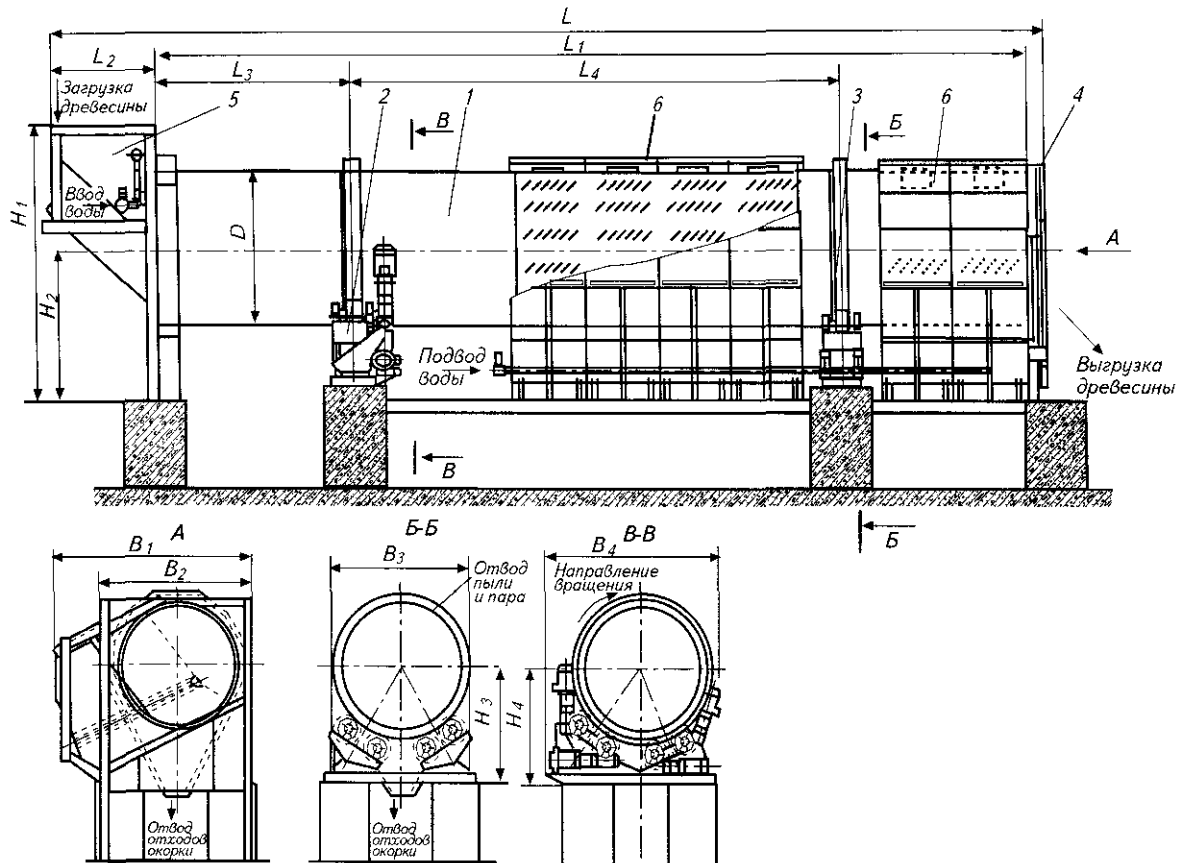


Рис. 3.83 Односекционные корообдирочные барабаны КБ-420Б (КБП-420Б), КБ-425Б (КБП-425Б) и ЛТ-3 02

1 – секция барабана, 2 – станция опорно-приводная; 3 – станция опорно-упорная; 4 – устройство выпускное, 5 – лоток загрузочный; 6 – установка лотков

Управление барабаном дистанционное с центрального пульта. В наладочном режиме управлять работой отдельных механизмов барабана можно с местных пультов. Барабаны могут поставляться как с постоянной, так и с регулируемой частотой вращения.

В комплект поставки односекционных барабанов входят: секция барабана, опорно-упорные и опорно-приводные станции, выпускное устройство, загрузочный лоток, установка короотводящих лотков, станция гидравлическая, комплект запасных и монтажных частей.

Таблица 3.52

Техническая характеристика односекционных окорочных барабанов АО «Петрозаводскмаш»

Показатели	Марки окорочных барабанов		
	КБ-420Б (КБП-420Б)	КБ-425Б (КБП-425Б)	ЛТ-3.02
Производительность при окорке свежесрубленной еловой древесины с температурой не ниже 5°C до степени окорки 90...95%, пл. м ³ /ч, не менее:			
- окорка с водой	65...90	75...105	—
- окорка с паром	50...70	60...85	250...300

Окончание табл. 3.52

Показатели	Марки окорочных барабанов		
	КБ-420Б (КБП-420Б)	КБ-425Б (КБП-425Б)	ЛТ-3.02
Размеры окариваемой древесины, мм: – диаметр – длина	60...800 до 2000	60...800 до 4000	100...1000 до 6000
Размеры секции барабана, м: – внутренний диаметр – длина	3,85 20,6	3,85 24,1	5,6 37,54
Частота вращения барабана, мин ⁻¹ : – с нерегулируемой частотой вращения – с регулируемой частотой вращения	7 6...10,5	7 6...10,5	– 4,5...8,5
Установленная мощность, кВт: – с нерегулируемой частотой вращения – с регулируемой частотой вращения	322,5 462,5	322,5 462,5	– 1078
Расход воды (пара) на 1 м ³ окариваемой древесины, м ³ (кг), не более: – при положительной температуре – при отрицательной температуре (от –25°С и ниже)		1,2 (15) 1,2(55)	(15) (55)
Габаритные размеры, м: – барабана – наибольшего поставочного блока (длина×диаметр)	21,8×6,6×6,7 10,0×3,9	25,2×6,6×6,7 12,5×3,9	45,0×9,0×14,0 5,04×6,18
Масса барабана, т	210	223	505

Создание барабанов большого диаметра порядка 5,5...6,0 м позволяет окаривать древесину длиной до 6 м. Благодаря этому отпадает необходимость в установке слешера для разделки длинника, что упрощает процесс подготовки сырья. В то же время окорка в таких барабанах связана со значительным расходом теплоносителя, так как велики расходы тепла на нагрев самого барабана и его объема, не заполненного древесиной. Устранить этот недостаток позволяет применение транспортера с камерой для размораживания и промывки древесины, разработанного фирмой «Коне-Вуд» (Финляндия). Установка с таким транспортером, расположенным перед барабаном диаметром 6 м и длиной 35 м, успешно работает на Светогорском ЦБК. Производительность линии порядка 400 пл. м³/ч или 1,5 млн пл. м³/год.

3.5.5.3.2. Технологические характеристики процесса сухой окорки балансов в барабанах

При окорке балансов в барабанах внешней силой, вызывающей отделение коры от древесины, в основном является сила тяжести бревен, которая активно проявляется в так называемой зоне обрушения. Необходимым условием окорки в барабанах является наличие тангенциальных сил трения, превышающих силы сцепления коры с древесиной. Силы трения определяют массу бревен, их взаимное расположение и состояние коры на древесине. Для барабанов непрерывного действия важной характеристикой является время пребывания древесины в барабане, т.е. скорость прохождения бревен от загрузочного к выгрузочному отверстию.

Корообдирочный барабан с горизонтальной осью вращения обычно заполняют короткомерной древесиной на 30...80% его объема, называемого сегментом заполнения. При вращении барабана сегмент поворачивается на угол динамического откоса β и бревна, находящиеся на поверхности сегмента, обрушиваются. Так как в барабанах непрерывного действия происходит постоянная загрузка и выгрузка бревен, то плоскость, которую образуют обрушивающиеся бревна, наклонена относительно продольной оси барабана на угол γ , а при каждом обрушении бревна продвигаются вдоль оси барабана на некоторую величину. В поперечном сечении барабана образуется клин обрушения. Количество обрушений бревен, общая линия и продолжительность обрушения определяют степень окорки бревен.

Анализ работы барабанов показывает, что условием проведения эффективной окорки является правильный выбор режима загрузки барабана и скорости его вращения, обеспечивающих сохранение сегмента заполнения и максимум работы сил трения между бревнами в единицу времени. Установлено, что продолжительность пребывания бревен в барабане непрерывного действия зависит, главным образом, от размеров барабана, скорости его вращения, степени заполнения, состояния поверхности бревен и их размеров.

На основе исследований, проведенных ВНПОбумпром на экспериментальной установке (барабан диаметром 1,2 м и длиной 6 м при скоростях вращения 2,5...7,0 мин⁻¹) и на промышленных барабанах типа КБ-60, выведена формула для определения степени окорки древесины

$$y(t) = 100 \exp\left(-\frac{c \tau_k b m}{t^a}\right), \% \quad (3.90)$$

где t – продолжительность пребывания бревен в барабане, мин;

τ_k – предел прочности на скалывание коры с древесины, МПа;

b – толщина коры, см;

$m = (D_1/D)^2$, где D_1 – диаметр барабана типа КБ-60 ($D_1=3,8$ м), D – диаметр проектируемого барабана, м;

c, a – параметры процесса окорки ($c=21,6...34,3$; $a=1,15...2,10$).

Расчеты показали, что при использовании сухого способа для достижения качественной окорки, время пребывания бревен в барабане должно быть на 20% больше, чем при окорке с применением горячей воды. В связи с этим для сухой окорки целесообразно применять барабаны, в которых имеется зона для пропарки древесины.

Определение производительности корообдирочных барабанов непрерывного действия вызывает некоторые трудности ввиду влияния большого числа факторов на процесс окорки. Противоречивость имеющихся данных по производительности барабанов объясняются такими факторами, как различия схем поточных линий, условий загрузки бревен в барабан и выгрузки их из барабана и т.п.

Как и всякий агрегат непрерывного действия, корообдирочный барабан выполняет две основные функции: транспортной единицы и основного производственного агрегата (в данном случае – окорочной машины). Транспортная производительность выражается формулой

$$\Pi_1 = k F_c v, \text{ пл. м}^3/\text{ч.} \quad (3.91)$$

где k – коэффициент полндревесности сегмента заполнения (0,39...0,45);

F_c – площадь сегмента заполнения, м²;

v – скорость передвижения бревен вдоль оси барабана, м/ч.

Формула для определения производительности барабана, как окорочной машины, имеет вид

$$\Pi = \Pi_1 k_1, \text{ пл. м}^3/\text{ч.} \quad (3.92)$$

где k_1 – коэффициент производительности (0,7...1,0).

Подставляя Π_1 и выражая v через длину барабана l и полное время пребывания древесины в барабане T , получим:

$$\Pi = \frac{k_1 k F_c l}{T}, \text{ пл. м}^3/\text{ч.} \quad (3.93)$$

Дальнейшие преобразования дают следующую формулу для определения производительности корообдирочного барабана

$$\Pi = \frac{k k_1 k_2 2400 R^3 \omega \sin \alpha_{cp} \sin \gamma \left(1 - \frac{\sin 2\alpha_{cp} 180}{\pi 2\alpha_{cp}}\right)}{\left(\frac{180\omega}{\pi 2\alpha_{cp}} \sqrt{\frac{8 R \sin \alpha_{cp}}{3g(\sin \beta - f \cos \beta)} + 1}\right) \operatorname{tg} \beta}, \text{ пл. м}^3/\text{ч.} \quad (3.94)$$

где k_2 – коэффициент, учитывающий влияние размеров бревен и конструкции барабана на переменную T ($k_2=0,45...0,68$);

f – средний коэффициент трения бревен друг о друга (0,6 – для ели, 0,4 – для березы);

R – внутренний радиус барабана, м;

$2\alpha_{cp}$ – центральный угол сегмента заполнения в среднем сечении барабана, град;

β – угол динамического откоса ($\beta=37...48$), град;

γ – угол наклона плоскости обрушения к оси барабана ($\gamma=1,5...2,2$), град;

ω – угловая скорость вращения барабана, рад/с.

Современные корообдирочные барабаны непрерывного действия для сухой окорки древесины должны сочетать высокую производительность с оптимальной степенью окорки, исключающей возврат бревен на до-окорку, и с минимальными потерями древесины. Для этого устанавливается оптимальная продолжительность пребывания бревен в барабане, при которой достигается заданная степень их окорки. что определяется геометрическими параметрами барабана и частотой его вращения или, при заданном времени пребывания, применением факторов интенсификации процесса окорки.

Из формулы (3.94) видно, что с увеличением скорости вращения барабана увеличивается его производительность. Однако опыт показывает, что производительность возрастает пока $\omega < \omega_{кр}$. При увеличении скорости вращения выше критической скорости $\omega_{кр}$ бревна прижимаются к корпусу барабана и всякое перемещение их прекращается, т.е. процесса окорки не происходит. На рис. 3.84 приведена зависимость критической скорости от диаметра барабана (кривая 1) и граница области допустимых скоростей (кривая 2). На рис. 3.85 представлена номограмма для определения производительности барабанов длиной 24...30 м при сухой окорке с паром в зимний период древесины хвойных пород сухопутной поставки.

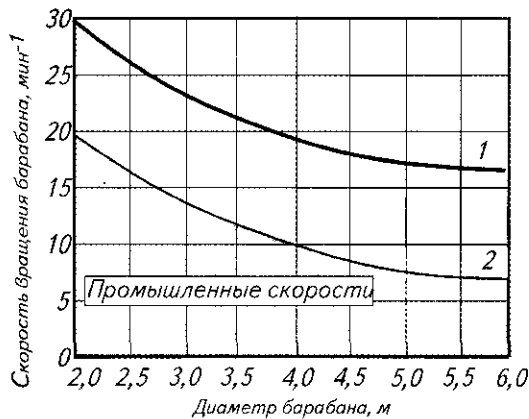


Рис. 3.84. Скорости вращения барабанов при окорке древесины:

- 1 — критические скорости;
- 2 — граница допустимых скоростей

Как видно из номограммы, при оптимальном режиме работы барабанов диаметром 3,5...6,0 м и расходе пара 20...25 кг/пл. м³ производительность составляет 200...300 пл. м³/ч (для березы и лиственницы).

Одной из важнейших характеристик корообдирочного барабана, наряду с производительностью, является мощность привода. Общая мощность привода N складывается из мощности N_1 , затрачиваемой на собственно окорку, и мощности N_2 , затрачиваемой на преодоление трения в опорах барабана. При использовании барабанов на роликовых опорах $N_2 = 0,25 N_1$, тогда

$$N = 1,25 \frac{N_1}{\eta}, \text{ кВт}, \tag{3.95}$$

где η — КПД привода и зубчатой передачи барабана.

Мощность, затрачиваемую на собственно окорку, можно подсчитать по формуле

$$N_1 = \frac{kD^3 Lg \gamma \omega \sin^3 \alpha \sin \beta}{12 \cdot 1000}, \text{ кВт}, \tag{3.96}$$

где k — коэффициент полндревесности сегмента заполнения;
 D — диаметр барабана, м;

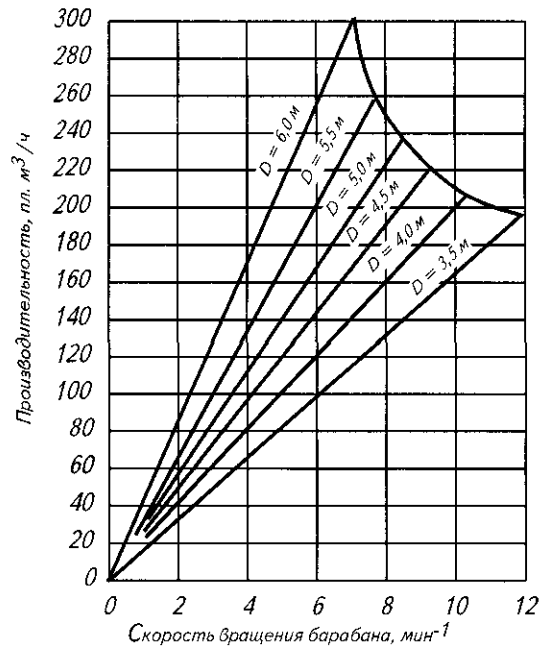


Рис.3.85. Номограмма для определения производительности барабанов различного диаметра длиной 24...30 м при сухой окорке древесины хвойных пород в зимний период (степень окорки 85...90%, расход пара 20...25 кг/пл. м³)

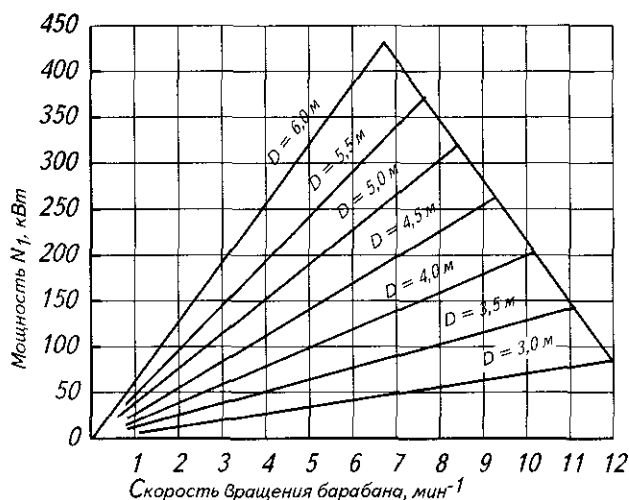


Рис. 3.86. Номограмма для определения мощности N_1 барабанов различного диаметра длиной 10 м при сухой окорке древесины березы и лиственницы (степень заполнения барабана 50...55%)

L – длина барабана (секции), м;
 α – половина центрального угла сегмента заполнения, град;
 β – угол динамического откоса, град;
 γ – плотность окориваемой древесины, кг/м^3 ;
 ω – частота вращения барабана, с^{-1} .

Ввиду того, что при сухой окорке коэффициент трения бревен значительно больше, чем при мокрой, привод барабана потребляет энергии на 10...15% больше. Номограмма для определения мощности N_1 барабана длиной 10 м при сухой окорке древесины березы или лиственницы приведена на рис. 3.86.

Анализ формулы 3.96 для определения N_1 показывает, что максимальные значения мощности при прочих равных условиях соответствуют степени заполнения барабана на 50% ($2\alpha = 180^\circ$). В этом случае в процессе окорки участвует наибольшее количество бревен.

3.5.6. ПОДГОТОВКА ОТХОДОВ ОКОРКИ К УТИЛИЗАЦИИ

3.5.6.1. Характеристика отходов окорки

От способа и метода окорки древесины зависит количество образующихся при этом отходов, их форма, содержание в них древесины, влажность и т.п. Использование воды при подготовке древесины к окорке или в процессе самой окорки ведет к образованию стоков, требующих очистки.

Жидкие отходы. Стоки древесно-подготовительного цеха характеризуются как по количеству воды, так и по их загрязненности. Количество стоков зависит от мощности предприятия, используемого окорочного оборудования, принятых схем очистки воды и подготовки коры к утилизации. Удельный расход воды при мокрой окорке достигает величины $7...15 \text{ м}^3/\text{пл.м}^3$, при полусухой окорке $3...4 \text{ м}^3/\text{пл.м}^3$, при сухой окорке $0,2...0,5 \text{ м}^3/\text{пл.м}^3$. Наибольшие загрязнения воды вносит мокрая и полусухая окорка балансов в барабанах.

Загрязненность сточных вод оценивается по цвету, кислотности, количеству взвешенных частиц, растворимых веществ и санитарным показателям (БПК₅, окисляемость, ХПК).

Коросодержащие воды имеют коричневую окраску и характеризуются слабокислой реакцией среды. По содержанию легкоокисляемой органики эти воды можно отнести к высококонцентрированным водам (табл. 3.53).

Таблица 3.53

Загрязнения, вносимые в воду при окорке

Показатели	Средневзвешенные загрязнения из расчета на единицу перерабатываемой древесины, кг/пл.м^3	Среднее содержание загрязнений, вносимых в процессе мокрой и полусухой окорки, г/л
Взвешенные вещества	3,96	0,450
БПК ₅	1,43	0,163
Окисляемость	3,62	0,413
ХПК	1,92	0,220

С целью сокращения потребления воды, сокращения стоков и их загрязненности на предприятиях все больше используют воды других цехов (выпарного, бумцеха, со станции улавливания волокна, очистных сооружений). Внедряется внутренний (цеховой) оборот воды в ДПЦ, достигающий до 70%. И самый эффектив-

ный способ – это переход на сухую окорку, который на 1999 г. по России охватил большинство предприятий ЦБП, перерабатывающих до 75% древесного сырья.

Вода, прошедшая через окорочный барабан, содержит отходы окорки. Концентрация отходов в воде зависит от технологии окорки, типа барабана, породы и сорта древесного сырья.

Твердые отходы окорки. В процессе окорки балансов в отходы, кроме коры, попадает и часть древесины (сколы, гниль, лом). Потери древесины составляют:

На роторных окорочных станках	0,5...7%
При окорке в барабанах.....	1,5...8%

Количество отходов древесины при окорке в барабанах зависит от типа барабана, породы и качества лесоматериалов (балансов), способа окорки в барабане, вида поставки лесоматериалов и времени года окорки. Так, при сухой окорке еловых балансов 1-ой категории в барабанах КБ-420 общее количество отходов окорки составляет 12...13%, в том числе отходов древесины 2...3%. При окорке еловых балансов 2-ой категории общее количество отходов достигает 27...29%, в том числе отходов древесины 7...9%. При окорке осины 1-ой категории отходы составляют, соответственно, 18...20% и 3...4%, а при окорке осины 2-ой категории, соответственно, 23...25% и 8...10%. Определение количества отходов древесины проводят в соответствии с инструкцией [9].

3 5 6 2 Первичное обезвоживание отходов окорки

Для отделения твердых отходов от потока воды применяются водоотделительные барабаны и дренирующие конвейеры.

Водоотделительный барабан представляет собой полый цилиндр из перфорированной стали, установленный на роликовые опоры. Внутри барабана приварена винтовая спираль и несколько продольных планок. Твердые отходы с водой через загрузочное отверстие поступают во вращающийся барабан и продвигаются вдоль его оси с помощью спирали. Вода через перфорацию вытекает из барабана. Для очистки перфорации от застрявших частичек применяется спрыск по наружной поверхности барабана с расходом воды 75...100 м³/ч при давлении 0,3 МПа. Технические характеристики водоотделительных барабанов приведены в табл. 3.54.

Таблица 3.54

Техническая характеристика водоотделительных барабанов

Показатели	Значения показателей		
	Диаметр барабана, мм	1250	1500
Длина барабана, мм	3500	4000	5000
Частота вращения, мин ⁻¹	14	10	10
Производительность по воде м ³ /ч	800	1200	1500
Диаметр отверстий, мм	6-8	6-8	8
Мощность привода, кВт	4,5	4,5	4,5
Расход воды на спрыск, м ³ /ч	75	90	100

Дренирующий конвейер представляет собой двухцепной скребковый транспортер с днищем из перфорированных стальных листов (табл. 3.55). Конвейеры выполняются горизонтальными или наклонными под углом 8...20°. При движении скребков твердые отходы с водой протаскиваются по днищу и через отверстия вода удаляется. Дренирующие конвейеры не требуют промывки. Воду окорочного барабана подают сбоку конвейера во избежание попадания твердых частиц коры под скребки.

Таблица 3.55

Техническая характеристика дренирующих конвейеров

Показатели	Тип конвейера	
	«Раума-Репола», КД-01-М	«Раума-Репола»
Ширина, мм	900	1300
Длина, м	25	28,2
Высота подъема, м	6,5	8,0
Диаметр отверстий днища, мм	7	7
Скорость, м/с	0,3	0,4

Показатели	Тип конвейера	
	«Раума-Репола», КД-01-М	«Раума-Репола»
Мощность привода, кВт	7	14
Производительность:		
- по коре влажностью 82%, т/ч	35...50	70
- по воде, м ³ /ч	1000	1500

Водоотделительные устройства отделяют лишь крупные куски коры и древесных отходов от воды. Содержание взвеси в воде после водоотделительных барабанов составляет 110...700 мг/л, а после конвейеров в пределах 600...1700 мг/л. Такая разница в цифрах объясняется разбавлением отходящей воды чистой спрысковой водой у водоотделительных барабанов.

Благодаря конструктивным и эксплуатационным характеристикам дреннующие конвейеры нашли широкое применение в отрасли. Их устанавливают под окорочными барабанами, что значительно упрощает схему древесно-подготовительных цехов (ДПЦ).

3.5.6.3. Локальная очистка воды

Воду после водоотделительных устройств и после короотжимных прессов подают на установки для локальной механической очистки, которые включают шламоотделители и сетчатые фильтры.

Шламоотделители по принципу работы идентичны водоотделительным барабанам. Барабан шламоотделителя имеет диаметр 2 м; длину 5 м; диаметр перфорации 2,0...2,5 мм; шаг 4 мм; производительность по воде 10 м³/мин.

Сетчатые фильтры применяют двух видов (табл. 3.56) – импортные типа Вако, Вевек, Раума-Репола (рис. 3.87) и отечественные ФБ-01. Они имеют различную производительность по воде. Фильтры состоят из барабана, на который натянута фильтрующая сетка из фосфористой бронзы или из полимерных материалов. При этом часть сетки выносится за пределы барабана с помощью специальных валов. Барабан с сеткой помещен в ванну. Вода, поступающая на наружную часть сетки, проходит сквозь нее внутрь барабана и через переливную перегородку ванны уходит в систему отвода на очистные сооружения и, частично, в оборот внутри цеха.

Частицы коры, ила и других механических примесей (скоп или шлам) улавливаются сеткой и уносятся ею за пределы ванны, где они снимаются с сетки с помощью сжатого воздуха или пара, или горячей воды, или специальных шаберов и щеток.

Фильтры задерживают до 55% загрязнений. Однако сетка быстро забивается смолой и требует периодической очистки паром, горячей или холодной водой, иногда керосином или сульфитным щелоком.

Расход воды на спрыски фильтров или шламоотделителей составляет 60 м³/ч при давлении 0,4 МПа, расход пара давлением 0,3 МПа составляет 0,3 т/ч.

Вода после шламоотделителей содержит около 500 мг/л взвесей, а после фильтров 100...150 мг/л, в зависимости от размеров и состояния сетки и частоты вращения барабана.

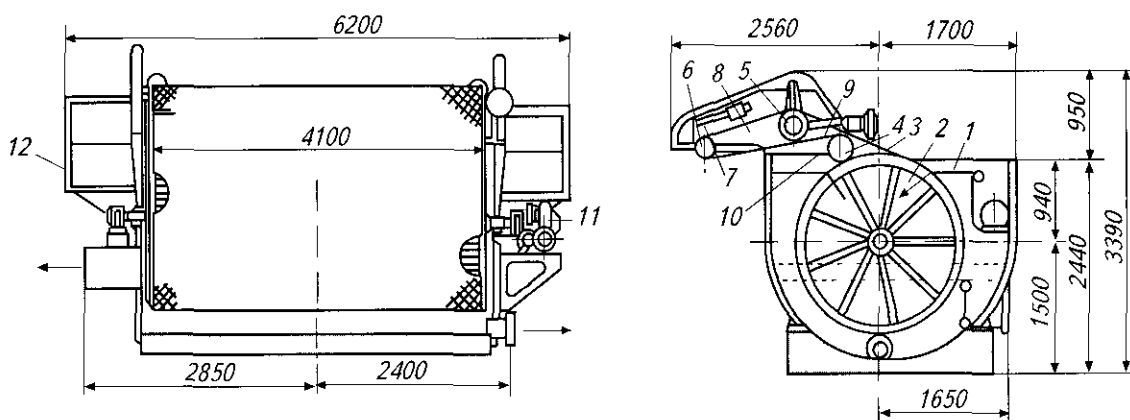


Рис. 3.87 Фильтр для осветления коросодержащих стоков KS-61 фирмы «Раума-Репола»

1 – ванна, 2 – барабан, 3 – сетка, 4 – поворотный валик, 5 – регулирующий валик, 6 – натяжной валик, 7 – трубка сжатого воздуха для продувки, 8 – трубка для продувки паром, 9 – спрыски, 10 – шабер, 11 – привод, 12 – площадки для обслуживания

Таблица 3.56

Техническая характеристика сетчатых фильтров

Показатели	Тип		
	Раума-Репола	Вако, ФБ-01	Веверк
Производительность по воде, м ³ /мин	12	25	35
Диаметр барабана, м	2	2	2
Ширина сетки, м	3	4,1	4,1
Длина сетки, м	8	10,0	10,2
Скорость сетки, м/мин:			
– наибольшая	12,6	12,6	14,0
– наименьшая	1,9	1,9	2,4
Мощность двигателя, кВт	2,8	2,8	4,0

В последнее время для очистки воды после ДПЦ применяют круглые отстойники с вращающимися скребками, которые обеспечивают многочасовую отстой воды, снятие плавающих частиц и удаление осадка (скопа). Показатели воды после отстойников почти в два раза выше, чем после сетчатых фильтров.

3.5.6.4. Сортирование отходов окорки

Крупные древесные частицы (лом, сколы, отщепы) затрудняют процессы подготовки коры к утилизации, поэтому их стараются отделять от общих отходов окорки. Установлено, что из крупных древесных отходов можно получить технологическую щепу и тем самым повысить выход щепы с 1 пл. м³ балансов и сократить количество отходов окорки.

Количество крупнокусковых отходов древесины составляет от 0,5...4,5% от объема окориваемой древесины. Чем ниже качество балансов, тем больше крупнокусковых отходов.

Для отделения крупных древесных отходов из потока отходов окорки созданы различные сортировочные устройства, типичными видами которых являются рольганги (рис. 3.88) и дисковые сортировки.

Техническая характеристика рольганга для сортирования отходов окорки

Производительность по отходам (относительной влажностью 55...60%), т/ч	25
Диаметр рифленого ролика, мм.....	250
Диаметр зубчатого диска, мм	300
Ширина ролика, мм	800... 1000
Окружная скорость ролика, м/с.....	1,2... 1,5
Мощность электродвигателя, кВт	1,1... 3,0

Дисковая сортировка RDS состоит из звездообразных дисков, вращающихся в одном направлении. Изменением расстояний между дисками можно регулировать размеры частиц отсортированного материала. Таким образом вся поверхность сортировки участвует в процессе сортирования. Расстояние между дисками 28,6 мм. Мощность двигателя сортировки составляет 7,5...15 кВт, при производительности 100...125 нас. м³/ч. Наилучшие результаты получены по сортированию коры после сухой окорки.

3.5.6.5. Измельчение коры

Влажная кора обладает большой эластичностью и вызывает затруднения при измельчении после мокрой и полусухой окорки в барабанах или после сухой окорки сплавной древесины летом. В связи с этим полученную кору после окорки измельчают дважды: сначала грубо, а вторично после прессования. Отходы после сухой окорки древесины сухопутной поставки и древесины со склада направляют непосредственно на измельчение, так как в этом случае влажность отходов не превышает 55%.

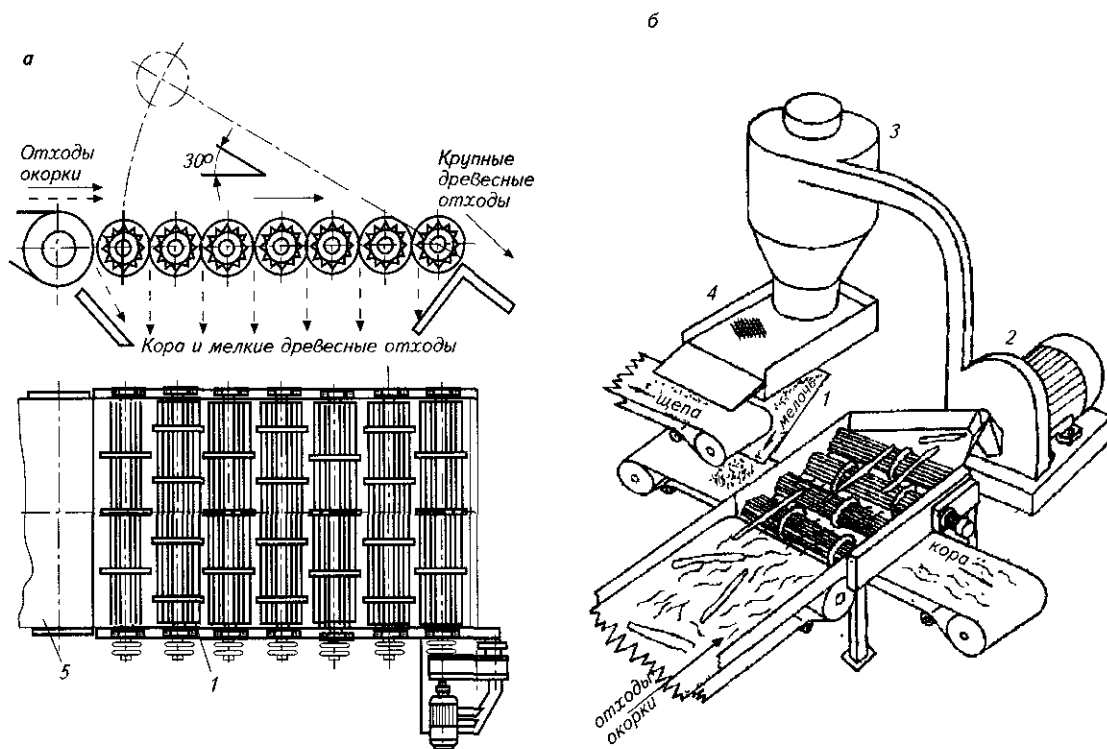


Рис. 3.88. Сортирование отходов окорки

а – сортирующий рольганг, *б* – схема устройства для отделения отщепов окорки и производства из них щепы: 1 – сортирующий рольганг; 2 – рубительная машина; 3 – циклон; 4 – сортировка щепы; 5 – транспортер отходов

В связи с тем, что отходы окорки имеют различные включения: древесные – сколы, отщепы, лом; минеральные – песок, глину, камни; металлические – болты, гайки, наконечники багров и т.п., измельчение коры ножевыми корорубками не эффективно, так как ножи быстро выходят из строя. Поэтому для измельчения коры широкое распространение получили молотковые дробилки (мельницы).

На отечественных предприятиях лесного комплекса работают типовые ножевые и молотковые дробилки отечественного производства ДМ-1, ДМ-2, ДКУ-1, КДУ-2, Ц6-01, Ц6-02, КР-1/25, КР-2-25, КР-4, КР-5 и др., а также импортные фирм США и Финляндии.

Широкое распространение на предприятиях ЦБП получили роторные молотковые корорубки типа КР для грубого измельчения коры. Принципиальные схемы их работы приведены на рис. 3.89, а техническая характеристика в табл. 3.57. Ротор оснащается 3...4 билами. На корпусе одновалных корорубок установлены 2...3 контрножа.

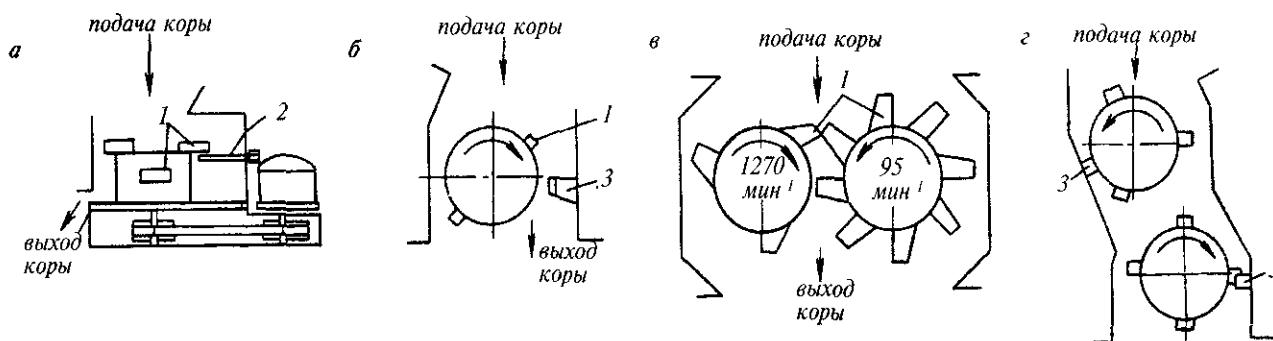


Рис. 3.89 Принципиальные схемы работы корорубок:

а – однороторная вертикальная; *б* – однороторная горизонтальная; *в* – двухроторная с расположением роторов в горизонтальной плоскости; *г* – двухроторная с расположением роторов в вертикальной плоскости: 1 – нож (било), закрепленный на роторе; 2 – контрнож поворотный; 3 – контрнож, жестко закрепленный на корпусе

Таблица 3.57

Техническая характеристика корорубок типа КР

Показатели	Тип корорубок	
	КР-4	КР-5
Производительность при влажности коры 50...60%, м ³ /ч	25	50
Наибольший размер измельченной коры, мм	120	150
Ротор:		
– диаметр, мм	1300	1500
– частота вращения, мин ⁻¹	960	830
– диаметр загрузочной воронки, мм	1280	1500
– установочная мощность, кВт	110	200
Габариты, мм:		
– длина	2820	3150
– ширина	1950	2260
– высота	1700	1950
Масса, кг	5125	6500

Для измельчения коры до более мелких размеров имеются мельницы, например, МК-10, которые 80...90% всей коры измельчают до частиц размером 5...10 мм. Регулировать измельчение возможно при помощи количества установленных бил.

Техническая характеристика мельницы МК-10

Производительность, м ³ /ч	25
Размер измельченных частиц коры, мм	до 8
Установленная мощность, кВт.....	75
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	750
Диаметр ротора, мм.....	1000
Габариты, мм:	
– длина	2325
– ширина.....	1240
– высота	1550
Масса, кг.....	3660

3.5.6.6. Прессование коры

При мокрой и полусухой окорке балансов в окорочных барабанах, а также при сухой окорке сплавной древесины летом в отходы поступает кора с относительной влажностью 80...85%. Для уменьшения влажности коры до 55...60% применяют короотжимные прессы различной конструкции: валковые, винтовые, цепные, поршневые, барабанные и т.д. (рис. 3.90...3.94)

Валковые короотжимные прессы обычно состоят из трех валков. Наибольшее давление между валками до 10 МПа создается ручным гидравлическим насосом и поддерживается сжатым воздухом. Недостатком валковых прессов является громоздкость, большая масса и чувствительность к отщепам. Наиболее известны горизонтальные валковые прессы фирм «Фультон» (США), «Норзен Барк» (Канада) и «Ваплан» (Швеция). В настоящее время валковые прессы ограниченно используются в промышленности.

Винтовые короотжимные прессы. В этих прессах обезвоживание коры произво-

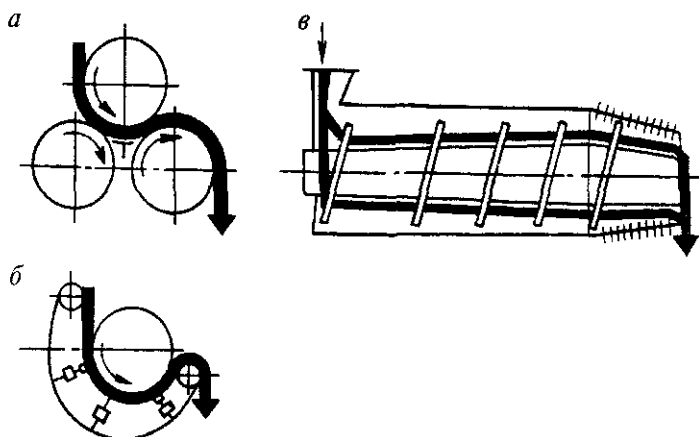


Рис. 3.90. Схемы работы короотжимных прессов:

а – валкового; б – цепного; в – винтового

дится вращающимся винтом (цилиндрическим с переменным шагом или коническим), частота вращения которого может регулироваться. Вода, отжатая от коры, удаляется через отверстия в корпусе и через полый винт. Режим работы прессов регулируется с помощью особого устройства, изменяющего сечение выходного отверстия в конце прессов (рис. 3.91).

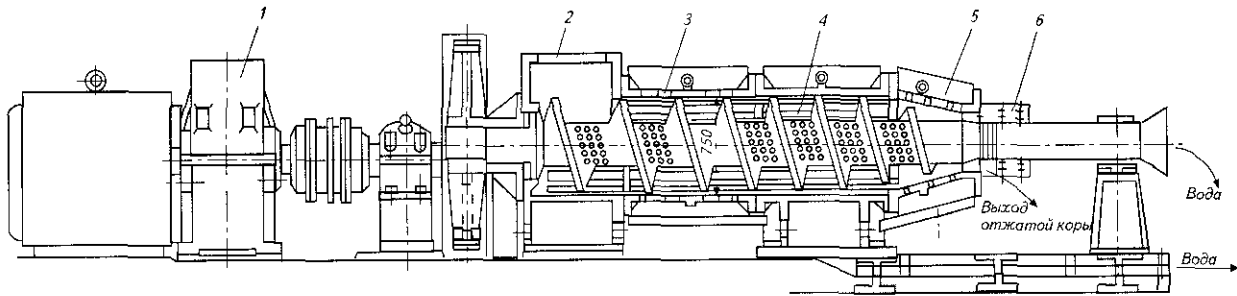


Рис. 3.91. Общий вид винтового пресса с цилиндрическим винтом диаметром 750 мм:

1 – привод; 2 – загрузочное отверстие; 3 – корпус; 4 – винт; 5 – диффузор; 6 – конус

Цилиндрические винтовые прессы фирмы «Сунд» (Швеция) имеют производительность 8...10 м³/ч (6...8 т/ч), отжатой коры влажностью 55%, частоту вращения шнека 8 мин⁻¹ и привод мощностью 52...59 кВт. Прессы фирмы «Вяртсиля» (Финляндия) системы «Вилен» 1-ой, 2-ой и 3-ей величины имеют различную производительность по коре. Прессы 3-ей величины достигают производительности 5 т/ч отжатой до 55% коры. Винт имеет диаметр 750 мм, длину 2 800 мм и потребляет 65 кВт электроэнергии.

Конические винтовые прессы фирмы «Коне-Я-Силта» (Финляндия) имеют несколько типоразмеров мощностью от 12 до 50 кВт, производительностью от 2 до 54 т/ч. Удельный расход энергии на отжим 1 т коры до влажности 55% составляет 21,4...64,8 МДж.

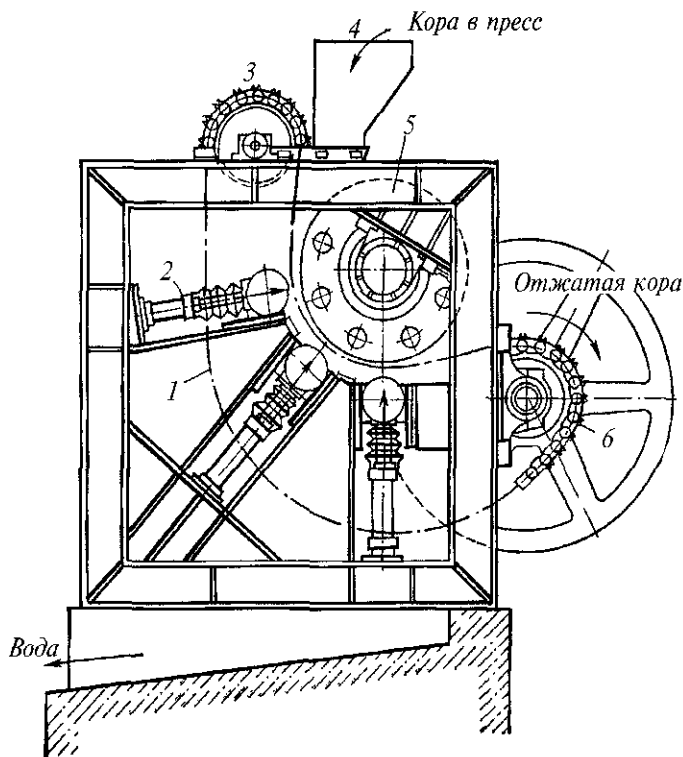


Рис. 3.92. Общий вид цепного пресса:

1 – цепная лента; 2 – гидроцилиндры с поджимающими роликами; 3 – цепная оборотная звездочка; 4 – загрузочная воронка; 5 – свободно вращающийся барабан; 6 – ведущая звездочка

Винтовые короотжимные прессы требуют очистки коры от отщепов и грязи перед подачей ее на прессование, что затрудняет широкое применение данных прессов в ЦБП.

Цепные короотжимные прессы. Прессы состоят из широкого сплошного многоцепного пояса, барабана и прижимных цилиндрических роликов (рис. 3.92). Цепной пояс пресса охватывает ¼ часть окружности барабана, прижимается к нему с помощью трех прижимных роликов, установленных на штоках гидроцилиндров, которые соединены с автоматической насосной станцией. Гидроцилиндры оборудованы стопорами для предотвращения прижима цепного пояса к барабану в отсутствие коры. Сам барабан установлен на подшипниках и вращается благодаря трению, возникающему между слоем коры и барабаном. Кора через воронку попадает между движущимся цепным транспортером и барабаном. Ролики прижимают цепь в месте охвата барабана. Усилие прижима регулируется для каждого ролика отдельно. Наружная часть звеньев цепи имеет зубья, благодаря которым кора частично разрезается.

Цепные прессы фирм «Вайбр мейнинг процесс» (США) и «Варкау» (Финляндия) отжимают кору до влажности 55%. Финские фирмы выпускают прессы марки FMP четырех типоразмеров по ширине цепи (15", 27", 39" и 51").

Отечественные цепные короотжимные прессы марки ДО-318 и ДО-318М имеют ширину цепи прессы 1000 мм, мощность 70 кВт и производительность 30...40 нас. м³/ч (около 7 т/ч по абс. сухой коре). Пресс типа КП-6 имеет следующие характеристики:

Производительность по отжатой коре влажностью 55%, т/ч	6
Скорость движения цепи м/мин.	110
Наименьшая толщина слоя отжатой коры, мм.	25
Диаметр барабана, мм.	1400
Ширина цепного пояса, мм.	525
Число рабочих гидроцилиндров.....	6
Давление в рабочих цилиндрах МПа:	
– 1-ий ролик	0,8...2,5
– 2-ой ролик	0,9...3,5
– 3-ий ролик	1,0...5,0
Диаметр рабочих цилиндров, мм	200
Давление, передаваемое роликами на кору, МПа	
– 1-ий ролик	9,6...30,0
– 2-ой ролик.	10,8...41,9
– 3-ий ролик	11,9...80,0

Поршневые прессы. В короотжимных поршневых прессах кора подается в загрузочную воронку, затем падающий поршень продвигает кору в камеру отжима в перфорированную зону. При этом отжимная плита в камере под действием гидроцилиндра плиты опускается вниз и отжимает кору (рис. 3.93). Через отверстия в камере и поршне вода, выдавливаемая из коры, отводится из зоны прессования. Затем отжимная плита поднимается, а поршень, двигаясь вперед, выталкивает из прессы порцию отжатой коры и возвращается в исходное положение. Отжатая кора представляет собой уплотненные брикеты, которые разрыхляют шнеками-разрыхлителями.

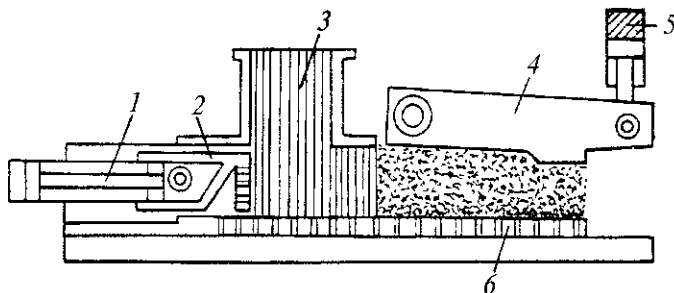


Рис. 3.93. Поршневой короотжимной прессы:

1 – гидроцилиндр поршня; 2 – поршень; 3 – загрузочная воронка; 4 – отжимная плита, 5 – гидроцилиндр плиты, 6 – перфорированная стенка

В России на ЦБК используют короотжимные прессы фирм «Раума-Репола», «Кован», «Тампелла» (Финляндия) и отечественные ПКП-11 и ПКП-68 (двойной). Производительность прессы ПКП-11 составляет 25 м³/ч, а прессы ПКП-68 достигает 50 м³/ч.

Так как в поршневых прессах происходит отжим коры в большом объеме, они менее чувствительны к включениям, находящимся в коре (отщепам, сколам, камням и т.д.).

Техническая характеристика поршневого короотжимного прессы фирмы «Раума-Репола»

Производительность по непрессованной коре, м ³ /ч.....	30
Влажность коры после прессования, %.....	40...55
Масса прессы, т.....	8,6
Масса гидравлической установки, т	1,3
Общая масса установки (прессы), т	10,5
Диаметр плеча прессы, мм.....	250
Диаметр плунжера, мм.....	200
Емкость резервуара с маслом, м ³	0,7
Мощность двигателя, кВт:	
– гидромотора.....	45
– рыхлителя	2,2

Частота вращения двигателей, мин⁻¹:

– гидромотора.....	1500
– рыхлителя.....	1500

Барабанный короотжимной пресс (рис. 3.94) разработан фирмой «Энсо-Гутцейт» (Финляндия). Кора в этом прессе прессуется между двумя вращающимися барабанами, находящимися один в другом. Вода, отжатая из коры, удаляется через перфорацию наружного барабана. Наружный барабан имеет мощный наружный зубчатый венец. Гидротолкатель через венец периодически поворачивает барабан. Внутренний барабан соединен с гидроцилиндром, создающим давление в слое коры между барабанами. Внутренний барабан вращается с помощью гидропривода с той же угловой скоростью, что и наружный барабан.

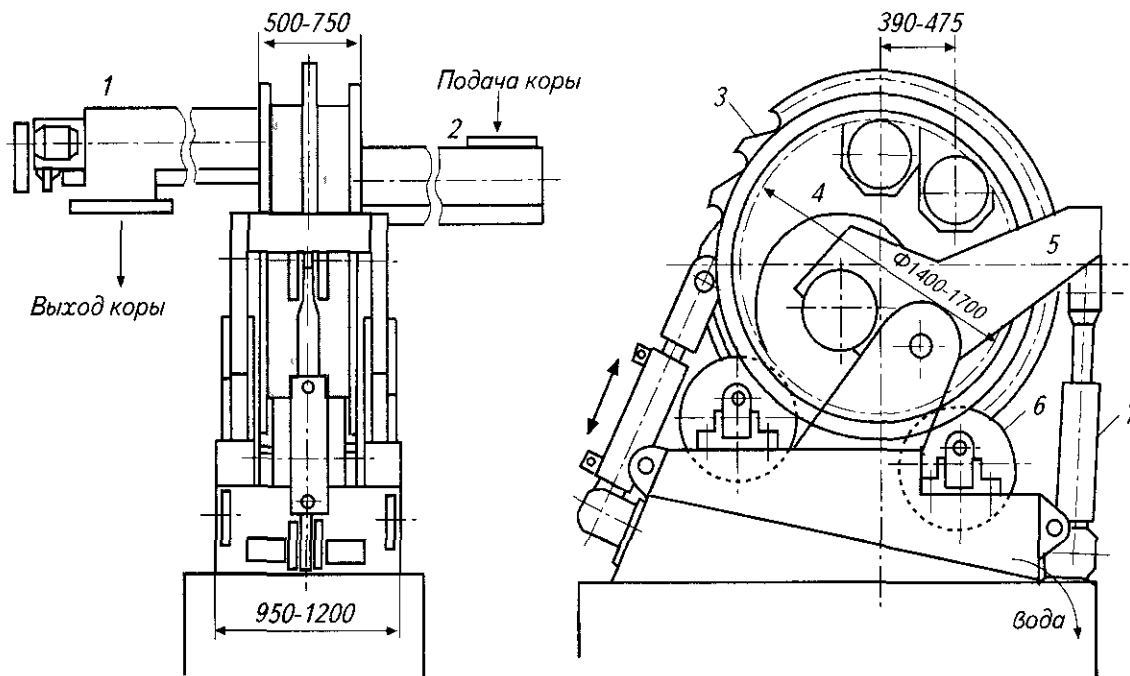


Рис. 3.94. Барабанный пресс фирмы «Энсо-Гутцейт».

1 – шнек для разгрузки коры, 2 – шнек для подачи коры в пресс, 3 – наружное кольцо, 4 – внутренний барабан, 5 – рычаги барабана, 6 – опорные ролики внутреннего барабана; 7 – гидроцилиндр

Для подачи и удаления коры предусмотрены шнековые транспортеры, входящие в верхнюю свободную зону между барабанами. Кора подается загрузочным транспортером в шахту между барабанами по всей ширине барабана. Обезвоживание коры происходит за четыре цикла толчков гидроцилиндра толкателя. В каждом цикле во время обратного хода толкателя кора находится под прижимом, осуществляемым внутренним барабаном. Отжатая кора плотным слоем поднимается вместе с наружным барабаном и попадает на разгрузочный шнек, который перед разгрузкой разрыхляет «ковер» коры.

Таблица 3.58

Техническая характеристика барабанных короотжимных прессов фирмы «Энсо-Гутцейт»

Показатели	Значения показателей	
Тип	1400	1700
Ширина барабана, мм	500	750
Производительность нас. м ³ /ч	20	35
Установочная мощность вместе со шнеками, кВт	34,5	71
Масса, кг	8 000	16 000

Влажность коры после отжима на прессах – 50...55%.

3.5.6.7. Очистка коры от посторонних примесей

Загрязнения коры песком, гравием и металлическими примесями отрицательно влияют на технологические процессы и оборудование по утилизации коры. В связи с этим кору подвергают очистке.

При транспортировке коры по гидрлоткам последние оснащают камнеловушками, которые позволяют очищать кору от минеральных и металлических примесей.

В других случаях кору очищают в пневмосепараторе, в котором с помощью горизонтального потока воздуха из потока коры, сходящего с ленты транспортера, отделяются посторонние включения размером более 3 мм. Такой пневмосепаратор разработан фирмой «Бакхо» (Швеция). Его схема представлена на рис. 3.95.

Результаты его испытаний показали следующее. За 48 часов прошло очистку 205 пл. м³ коры. Количество очищенной коры составило 200 пл. м³, а в отходы попало 5 пл. м³. Из них 2,4 м³ – земля, камни, крупный песок; 0,96 пл. м³ – кора и 1,64 пл. м³ – древесина в виде сколов, обломков, отщепов.

Очистка коры от способных к намагничиванию предметов производится с помощью барабанных или подвесных электромагнитных сепараторов. Приводные барабаны ленточных транспортеров при ширине ленты 800...1200 мм и выше при скорости ленты 1...2 м/с иногда используются как барабанные сепараторы. Магнитное поле создается при помощи электромагнита, размещенного внутри барабана. Ферромагнитные предметы, находящиеся в коре, притягиваются к ленте транспортера, когда она проходит по барабану. При дальнейшем движении ленты кора, двигаясь по инерции, сбрасывается с ленты транспортера, а металлические предметы, прижатые к ленте силой магнитного притяжения, переносятся в нижнюю часть транспортера и с него попадают в накопитель. К недостаткам барабанного сепаратора относится громоздкость и снижение эффективности отделения металлических предметов при толстом слое коры на транспортере.

Наибольшее распространение в ЦБП получили электромагнитные сепараторы подвесного типа, которые извлекают металлические предметы из движущегося потока коры. Сепараторы подвешивают над лентой транспортера в вертикальном положении.

Сепаратор ЭП-1 состоит из полюсной скобы, катушек, полюсного наконечника и соединительной коробки. При пропускании постоянного тока через катушки возникает магнитное поле, под действием которого способные к намагничиванию металлические предметы притягиваются к полюсному наконечнику. Сепаратор периодически очищают от накопившегося металла.

Техническая характеристика сепаратора ЭП-1

Напряжение постоянного тока, В	110, 220
Ширина ленты транспортера коры, мм	650...1000
Минимальный зазор от поверхности коры до сепаратора, мм	120
Габаритные размеры, мм	790 × 790 × 690

В последнее время транспортеры для коры имеют ширину 1000...1500 мм и скорость движения 1,2...2,0 м/с. Для очистки коры на таких транспортерах устанавливают электромагнитные железоотделители типа ЭПР-120, состоящие из электромагнита и небольшого встроенного ленточного транспортера длиной 2,0 м, установленного перпендикулярно к основному транспортеру. По мере накопления металла под нижней ветвью ленты встроенного транспортера, последний включают и он выносит металл за пределы основного транспортера и сбрасывает их в накопитель.

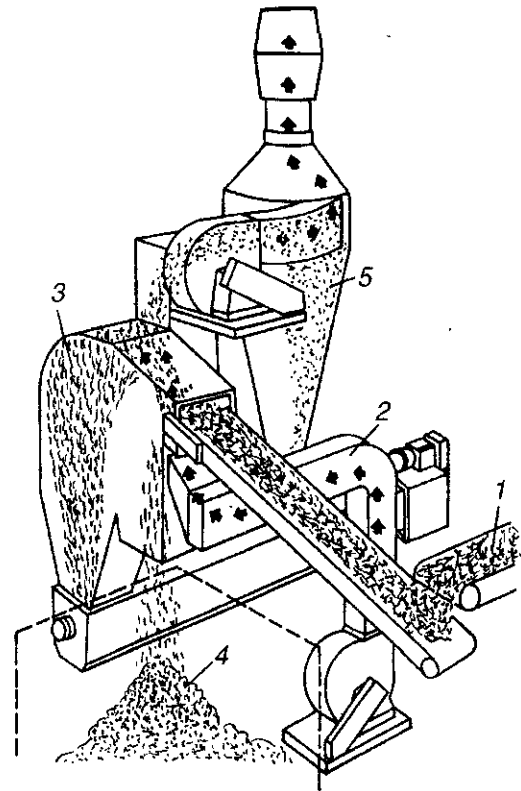


Рис. 3.95. Пневмосепаратор для очистки коры от посторонних включений:

1 – кора; 2 – воздуховод; 3 – очищенная кора;
4 – загрязнение; 5 – циклон для отделения мелкой коры

На транспортерах коры устанавливают и металлоискатели, заблокированные с приводом транспортера для отключения его при обнаружении металла в коре. Обычно датчики металлоискателей устанавливают над транспортером в любом месте, но не ближе 1,5...2,0 м от приводного барабана. Иногда датчики металлоискателей устанавливают под лентой с зазором 30 мм.

Техническая характеристика металлоискателя ЭМИ-64П

Напряжение переменного тока, В.....	220
Частота, Гц.....	50
Скорость движения коры, м/с.....	0,5
Ширина ленты транспортера, мм.....	500...2000
Чувствительность датчика (минимальная масса регистрируемых предметов) при расстоянии от предмета 300 мм, кг.....	0,2
Длина соединительного коаксиального кабеля датчика, м.....	15
Габариты, мм:	
– электронного блока.....	330×330×217
– датчика.....	1240×553×123
Масса, кг.....	
– электронного блока.....	28
– датчика.....	75
Температура окружающей среды, °С.....	-30...+30

Литература

1. Житков А.В. Утилизация древесной коры. М.: Лесная промышленность, 1985. 136 с.
2. Нахабцев И.А. Таксация древесной коры: Методические указания и таблицы процентов коры к самостоятельной работе студентов специальностей 31.12, 07.04 и 26.01. Л.: ЛТА, 1990. 36 с.
3. Залегаллер Б.Г., Ласточкин П.В., Бойков С.П. Технология и оборудование лесных складов: Учебник для вузов: 3-е изд., испр., доп. М.: Лесная промышленность, 1984. 352 с.
4. Машины и оборудование лесозаготовок: Справочник. Е.И. Миронов, Д.Б. Рохленко, Л.Н. Беловзоров, Л.С. Матвеевко. Ю.М. Кулагин. М.: Лесная промышленность, 1990. 440 с.
5. Агрегат приема и распиловки бревен «Комби-2001». ОАО «Союзлесмонтаж», чертеж 696.ООП. Вологда, 2001.
6. Пигильдин Н.Ф. Окорка лесоматериалов (теория, технология, оборудование). М.: Лесная промышленность, 1982. 192 с.
7. Локштанов Б.М., Житков А.В., Трефилова Т.Ф. Сухая окорка древесины в барабанах на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности: Обзор (Бумага и целлюлоза). М.: ВНИПИЭИлеспром. 1976. 53 с.
8. Технический каталог АО «Петрозаводскмаш»: Оборудование для целлюлозно-бумажного производства: Книга 2: Оборудование бумагоделательное. Петрозаводск, 1994. 138 с.
9. Степанов Ю.П. и др. Инструкция по нормированию расхода древесины в производстве целлюлозы и древесной массы. М.: Лесная промышленность, 1982. 64 с.

3.6. ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ В ЩЕПУ

3.6.1. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЕ

Общие требования к качеству, фракционному и породному составу технологической щепы, правила приемки и методы испытаний изложены в стандарте «Щепа технологическая» (Технические условия, ГОСТ 15815–83).

На ряде предприятий разработаны собственные стандарты на щепу, учитывающие местные особенности технологии основных производств и применяемого оборудования. Данный подход позволяет значительно сократить издержки предприятий и вырабатывать качественную продукцию в действующих условиях.

3.6.2. ПРОИЗВОДСТВО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ

В целлюлозно-бумажной, гидролизной и деревообрабатывающей промышленности для измельчения древесины на щепу применяются в основном дисковые рубительные машины (рис. 3.96). Барабанные рубительные машины используются крайне редко из-за того, что получаемая на данных машинах щепа неоднородна по фракционному составу.

В дисковых рубительных машинах режущие ножи расположены на вращающемся в вертикальной плоскости диске под постоянным углом наклона к поверхности диска и к направлению подачи древесины. Резание древесины в дисковых рубительных машинах производится при постоянных соотношениях режимов резания и затягивания древесины к ножам.

Разработано и создано много модификаций дисковых рубительных машин, отличающихся по режиму резания, способам подачи, по форме поверхности диска, конструкции и расположению ножей.

Дисковые машины, имеющие мало ножей (3...4), характеризуются прерывистым режимом резания. В настоящее время данные машины на целлюлозно-бумажных предприятиях не эксплуатируются из-за низкой производительности и неудовлетворительного фракционного состава получаемой щепы.

Дисковые машины, имеющие 10...16 режущих ножей, характеризуются непрерывным режимом резания. Ножи постоянно находятся в контакте с древесиной, что стабилизирует ее положение при рубке и обеспечивает получение щепы хорошего качества.

По способу подвода балансов к ножевому диску рубительные машины делятся на машины с наклонным и горизонтальным питающими патронами. У первых машин патрон имеет угол наклона к горизонту 45...52°, а также разворот от продольной оси вала машины на угол 10...30°. Машины с наклонным питающим патроном предназначены для измельчения балансов длиной до 3-х метров. Для рубки более длинных балансов применяются машины с подачей древесины в горизонтальной плоскости под углом 38...45° к плоскости диска.

Для обеспечения горизонтальной подачи длинномерной древесины сконструированы рубительные машины с наклонным диском.

Рубительные машины данного типа из-за значительных осевых нагрузок на подшипники вала машины и электродвигателей имеют более сложную конструкцию.

Удаление щепы из кожуха рубительных машин осуществляется вверх или вниз. При верхнем выбросе щепа с помощью лопаток, расположенных на ободке диска, направляется по щепопроводу в циклон или бункер и далее на сортирование или на склад. При нижнем выбросе щепа из кожуха диска сыпается в располо-

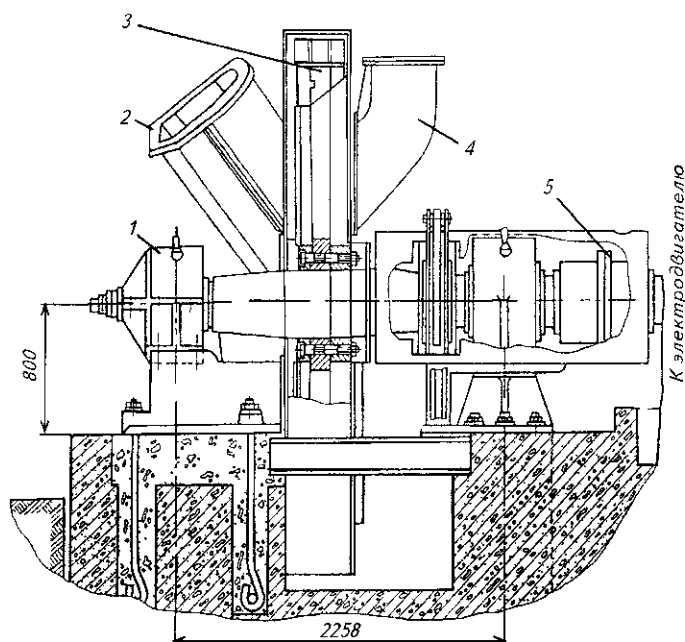


Рис. 3.96. Схема устройства дисковой рубительной машины.

- 1 – опорные подшипники, 2 – загрузочный патрон;
- 3 – ножевой диск; 4 – патрубок для рециркуляции воздуха,
- 5 – соединительная муфта

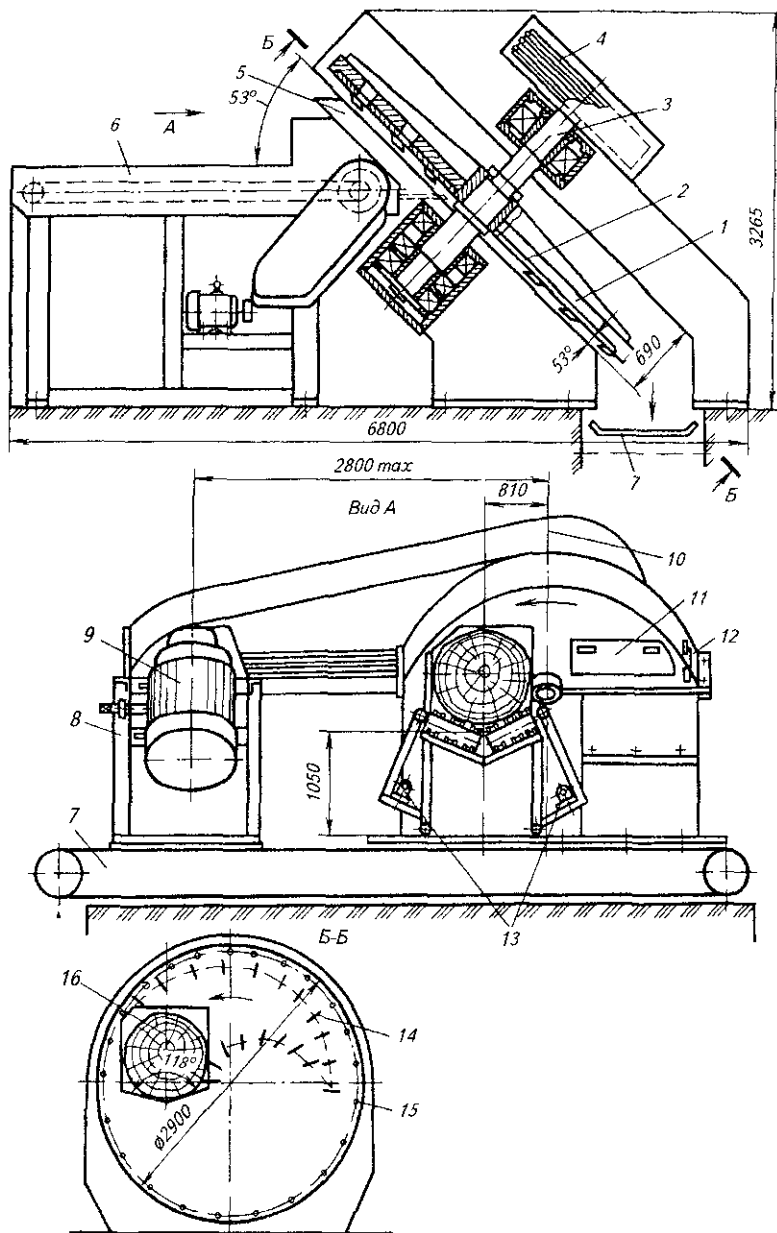


Рис. 3.97. Схема устройства многолезвовой дисковой рубительной машины:

- 1 – диск; 2 – износные листы; 3 – приводной вал; 4 – приводной шкив;
 5 – загрузочный патрон; 6 – подающий механизм; 7 – конвейер для удаления щепы; 8 – рама привода; 9 – электропривод; 10 – ось машины;
 11 – люк для замены резцов; 12 – устройство для проворачивания диска;
 13 – привод механизма подачи; 14 – резец; 15 – отверстия для поворота диска; 16 – ось загрузки

размеров используют многолезвовые дисковые рубительные машины (рис. 3.97). При сравнительно невысокой мощности привода в них возможно измельчать древесину диаметром до 1000 мм.

Многолезвовые машины используются для измельчения как стволовой древесины, так и крупных кусковых отходов. По исполнению они делятся на стационарные и передвижные, по способу удаления щепы – с верхним и нижним выбросом. Диск размещают как в вертикальной, так и в наклонной ($35 \dots 53^\circ$) плоскостях. В машинах с наклонным диском условия резания древесины лучше, так как исключаются случаи разворота маломерной древесины в загрузочном патроне. Подача древесины в машины осуществляется как под действием собственного веса сортифта (гравитационная), так и с помощью специальных устройств – принудительная.

женный под машиной бункер или на транспортер. При нижнем выбросе снижаются потери древесины при сортировании щепы, так как в этом случае исключается ее измельчение за счет удара лопаток.

В рубительных машинах диск может быть гладким или представлять собой части винтовых поверхностей, сливающихся заподлицо с задними кромками ножей, которые заточены по той же винтовой поверхности, имеющей наименование – геликоидальная. В обычной машине с плоским ножевым диском возникают значительные удельные давления между ножами и бревном, бревном и диском, что приводит к ухудшению фракционного состава щепы.

При геликоидальной поверхности диска и ножей контакт бревна с диском осуществляется по всей поверхности среза и контактные напряжения незначительны. Диск мало изнашивается. Для заданного профиля диска длина щепы постоянная, мелкой фракции меньше, чем у обычных машин. Но данного типа машины значительно сложнее в изготовлении. Их положительные качества особенно заметны и проявляются при небольших размерах диаметра диска.

В процессе рубки балансов образуется до 5% опилочной фракции. Одной из причин образования опилок являются удары щепы о кожух машины при выходе ее из подножевой щели. Для предотвращения измельчения щепы на задней стенке кожуха машины устанавливается специальный канал, через который осуществляется отвод щепы в направлении ее выброса из зоны рубки. Данный способ эвакуации щепы уменьшает количество опилок и спичек в щепе.

Современные рубительные машины (МР7–300) измельчают древесину диаметром до 700 мм. Для измельчения бревен больших геометрических

Характеристики отечественных ножевых и резцовых дисковых рубительных машин приведены в табл. 3.59.

Таблица 3.59

Технические характеристики дисковых рубительных машин

Показатели	Ножевые			Резцовые	
	MP-120	MP5-150	MP7-300A	MPP8-50ГН	MPГП-1000
Производительность пл. м ³ /ч	100-120	150-180	250-300	50	40
Мощность привода, кВт	500	630	1600	160	250
Максимальный диаметр измельчаемого древесного сырья, мм	600	600	700	800	1000
Частота вращения диска, мин ⁻¹	365	365	300	150	102
Диаметр диска, мм	2440	2500	3000	2900	3500
Число ножей (резцов)	10	15	15	25	31
Масса машины, т	32	45	77	27	30

3.7. СОРТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ

Технологическая щепа, получаемая даже на самых современных рубительных машинах, неоднородна по своим геометрическим размерам из-за гетерогенности свойств измельчаемой древесины, нестабильного положения балансов в патроне машины в процессе рубки, относительного несовершенства конструкции самих рубительных машин.

Как правило, щепа после выхода из рубительных машин содержит: крупную фракцию (1,0...3,0%), состоящую из щепы толщиной до 15 мм и более и длиной до 100 мм и более, толстую фракцию (от 10 до 30%), состоящую из щепы толщиной 7...10 мм; кондиционную фракцию, состоящую из нормальной и мелкой щепы; опилочную фракцию (2,0...5,0%), содержащую, кроме мелко измельченной древесины, частицы коры, гнили и минеральные примеси

Щепа данного состава не пригодна для получения волокнистых полуфабрикатов. Крупная щепа вызывает серьезные трудности при транспортировке щепы и прохождении ее через питатели различного типа. Толстая фракция, содержащая до 90% сучков, приводит к получению большого количества непровара, снижению выхода массы до 3...4%, которая характеризуется большим разбросом жесткости отдельных волокон, наличием большого количества крупной и мелкой костры и повышенным содержанием смолы. Производительность варочного оборудования снижается на 5...10%, увеличивается расход энергии и химикатов на варку и отбелку на 10...20%. В процессе отбелки наблюдаются повышенные химические потери у волокон и снижение их прочности. При размоле массы увеличивается расход энергии, а при регенерации химикатов увеличиваются нагрузки на выпарные аппараты и регенерационный котел. Выход высокосортной продукции уменьшается на 20...30% из-за высокой сорности, повышенного содержания смолы, более низкой белизны или механической прочности.

Опилочная фракция, проходящая через сито с отверстиями диаметром 5 мм¹⁾, вызывает увеличение расхода химикатов и энергии на варку, так как древесная ее часть в значительно большей степени растворяется в процессе варки. Ее присутствие в щепе приводит к увеличению сорности и смолистости целлюлозы, повышенному абразивному износу оборудования, увеличению нагрузки на очистные сооружения из-за повышенного БПК сбрасываемых вод.

Для улучшения качества щепы перед переработкой ее подвергают сортированию. Сортирование щепы сводится к выравниванию размеров древесных частиц путем удаления крупной, толстой и опилочной фракций.

Сортирование щепы осуществляется на сортировках различного типа, которые можно разделить на следующие группы:

- механические сортировки, имеющие поверхность разделения в виде сит, колосников, подвижных реек, валов различной конструкции;
- воздушные сепараторы с горизонтальной или вертикальной струей воздуха;
- электромагнитные сепараторы.

Сортировки, имеющие поверхность разделения в виде плоских сит (например СЩ-120, СЩ-500, СЩ-900) и широко используемые в промышленности, подразделяются на напольные (рис. 3.98) и подвесные (рис. 3.99). Листовые сита изготавливаются с круглыми, квадратными или щелевыми отверстиями.

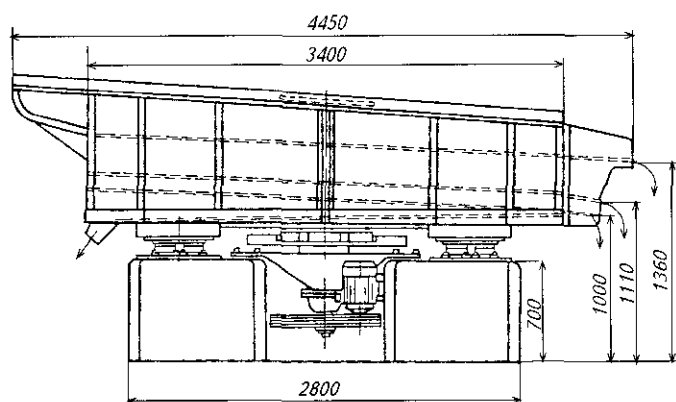


Рис. 3.98 Напольная вибрационная сортировка СЩ-120

Барabanные и вибрационные сортировки в настоящее время не используются в промышленности вследствие их низкой эффективности.

Традиционные напольные и подвесные сортировки осуществляют разделение щепы на три фракции: крупную, направляемую, как правило, на доизмельчение в рубительную машину или специальный дезинтегратор; фракцию, состоящую из толстой, нормальной и мелкой щепы, направляемых на переработку; опилочную фракцию, включающую мелкую щепу (30...50%), и собственно опилки. Основные недостатки данных сортировок в том, что в щепе остается толстая, в том числе сучковая фракция, и происходят значительные потери кондиционной мелкой щепы (до 3%).

¹⁾ Российский стандарт. По скандинавскому стандарту опилками, подлежащими удалению из щепы, является фракция, проходящая через сито с отверстиями диаметром 3 мм

Для выделения из щепы толстой фракции применяются дисковые, валковые и реечные сортировки.

Дисковые сортировки представляют собой набор валов с насаженными на них дисками с определенным зазором (рис. 3.100). Диски смежных валов входят в установленные зазоры, образуя по всей поверхности сортировки щели определенной ширины. Направляемая на поверхность сортировки щепы перемещается вращающимися дисками по длине сортировки и, попадая в щели между дисками, в случае меньшей ее толщины, чем ширина щели, выводится под сортировку. Толстая щепка сходит с поверхности в конце сортировки.

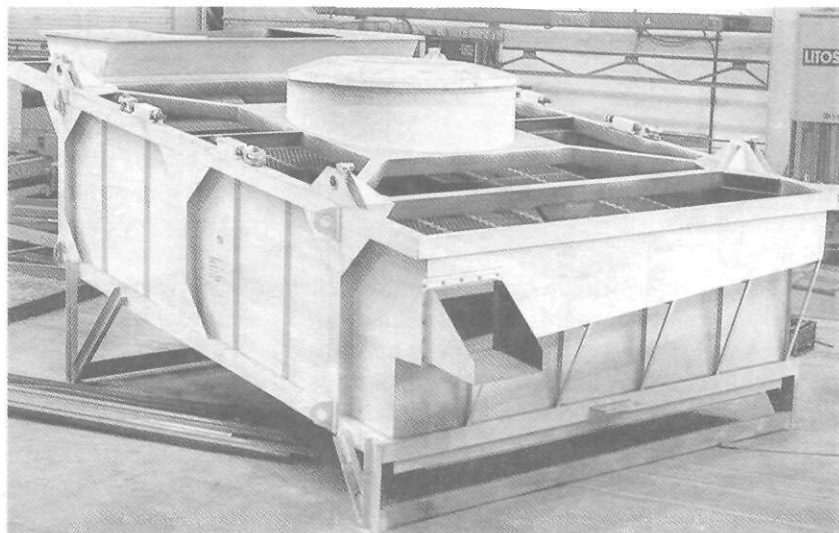


Рис. 3.99. Подвесная гирационная сортировка (АО «Петрозаводскмаш»)

Недостатки дисковых сортировок:

- некоторое измельчение сортируемого материала;
- трудность пуска при останове машины с сортируемым материалом на поверхности;
- срок службы дисков 4...6 лет;
- возможность разделения сортируемого материала только на две фракции (данное свойство характерно для всех машин, сортирующих материал по толщине).

Валковые сортировки представляют собой набор валов с различной формой поверхности. В зависимости от формы поверхности, размеров по диаметру и зазоров между валами данные сортировки используются для выделения из массы щепы крупной или толстой или мелкой фракций, а также для повторного сортирования

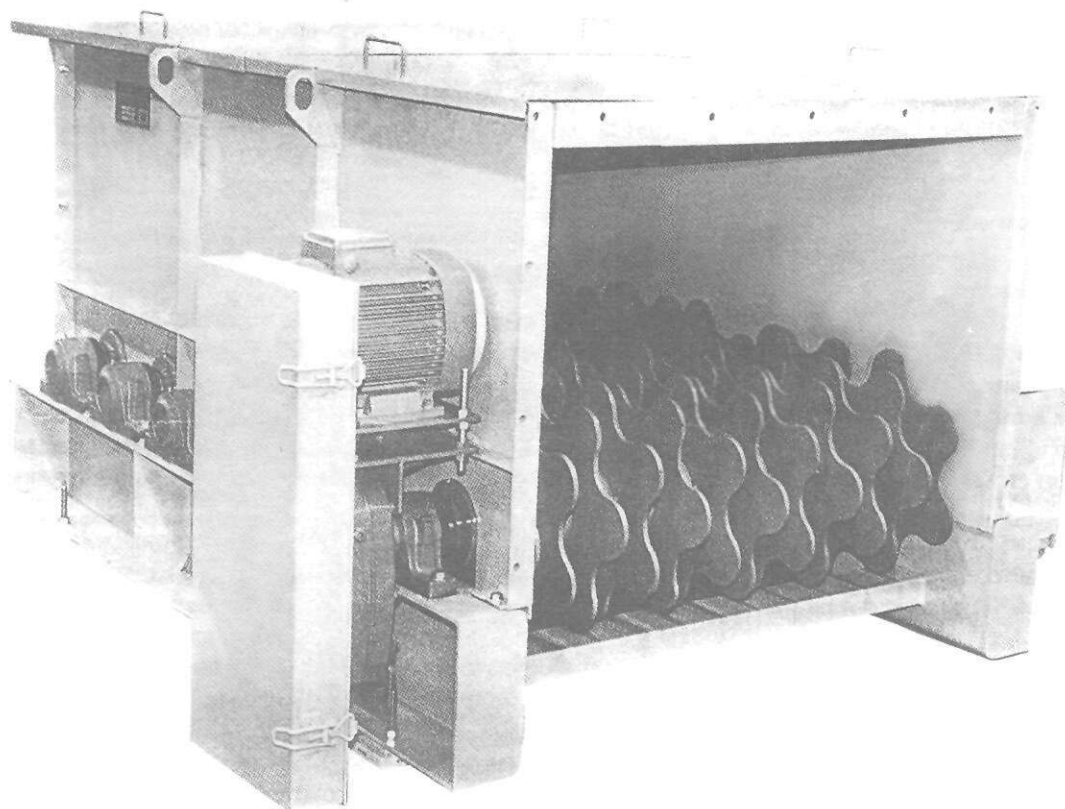


Рис. 3.100. Дисковая сортировка (фирма «Winbergs», Швеция)

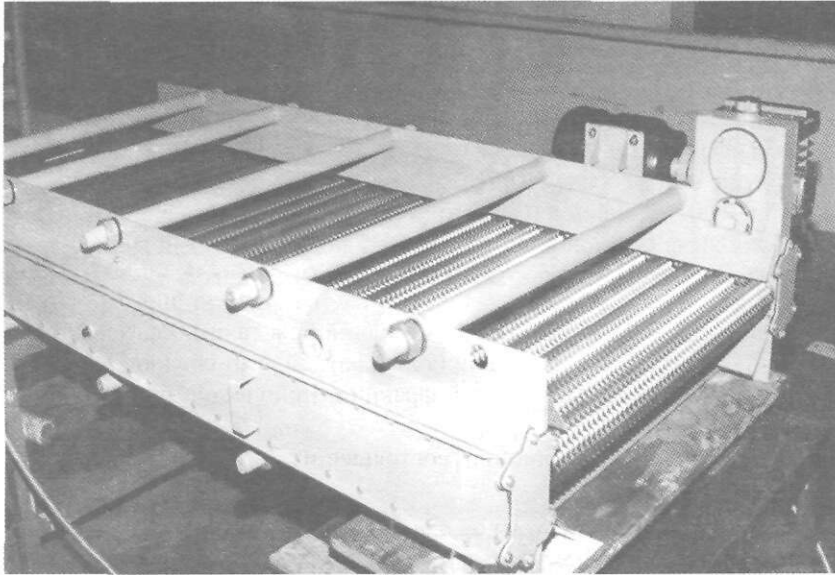


Рис. 3.101. Валковая сортировка для выделения щепы из отсевов

отсевов от традиционных ситовых сортировок с целью выделения из них кондиционной щепы (рис. 3.101).

В отличие от дисковых сортировок валковые сортировки не измельчают сортируемый материал, срок службы валов более 10 лет; при остановке машины с сортируемым на ее поверхности материалом пуск ее производится без затруднений.

Валковые сортировки обеспечивают интенсивное ворошение сортируемого материала без вибрации, что обуславливает высокую эффективность их работы.

Реечные сортировки состоят из набора пластин с определенными между ними зазорами (рис. 3.102). Пластинам придается кругообраз-

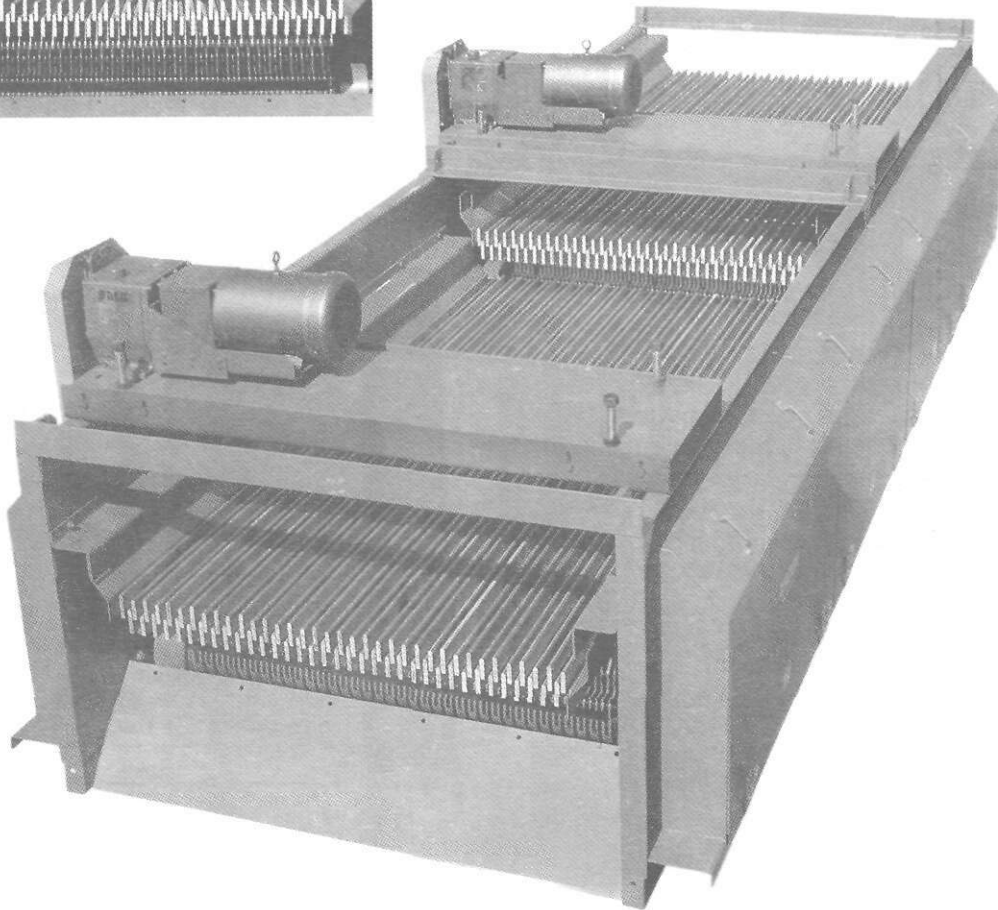
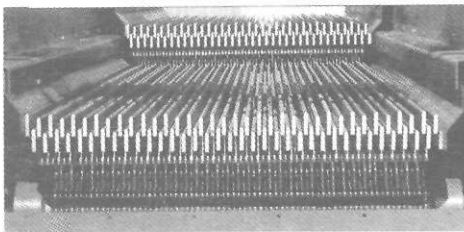


Рис. 3.102. Реечная сортировка для выделения толстой фракции из щепы (фирма «Rader», Канада)

ное движение в противофазе через одну. Сортировки устанавливаются под определенным углом к горизонту, что обеспечивает продвижение сортируемого материала вдоль ее рабочей поверхности. Сортировки сложны в изготовлении и эксплуатации, но оказывают минимальное воздействие на сортируемый материал.

Воздушные сепараторы в системах сортирования используются для отделения от щепы относительно крупных инородных включений. Воздушные сепараторы энергоемки, вместе с инородными включениями отделяют крупнокусковую древесину (крупные сучки, отщепы), которую приходится направлять в отходы.

Электромагнитные сепараторы различных конструкций используются для удаления из массы щепы железных предметов.

В системах сортирования щепы при выделении толстой фракции производится ее измельчение в барабанных рубительных машинах, в которых осуществляется резка щепы вдоль волокон. Машины фирмы «Акровуд Корпорейшн» (Acrowood Corrogation) обеспечивают подвод щепы под режущий нож таким образом, что она своей плоскостью скользит по ободу барабана и надвигается на режущий нож лопаткой, выполняющей функцию контранжа. После прохождения машины в щепе не остается толстой фракции. Количество опилок в разрезанной щепе составляет 2...4% (рис. 3.103).

Для измельчения толстой щепы используется также устройство, состоящее из 2-х валов, вращающихся навстречу друг другу и имеющих рифленую поверхность в виде пирамид. Между гранями и вершинами пирамид имеются зазоры. Толстая щепка, попадая в зазоры между валами, раздавливается, но не теряет форму щепы. За счет образования многочисленных трещин она легко пропитывается варочными растворами.

Основным недостатком данной обработки щепы является ее способность к расщеплению на мелкие фракции при механических воздействиях. По этой причине обработку толстой щепы необходимо проводить непосредственно перед варочными котлами.

Ниже приведены несколько технологических схем подготовки щепы к переработке, которые позволяют направить в производство качественную щепу с минимальными потерями древесины.

Представленные технологические схемы подготовки щепы к переработке (рис. 3.104 – 3.108) предусматривают использование серийных отечественных и импортных многоножевых рубительных машин, на которых получают щепу длиной 25...30 мм. При данной длине щепы при рубке балансов образуется минимальное количество мелкой щепы и опилок. Но при получении щепы данной длины в ней содержится значительное количество (от 20 до 40%) толстой фракции, основная часть которой состоит из нормальной бессучковой древесины.

При использовании рубительных машин, на которых возможно получать щепу длиной 20 мм, также образуется толстая фракция (6...10%), но она на 90% состоит из сучковой щепы (сучки, сшивая отдельные слои, препятствуют разделению древесины на тонкие пластины в рубительных машинах любой конструкции). Сучковая щепка выделяется и направляется на измельчение или на сжигание.

Во всех схемах производства щепы предусмотрено использование специальной валковой сортировки для выделения кондиционной фракции из мелочи (отсев). Использование данной сортировки при производстве щепы позволяет:

- значительно повысить эффективность удаления из щепы опилочной фракции, несущей различный сор;
- повысить производительность основного сортирующего оборудования;
- увеличить выход кондиционной щепы на 1,5...3,0%.

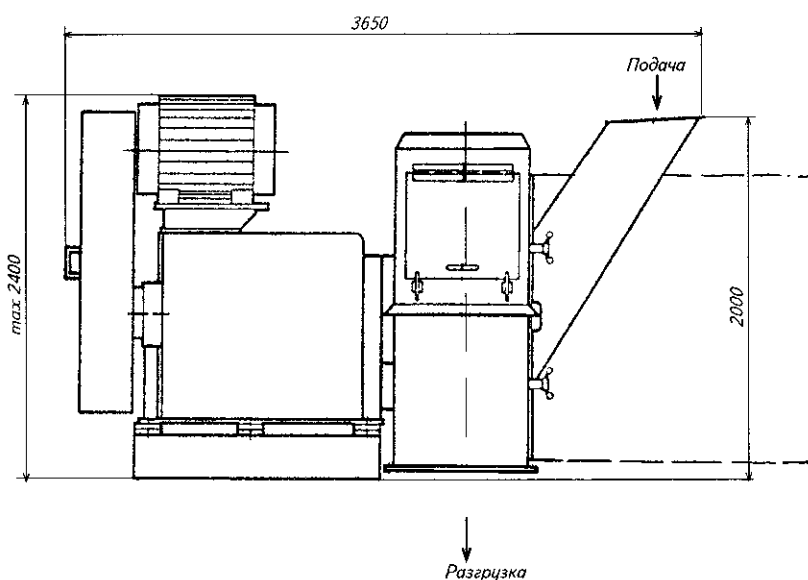


Рис. 3.103. Барабанная рубительная машина (слайсер) для измельчения толстой щепы

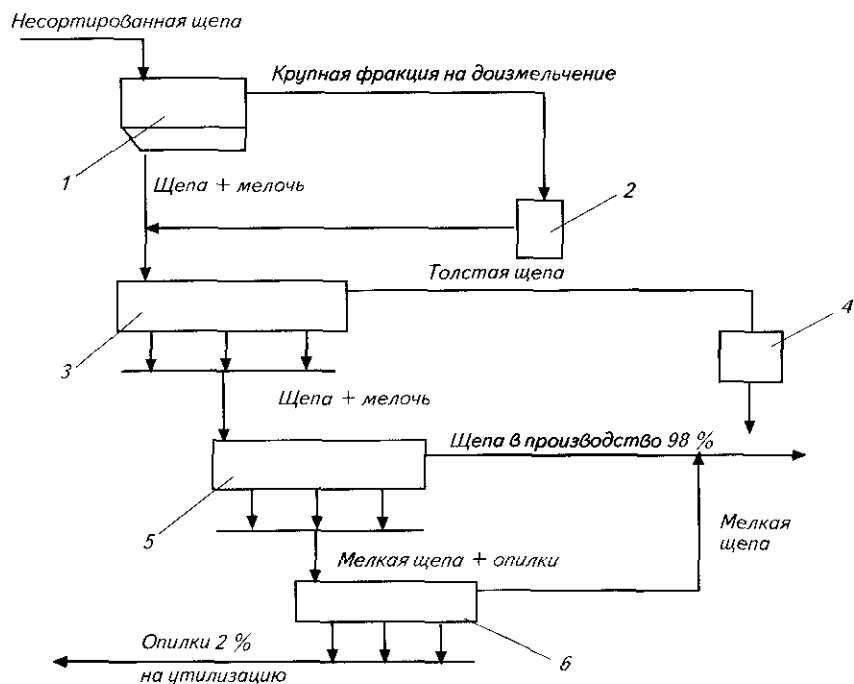


Рис. 3.104. Принципиальная схема сортирования технологической щепы:

1 – валковая сортировка для отделения крупной фракции;
 2 – дезинтегратор для рубки крупной фракции; 3 – сортировка для выделения толстой фракции, 4 – машина для резки толстой щепы;
 5 – валковая сортировка для выделения мелкой фракции, 6 – валковая сортировка для отделения кондиционной щепы от опилок

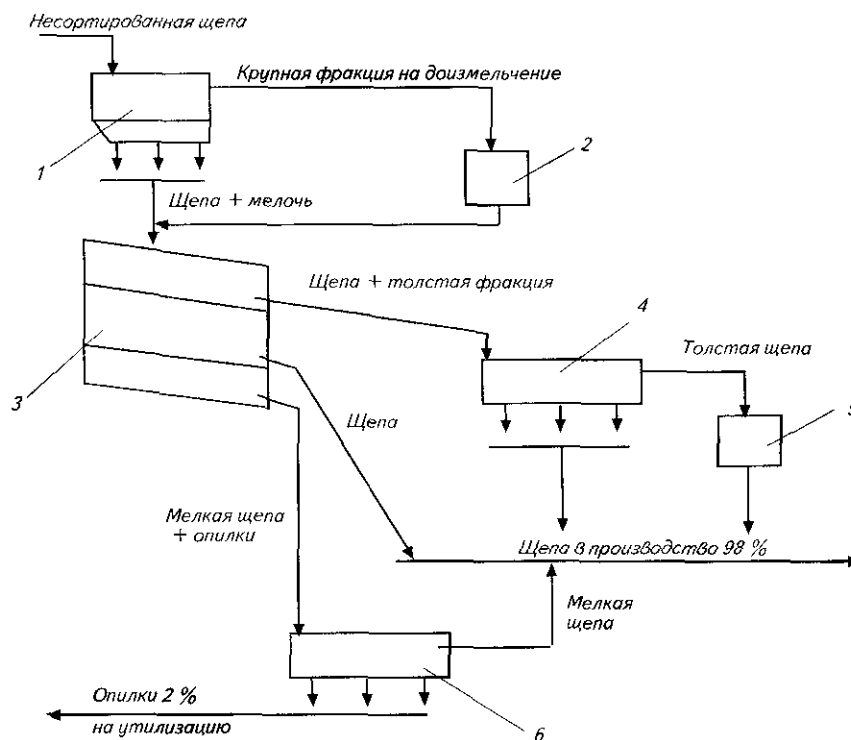


Рис. 3.105 Принципиальная схема сортирования технологической щепы (используется ситовая сортировка с измененными размерами отверстий у сит):

1 – валковая сортировка для отделения крупной фракции;
 2 – дезинтегратор для рубки крупной фракции; 3 – ситовая сортировка;
 4 – сортировка для выделения толстой фракции, 5 – машина для резки толстой щепы; 6 – валковая сортировка для отделения кондиционной щепы от опилок

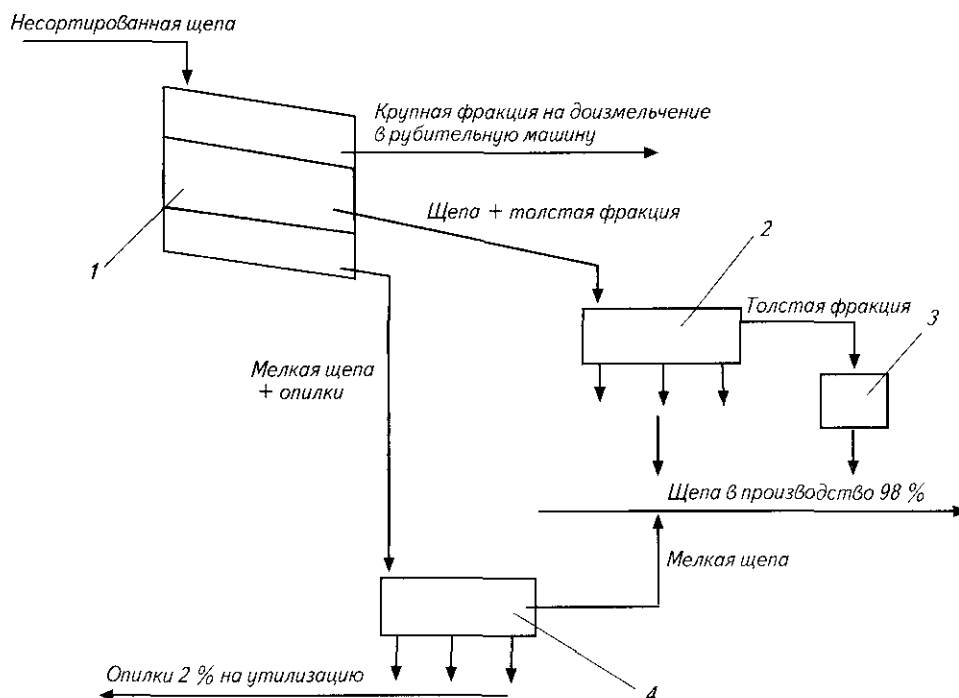


Рис. 3.106 Принципиальная схема сортировки технологической щепы (рубится длинномерный баланс, используется ситовая сортировка с измененными размерами отверстий у сит):

1 – ситовая сортировка; 2 – сортировка для выделения толстой фракции; 3 – машина для резки толстой щепы; 4 – валковая сортировка для отделения кондиционной щепы от опилок

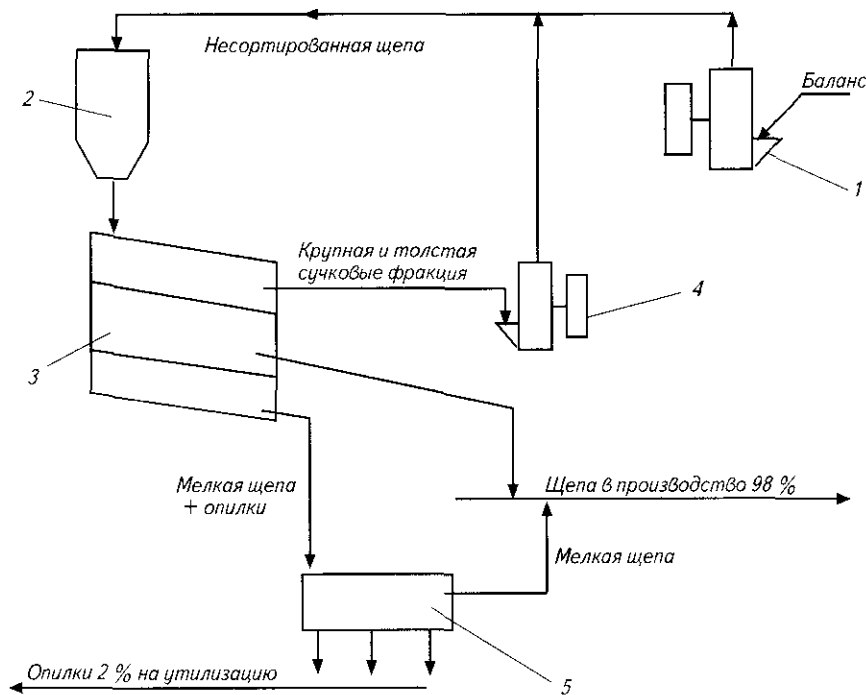


Рис. 3.107. Принципиальная схема приготовления технологической щепы (используется ситовая сортировка с измененными размерами отверстий у сит и одна валковая сортировка):

1 – рубительная машина; 2 – циклон; 3 – ситовая сортировка; 4 – дезинтегратор для рубки крупной и толстой сучковой фракций; 5 – валковая сортировка для отделения кондиционной щепы от опилок

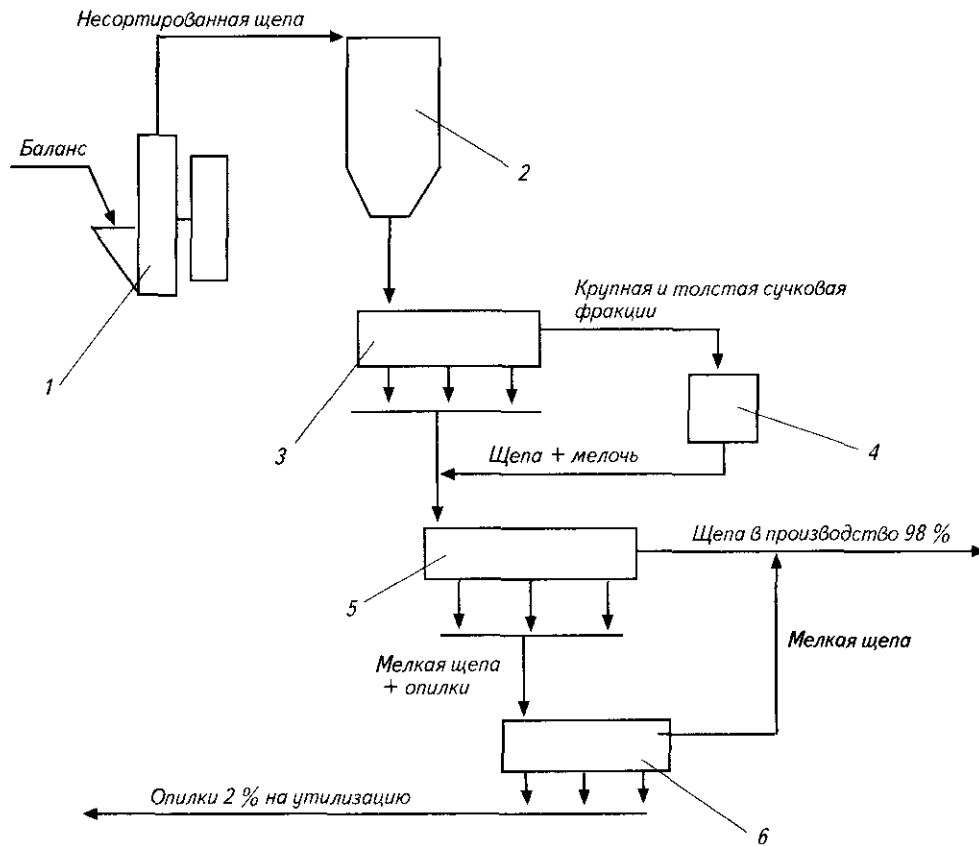


Рис. 3.108 Принципиальная схема приготовления технологической щепы (используются три специальные валковые сортировки):

1 – рубительная машина, 2 – циклон; 3 – валковая сортировка для отделения крупной и сучковой фракций; 4 – дезинтегратор для рубки крупной и толстой сучковой фракции; 5 – валковая сортировка для отделения мелочи; 6 – валковая сортировка для отделения кондиционной щепы от опилок

3.8. УЧЕТ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

Древесное сырье поступает на предприятия ЦБП в виде круглых соргиментов (балансов), в виде хлыстов и в измельченном состоянии – в виде технологической щепы.

Согласно ГОСТ 2292–88 Лесоматериалы круглые. Маркировка, сортировка, транспортирование, методы измерения и приемки балансы длиной более 2-х метров подлежат поштучному измерению и учету в плотной мере. Определение объема лесоматериалов, измеряемых поштучно, производится по ГОСТ 2708–75 Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов.

Балансы длиной до 2-х метров включительно подлежат измерению в складочной мере с последующим переводом в плотную.

ГОСТ 2292–88 при учете лесоматериалов допускает применение других методов учета – групповых, позволяющих осуществлять обмер и учет балансов партиями (пачка, пучок, автомобиль, вагон) по документации, утвержденной в установленном порядке. Такими утвержденными документами являются:

- ОСТ 13–59–82 Лесоматериалы круглые. Весовой метод определения объема и оценки качества;
- ОСТ 13–43–79 Лесоматериалы круглые. Геометрический метод определения объема и оценки качества лесоматериалов, погруженных в вагоны или автомобили;
- ОСТ 13–208–85 Лесоматериалы круглые. Геометрический метод определения объема и оценка качества при поставке в судах;
- ОСТ 13–238–88 Сырье древесное. Групповой метод измерения объема по массе;
- ОСТ 13–44–81 Лесоматериалы круглые. Методы геометрического обмера пучков для определения объема круглых лесоматериалов, поставляемых сплавом. Методы измерения и оценки качества;

При поставке балансовой древесины в виде хлыстов их измерение производится согласно требованиям ОСТ 13–75–79 Хлысты древесные. Методы измерения и учета; и в соответствии с требованиями ОСТ 13–83–90 Хлысты древесные. Технические требования.

Внешний и внутризаводской учет технологической щепы производится согласно ОСТ 13–74–79 Щепа технологическая. Методы измерения и учета и ГОСТ 15815–83 Щепа технологическая. Технические условия.

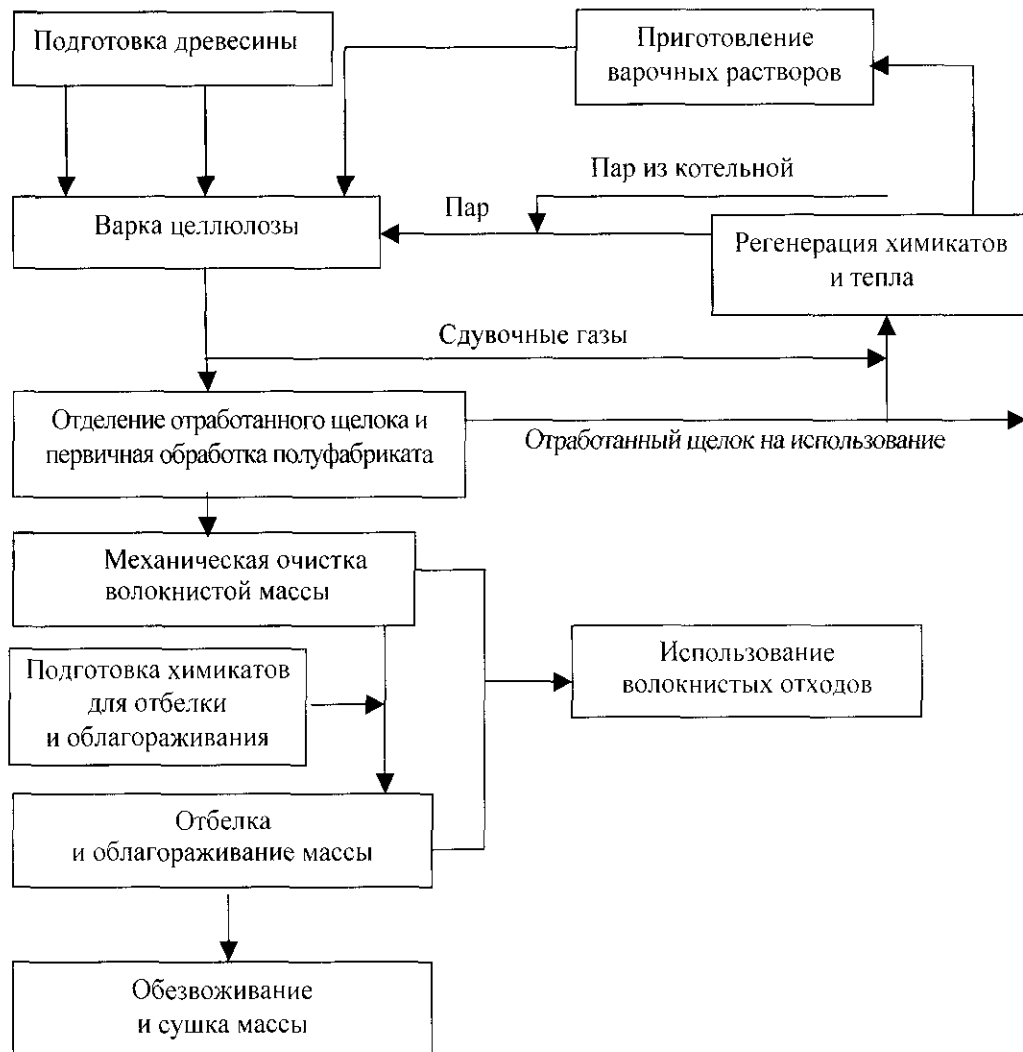
4. ПРОИЗВОДСТВО ЦЕЛЛЮЛОЗЫ СУЛЬФИТНЫМИ СПОСОБАМИ

4.1. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Сульфитную целлюлозу получают из окоренной и измельченной в однородную по размерам щепу древесины или из сечки однолетних растений при нагревании их с растворами бисульфитов кальция, магния, аммония, натрия или смеси их в сернистой кислоте; с водными растворами моносulfита натрия, сернистой кислоты и др.

Полученный после варки волокнистый продукт отделяют от щелока, промывают, сепарируют, отсортировывают от непроварившихся частиц и либо подвергают дополнительной химической обработке – отбелке и облагораживанию, либо выпускают в небеленом виде. Химикаты, расходуемые на варку, частично, а иногда почти полностью регенерируют.

Принципиальная схема производства сульфитной целлюлозы [1]



4.2. ПРИГОТОВЛЕНИЕ СУЛЬФИТНЫХ ВАРОЧНЫХ РАСТВОРОВ

4 2 1. НОМЕНКЛАТУРА ВАРОЧНЫХ РАСТВОРОВ

При современных вариантах сульфитной варки применяют следующие растворы:

Растворы с pH 1,5...2,8

- водный раствор SO_2 и бисульфита кальция;
- водный раствор SO_2 и бисульфита магния;
- водный раствор SO_2 и бисульфита аммония;
- водный раствор SO_2 и бисульфита натрия;
- водный раствор SO_2 и смеси бисульфитов кальция и магния;
- водный раствор SO_2 и смеси бисульфитов кальция и аммония;
- водный раствор SO_2 и смеси бисульфитов кальция и натрия;
- водный раствор SO_2 и смеси бисульфитов магния и аммония;
- водный раствор SO_2 и смеси бисульфитов натрия и аммония;
- водный раствор SO_2 и сульфата натрия.

Растворы с pH 3,5...5,0

- водный раствор бисульфита магния;
- водный раствор бисульфита натрия;
- водный раствор бисульфита аммония.

Растворы с pH 6,0...10,0

- водный раствор смеси сульфита и бисульфита натрия;
- водный раствор сульфита натрия;
- водный раствор смеси сульфита натрия и кальцинированной соды.

Растворы с pH < 1

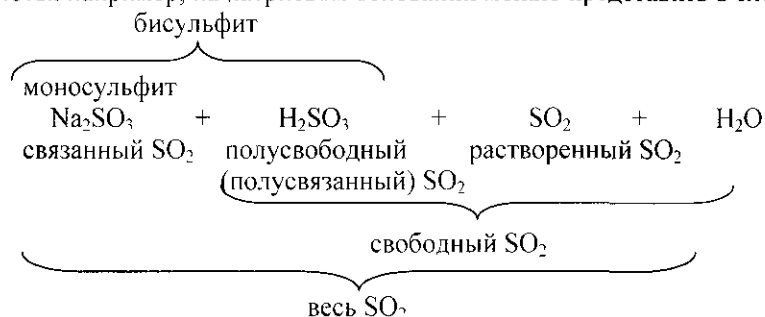
- водные растворы SO_2 .

4 2 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА ВАРОЧНЫХ РАСТВОРОВ

Состав сульфитного раствора обычно характеризуют:

- содержанием всего SO_2 , находящегося в растворе в свободном и связанном виде, %;
- содержанием связанного SO_2 , в виде средней соли – моносульфита, %;
- содержанием свободного SO_2 , выделяющегося из раствора при нагревании его под атмосферным давлением, % (содержание свободного SO_2 определяется по разности между содержанием всего и связанного SO_2 – в виде моносульфита);
- содержанием полусвободного или полусвязанного SO_2 , равного содержанию связанного SO_2 (в виде моносульфита) или половине содержания SO_2 в бисульфите, %;
- содержанием основания, связанного с SO_2 в виде моносульфита, %.

Состав кислоты, например, на натриевом основании можно представить в следующем виде:



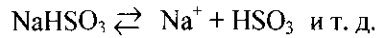
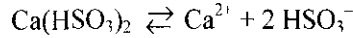
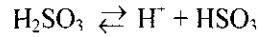
Концентрацию кальциевого, магниевое, аммониевого или натриевого основания в растворе определяют умножением содержания связанного SO_2 на следующие коэффициенты:

для кальциевого основания 0,875

для магниевого основания 0,625
 для аммониевого основания 0,813
 для натриевого основания 0,970

4.2.3. КОНСТАНТЫ ДИССОЦИАЦИИ H_2SO_3

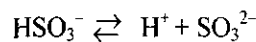
Сернистая кислота и ее кислые соли (бисульфиты) в водном растворе диссоциированы на ионы:



Константа первой ступени диссоциации H_2SO_3

$$K_1 = \frac{[H^+] [HSO_3^-]}{[H_2SO_3]} = 1,7 \cdot 10^{-2} = 0,017$$

Константа второй ступени диссоциации H_2SO_3



$$K_2 = \frac{[H^+] \cdot [SO_3^{2-}]}{[HSO_3^-]} = 1,0 \cdot 10^{-7} = 0,0000001.$$

В условиях сульфитной варки сернистая кислота ведет себя как одноосновная. При нейтрализации первой ступени диссоциации H_2SO_3 раствором щелочи (т. е. при нейтрализации всей H_2SO_3 до $NaHSO_3$ или другого бисульфита, $pH = 4,4$.

При нейтрализации второй ступени диссоциации H_2SO_3 (т. е. при нейтрализации $NaHSO_3$ до Na_2SO_3) $pH = 9$.

Количество SO_2 , находящегося в водном растворе в виде H_2SO_3 , уменьшается с повышением температуры раствора.

4 2.4 ПЛОТНОСТЬ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ SO_2 И БИСУЛЬФИТА

Плотность сульфитной кислоты изменяется в зависимости от содержания растворенного SO_2 (рис. 4.1) и бисульфита (рис. 4.2).

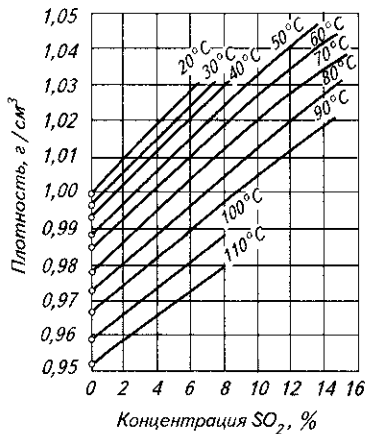


Рис 4.1 Плотность растворов сернистой кислоты при разных температурах

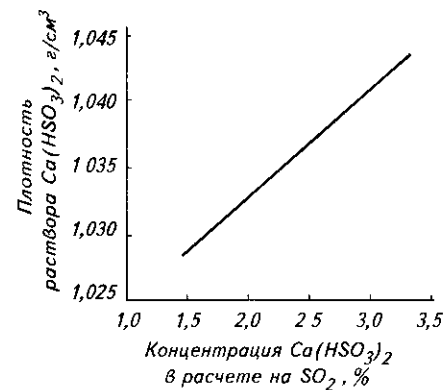


Рис. 4.2. Плотность раствора $Ca(HSO_3)_2$ при 15°C (при 1% растворенного SO_2)

4.2.5. КИСЛОТНОСТЬ СУЛЬФИТНЫХ РАСТВОРОВ

Концентрация ионов H^+ и HSO_3^- в сульфитных варочных растворах при разных температурах приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Концентрация ионов H^+ и HSO_3^- в сульфитных варочных растворах при разных температурах

Состав кислоты		Температура, °C					
CaO, %	всего SO_2 , %	50		70		90	
		концентрация ионов в мг-эквивалентах					
		H^+	HSO_3^-	H^+	HSO_3^-	H^+	HSO_3^-
0,0	2	0,048	0,048	0,037	0,037	0,027	0,027
0,0	3	0,059	0,059	0,045	0,045	0,032	0,032
0,0	4	0,068	0,068	0,051	0,051	0,036	0,036
0,0	5	0,046	0,076	0,057	0,057	0,040	0,040
0,0	6	0,083	0,083	0,061	0,061	0,043	0,043
0,5	2	0,010	0,129	0,006	0,122	0,004	0,117
0,5	3	0,016	0,159	0,010	0,144	0,006	0,138
0,5	4	0,024	0,171	0,014	0,153	0,009	0,142
0,5	5	0,034	0,162	0,018	0,153	0,012	0,141
0,5	6	0,047	0,142	0,023	0,146	0,015	0,138
1,0	2	0,002	0,140	0,001	0,138	0,001	0,135
1,0	3	0,010	0,169	0,005	0,176	0,003	0,170
1,0	4	0,016	0,184	0,011	0,184	0,006	0,178
1,0	5	0,023	0,181	0,012	0,182	0,008	0,176
1,0	6	0,032	0,162	0,016	0,175	0,011	0,172
1,5	3	0,003	0,163	0,002	0,176	0,001	0,165
1,5	4	0,009	0,197	0,005	0,187	0,003	0,177
1,5	5	0,015	0,210	0,009	0,204	0,006	0,184
1,5	6	0,020	0,216	0,011	0,209	0,007	0,188
2,0	4	0,004	0,202	0,002	0,218	0,001	0,178
2,0	5	0,008	0,247	0,006	0,218	0,004	0,178
2,0	6	0,010	0,283	0,007	0,248	0,006	0,196

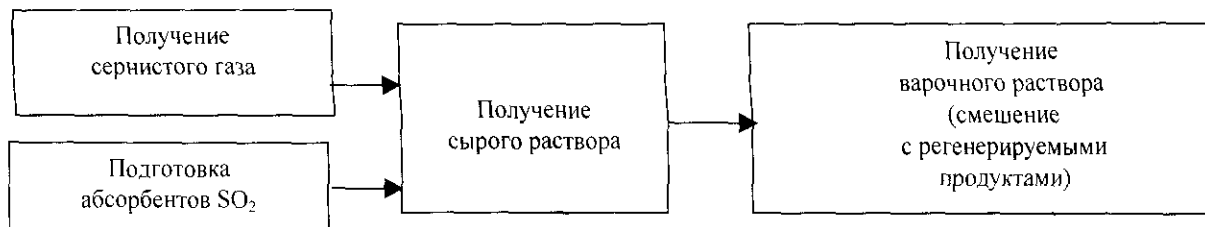
Для сравнения в табл. 4.2 приведены значения кислотности растворов кислоты и основания.

Таблица 4.2

pH растворов HCl и NaOH различной концентрации

Концентрация раствора HCl (нормальность)	pH	Концентрация раствора NaOH (нормальность)	pH
1,0 н.	0,1	Вода	7
0,1 н.	1,1	0,000001 н.	8
0,01 н.	2	0,00001 н.	9
0,001 н.	3	0,0001 н.	10
0,0001 н.	4	0,001 н.	11
0,00001 н.	5	0,01 н.	12
0,000001 н.	6	0,1 н.	13
Вода	7	1,0 н.	14

4 2.6. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВАРОЧНЫХ РАСТВОРОВ



Получение сернистого газа. Получение сернистого газа включает следующие операции:

- подготовка серосодержащего (серного) сырья;
- обжиг сырья;
- очистка и охлаждение печных газов.

Подготовка абсорбентов SO_2 . При получении растворов с кальциевым основанием подготовка абсорбентов SO_2 состоит из следующих операций:

- создание запаса известняка;
- измельчение или обжиг известняка;
- приготовление суспензии молотого известняка (известкового молока);
- обеспечение холодной водой.

При получении растворов с магниевым основанием приготавливают суспензию гидроксида магния, при аммониевом основании создают запас концентрированной аммиачной воды и при натриевом основании приготавливают концентрированный раствор кальцинированной соды.

Получение сырого раствора. Получение сырого раствора заключается в поглощении газообразного SO_2 водой в присутствии абсорбента.

Получение варочного раствора. Варочный раствор получают смешением сырого раствора с SO_2 и содувочной жидкостью, отбираемых из варочного котла в процессе варки.

4.3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СУЛЬФИТНЫХ ВАРОЧНЫХ РАСТВОРОВ

Для приготовления варочных растворов, используемых в производстве сульфитной целлюлозы, применяют:

- серное сырье: серу и жидкий SO_2 ;
- основания: известь, известняк, оксид магния, аммиак, кальцинированную соду, брусит (природный гидроксид магния).

4.3.1. СЕРА

Серу элементарную (природная и газовая ГОСТ 127–76). Стандарт распространяется на элементарную серу природную и газовую, получаемую:

- в результате переработки серных руд;
- при плавке медных колчеданов;
- при мокрой очистке газов от сероводорода с последующей выплавкой серы.

Природную и газовую серу в зависимости от содержания в ней основного вещества и примесей делят на четыре сорта и выпускают в виде молотой и комовой. Молотую серу по гранулометрическому составу делят на два класса (А и Б). Элементарная сера в пересчете на сухое вещество в соответствии с ГОСТ 127–76 (СТ СЭВ 1417–78) должна соответствовать показателям, представленным в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Требования к сере технической

Показатели	Природная сера					Газовая сера		
	сорт 9995	сорт 9990	сорт 9950	сорт 9920	сорт 9998	сорт 9995	сорт 9990	сорт 9900
Массовая доля серы, %, не менее	99,95	99,90	99,50	99,20	99,98	99,95	99,90	99,90
Массовая доля золы, %, не более	0,03	0,05	0,20	0,40	0,02	0,03	0,05	0,40
Массовая доля кислот в пересчете на серную кислоту, %, не более	0,002	0,004	0,01	0,02	0,0015	0,003	0,004	0,02
Массовая доля органических веществ, %, не более	0,03	0,06	0,25	0,5	0,01	0,03	0,06	0,50
Массовая доля мышьяка, %, не более	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,05
Массовая доля воды, %, не более	0,1	0,2	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2

Примечания. 1. Природная сера, предназначенная для целлюлозно-бумажной промышленности, не должна содержать селена.

2. В газовой сере, поставляемой для целлюлозно-бумажной промышленности, содержание селена допускается не более 0,05%.

Свойства элементарной серы. Атомная масса серы 32,066; атомный объем 15,5; температура кипения 444,6 °С; критическая температура 1040 °С.

Серу существует в нескольких молекулярных видоизменениях. Ниже 95,6 °С устойчива обыкновенная желтая сера, кристаллизующаяся в ромбической системе. Выше 95,6 °С (до температуры плавления) устойчивой является форма, кристаллизующаяся в моноклинной системе (табл. 4.4) [1].

В присутствии селена температура кипения серы повышается.

Таблица 4.4

Свойства ромбической и моноклинной серы

Показатели	Величина показателей	
	ромбическая сера	моноклинная сера
Температура плавления, °С	112,8	119,0
Плотность γ , г/см ³ (при 20 °С)	2,07	1,96
Коэффициент расширения, град ⁻¹	$5,995 \cdot 10^{-5}$	$6,995 \cdot 10^{-5}$
Твердость по шкале Мооса	1...2	2

Окончание табл. 4.4

Показатели	Величина показателей	
	ромбическая сера	моноклинная сера
Теплота плавления, кДж/кг	62,3	43,5
Теплоемкость, кДж/кг град	$(0,112 + 0,00027 \cdot t) \cdot 4,18$ (t от 0 до 95,6 °С)	$(0,111 + 0,00022 \cdot t) \cdot 4,18$ (t от 0 до 110 °С)

Теплота перехода ромбической серы в моноклинную равна 113 кДж/кг (при 95,6 °С), теплота испарения 1470 кДж/кг.

При плавлении сера переходит в желтую легкоподвижную жидкость (вязкость 0,01...0,007 Па · с).

Начиная со 155 °С жидкая сера буреет, вязкость ее увеличивается и при 191 °С достигает максимальной величины – 33,300 Па · с (цвет ее становится темно-коричневым). При дальнейшем повышении температуры вязкость уменьшается и при 400 °С расплавленная сера, оставаясь темно-коричневой, опять становится легко подвижной (вязкость 0,140 Па · с). При 444,6 °С сера переходит в газообразное состояние.

При 1700 °С газообразная сера состоит из одноатомных молекул, а в интервале 800...1400 °С, главным образом, из двухатомных молекул S₂, при более низких температурах двухатомные молекулы переходят в молекулы S₆ и S₈. В газообразной сере предполагается существование также молекул S₄.

В связи с изменением числа атомов в молекуле газообразной серы происходит изменение цвета паров: от оранжево-желтого (150...200 °С) до красного (200...600 °С) и затем до соломенно-желтого (600 °С и выше).

Теплота испарения серы составляет 1515 кДж/кг. Температура воспламенения в воздухе 363 °С, в кислороде – 282 °С.

Состав газообразной серы и давление пара над твердой и жидкой серой при разных температурах показаны в табл. 4.5 и 4.6.

Таблица 4.5

Состав газообразной серы и парциальные давления отдельных ее модификаций

Температура, °С	Объемное содержание, %			Давление, мм рт. ст.		
	S ₂	S ₆	S ₈	S ₂	S ₆	S ₈
444,6	3,8	54,6	41,6	28,9	415,0	316,2
500	13,0	54,5	32,5	98,8	414,2	247,0
550	30,5	49,0	20,5	231,8	372,4	155,8
700	79,4	18,1	2,5	600,4	137,6	19,0
750	93,0	6,7	0,3	706,8	52,4	2,3
800	97,0	2,9	0,1	737,2	22,0	0,8

Коэффициент пересчета в единицы СИ: мм рт. ст. · 0,133 = кПа.

Таблица 4.6

Давление паров серы

Температура, °С	Давление, мм рт. ст.	Температура, °С	Давление, мм рт. ст.	Температура, °С	Давление, мм рт. ст.	Температура, °С	Давление, мм рт. ст.
50	0,00035	160	0,39	240	8,0	370	216
80	0,0025	170	0,59	250	12,2	400	380
100	0,0085	180	0,95	270	21,3	410	443
130	0,076	190	1,4	300	47,5	430	593
135	0,10	200	2,2	330	103	444,6	760
140	0,12	210	3,05	360	166		

Коэффициент пересчета в единицы СИ: мм рт. ст. · 0,133 = кПа.

4.3.2. ЖИДКИЙ СЕРНИСТЫЙ АНГИДРИД SO₂

Жидкий SO₂ представляет собой сжиженный 100%-ный сернистый ангидрид [1]. Температура кипения при атмосферном давлении –10,09 °С, температура кристаллизации –72,7 °С. Удельная электропроводность при 0 °С равна 0,6 · 10⁻⁷ ом⁻¹ см⁻¹, т. е. близка к электропроводности воды.

Жидкий SO_2 хорошо растворяет цимол и многие другие органические вещества. Основные свойства жидкого SO_2 приведены в табл. 4.7, 4.8, 4.9, 4.10.

Таблица 4.7

Давление P_{SO_2} паров жидкого SO_2

Температура, °С	Р кПа	Температура, °С	Р кПа	Температура, °С	Р кПа	Температура, °С	Р кПа
-70	2,65	-25	49,72	20	322,8	65	1222
-65	4,00	-20	63,72	25	382,0	70	1387
-60	5,70	-15	80,91	30	449,8	75	1568
-55	8,24	-10	101,4	35	526,0	80	1768
-50	11,56	-5	125,4	40	612,5	85	1987
-45	15,94	0	152,9	45	709,0	90	2227
-40	21,63	5	186,2	50	817,5	95	2488
-35	28,93	10	225,6	55	838,5	100	2771
-30	38,12	15	270,6	60	1073	110	3409

Таблица 4.8

Плотность и удельный объем жидкого SO_2

Температура, °С	Плотность, кг/м ³	Удельный объем, дм ³ /кг	Температура, °С	Плотность, кг/м ³	Удельный объем, дм ³ /кг
+50	1295,7	0,772	-5	1447,6	0,691
+45	1311,2	0,763	-10	1460,1	0,685
+40	1326,4	0,754	-15	1472,4	0,679
+35	1341,2	0,746	-20	1484,6	0,674
+30	1355,6	0,738	-25	1496,8	0,668
+25	1369,5	0,730	-30	1509,0	0,663
+20	1383,1	0,723	-35	1521,1	0,658
+15	1396,4	0,716	-40	1533,1	0,652
+10	1409,5	0,710	-45	1545,2	0,647
+5	1422,3	0,703	-50	1557,2	0,643
0	1435,0	0,697			

Таблица 4.9

Теплоемкость c , теплота испарения q и теплопроводность λ жидкого SO_2

Температура, °С	c кДж/(кг · град)	q кДж/кг	λ Вт/(м · град)	Температура, °С	c кДж/(кг · град)	q кДж/кг	λ Вт/(м · град)
-35	1304	439,2	0,233	+25	1381	343,5	0,195
-30	1306	431,6	0,230	+30	1398	335,1	0,192
-25	1307	424,0	0,227	+35	1415	326,6	0,189
-20	1308	416,3	0,224	+40	1432	318,0	0,186
-15	1313	408,5	0,220	+50	1474	300,7	0,180
-10	1315	400,6	0,217	+60	1520	283,0	0,173
-5	1323	392,7	0,211	+70	1570	265,1	0,167
0	1327	384,7	0,208	+80	1627	246,9	0,161
+5	1336	376,6	0,206	+90	1689	228,4	
+10	1344	368,4	0,205	+100	1758	209,6	
+15	1348	360,2	0,201	+120	1914		
+20	1369	351,9	0,198	+150	2186		

Таблица 4.10

Динамическая вязкость η и кинематическая вязкость ν жидкого SO_2

Температура, °С	$\eta \cdot 10^4$, Па·с	$\nu \cdot 10^7$, м ² /с	Температура, °С	$\eta \cdot 10^4$, Па·с	$\nu \cdot 10^7$, м ² /с
-50	5,88	3,74	-5	4,21	2,91
-40	5,49	3,58	0	4,05	2,82
-30	5,11	3,39	+5	3,89	2,75
-25	4,93	3,30	+10	3,74	2,66
-20	4,75	3,20	+15	3,59	2,54
-15	4,57	3,12	+20	3,45	2,49
-10	4,38	2,98	+25	3,31	2,42

4.3.3. ИЗВЕСТНЯК

Известняк – осадочная горная порода, состоящая преимущественно из минерала кальцита. Химический состав кальцита $CaCO_3$ (CaO – 56% и CO_2 – 44%).

Чистые известняки имеют белый или светло-серый цвет: примеси органических веществ окрашивают известняки в черный и темно-серый цвета, а оксиды железа – в желтый, коричневый и красный.

Качество известняка оказывает очень большое влияние на состав и чистоту получаемой сульфитной кислоты. Для загрузки кислотных башен известняк используется в виде кусков неправильной округлой формы со средним диаметром от 25 до 40 см. Для приготовления суспензии в воде известняк используется в молотом виде.

4.3.4. ОКСИД МАГНИЯ

Оксид магния – твердое белое обычно порошкообразное вещество плотностью 3,65...3,9 г/см³. Температура плавления 2800 ± 13 °С.

Оксид магния, полученный из магнезита $MgCO_3$ путем обжига при температуре 800...900 °С, легко взаимодействует с кислотами с образованием магниевых солей: при действии воды дает гидроксид $Mg(OH)_2$ – слабую щелочь, малорастворимую в воде (около 0,3 г в 1 л). Сильно прокаленный (при 1600...1700 °С) оксид магния устойчив к действию кислот и воды.

Магнезит каустический – условное название технического продукта, состоящего в основном из оксида магния MgO и обладающего щелочными свойствами. Магнезит каустический получается путем обжига природного магнезита $MgCO_3$ при температуре 750...800 °С и последующего помола.

По плотности каустического магнезита можно судить о пережоге (выше 3,4 г/см³), недожоге или порче продукта при хранении (ниже 3,1 г/см³). Теоретический состав магнезита: 47,82% MgO и 52,18% CO_2 .

В результате обжига магнезита при температурах 1550...1700 °С получается металлургический порошок, являющийся основным продуктом переработки магнезита. Для производства сульфитных варочных растворов этот порошок не пригоден.

Отходом в производстве металлургического порошка и примесей является магнезитовая пыль, состоящая в основном из каустического магнезита и примесей — необоженного магнезита, магнезита, обожженного при температурах выше 1000 °С, а также золы топлива.

Химический и фракционный состав различных марок каустического магнезита (порошок магнезитовый каустический), получаемого на ОАО «Комбинат "Магнезит"» (г. Сатка, Челябинской области) – единственным в России крупном поставщике, приведен в табл. 4.11.

Таблица 4.11

Химический и фракционный состав каустического магнезита, выпускаемого ОАО «Комбинат "Магнезит"»

Показатели	Норма для марок					
	ПМК-90	ПМК-87	ПМК-83	ПМК-75	ПММК-80	ПММК-75
Массовая доля (на абсолютно сухое вещество), %:						
– MgO , не менее	90	87	83	75	80	75
– CaO , не более	2,2	1,8	2,5	4,5	2,5	3,0
– SiO_2 , не более	2,0	1,8	2,5	3,5	2,0	2,5
– $Fe_2O_3 + Al_2O_3$, не более	2,2	2,2	–	–	2,8	3,5

Окончание табл. 4.11

Показатели	Норма для марок					
	ПМК-90	ПМК-87	ПМК-83	ПМК-75	ПММ _к -80	ПММ _к -75
Массовая доля влаги, %, не более	1	1	1,3	1,5	–	–
Плотность, г/см ³ , в пределах	3,1...3,4	3,1...3,4	3,1...3,4	3,1... 3,4	–	–
Зерновой состав, %:						
– проход через сетку № 2	–	–	–	100	–	–
– остаток на сетке № 02, не более	5	5	5	–	не допускается	
– проход через сетку № 009, не менее	75	75	75	–	85	2,85

4.3.5 БРУСИТ

Брусит – природный материал, содержащий в основном гидроксид магния с примесями соединений кальция, железа, алюминия, кремния. Твердость по шкале Мооса 2,0...2,5. Плотность – 2,73 г/см³ [2].

Большие месторождения брусита открыты на Дальнем Востоке. Реально разрабатывается Кульдурское месторождение (Хабаровский край). Брусит хорошо взаимодействует с водным раствором и поэтому может использоваться для приготовления варочных растворов без предварительной переработки аналогично известняку [3].

Данные по составу брусита Кульдурского месторождения марки БРКЦ представлены в табл. 4.12 и табл. 4.13.

Таблица 4.12

Брусит Кульдурского месторождения для целлюлозно-бумажной промышленности БРКЦ, согласно ТУ 14–203–92–90

Показатели	Норма
Массовая доля, %, не менее	60
Размер кусков по максимальному измерению:	
– менее 150 мм, %, не более	15
– 150...500 мм, %, не менее	85
– более 500 мм	не допускается

Для целлюлозно-бумажной промышленности может отпускаться брусит марки БРК-3 в соответствии с ТУ 14–8–393–82 (с учетом изменений № 2).

Таблица 4.13

Брусит Кульдурского месторождения для производства плавящего периклаза, согласно ТУ 14–8–393–82 с учетом изменения № 2

Показатели	Норма для марки		
	БРК-1	БРК-2	БРК-3
Массовая доля, %			
MgO, не менее	64	64	62
CaO, не более	1,5	2,5	3,0
SiO ₂ , не более	1,5	2,0	3,0
Fe ₂ O ₃ , не более	0,15	0,2	0,35
Размер кусков, мм, не более	100	100	100
Проход через сито № 5, %, не более	10	10	10

Марки БРК-1, БРК-2 используются для электротехнических периклазовых порошков и огнеупоров; БРК-3 – в других отраслях.

4.3.6. АММИАЧНАЯ ВОДА

В соответствии с ГОСТ–9–92 аммиак водный должен соответствовать техническим условиям, приведенным в табл. 4.14.

Таблица 4.14

Технические условия на аммиак водный технический

Показатели	Норма для марок		
	А(ОКП 21 3325 0200)		В(ОКП 21 81330200)
	высший сорт	1-й сорт	
Внешний вид	прозрачная бесцветная жидкость	прозрачная жидкость. Допускается незначительная опалесценция	прозрачная жидкость. Допускается желтоватый оттенок
Массовая доля аммиака, %, не менее	25	25	25
в пересчете на азот, %, не менее	не нормируется	не нормируется	20,5
Массовая концентрация нелетучего остатка, г/дм ³ , не более	0,07	0,2	не нормируется
Массовая концентрация диоксида углерода (CO ₂), г/дм ³ , не более	не нормируется	не нормируется	8

Плотность и концентрации растворов NH₃ приведены в табл. 4.15.

Таблица 4.15

Плотность и концентрации растворов NH₃

Плотность при 15 °С, кг/м ³	Концентрация водного раствора NH ₃ в вес. %	Нормальность раствора
880	35,0	18,0
900	28,3	15,0
910	25,0	13,4
920	21,8	11,8
940	15,6	8,6
960	9,9	5,6
980	4,8	2,8

4.3.7. СОДА КАЛЬЦИНИРОВАННАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ

Кальцинированная сода – углекислый натрий Na₂CO₃ представляет собой мелкокристаллический порошок белого цвета. Молекулярная масса – 106,00. Сода кальцинированная в соответствии с ГОСТ 5100–85 должна удовлетворять следующим требованиям (табл. 4.16).

Таблица 4.16

Требования к соде кальцинированной технической

Показатели	Норма для марки и сорта					
	марка А ОКП 21 3111 0200			марка Б ОКП 21 3111 0100		
	высший сорт ОКП 21 3111 0220	первый сорт ОКП 21 3111 0230	второй сорт ОКП 21 3111 0240	высший сорт ОКП 21 3111 0120	первый сорт ОКП 21 3111 0130	второй сорт ОКП 21 3111 0140
Внешний вид	гранулы белого цвета			порошок белого цвета		
Массовая доля углекислого натрия (Na_2CO_3), % не менее	99,4	99,0	98,5	99,4	99,0	99,0
Массовая доля углекислого натрия (Na_2CO_3) в пересчете на непрокаленный продукт, %, не менее	98,7	98,2	97,0	98,9	98,2	97,5
Массовая доля потери при прокаливании (при 270... 300 °С), %, не менее	0,7	0,8	1,5	0,5	0,8	1,5
Массовая доля хлоридов в пересчете на NaCl, %, не более	0,2	0,5	0,8	0,4	0,5	0,8
Массовая доля железа в пересчете на Fe_2O_3 , %, не более	0,003	0,005	0,008	0,003	0,003	0,008
Массовая доля веществ, не растворимых в воде, %, не более	0,04	0,04	0,08	0,03	0,04	0,08
Массовая доля сульфатов в пересчете на Na_2SO_4 , %, не более	0,04	0,05	не нормируется	0,04	0,05	не нормируется

4 3 8. СОДО-ПОТАШНАЯ СМЕСЬ

Содо-поташная смесь является отходом производства глинозема из нефелина.

Состав содо-поташной смеси следующий (в %):

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3$ не менее 92,0

в том числе K_2CO_3 2,5...9,5

K_2SO_4 не более 8,0

Fe_2O_3 не более 0,02

Нерастворимых веществ не более 0,3

Влаги не более 0,3

4 3.9. НАТР ЕДКИЙ

В соответствии с ГОСТ 2263–79 едкий натр должен соответствовать следующим требованиям (табл. 4.17).

Таблица 4.17

Технические условия на натр едкий технический

Показатели	Норма для марки						
	ТР ОКП 2132210400	ТД ОКП 2132120200	РР ОКП 2132110100	РХ		РД	
				Первый сорт ОКП 2132210530	Второй сорт ОКП 2132210540	Высший сорт ОКП 2132120320	Первый сорт ОКП 2132120330
Внешний вид	чешуи- ванная мас- са белого цвета, до- пускается слабая ок- раска	плавлен- ная мас- са бе- лого цвета, допускает- ся слабая окраска	бесцветная прозрачная жидкость	бесцветная или окрашенная жидкость, допускается кристаллизованный осадок			
Массовая доля гидроксида на- трия, %, не ме- нее	98,5	94,0	42,0	45,5	43,0	46,0	44,0
Массовая доля углекислого натрия, %, не более	0,8	1,0	0,5	1,0	2,0	0,6	0,8
Массовая доля хлористого на- трия, %, не бо- лее	0,05	3,5	0,05	1,0	1,5	3,0	3,8
Массовая доля железа в пере- счете на Fe_2O_3 , %, не более	0,004	0,03	0,0015	0,008	0,2	0,007	0,02
Массовая доля сульфата нат- рия, %, не более	0,03	0,4	0,03	не нормируется			

Примечания. 1. Нормы примесей в табл. 4.17 даны в пересчете на 100%-й продукт.

2. В твердом продукте, применяемом в производстве металлического натрия, массовая доля кремниевой кислоты должна быть не более 0,1%, калия – не более 0,1% суммы кальция и магния в пересчете на Са – не более 0,03%.

3. По согласованию с потребителем допускается для продукта марки ТД, упакованного в барабаны, наличие поверхностного слоя толщиной 2...3 мм бурого цвета с массовой долей железа не более 0,3%.

4.4. ПОЛУЧЕНИЕ СЕРНИСТОГО ГАЗА

4 4 1. СВОЙСТВА SO₂

Чистый сернистый ангидрид SO₂ (молекулярная масса 64,07) представляет собой бесцветный газ с острым резким запахом.

Основные свойства SO₂:

Масса 1 л при 0 °С и 760 мм рт. ст. (101,32 кПа), г.....	2,9259
Объем 1 кг при 0 °С и 760 мм рт. ст., м ³	0,9259
Объем 1 кг-моля при 0 °С и 760 мм рт. ст., м ³	22,414
Плотность по воздуху, г/л.....	2,2639
Температура кипения при 101,32 кПа, °С.....	10
Точка плавления, °С.....	72,7
Коэффициент расширения в пределах от 0 до 100 °С	0,00398

SO₂ хорошо адсорбируется углем, древесиной и другими пористыми телами. При атмосферном давлении 1 г древесного угля адсорбирует 50–100 см³ SO₂, 1 г сухой еловой щепы – 30...40 см³ SO₂.

Теплота растворения 1 кг-моль газообразного SO₂ в воде (при 15...20 °С) 32,2 кДж, жидкого SO₂ – 6,3 кДж, теплота конденсации 1 кг-моль SO₂ – 25,9 кДж.

Санитарные нормы. Порог восприятия запаха сернистого ангидрида 0,006 мг/л. Сернистый ангидрид при концентрации в воздухе 0,05 мг/л раздражает глаза и вызывает кашель, при концентрации 0,02...0,03 мг/л раздражает горло. Предельно допустимая концентрация сернистого ангидрида в воздухе рабочей зоны в соответствии с требованиями санитарных норм (Н 101–54) не должен превышать 0,01 мг/л. Предельно допустимая концентрация серного ангидрида в воздухе рабочей зоны 0,001 мг/л.

Предельно допустимые концентрации ядовитых газов в воздухе рабочей зоны (при промывке электрофильтров, скрубберов и т. п.) следующие (в мг/л):

– селенистый ангидрид	0,0001
– мышьяковистый ангидрид.....	0,0003
– сероводород.....	0,01
– предельно допустимое содержание огарковой и колчеданной пыли ...	2 мг/м ³ .

4 4 2 ПЛАВЛЕНИЕ СЕРЫ

На большинстве сульфитно-целлюлозных заводов в качестве серосодержащего сырья при получении SO₂ используется расплавленная сера.

Плавление серы осуществляется глухим паром в плавильниках. При плавлении сера переходит в желтую легко подвижную жидкость вязкостью $1 \cdot 10^2 \dots 0,78 \cdot 10^2$ Па · с (10 ...7, 8 спз). Температура плавления ромбической серы составляет 112,8 °С, моноклинной – 119,0 °С. Практически, плавление серы производится при температуре 125...135 °С. Объем расплавленной серы примерно на 15% больше объема твердой серы.

Перед подачей на сжигание расплавленная сера должна очищаться от минеральных примесей путем отстаивания в отстойниках или путем очистки на сетчатых фильтрах. Для плавления наиболее предпочтительны плавильники вертикальные и бункерные.

Вертикальный плавильник состоит из двух вертикальных стальных труб, вставленных одна в другую с кольцевым зазором между ними 27 мм. Снизу к плавильной камере присоединен небольшой цилиндрический резервуар для приема расплавленной серы, который снабжен устройством для подъема и опускания при его чистке от шлама.

Сера загружается в плавильник с помощью элеватора или ленточного транспортера. Пар подается в кольцевой зазор плавильника и рубашку отстойника. Давление пара 5...6,5 кгс/см² (~ 0,5.. 0,6 МПа), температура 150 °С. Расход пара составляет около 0,1 т на 1 т серы.

Производительность плавильника при внутреннем диаметре 508 мм и высоте 3200 мм составляет около 25 т серы в сутки. Для большей производительности плавильники такого типа изготавливают в виде нескольких груб, заключенных в общий паровой кожух.

Для обеспечения подачи на сжигание отстоявшейся серы и удлинения срока между чистками отстойника предусмотрена возможность забора серы с 3-х зон по высоте. Первоначально забор производится из нижней зоны, а по мере увеличения высоты уровня шлама в отстойнике переходят на забор серы из средней зоны, а затем и из верхней.

Чистка отстойника от шлама производится периодически по мере его накопления. Шлам выпускается самотеком в передвижные вагонетки через грязевик нижнего конуса отстойника, оборудованного обогреваемой задвижкой с дистанционным управлением.

Для возможности чистки отстойников и проведения необходимых ремонтных работ без остановки кислотного цеха необходимо предусматривать один резервный поток по плавлению и отстою серы.

Достоинство плавильника – большая производительность и легкость удаления шлама. Из его недостатков следует отметить – недостаточную очистку серы от механических примесей из-за малого объема резервуара расплавленной серы и необходимость частой чистки приемного резервуара от шлама.

Бункер-плавильник представляет собой металлический короб в виде усеченной пирамиды. Внутри бункера по всем его стенкам расположены паровые элементы в виде батарей труб. Снаружи также предусмотрен его обогрев с помощью паровых труб.

В верхней части бункера установлена решетка из полосовой стали, ограничивающая поступление в бункер крупных кусков серы. Под решеткой расположены паровые трубы, обеспечивающие плавление крупных кусков до размеров меньших отверстий решетки.

Загрузка серы в бункер производится грейферным краном, или с помощью транспортера. При загрузке грейферным краном бункер-плавильник закрывается передвижной крышкой, оборудованной лебедкой с электродвигателем, при загрузке транспортером – стационарной крышкой.

Производительность бункера-плавильника при объеме 8 м^3 составляет до 70 т/сут расплавленной серы, а при объеме 16 м^3 – до 100 т/сут.

Нижняя горловина бункера при помощи фланцев крепится к штуцеру отстойника для отделения шлама. Отстойник представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат с конусным днищем для облегчения удаления шлама. Емкость стандартного отстойника 25 м^3 . Наружная поверхность обогревается с помощью паровых элементов.

Фильтр для очистки расплавленной серы от механических примесей представляет собой горизонтальный дисковый фильтр.

Основной частью фильтра является горизонтально расположенный котел, в котором фильтрация происходит через перфорированные диски, обтянутые сеткой из нержавеющей проволоки. Диски насажены на полый вал. При вращении вала с дисками осадок снимается неподвижными ножами.

Передвижение котла (при открывании) по направляющим и удерживание его в рабочем положении осуществляется электромеханическим зажимом. Осадок из котла выгружается скребком, установленным на конце вала с дисками.

Фильтр имеет следующие технические характеристики:

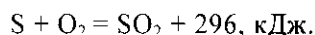
Поверхность фильтрации	6 (5,74)
Производительность (проектная), т/сут	100
Наибольшее давление воздуха в котле, кг/см^2	2
Давление воздуха при отдувке осадка с дисков, кг/см^2	0,5
Давление пара в паровой рубашке, кг/см^2	6
Температура расплавленной серы в котле, $^{\circ}\text{C}$	145...150
Рабочая емкость котла фильтра, л	910
Число фильтрующих дисков	9
Диаметр диска, мм	680
Расстояние между дисками, мм	130
Электродвигатель для зажима:	
– мощность, кВт	2,8
– скорость, об/мин	1420
Электродвигатель для вала с дисками:	
– мощность, кВт	0,6
– частота вращения, мин^{-1}	1410
– частота вращения вала с фильтровальными дисками, мин^{-1}	8,65
Габаритные размеры в мм:	
– длина	8190
– ширина	2150
– высота	2340
Масса фильтра, кг	7120
Масса фильтра в работе, кг	8750

Для перекачивания расплавленной серы применяется вертикальный погруженный насос 2ВХС-1,5, производство Щелковского завода, который имеет следующие технические характеристики:

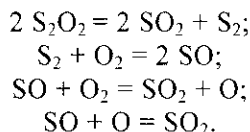
Производительность, м ³ /ч.....	4...8
Напор, м.....	40...36
Частота вращения, мин ⁻¹	2900
Мощность электродвигателя, кВт.....	7
КПД насоса,%.....	20...31
Высота всасывания, м.....	1,5
Диаметр напорного патрубка, мм.....	28
Диаметр рабочего колеса, мм.....	180
Масса насоса, кг.....	300
Масса насосного агрегата, кг.....	404
Размеры в плане, мм.....	715×610
Высота, мм.....	1820
Высота погруженной части, мм.....	676

4.4.3. СЖИГАНИЕ СЕРЫ И СОСТАВ ГАЗОВОЙ СМЕСИ

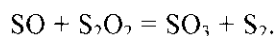
Реакцию горения серы за счет кислорода воздуха можно представить уравнением



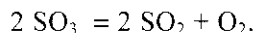
С помощью спектрального анализа установлено, что процесс окисления серы в диоксид представляет собой цепную реакцию и происходит с образованием ряда промежуточных продуктов: монооксида серы S_2O_2 , молекулярной серы S_2 , свободных атомов серы S и свободных радикалов монооксида серы SO . Первичным продуктом соединения серы с кислородом является монооксид S_2O_2 . Дальнейший ход процесса можно представить следующим образом:



Параллельно может происходить образование серного ангидрида:



При высокой температуре в зоне горения (выше 900 °С) SO_3 диссоциирует на диоксид серы и кислород:



Из суммарной реакции горения серы следует, что на 1 кг сгорающей серы требуется 1 кг кислорода и образуется 2 кг SO_2 . Из 1 л кислорода получается 1 л диоксида серы. На 1 кг серы выделяется тепла

$$\frac{296 \cdot 1000}{32,06} = 9300, \text{ кДж.} \quad (4.1)$$

Так как воздух по объему состоит приблизительно из 21% кислорода и 79% азота и при горении серы из одного объема кислорода получается один объем SO_2 , то максимальное теоретически возможное содержание SO_2 в газовой смеси составляет 21%. На практике горение происходит с некоторым избытком воздуха и объемное содержание SO_2 в газовой смеси всегда меньше теоретически возможного, составляя в печах новейших конструкций – 18...19%. В этом случае газовая смесь будет по-прежнему содержать 79% азота, в то время как остальные 21% распределятся между SO_2 и неизрасходованным при горении кислородом. Избыток воздуха α по отношению к теоретически необходимому количеству можно вычислить из выражения

$$\alpha = \frac{21}{a}, \quad (4.2)$$

где a – процент SO_2 в газе.

Для вращающихся печей избыток воздуха составляет от 1,25 до 1,5, для стационарных – от 1,1 до 1,3. Объем газовой смеси, образующейся при сжигании 1 кг серы: из 1 кг серы получается 2 кг SO_2 , занимающих объем $0,7 \text{ м}^3$ (1 кг SO_2 занимает объем около $0,35 \text{ м}^3$). Тогда объем всей газовой смеси

$$V = \frac{0,70}{a} \cdot 100 = \frac{70}{a}, \text{ м}^3, \quad (4.3)$$

где a – объемное содержание SO_2 в смеси, %.

Например, при крепости газа 18% SO_2 объем газовой смеси (при нормальных условиях), полученной при сгорании 1 кг серы, будет равен $70 : 18 = 3,9 \text{ м}^3$. Таким же будет при данной крепости газа и объем воздуха, необходимого для сжигания 1 кг серы. Состав газовой смеси в этом примере будет равен 18% SO_2 , 3% O_2 и 79% N_2 или в абсолютных единицах:

$$3,9 \cdot 0,18 = 0,70 \text{ м}^3 \text{ SO}_2, \quad 3,9 \cdot 0,03 = 0,12 \text{ м}^3 \text{ O}_2, \quad 3,9 \cdot 0,79 = 3,08 \text{ м}^3 \text{ N}_2.$$

Полученные объемы легко перевести в массовые единицы, зная, что масса $1 \text{ м}^3 \text{ SO}_2$ составляет 2,85 кг, $1 \text{ м}^3 \text{ O}_2$ – 1,43 кг, $1 \text{ м}^3 \text{ N}_2$ – 1,257 кг. Тогда для данного примера массовый состав газовой смеси будет:

$$0,70 \cdot 2,85 = 2,00 \text{ кг, или } 33,1\%, \text{ SO}_2; \quad 0,12 \cdot 1,43 = 0,17 \text{ кг, или } 2,8\%, \text{ O}_2; \quad 3,08 \cdot 1,257 = 3,87 \text{ кг, или } 64,1\%, \text{ N}_2.$$

Итого 6,04 кг, или 100%.

Для сжигания 1 кг серы при данных условиях потребуется $3,9 \cdot 1,293 = 5,04 \text{ кг}$ воздуха (1 м^3 воздуха при нормальных условиях весит 1,293 кг).

Состав и объемы обжиговых газов приведены в табл. 4.18, 4.19, 4.20.

Таблица 4.18

Состав обжиговых газов

Обжигаемое сырье	Реакция горения	Отношение числа молекул O_2 к числу молекул образующегося SO_2	Содержание O_2 в воздухе (газовой смеси) в объемных %	Содержание O_2 в обжиговом газе в %	Теоретическое содержание SO_2 в обжиговом газе C_{SO_2} в %
Серa в воздухе	$\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$	1,0	21	$21 - C_{\text{SO}_2}$	21
Серa в 50% кислороде	$\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$	1,0	50	$50 - C_{\text{SO}_2}$	50

Таблица 4.19

Объем воздуха, необходимый для горения

Обжигаемое сырье	Реакция горения	Отношение числа молекул O_2 к числу молекул образующегося SO_2	Объем воздуха в м^3 (при 0°C и 760 мм рт. ст.)	
			на 1 т сырья	на 1 т SO_2
Серa	$\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$	1,0	$\frac{700C_s}{C_{\text{SO}_2}}$	$\frac{12930}{C_{\text{SO}_2}}$

Примечание. C_{SO_2} – содержание SO_2 в обжиговом газе в объемных %,

C_s – содержание выгорающей серы в сырье в %.

Таблица 4.20

Объем обжигового газа, образующегося при сжигании 1 кг серы, в зависимости от концентрации и температуры

Содержание SO ₂ в газе, %	Объем обжигового газа в м ³ при температуре газа в °С																
	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
5	14,00	16,60	19,20	21,70	24,30	26,80	29,40	32,00	34,50	37,10	39,60	42,20	44,80	47,30	49,90	52,40	55,00
10	7,00	8,30	9,60	10,85	12,15	13,40	14,70	16,00	17,25	18,55	19,80	21,10	22,40	23,65	24,95	26,20	27,50
11	6,40	7,55	8,70	9,85	11,05	12,20	13,35	14,50	15,70	16,85	18,00	19,20	20,35	21,50	22,70	23,85	25,00
12	5,85	6,90	8,00	9,05	10,10	11,20	12,25	13,35	14,40	15,50	16,55	17,60	18,70	19,75	20,80	21,90	22,95
13	5,40	6,40	7,35	8,35	9,35	10,35	11,30	12,30	13,30	14,25	15,25	16,20	17,20	18,20	19,20	20,20	21,20
14	5,00	5,95	6,85	7,80	8,70	9,60	10,50	11,40	12,35	13,25	14,20	15,10	16,00	16,90	17,85	18,75	19,65
15	4,70	5,55	6,40	7,25	8,10	8,95	9,80	10,70	11,55	12,40	13,25	14,10	14,95	15,80	16,65	17,50	18,35
16	4,40	5,20	6,00	6,80	7,60	8,40	9,20	10,00	10,80	11,65	12,40	13,20	14,00	14,80	15,60	16,40	17,20
17	4,15	4,90	5,65	6,40	7,15	7,90	8,70	9,45	10,20	10,95	11,70	12,45	13,20	13,95	14,70	15,45	16,20
18	3,90	4,50	5,20	5,90	6,65	7,35	8,05	8,70	9,40	10,10	10,80	11,50	12,20	12,90	13,60	14,30	15,00
19	3,70	4,30	4,95	5,60	6,30	6,95	7,60	8,30	8,95	9,60	10,30	10,95	11,60	12,30	12,95	13,60	14,30
20	3,50	4,05	4,70	5,30	5,95	6,60	7,20	7,85	8,45	9,10	9,75	10,35	11,00	11,65	12,25	12,90	13,50

Содержание кислорода в обжиговом газе может быть вычислено по формуле

$$C_{O_2} = n + \left[\frac{n \cdot (n-1)}{100} - m \right] \cdot C_{SO_2}, \quad (4.4)$$

где C_{O_2} – содержание O_2 в обжиговом газе в объемных %;

C_{SO_2} – содержание SO_2 в обжиговом газе в объемных %;

m – отношение числа молекул кислорода, вступающих в реакцию, к числу молекул образующегося SO_2 ;

n – содержание кислорода в воздухе (или иной газовой смеси), поддерживающем горение, в объемных%.

При наличии в обжиговом газе SO_3

$$C_{O_2} = n - \left[m - \frac{n(n-1)}{100} \right] \cdot C_{SO_2} - \left[m' - \frac{n(m'-1)}{100} \right] \cdot C_{SO_3}, \quad (4.5)$$

где m' – отношение числа молекул кислорода, вступающего в реакцию ($SO_2 + \frac{1}{2} O_2 = SO_3$), к числу молекул SO_3 , получающихся по реакции горения с образованием трехоксида серы;

C_{SO_3} – содержание SO_3 в обжиговом газе в объемных %.

Расчет объема воздуха, необходимого для горения серного сырья приведен в табл. 4.19.

Коэффициент избытка воздуха α , т. е. отношение количества фактически затраченного воздуха к теоретически потребному, составляет

$$\alpha = \frac{15,27}{C_{SO_2}} + \frac{n(m-1)}{100}, \quad (4.6)$$

где n – содержание кислорода в воздухе (газовой смеси) в объемных %;

m – отношение числа молекул кислорода, вступающих в реакцию, к числу молекул образующегося SO_2 ;

C_{SO_2} – содержание SO_2 в обжиговом газе в объемных %.

Образование и разложение SO_3 при обжиге серного сырья. Наибольшее количество SO_3 образуется при сжигании серы при температурах 450...500 °С. При этом количество образующегося SO_3 возрастает с понижением концентрации SO_2 в газе.

Особенно энергично образование SO_3 происходит в присутствии контактных веществ (катализаторов).

По степени активности катализаторы располагаются в следующем порядке: платинированный асбест, оксид ванадия, оксид хрома, оксид железа и др.

При температурах выше 1000 °С SO_3 почти полностью диссоциирует на SO_2 и O_2 ($2 SO_3 = 2 SO_2 + O_2$), поэтому при обжиге серы в этой зоне температур SO_3 в печных газах практически отсутствует.

Получение печных газов с минимальным содержанием SO_3 обеспечивается путем обжига серного сырья при возможно меньшем избытке воздуха и при температурах свыше 1000 °С.

Содержание SO_3 в газах снижается также при впрыскивании воды в зону горения. При охлаждении печного газа до +45 °С серный ангидрид сжижается. При температуре +16,8 °С он превращается в твердое вещество.

В табл. 4.21 и 4.22 приведены средние объемная и массовая теплоемкости газов и паров при постоянном давлении и температурах от 0 до 2000 °С.

Таблица 4.21

Средняя объемная теплоемкость газов и паров
при постоянном давлении и температурах от 0 до 2000 °С в кДж/м³ · град

Температура, °С	SO ₂ , CO ₂	H ₂ O (пар)	O ₂ , N ₂ , CO (воздух)	Температура, °С	SO ₂ , CO ₂	H ₂ O (пар)	O ₂ , N ₂ , CO (воздух)
0	1,662	1,491	1,310	1000	2,139	1,712	1,390
100	1,717	1,503	1,315	1100	2,165	1,738	1,398

Окончание табл. 4.21

Температура, °С	SO ₂ , CO ₂	H ₂ O (пар)	O ₂ , N ₂ , CO (воздух)	Температура, °С	SO ₂ , CO ₂	H ₂ O (пар)	O ₂ , N ₂ , CO (воздух)
200	1,784	1,516	1,323	1200	2,181	1,767	1,407
300	1,851	1,537	1,331	1300	2,202	1,750	1,415
400	1,909	1,558	1,340	1400	2,219	1,834	1,424
500	1,955	1,583	1,348	1500	2,244	1,838	1,432
600	1,997	1,608	1,357	1600	2,265	1,863	1,440
700	2,039	1,633	1,365	1700	2,286	1,884	1,449
800	2,081	1,658	1,373	1800	2,303	1,905	1,457
900	2,114	1,687	1,382	1900	2,320	1,926	1,465
				2000	2,328	1,943	1,470

Таблица 4.22

Средняя массовая теплоемкость газов и паров
при постоянном давлении и температурах от 0 до 2000 °С в кДж/кг · град

Температура, °С	SO ₂	CO ₂	H ₂ O	O ₂	N ₂ , CO	Воздух
0	0,582	0,821	1,855	0,917	1,043	1,009
100	0,607	0,871	1,867	0,925	1,051	1,013
200	0,624	0,913	1,888	0,938	1,055	1,022
300	0,649	0,950	1,913	0,950	1,063	1,030
400	0,666	0,984	1,939	0,967	1,068	1,034
500	0,687	1,013	1,968	0,980	1,076	1,043
600	0,700	1,043	1,989	0,992	1,084	1,047
700	0,712	1,059	2,001	1,005	1,089	1,055
800	0,728	1,089	2,064	1,017	1,097	1,060
900	0,741	1,109	2,098	1,026	1,105	1,068
1000	0,749	1,126	2,131	1,034	1,110	1,072
1100	0,758	1,143	2,165	1,043	1,118	1,080
1200	0,762	1,160	2,194	1,051	1,126	1,089
1300	0,770	1,172	2,227	1,059	1,130	1,093
1400	0,779	1,185	2,257	1,063	1,139	1,101
1500	0,787	1,197	2,286	1,072	1,147	1,105
1600	0,791	1,206	2,315	1,076	1,151	1,114
1700	0,800	1,218	2,345	1,084	1,160	1,118
1800	0,808	1,227	2,370	1,089	1,168	1,126
1900	0,816	1,235	2,395	1,093	1,172	1,126
2000	0,825	1,243	2,420	1,101	1,181	1,139

4.4 4. ПЕЧИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ СЕРЫ

Известны два основных типа печей для сжигания серы: вращающиеся и стационарные.

Вращающиеся печи ввиду наличия более совершенных и более производительных серных печей в настоящее время не устанавливаются.

Стационарные печи изготавливаются из углеродистой стали толщиной 8 мм в виде горизонтального цилиндра с обмуровкой внутренней поверхности огнеупорным кирпичом толщиной в 1,5 кирпича. Между корпусом и обмуровкой прокладывают листовую асбест толщиной 5...6 мм.

Через переднюю торцевую стенку вводится сера и воздух, через заднюю – отводятся печные газы. Сера подается в печь в жидком виде через форсунку. Распыление серы при поступлении ее в печь самотеком производится сжатым воздухом или паром под давлением 0,2...0,25 МПа, при подаче серы насосом – механическим путем.

В стационарной печи на расстоянии 0,5 м от передней стенки следует делать кирпичную перегородку с круглым отверстием напротив форсунки. Для лучшего перемешивания серы с воздухом во второй половине печи обычно делают еще две или три перегородки, выложенные шамотным кирпичом.

Характеристика стационарных печей приведена в табл. 4.23.

Таблица 4.23

Характеристика стационарных серных печей

Наружный диаметр, м	Длина, м	Производительность, т/сут	Наружный диаметр, м	Длина, м	Производительность, т/сут
1,2	3,0	2,4	2,0	5,5	16,8
1,2	3,2	4,8	2,4	6,0	19,2
1,4	3,2	7,2	2,5	6,5	21,6
1,5	4,0	9,6	2,8	7,5	24,0
2,0	4,5	12,0	3,7	9,8	50,0
2,0	4,8	14,4	4,2	12,6	60,0

Часовая производительность стационарных печей составляет 40...50 кг серы на 1 м³ объема печи. Температура печного газа 1200...1300 °С. Благодаря хорошему перемешиванию паров серы с воздухом концентрация SO₂ в печных газах стабильно удерживается на уровне 18...19%.

Производительность стационарной серной печи может быть определена по формуле:

$$Q = \frac{K V 24}{1000 q}, \text{ т/сут.} \quad (4.7)$$

где K – тепловое напряжение печи, равное 250...300 тыс. кДж/(м³ ч);

V – объем печи в м³;

q – тепловой эффект при сгорании 1 кг серы (для чистой серы равен 9300 кДж/кг).

Печи циклонного типа [4] являются улучшенной конструкцией печей стационарного типа и при значительно меньших габаритах по сравнению со стационарными, обеспечивают более высокую производительность (рис. 4.3).

Печь представляет собой горизонтальный сварной цилиндр, футерованный изнутри жаростойким кирпичом. Внутри печь имеет перегородку из кирпича, так называемый пережим, с круглым отверстием, диаметр которого равен 0,5...0,65 внутреннего диаметра печи. Пережим располагают на расстоянии от задней стенки равным 3...4 диаметрам отверстия в перегородке. Снаружи печь закрыта металлическим кожухом, создающим кольцевой зазор, который используется для нагрева дутьевого воздуха за счет тепла, выделяемого корпусом печи.

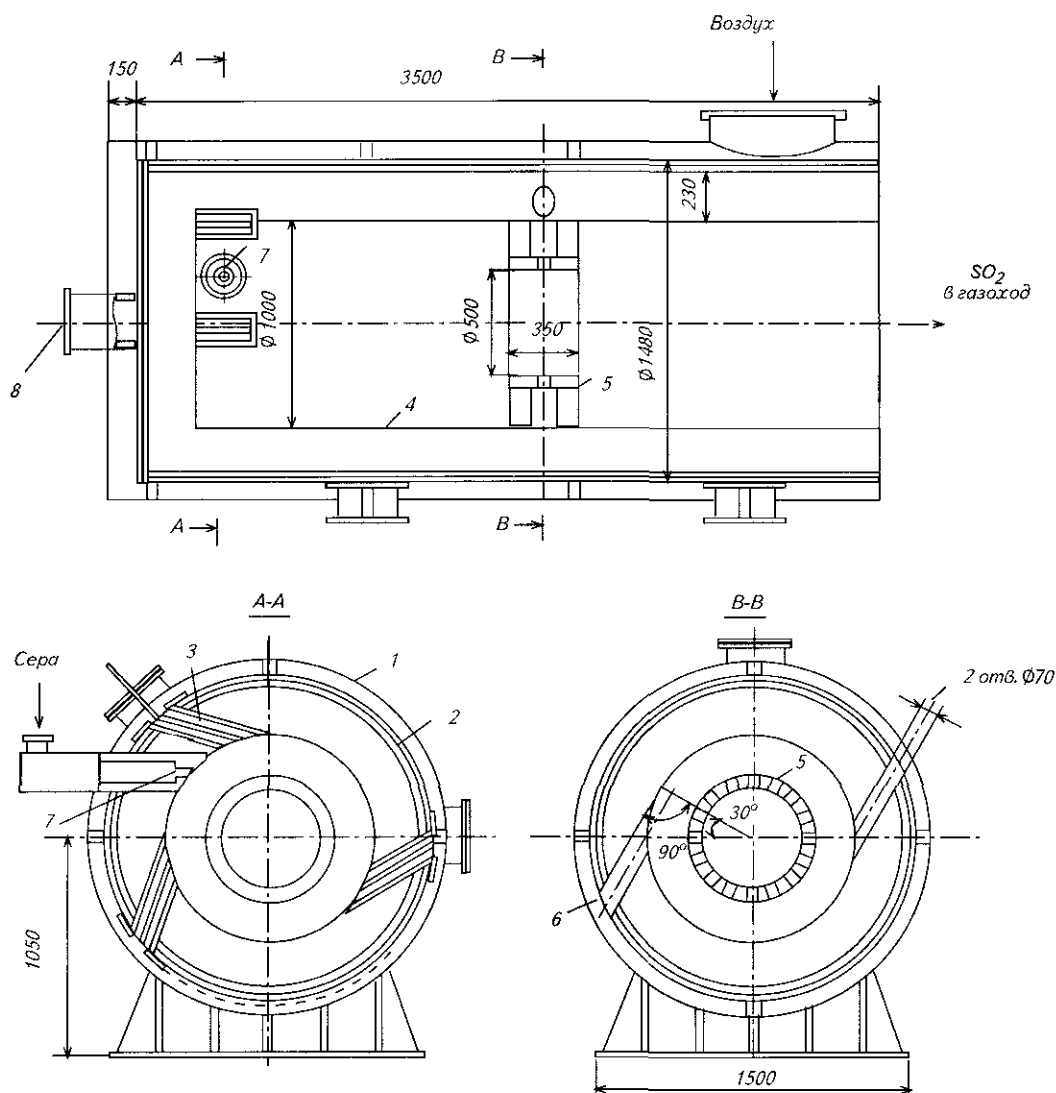


Рис. 4.3. Циклонная печь для сжигания серы:

1 – кожух печи; 2 – корпус печи; 3 – тангенциальные каналы для первичного воздуха; 4 – футеровка; 5 – кольцевая перегородка; 6 – каналы для вторичного воздуха; 7 – форсунка для расплавленной серы; 8 – смотровое отверстие

Расплавленная сера с помощью насоса вбрызгивается через тангенциально расположенную форсунку в печь. Давление серы перед форсункой должно быть 0,3...0,4 МПа. Сюда же через прорези печи по окружности подается первичный воздух из-под кожуха печи. Угол между осью форсунки и отверстиями подачи воздуха составляет 15°. Давление подаваемого воздуха 90...150 мм вод. ст. (0,9...1,5 кПа).

При тангенциальной подаче серы и воздуха достигается хорошее их перемешивание и интенсивное горение серы. Несгоревшие пары серы догорают во второй части печи – за зоной пережима.

Вторичный воздух в количестве 10% от общего его расхода подается через отверстия в перегородке (пережиме). Избыток воздуха обычно составляет 1,15. Концентрация SO₂ в газе 16...18%. Температура газа до пережима 1350...1400 °С, на выходе из печи – 1200...1250 °С. Теплонапряжение печи 7300 кДж/(м³ ч). Перед пуском печь разжигают мазутом в течение примерно 4-х часов.

Производительность печей данного типа достигает 150 т/сут. Печь производительностью 50 т/сут имеет внутренний диаметр 1 м и длину 3,25 м; а при производительности 100 т/сут соответственно 1,4 и 4,5 м.

Сечение печи рассчитывается по формуле

$$F = \frac{B \cdot Q}{q}, \text{ м}^2, \quad (4.8)$$

где B – производительность печи по сжигаемой сере в кг/ч;
 Q – теплотворная способность чистой серы (равная 9264 кДж/кг);
 q – теплонапряжение печи, кДж/м²·ч.

Внутренний диаметр печи (после футеровки) определяется по формуле

$$D = \sqrt{\frac{F \cdot 4}{\pi}}, \text{ м}. \quad (4.9)$$

Длина печи принимается в пределах 3,5...4,5 внутреннего диаметра.

Приведем пример часового материального и теплового баланса циклонной серной печи производительностью 45 т серы в сутки. На 1 кг серы расход воздуха составит 5,04 кг, количество азота в газах – 3,87 кг, кислорода – 0,17 кг, диоксида серы – 2 кг. (См. расчет в п. 4.4.3).

Содержание в воздухе водяных паров для упрощения не учитываем.

Материальный баланс печи на 1 час работы получим в следующем виде [2]:

Приход

Сера.....2000 кг/ч;
 Воздух.....5,04 · 2000 = 10 080 кг/ч;
 Итого:.....12 080 кг/ч.

Расход – газы:

SO₂.....2,0 · 2000 = 4000 кг/ч;
 N₂.....3,87 · 2000 = 7740 кг/ч;
 O₂.....0,17 · 2000 = 340 кг/ч.
 Итого:.....12 080 кг/ч.

Для составления теплового баланса примем следующие исходные данные:

Теплота сгорания серы 9300 кДж/кг;

Теплоемкости [кДж/кг · град]:

- жидкой серы – 0,335;
- воздуха – 1,0;
- сернистого газа – 0,8;
- азота – 1,13;
- кислорода – 1,09;

Температуры (°С):

- жидкой серы – 125;
- воздуха (без подогрева) – 20.

Площадь наружной поверхности кожуха печи – 20 м².

Приход тепла составит:

– с жидкой серой 0,335 · 2000 · 125 = 83 700 кДж/ч;
 – с сухим воздухом 1,0 · 10 080 · 20 = 201 600 кДж/ч;
 – тепло горения серы 9300 · 2000 = 18 600 000 кДж/ч.
 Итого18 885 300 кДж/ч.

Для ориентировочного подсчета потерь тепла за счет теплоотдачи примем, что они составляют около $20\,000$ кДж/ч с 1 м^2 наружной поверхности кожуха или всего $20\,000 \cdot 20 = 400\,000$ кДж/ч.

Тепло, уносимое из печи газами, определим по разности

$$18\,885\,300 - 400\,000 = 18\,485\,300 \text{ кДж/ч.}$$

Температура газовой смеси, уходящей из печи, должна составить

$$\frac{18\,485\,300}{0,8 \cdot 4000 + 1,13 \cdot 7740 + 1,09 \cdot 340} = 1490 \text{ }^\circ\text{C}$$

За счет теплоотдачи кожуха печи воздух можно подогреть примерно на $400\,000 \cdot (1,0 \cdot 10\,080) = 40$ °С.

Если тепло газов использовать для получения пара в котле-утилизаторе и принять, что котел имеет КПД примерно 0,75 и вырабатывает пар давлением 1,4 МПа (теплосодержание 2790 кДж/кг), а температура питательной воды равна 20 °С, то будет получено пара

$$\frac{18\,485\,300 \cdot 0,75}{2790 - 20 \cdot 4,18} = 5100 \text{ кг в час, или } \frac{5100}{2000} = 2,55 \text{ кг/кг серы.}$$

Потери тепла через стенки печи, как показывает опыт работы, не превышает 3%, и потому в расчет не принимаются. Более детальный и точный расчет приведен Ю. Г. Бутко и Ю. В. Пелевиным [4].

4.5. ОЧИСТКА И ОХЛАЖДЕНИЕ ПЕЧНЫХ ГАЗОВ

Для получения чистой сырой сульфитной кислоты печной газ должен быть полностью освобожден от пыли, серного ангидрида, селена и мышьяка и охлажден до 30–35 °С.

Охлаждают газ с целью лучшего поглощения из него SO_2 в установках для получения сырой кислоты, а также для обеспечения очистки газа от SO_3 , Se и As_2O_3 .

4 5.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЧНЫХ ГАЗОВ

Газовая смесь, получаемая в результате сжигания серы, выходит из печей с температурой от 1000 до 1200 °С и содержит ряд нежелательных примесей и загрязнений: серный ангидрид, сублимированную серу, оксиды мышьяка. Эти примеси способствуют саморазложению сульфитной кислоты и оказывают вредное влияние на процесс варки целлюлозы, поэтому они должны быть удалены из газов перед поглощением SO_2 в кислотных башнях или других абсорбционных аппаратах.

Серный ангидрид образуется в печи в процессе горения и на дальнейшем пути газа за счет перехода SO_2 в SO_3 при участии избыточного кислорода. Серный ангидрид, температура кипения которого около 45 °С и температура кристаллизации 16,8 °С, находится в газе в газообразном или капельно-жидком состоянии. Во влажной среде он, по-видимому, не полностью переходит в H_2SO_4 , присутствующую в газах в виде тончайшего тумана с размерами частиц 0,1...0,5 мкм и в виде мелких капель, адсорбированных на частицах пыли. Образование SO_3 увеличивает потери серы, усиливает коррозию аппаратуры.

Общее объемное содержание SO_3 в газовой смеси в большой степени зависит от условий работы и обычно колеблется в газах серных печей от 0,1 до 0,2%, при нарушениях режима содержание SO_3 может быть значительно выше.

Серная кислота в газах в результате сублимации, присутствуя в них вначале в виде паров, которые, охлаждаясь, в дальнейшем превращаются в так называемый серный цвет, состоящий из мельчайших частиц тонкодисперсной серы. Серный цвет осаждается на стенках аппаратуры и газопроводов и весьма быстро их забивает.

Мышьяк присутствует в газах преимущественно в виде мышьяковистого ангидрида (температура возгонки 218 °С). Присутствие его в газах нежелательно вследствие отравляющего действия на человека и усиления контактного действия огарковой пыли.

Для очистки и охлаждения газа после печей применяют или работающие последовательно полый и насадочный скруббера, или полый скруббер и барботажный газопромыватель.

4 5 2. СКРУББЕРЫ

В первой ступени мокрой очистки и охлаждения газов обычно ставят полые скрубберы. Температура газов, поступающих в эти аппараты, может достигать до 1200 °С, температура газов на выходе – 250... 300 °С.

Полый спрысковая промывалка, или полый скруббер, (рис. 4.4) представляет собой стальной цилиндр, футерованный шамотным кирпичом на кислотостойкой замазке по асбестовой прокладке. Газ поступает в скруббер через футерованный штуцер, расположенный в нижней части корпуса и, поднимаясь вверх, промывается и охлаждается водой, разбрызгиваемой форсунками. Для хорошего распыления воды ее следует подавать подогретой, так как при этом уменьшаются поверхностное натяжение и размер капель. Давление в форсунках должно быть не менее 0,6...0,7 МПа. Расход воды составляет 5...10 м³/ч на 1 м² площади сечения скруббера. Промывалки этого типа могут работать и по принципу прямотока.

Скорость газа в скруббере не должна превышать 1...1,5 м/с во избежание уноса водяных капель с газами. Гидравлическое сопротивление полых промывалок обычно не превышает 150...200 Па. В скруббере улавливается заметное количество SO_3 . Промывную воду для сокращения потерь серы большей частью используют повторно. При такой системе работы содержание SO_2 в промывной воде полых промывалок составляет 0,03...0,04%, SO_3 – до 0,2%, селена – 25...30 мг/л.

Полые скрубберы применяют, главным образом, для охлаждения, увлажнения и предварительной очистки горячих печных газов.

Промывка газа в полом скруббере производится путем смешения тонко распыленной воды с газом или пропускания газа через тонкий слой стекающей жидкости. Загрязненная вода стекает из промывалки в отстойник, а из последнего керамическим или кислотостойким стальным центробежным насосом снова подается в спрыски.

Полые скрубберы, в которых происходит только снижение температуры газа за счет испарения воды, называют испарительными. В идеальном случае вся подаваемая в них вода испаряется. Практически, некоторый избыток воды всегда вытекает из скруббера.

Полые скрубберы, в которых осуществляется также и очистка газа от пыли, орошаются большим количеством воды.

Объем полого испарительного скруббера определяется по формуле

$$V = \frac{Q}{K_{об} \cdot \Delta t_{cp}}, \quad \text{м}^3, \quad (4.10)$$

где Q – общее количество тепла, затрачиваемое на испарение воды, кДж/ч;

$K_{об}$ – объемный коэффициент теплопередачи, кДж/($\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$);

Δt_{cp} – средняя разность температур на входе и выходе газа, °С.
Надежные данные для расчета коэффициента теплопередачи в испарительном скруббере не могут быть рекомендованы. Поэтому пользуются данными, полученными при работе скрубберов в аналогичных условиях.

При охлаждении газа за счет полного испарения воды от температуры 1100...1200 до 300...350 °С объемный коэффициент теплопередачи принимается равным 630...1260 кДж/($\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$).

Средняя разность температур Δt_{cp} рассчитывается как средняя логарифмическая

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_1 - t_2}{2,3 \lg \frac{t_1 - t_k}{t_2 - t_k}}, \quad (4.11)$$

где t_1 – начальная температура газа;

t_2 – конечная температура газа;

t_k – температура испарения воды, принимаемая равной температуре мокрого термометра.

Техническая характеристика полого скруббера I ступени:

Производительность, т серы в сутки	30
Начальная температура газа, °С	1300
Конечная температура газа, °С	300
Диаметр корпуса, мм	2500
Высота корпуса, мм	10 200
Толщина футеровки (1 кирпич по асбестовой прокладке), мм	258
Диаметр входного патрубка для газа (в свету), мм	1300
Диаметр выходного патрубка для газа (в свету), мм	1000
Расстояние от оси входного патрубка до дна скруббера, мм	1300
Расстояние от оси выходного патрубка до дна скруббера, мм	8600
Спрыски	2 ряда по 3 шт.
Рабочий объем скруббера, м^3	23

Во избежание конденсации серной кислоты на внутренней поверхности стального кожуха скруббер покрыт тепловой изоляцией, обеспечивающей температуру не ниже 200 °С.

В табл. 4.24 приведены расчетные количества воды, потребные для охлаждения в испарительном скруббере 1000 м^3 горячего газа до 90 °С при условии испарения 50% воды, при начальной температуре воды 20 °С, конечной температуре вытекающей неиспарившейся воды 50 °С и начальном влагосодержании воздуха 100 г/ м^3 .

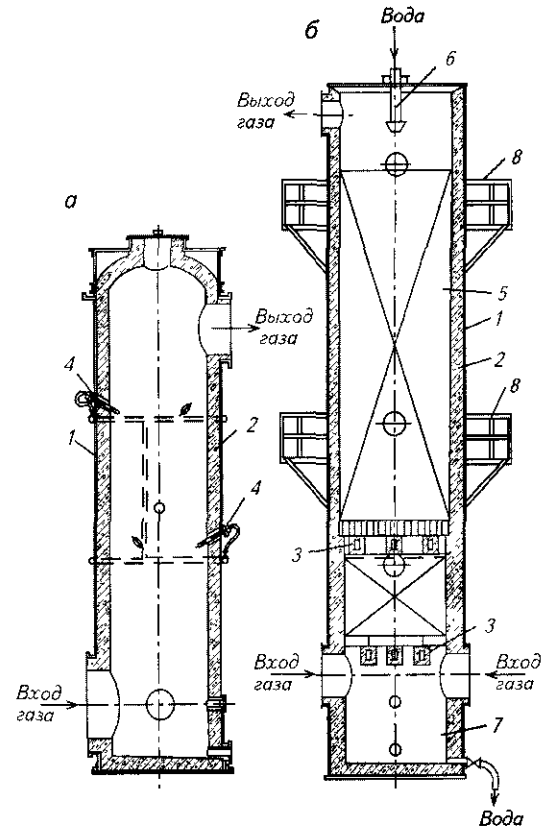


Рис. 4.4. Скрубберы:

- а – скруббер I ступени; б – скрубберы II ступени;
- 1 – корпус; 2 – футеровка из шамотного кирпича;
- 3 – колосниковая решетка; 4 – форсунки;
- 5 – насадка из керамических колец; 6 – перфорированная поворотная насадка; 7 – сборник промывных вод; 8 – площадки для обслуживания

Расчетный расход воды при охлаждении газов, получаемых в серной печи, от 1200 до 350 °С составляет 100 л/ч на 1 т сжигаемой серы в сутки.

Таблица 4.24

Расход воды в полых скрубберах

Начальная температура газа, °С	Расход воды на 1000 м ³ газа, л	Начальная температура газа, °С	Расход воды на 1000 м ³ газа, л
200	122	600	570
300	232	700	685
400	345	800	800
500	468	900	918
		1000	1037

Производительность форсунки может быть определена по формуле

$$Q = kdp^m, \text{ кг/ч,} \quad (4.12)$$

где d – диаметр отверстия в мм;
 p – давление воды в ати;
 k и m – коэффициенты.

Значение коэффициентов m и k зависит от свойств жидкости. Для воды ($m = 0,5$; $k = 12$) формула приобретает следующий вид:

$$Q = 12dp^{0,5}. \quad (4.13)$$

Чем выше напор воды и чем меньше диаметр отверстия форсунки, тем лучше распыляется вода.

В форсунки следует подавать подогретую воду, так как при этом уменьшается поверхностное натяжение воды и диаметр капель. Подачу воды в форсунки нельзя регулировать вентилями на водопроводной линии, так как при этом уменьшается давление у форсунок и ухудшается распыление воды. Количество подаваемой воды, а следовательно, и температуру газов следует регулировать выключением отдельных форсунок.

Перед форсунками следует устанавливать фильтры для воды во избежание забивания отверстий. Каждую форсунку необходимо проверять не реже одного раза в сутки.

С увеличением напора воды и с уменьшением диаметра сопла форсунки размеры капель уменьшаются, т.е. увеличивается распыление воды (табл. 4.25). Поэтому воду в форсунки рекомендуется подавать под большим напором.

Таблица 4.25

Зависимость размера капель от напора воды и диаметра сопла форсунки

Диаметр капель, мкм	Давление воды, МПа									
	0,7					1,4				
	Диаметр сопла, мм ²									
	1,6		2,2		1,6		2,2		3,25	
	число капель	% по массе	число капель	% по массе	число капель	% по массе	число капель	% по массе	число капель	% по массе
10	800	57,7	100	28,2	1700	63,2	300	47,6	100	38,6
25	280	20,0	60	22,9	580	21,6	150	23,8	50	19,3
50	180	13,0	41	15,6	260	9,7	100	15,9	45	17,4
50	–	9,3	–	33,3	–	5,5	–	12,7	–	24,7

Объем, влагосодержание и теплосодержание насыщенного водяными парами газа при различных температурах, отнесенные к 1 м³ газа при нормальных условиях (0 °С, 760 мм рт. ст.), приведены в табл. 4.26.

Теплоемкость 1 м³ сухого газа в этой таблице принята равной 1,34 кДж/(кг · град), что соответствует газу с содержанием 12% SO₂.

Скрубберы с насадкой. Насадочные скрубберы (рис. 4.4б) служат для охлаждения газа от 350 до 35 °С после полого скруббера; насадка применяется обычно из керамических колец.

Характеристика насадок из керамических колец приведена в табл. 4.27, характеристика хордовых насадок в табл. 4.28.

Гидравлические сопротивления насадок в зависимости от скорости газа и плотности орошения представлены на рис. 4.5; 4.6; 4.7; 4.8.

Скрубберы с насадкой справляются с довольно значительной перегрузкой по газу против проектной – если увеличить количество подаваемого газа, то, увеличив количество охлаждающей воды, можно достигнуть той же температуры охлажденного газа, что и без перегрузки. Предел перегрузки ограничивается возрастающим сопротивлением скруббера и началом затопления насадки. Указанное свойство скрубберов с насадкой объясняется тем, что коэффициенты теплопередачи растут с увеличением скорости газа в скруббере, и поэтому при увеличении объема проходящего газа поверхность насадки продолжает оставаться достаточной.

Таблица 4.26

Объем, влаго- и теплосодержание влажного газа при нормальном давлении

Температура, °С	Давление насыщенного водяного пара		Влагосодержание газа при насыще- нии, г/м ³ сухого газа	Теплосодержание влажного газа, кДж/м ³ сухого газа	Рабочий объем влажного газа, м ³ /м ³ сухого газа
	кПа	мм вод.ст			
0	0,6080	62	4,99	12,27	1,006
10	1,226	125	9,86	39,65	1,049
20	2,334	238	19,10	75,11	1,098
21	2,481	253	20,30	79,51	1,103
22	2,638	269	21,63	84,28	1,109
23	2,805	286	22,97	89,10	1,115
24	2,981	304	24,42	94,17	1,120
25	3,158	322	26,00	99,52	1,126
26	3,354	342	27,65	105,09	1,133
27	3,560	363	29,80	110,70	1,139
28	3,766	384	31,36	117,11	1,145
29	3,991	407	33,15	123,31	1,151
30	4,227	431	35,20	129,96	1,158
31	4,472	456	37,40	137,00	1,165
32	4,737	483	39,73	144,37	1,172
33	5,011	511	42,10	151,82	1,179
34	5,305	541	44,75	160,07	1,187
35	5,609	572	47,45	168,40	1,195
36	5,923	604	50,23	177,11	1,203
37	6,257	638	53,27	186,20	1,211
38	6,600	673	56,43	195,78	1,219
39	6,972	711	59,74	205,75	1,227
40	7,355	750	63,27	216,26	1,236

Продолжение табл. 4.26

Температура, °С	Давление насыщенного водяного пара		Влагосодержание газа при насыще- нии, г/м ³ сухого газа	Теплосодержание влажного газа, кДж/м ³ сухого газа	Рабочий объем влажного газа, м ³ /м ³ сухого газа
	кПа	мм вод ст			
41	7,757	791	67,02	226,94	1,246
42	8,179	834	70,95	238,87	1,256
43	8,610	878	75,13	251,22	1,265
44	9,071	925	79,60	264,16	1,275
45	9,552	974	84,10	277,26	1,286
46	10,06	1026	89,12	291,67	1,297
47	10,58	1079	94,27	306,49	1,309
48	11,13	1135	99,80	322,40	1,322
49	11,71	1194	105,70	339,15	1,333
50	12,31	1255	111,80	356,48	1,348
51	12,92	1318	118,40	375,24	1,361
52	13,58	1385	125,20	394,33	1,375
53	14,27	1455	132,50	414,85	1,390
54	14,97	1527	140,10	436,03	1,406
55	15,71	1602	148,40	459,27	1,423
56	16,48	1681	157,10	483,39	1,440
57	17,28	1762	166,40	509,31	1,458
58	18,12	1848	176,20	536,19	1,477
59	18,99	1936	186,50	564,74	1,497
60	19,89	2028	197,50	594,97	1,518
61	20,83	2124	209,30	627,30	1,540
62	21,81	2224	221,80	662,13	1,563
63	22,83	2328	235,20	698,64	1,588
64	23,88	2435	249,50	737,67	1,615
65	24,98	2547	264,90	780,04	1,644
66	26,12	2664	281,80	825,76	1,674
67	27,31	2785	298,60	872,57	1,705
68	28,54	2910	317,60	923,48	1,740
69	29,81	3040	337,60	978,00	1,776
70	31,14	3175	359,00	1036,3	1,814
71	32,51	3315	382,70	1100,4	1,856
72	33,93	3460	408,20	1169,2	1,901
73	35,41	3611	435,00	1242,1	1,948

Окончание табл. 4.26

Температура, °С	Давление насыщенного водяного пара		Влагосодержание газа при насыще- нии, г/нм ³ сухого газа	Теплосодержание влажного газа, кДж/нм ³ сухого газа	Рабочий объем влажного газа, м ³ /нм ³ сухого газа
	кПа	мм вод.ст			
74	36,95	3768	465,10	1323,4	2,001
75	38,53	3929	498,00	1412,3	2,058
76	40,18	4097	532,70	1506,1	2,118
77	41,86	4269	571,30	1610,1	2,186
78	43,63	4449	614,00	1725,7	2,259
79	45,45	4635	661,00	1851,8	2,340
80	47,35	4828	712,50	1990,1	2,429
81	49,30	5027	769,90	2145,2	2,527
82	51,32	5233	832,80	2314,3	2,634
83	53,40	5445	903,60	2509,5	2,758
84	55,56	5666	987,20	2770,2	2,898
85	57,80	5894	1079,00	2977,4	3,053
86	60,10	6129	1186,00	3263,4	3,243
87	62,48	6371	1308,00	2754,4	3,441
88	64,95	6623	1453,00	3984,2	3,684
89	67,48	6881	1623,00	4435,9	3,970
90	70,11	7149	1828,00	4944,0	4,317
91	72,81	7425	2079,00	5657,5	4,739
92	75,61	7710	2396,00	6508,3	5,270
93	78,49	8004	2801,00	7590,2	5,948
94	81,46	8307	3345,00	8880,6	5,860
95	84,53	8620	4106,00	11 088,9	8,132
96	87,69	8942	5253,00	14 164,6	10,050
97	90,95	9274	7173,00	19 306,3	13,270
98	94,31	9617	10 970,00	29 482,3	19,610
99	97,77	9970	22 450,00	60257,6	38,830
100	101,33	10 333	—	—	—

Таблица 4.27

Характеристика насадок из керамических колец

Размер колец, мм	Удельная поверхность, м ² /м ³	Масса 1 м ³ , кг	Число колец в 1 м ³ насадки
25 x 25 x 3	221	704	64 000
	165	525	
50 x 50 x 5	113,0	656	8000
	87,7	510	
80 x 80 x 8	75,0	652	2072
	57,5	500	
100 x 100 x 10	56,5	638	1000
	44,4	502	
120 x 120 x 12	36,3	624	538
	29,2	501	
150 x 150 x 15	23,8	623	281
	18,0	470	

Примечание. Удельная поверхность и масса насадки вычислены по нормам Щекинского завода; верхние цифры – при правильной укладке, нижние – при укладке навалом.

Таблица 4.28

Характеристика хордовых насадок

Толщина доски, мм	Зазор между досками, мм	Удельная поверхность, м ² /м ³	Свободное пространство, %	Длина ребер досок на 1 м ² горизонтального сечения скруббера, м	Масса 1 м ³ насадки, кг
10	10	100	50	100	275
10	15	80	60	80	220
10	20	67	67	67	183
10	25	57	72	57	157
10	30	50	75	50	138
10	40	40	80	40	110
13	13	77	50	77	275
13	20	61	61	61	216
13	25	53	66	53	188
13	30	47	70	47	166
13	40	38	76	38	135
13	50	32	80	32	113

Примечания. 1. Подсчеты произведены для укладки рядов насадки один на другой без просвета (все доски одной ширины).

2. Плотность древесины принята 550 кг/м³.

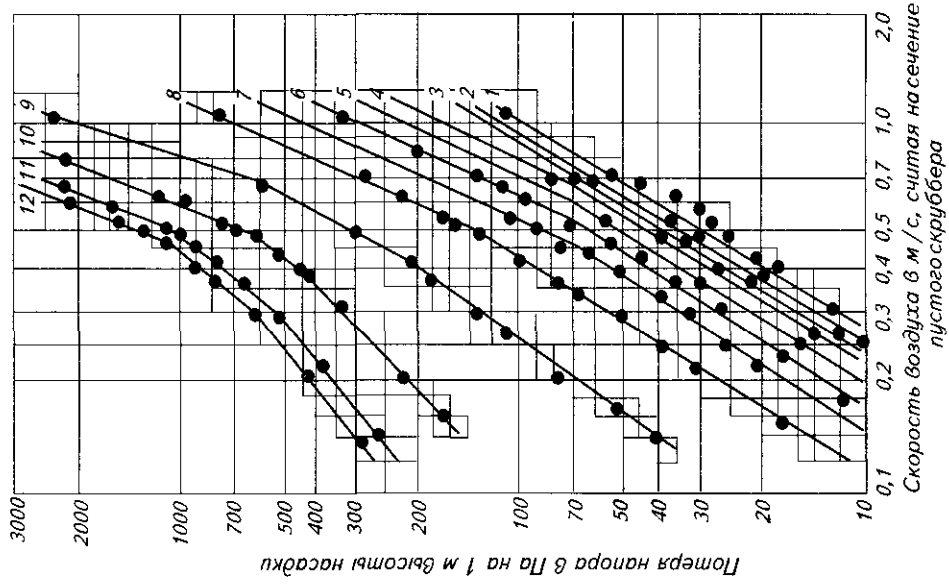


Рис. 4.6. Сопротивление насадки из керамических колец Рашига размером $50 \times 50 \times 5$ мм (навалом), как функция скорости воздуха и плотности орошения: 1 – при сухой насадке; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 – при плотности орошения соответственно 10, 15, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 230, 250 $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$

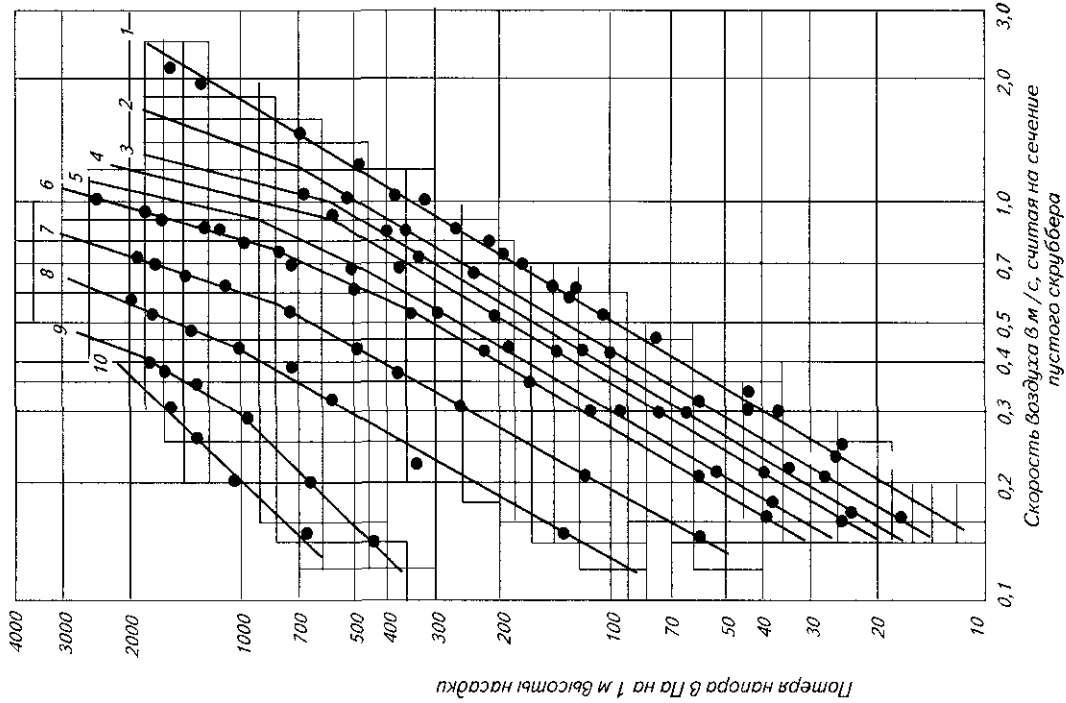


Рис. 4.5. Сопротивление насадки из керамических колец Рашига размером $25 \times 25 \times 5$ мм, как функция скорости воздуха и плотности орошения: 1 – при сухой насадке; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 – при плотности орошения соответственно 10, 15, 25, 35, 50, 75, 100, 125, 150 $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$

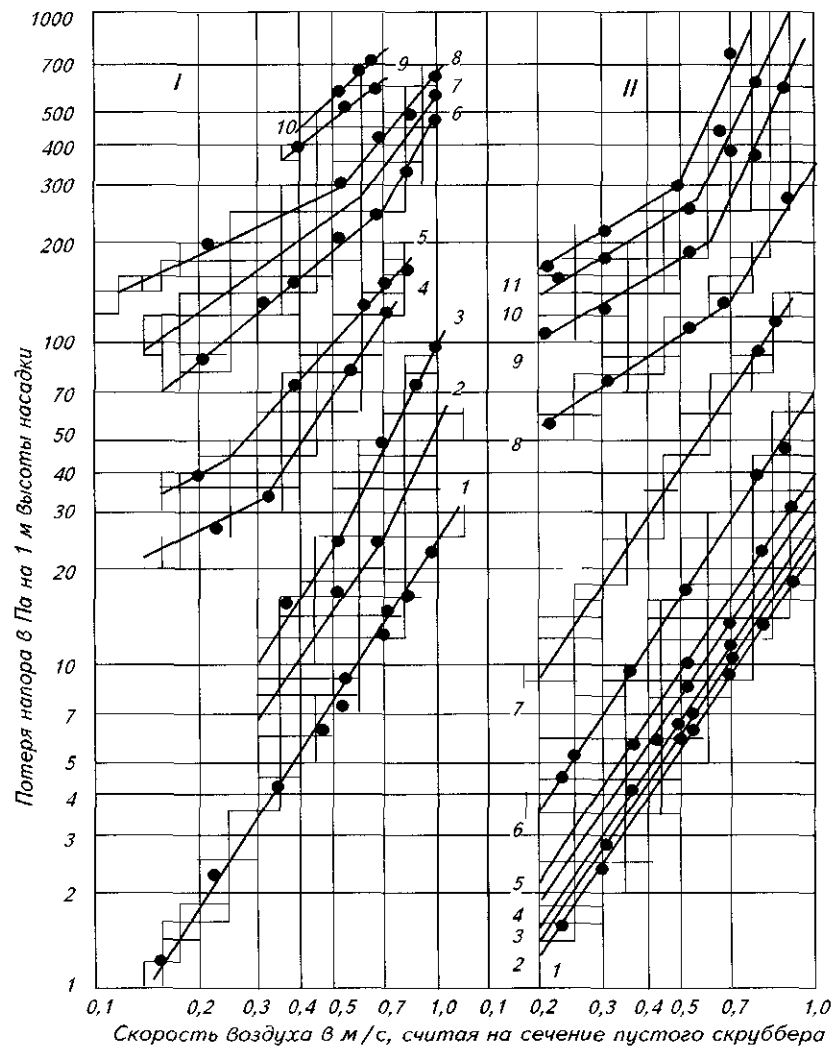


Рис. 4.7 Сопротивление хордовой насадки из досок 100×10 мм (зазор 10 мм) в зависимости от скорости воздуха:
 I – при укладке досок накрест: 1 – сухая насадка; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – при плотности орошения соответственно 25, 50, 100, 150, 200, 230, 250 $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$;
 II – при параллельной укладке:
 1 – сухая насадка; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 – при плотности орошения соответственно 5, 9, 15, 25, 50, 100, 150, 200, 230, 250 $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$

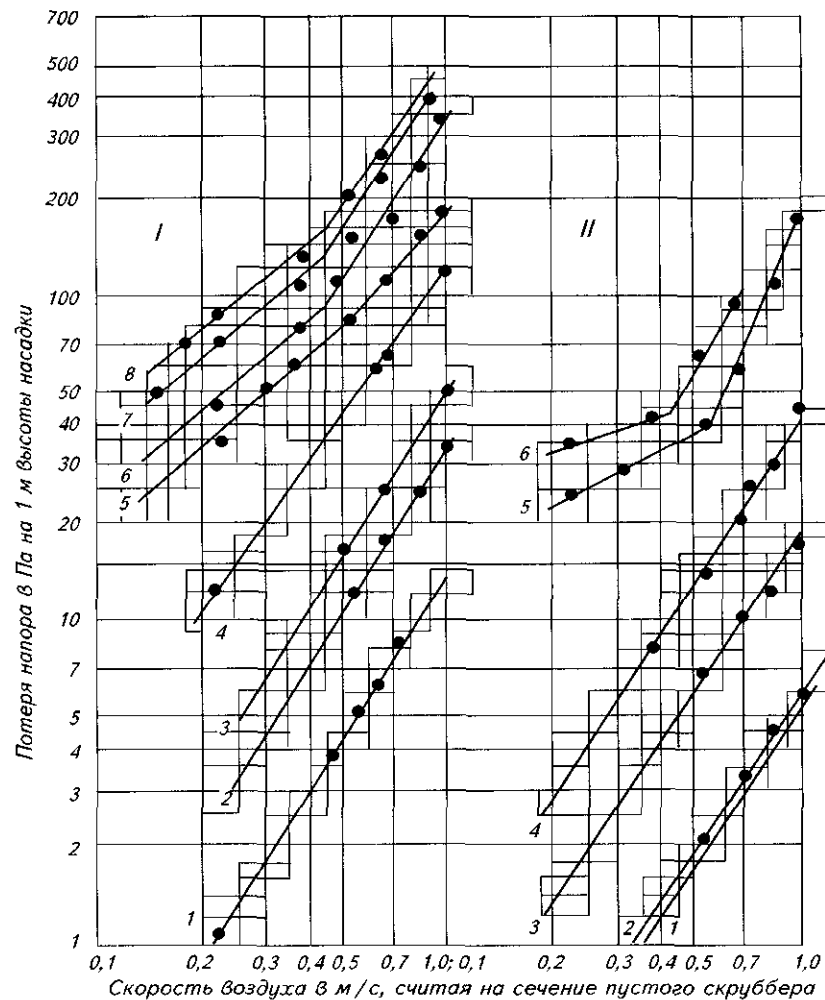


Рис. 4.8 Сопротивление хордовой насадки из досок 100×10 мм (зазор 20 мм) в зависимости от скорости воздуха.
 I – при укладке досок накрест: 1 – сухая насадка; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – при плотности орошения соответственно 25, 50, 100, 150, 200, 230, 250 $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$;
 II – при параллельной укладке досок: 1 – сухая насадка; 2, 3, 4, 5, 6 – при плотности орошения соответственно 50, 100, 150, 200, 250 $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$.

На рис. 4.9, 4.10, 4.11 приведена зависимость коэффициента теплопередачи от скорости газа и плотности орошения.

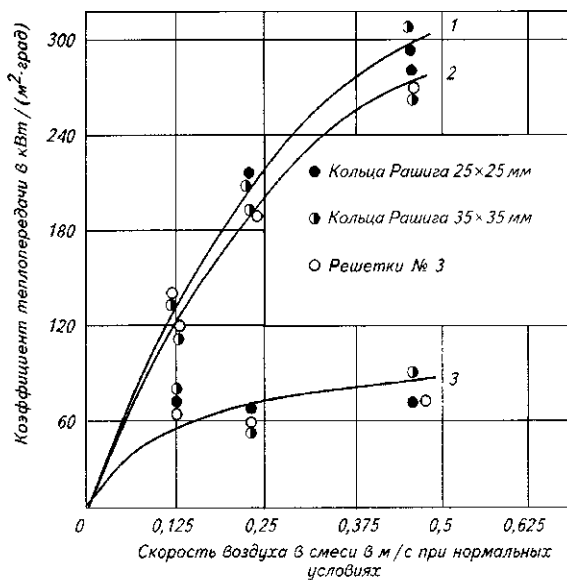


Рис. 4.9. Зависимость коэффициента теплопередачи от скорости воздуха при охлаждении паровоздушной смеси водой (водяной пар составляет 50% объема смеси):
1 – при плотности орошения $25 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$; 2 – $15 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$; 3 – $5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$

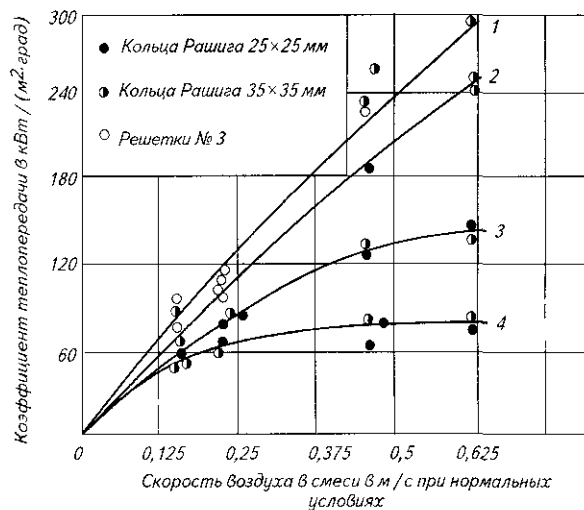


Рис. 4.10. Зависимость коэффициента теплопередачи от скорости воздуха при охлаждении паровоздушной смеси водой (водяной пар составляет 33% объема смеси):
1 – при плотности орошения $25 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$; 2 – $15 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$; 3 – $10 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$; 4 – $5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$

Указанные графики получены при охлаждении водой сухого воздуха и паровоздушных смесей с содержанием 50, 33 и 25 объемных процентов водяного пара (точки росы 82, 73 и 67 °С соответственно).

Начальная температура сухого воздуха при испытаниях 75...80 °С. паровоздушных смесей – 80...90 °С.

На оси абсцисс отложена не скорость газа при рабочих условиях, а скорость, рассчитанная на полное сечение пустого скруббера для сухого газа, приведенного к нормальным условиям.

В скрубберах, предназначенных для очистки сернистого газа, рекомендуется укладывать насадку в два яруса, чтобы в случае забивания нижних рядов насадки сублимированной серой иметь возможность быстро заменить насадку первого яруса, не разгружая скруббера целиком.

Сборник оборотных промывных вод следует включать в объем скруббера, поскольку отдельно стоящий сборник обычно является источником сильного газовыделения.

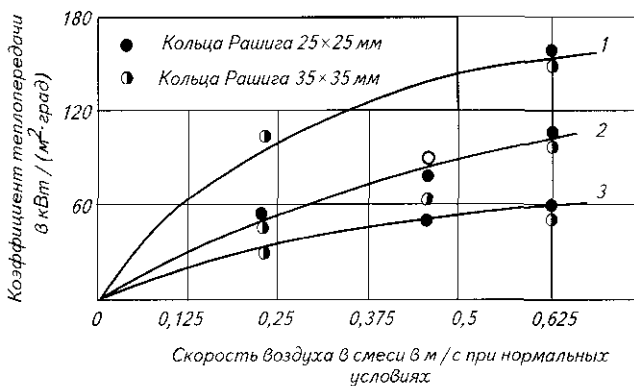


Рис. 4.11. Зависимость коэффициента теплопередачи от скорости воздуха при охлаждении паровоздушной смеси водой (водяной пар составляет 25% смеси):
1 – при плотности орошения $15 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$; 2 – $10 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$; 3 – $5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$

Техническая характеристика насадочного скруббера II ступени:

Производительность по сжигаемой сере, т/сут	30
Начальная температура газа, °С	300...350
Конечная температура газа, °С	35...40
Диаметр корпуса, мм	3000
Толщина футеровки, мм	250
Диаметр входного патрубка для газа, мм	1010
Диаметр выходного патрубка для газа, мм	700
Объем сборника оборотной воды, м ³	5
Число рядов колосников	2
Насадка:	
1 решетка – керамические кольца 120 × 120 мм	2 ряда
100 × 100 мм	15 рядов
120 × 120 мм	2 ряда
100 × 100 мм	2 ряда
80 × 80 мм	2 ряда
50 × 50 мм	138 рядов
Общая высота насадки, мм	9240
Объем насадки, м ³	40
Поверхность насадки, м ²	4100
Расход воды на охлаждение, м ³ /ч	90
Нагрев воды, °С	от 30 до 60
Масса, т	
стальных конструкций	14
футеровки	135
насадки	35

В табл. 4.29 приведены данные, характеризующие работу скрубберов в зависимости от температуры промывной воды.

Практически на 1 т серы, сжигаемой в сутки, при охлаждении газа от 350 до 35 °С требуется 1,2 м³ насадки из керамических колец 50 × 50 мм.

Подробный расчет полого и насадочного скрубберов для охлаждения газовой смеси приведен В. А. Бушмелевым [5].

Таблица 4.29

Содержание SO₂ и H₂SO₄ в промывной воде в зависимости от ее температуры

Температура промывной воды, °С	Содержание в промывной воде, %		Температура промывной воды, °С	Содержание в промывной воде, %	
	SO ₂	H ₂ SO ₄		SO ₂	H ₂ SO ₄
28	0,75	0,28	45	0,26	1,36
33	0,78	0,29	46	0,25	1,36
38	0,41	0,88	48	0,28	1,20
41	0,30	0,84	50	0,20	1,15
41	0,27	1,12	53	0,14	1,65
43	0,31	0,87	55	0,14	0,99
44	0,24	0,90	–	–	–

Плотность орошения скруббера с насадкой – 18...25 м³ воды на 1 м² сечения скруббера в час.

Количество орошающей воды – 2,7...3,0 м³/т серы, сжигаемой в сутки (при нагреве воды от 30 до 60 °С).

Поверхность спиральных теплообменников для охлаждения оборотных промывных вод от скруббера II ступени – 5,5 м²/т серы, сжигаемой в сутки.

4.5.3. БАРБОТАЖНЫЙ ГАЗПРОМЫВАТЕЛЬ

Для охлаждения газа от 200...300 до 35...40 °С и очистки от SO₃ применяют барботажный аппарат с двумя – тремя тарелками (рис. 4.12). Диаметр отверстий в тарелках 6 мм, шаг 12 мм, живое сечение тарелки – 19,7%. Корпус аппарата имеет в сечении форму прямоугольника размером 1570×680 мм, изготовлен из листовой стали и выложен внутри винипластом.

Барботажный газопромыватель (барботажная колонка), устанавливаемый для доохлаждения газа после полого скруббера, при мощности потока 10...12,5 т/сут сжигаемой серы в печах циклонного типа имеет следующую характеристику:

Диаметр корпуса, мм.....	900
Высота, мм.....	4020
Число тарелок, шт.....	3
Диаметр отверстий, мм.....	6
Расстояние между отверстиями, мм.....	12
Диаметр штуцеров, мм:	
– вход газа.....	500
– выход газа.....	350
– вход и выход оборотной воды.....	150
Сопротивление, мм вод. ст.	до 150 (1,47 кПа)
Материал деталей, соприкасающихся со средой	сталь 08×17Н15М3Т или 06×28МДТ 08×21Н6М2Т

При расходе воды около 25 м³/ч степень очистки газа от SO₃ составляет 60...70%, причем газ одновременно охлаждается от 50...60 до 30...35 °С. Вытекающая промывная вода при температуре 35...40 °С содержит 0,4...0,5% SO₂. Сопротивление трехполочного газопромывателя составляет 750...900 Па.

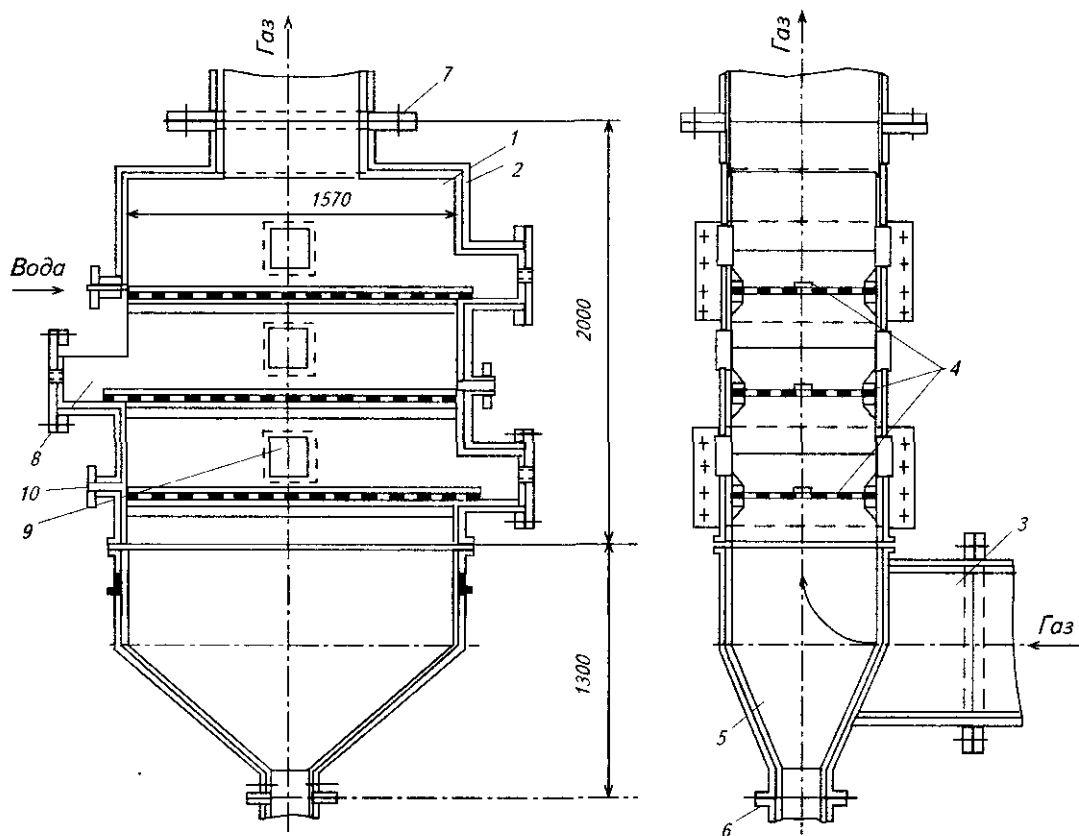


Рис. 4.12. Барботажный газопромыватель для охлаждения и очистки газовой смеси

1 – обкладка винипластом; 2 – корпус аппарата; 3 – патрубок входа газа; 4 – решетки; 5 – бункер; 6 – штуцер вытекающей воды; 7 – патрубок выхода газа; 8 – патрубок ввода решетки; 9 – смотровое окно 200 × 200 мм, 10 – штуцер водяной

Основной недостаток проточных барботажных промывателей – большие потери SO_2 с промывными водами, достигающие 6...7% от общего количества SO_2 в газе. На некоторых заводах SO_2 из промывных вод извлекают отдувкой воздухом в десорберах насадочного или барботажного типа [6].

4.5.4. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ГАЗА

На большинстве предприятий движение печного газа через оборудование кислотного потока осуществляется как за счет воздуходувки, подающей воздух в серную печь, так и за счет вентилятора, установленного либо в самом конце потока после всех поглотительных аппаратов, либо перед аппаратами для поглощения SO_2 .

В первом случае практически вся система находится под разрежением, что снижает неорганизованные выбросы SO_2 и увеличивает подсосы. В последнем случае система поглощения находится под давлением, что исключает подсосы, но может давать сильную загазованность в рабочих помещениях из-за утечек SO_2 через неплотности технологического оборудования.

На нескольких предприятиях протягивание печного газа осуществляется только одним вентилятором, подающим воздух в серную печь. При этом вся система работает под давлением.

Сопротивление прохождению газа в аппаратах и газоходах кислотного отдела (в кПа) следующее:

Серная печь	0,15...0,18
Промывалка спрысковая (полюй скруббер)	0,03...0,05
Промывалка скрубберная (с насадкой)	0,07...0,15
Булькающая промывалка (форвашер)	0,8...0,12
Электрическая пыльная камера	0,1...0,12
Селеновая камера	0,1...0,12
Водяной затвор (утка)	0,1
Водяной затвор (кошель)	0,4...0,5
Однобашенная установка Митчерлиха	0,8...0,5
Двухбашенная установка Иенсена	0,7...1,2
Насадочный абсорбер (2 шт)	1,0...1,2
Барботажный абсорбер (2 шт) (свободное сечение 20%)	16...22
Абсорберы с провальными тарелками большого свободного сечения (2 шт)	5...8
Скруббер Вентури (4 шт)	1,0...1,5

Общий напор вентилятора при нормальной схеме (в кПа) следующий:

– для однобашенной системы	1,5...1,8
– для однобашенной системы с булькающей промывалкой	2,5...3,0
– для двухбашенной системы	2,5...4,0
– для системы с барботажными аппаратами	8...10

Скорость перемещения газа в газопроводах составляет 5...10 м/с.

При движении газа в трубопроводах потери напора вызываются трением, вихрями и ударами при резком изменении сечения или резким изменением направления движения.

Мощность двигателя эксгаустера определяется по формуле

$$N = \frac{Q \cdot \rho g H}{1000 \eta}, \quad \text{кВт}, \quad (4.14)$$

где Q – количество газов, $\text{м}^3/\text{с}$;

H – суммарный напор, м вод. ст. (1 м вод. ст. = 9,81 кПа);

η – коэффициент полезного действия (0,5...0,75);

ρ – плотность газа, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g – 9,81 $\text{м}/\text{с}^2$.

Количество перемещенного газа изменяется прямо пропорционально первой степени, суммарное давление – второй степени, а потребная мощность – третьей степени числа оборотов крылатки эксгаустера.

Эксгаустеры изготавливаются из твердого свинца, хромоникельмолибденовой стали, винипласта или из керамики.

4.6. ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ SO₂ И БИСУЛЬФИТОВ4 6 1 РАСТВОРИМОСТЬ SO₂ В ВОДЕ

Данные о растворимости SO₂ в воде при разных концентрациях SO₂ в газе приведены в табл. 4.30.

Таблица 4.30

Растворимость SO₂ в воде под атмосферным давлением при разных концентрациях SO₂ в газе и температурах воды

Температура воды, °С	Содержание SO ₂ на 100 г раствора в г при концентрации SO ₂ в газе в объемных %											
	100	80	60	40	20	18	16	14	12	10	8	6
0	22,8	18,35	13,76	9,17	4,59	4,13	3,67	3,21	2,75	2,29	1,84	1,38
2	21,2	17,07	12,80	8,54	4,27	3,84	3,41	2,99	2,56	2,13	1,71	1,28
4	19,7	15,80	11,92	7,94	3,97	3,57	3,18	2,78	2,38	1,99	1,59	1,19
6	18,4	14,86	11,14	7,43	3,71	3,34	2,97	2,60	2,23	1,86	1,49	1,11
8	17,1	13,82	10,36	6,91	3,45	3,11	2,76	2,42	2,07	1,73	1,38	1,04
10	16,2	13,12	9,84	6,56	3,28	2,95	2,62	2,30	1,97	1,64	1,31	0,98
12	15,1	12,24	9,18	6,12	3,06	2,75	2,45	2,14	1,84	1,53	1,22	0,92
14	14,0	11,38	8,54	5,69	2,85	2,56	2,28	1,99	1,71	1,42	1,14	0,85
16	13,0	10,59	7,94	5,30	2,65	2,38	2,12	1,85	1,59	1,32	1,06	0,79
18	12,1	9,91	7,43	4,96	2,48	2,23	1,98	1,73	1,49	1,24	0,99	0,74
20	11,3	9,22	6,92	4,61	2,31	2,08	1,84	1,61	1,39	1,15	0,92	0,69
22	10,5	8,61	6,46	4,30	2,15	1,94	1,72	1,51	1,29	1,08	0,86	0,65
24	9,8	8,03	6,02	4,02	2,01	1,81	1,61	1,41	1,20	1,00	0,80	0,60
26	9,1	7,49	5,62	3,74	1,87	1,68	1,50	1,31	1,12	0,94	0,75	0,56
28	8,4	6,98	5,14	3,49	1,75	1,57	1,39	1,22	1,05	0,87	0,70	0,51
30	7,8	6,50	4,88	3,25	1,63	1,46	1,30	1,14	0,98	0,81	0,65	0,49
32	7,2	6,04	4,53	3,02	1,51	1,36	1,21	1,06	0,91	0,76	0,60	0,45
34	6,7	5,66	4,24	2,83	1,41	1,27	1,13	0,99	0,85	0,71	0,57	0,42
36	6,3	5,35	4,01	2,68	1,34	1,20	1,07	0,94	0,80	0,67	0,54	0,40
38	5,8	4,96	3,72	2,48	1,22	1,12	0,99	0,87	0,74	0,62	0,50	0,37
40	5,4	4,66	3,50	2,33	1,17	1,05	0,93	0,82	0,70	0,58	0,47	0,37
42	5,2	4,52	3,39	2,26	1,13	1,02	0,90	0,79	0,68	0,57	0,45	0,34
44	4,9	4,30	3,22	2,15	1,07	0,97	0,86	0,75	0,64	0,54	0,43	0,32
46	4,6	4,08	3,06	2,04	1,02	0,90	0,82	0,71	0,61	0,51	0,41	0,31
48	4,3	3,86	2,89	1,93	0,96	0,80	0,77	0,67	0,58	0,48	0,39	0,29
50	3,8	3,46	2,59	1,73	0,86	0,78	0,69	0,60	0,52	0,43	0,34	0,26
60	2,7	2,59	2,02	1,34	0,67	0,60	0,54	0,47	0,40	0,34	0,27	0,20
70	1,8	1,80	1,55	1,04	0,52	0,45	0,41	0,36	0,31	0,26	0,21	0,16
80	1,1	1,10	1,10	0,82	0,41	0,35	0,33	0,29	0,25	0,21	0,16	0,12
90	0,5	0,50	0,50	0,50	0,32	0,29	0,26	0,23	0,19	0,16	0,13	0,09

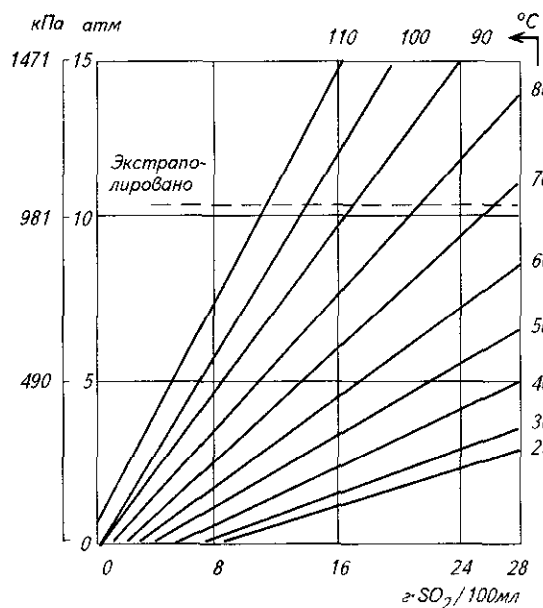


Рис. 4.13. Зависимость между концентрацией SO₂ в водных растворах при разных температурах и общим давлением

Зависимость между концентрацией SO₂ в водных растворах при разных температурах и общим давлением представлена на рис. 4.13.

Максимальная концентрация SO₂ в водном растворе при температуре 0 °С и атмосферном давлении 22,8%.

При повышенном давлении и температуре выше +12 °С можно получить водный раствор, содержащий 24...25% SO₂. Дальнейшее насыщение этого раствора сернистым ангидридом приводит к разделению его на два слоя: верхний – водный раствор SO₂ указанной концентрации и нижний – жидкий SO₂ (с содержанием 98,6% SO₂).

При охлаждении насыщенного раствора SO₂ до +11 °С он затвердевает вследствие образования кристаллического гидрата (кристалл-гидрата) SO₂ (SO₂ · 7 H₂O). В ряде случаев при охлаждении раствора до +11 °С и ниже кристалл-гидрат SO₂ не образуется, и раствор остается жидким. При плавлении кристалл-гидрата SO₂ выделяется тепло, и температура раствора повышается на 6...7 °С.

При насыщении водного раствора SO₂, охлажденного до температуры ниже 0 °С, 100%-м сернистым газом под атмосферным давлением могут быть получены растворы с содержанием: при температуре –1 °С 26,5% SO₂ и при температуре –3 °С 29,2% SO₂. При –3,5 °С водный раствор SO₂ замерзает.

Повышение содержания SO₂ в сильно охлажденных растворах является результатом образования (наряду с H₂SO₃) четырехосновной ортосернистой кислоты H₄SO₄.

Ортосернистая кислота диссоциирована на ионы: H₃SO₄⁻; H₂SO₄²⁻; HSO₄³⁻; SO₄⁴⁻ и H⁺.

Ниже приведена растворимость SO₂ в воде при парциальном давлении SO₂ 760 мм рт. ст. (101,31 кПа).

Температура, °С	0	5	10	15	20	30	40	50
Содержание SO ₂ , г/л воды	228,5	193,1	161,9	155,5	11,7	81,3	57,3	40,8

Практически можно считать, что растворимость SO₂ в воде подчиняется закону Генри. Для приближенного определения растворимости диоксида серы в воде при различных температурах и парциальных давлениях SO₂ в газе над раствором можно пользоваться формулой Гумма [2].

$$X = 0,03 \cdot P_{\text{SO}_2} \cdot 1,0363^t, \quad (4.15)$$

где X – растворимость SO₂ в воде, г/100 мл;

P_{SO_2} – парциальное давление SO₂ в газе, мм рт. ст. (1 мм рт. ст. = 133,3 Па);

t – температура, °С.

Чем выше температура раствора, тем меньшая часть общего количества растворенного SO₂ находится в виде сернистой кислоты и тем большая его часть присутствует в виде ангидрида. Например, при 10 °С в виде H₂SO₃ находится в растворе около 80% всей растворенной SO₂, а при 90 °С – около 10%.

В свободном состоянии сернистая кислота не выделена. При нагревании водного раствора SO₂ улетучивается в виде газа; кипячением можно добиться практически полного удаления SO₂ из раствора [7].

4.6.2 РАСТВОРИМОСТЬ SO₂ В БИСУЛЬФИТНЫХ РАСТВОРАХ

В присутствии бисульфита вследствие увеличения концентрации ионов растворимость SO₂ в воде по закону действующих масс снижается.

$$\frac{[\text{HSO}_3^-] \cdot [\text{H}^+]}{\text{H}_2\text{SO}_3} = \text{const} \text{ (при неизменной температуре).}$$

4.6.2.1. Равновесные концентрации SO₂ в бисульфитных растворах

На рис. 4.14, 4.15 и 4.16 представлены диаграммы равновесия бисульфитных растворов.

Формула Гумма для приближенного определения растворимости диоксида серы в бисульфитных растворах имеет вид [2]:

$$X = 0,03P_{\text{SO}_2} \cdot 1,0363^{-t} \cdot 0,89^{2C} + 2C, \tag{4.16}$$

где X – концентрация всего SO₂ в растворе, г/100 мл;

C – концентрация связанного SO₂ в растворе, г/100 мл.

Пользуясь этой формулой, можно установить теоретический состав кислоты для любых заданных условий температуры, концентрации газа, общего давления и т. п. Удобная для практического пользования номограмма составлена И. И. Блоштейном [8]. На рис. 4.17 стрелками показан пример пользования этой номограммой для отыскания равновесного содержания в кислоте всего SO₂ при температуре 25 °С, парциальном давлении SO₂ в газе 0,009 МПа и содержании кальциевого основания 1,2% СаО. Как видно, при этих условиях предельно возможная крепость кислоты составляет 3,45% всего SO₂.

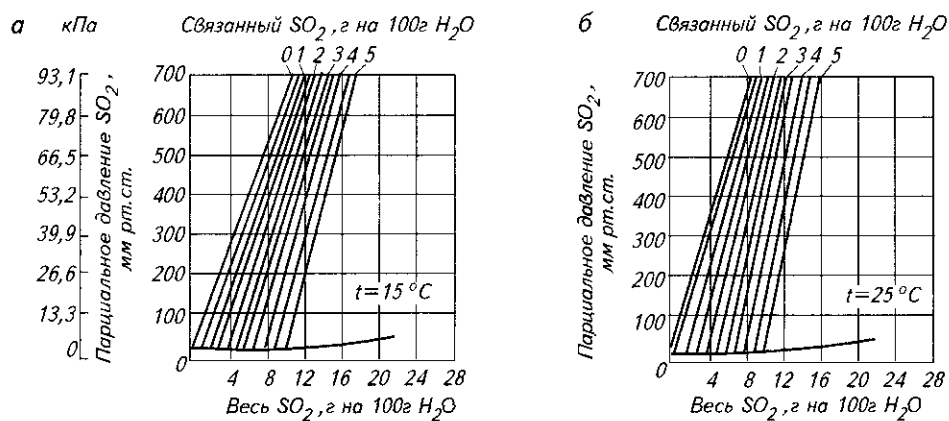


Рис. 4.14 Диаграммы равновесия растворов бисульфита магния

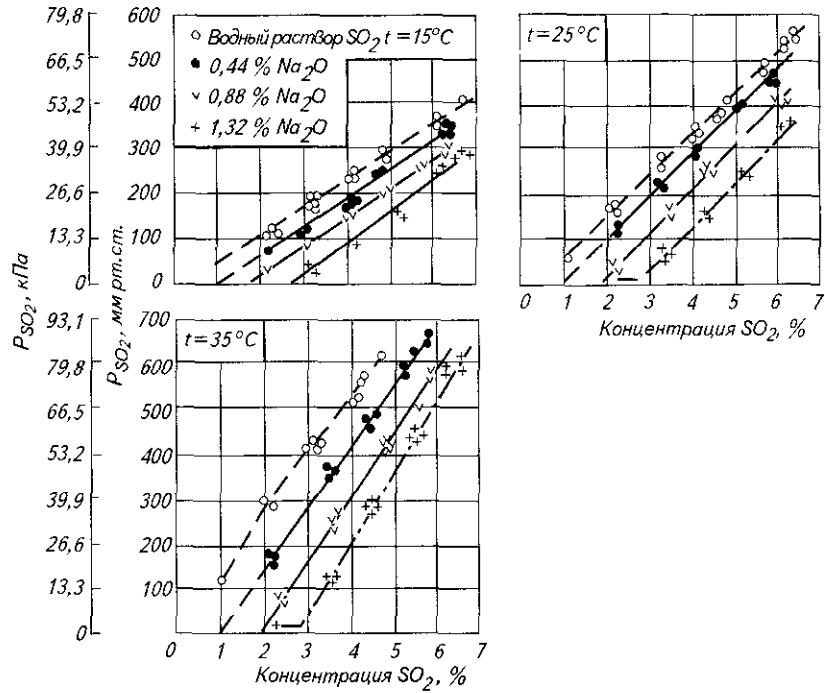


Рис. 4.15. Диаграммы равновесия растворов бисульфита натрия

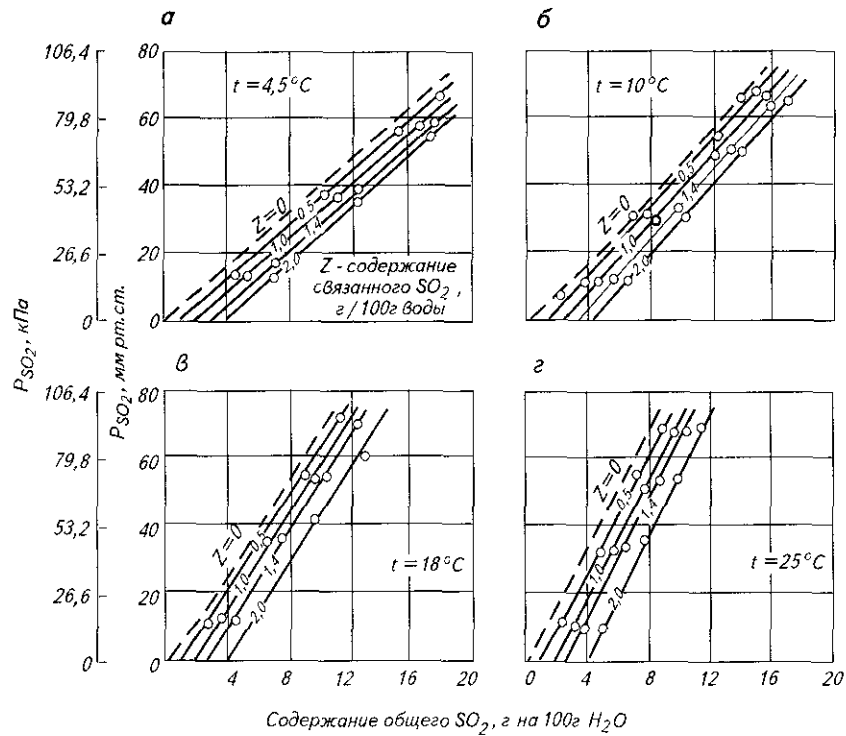


Рис. 4.16. Диаграммы равновесия растворов бисульфита аммония

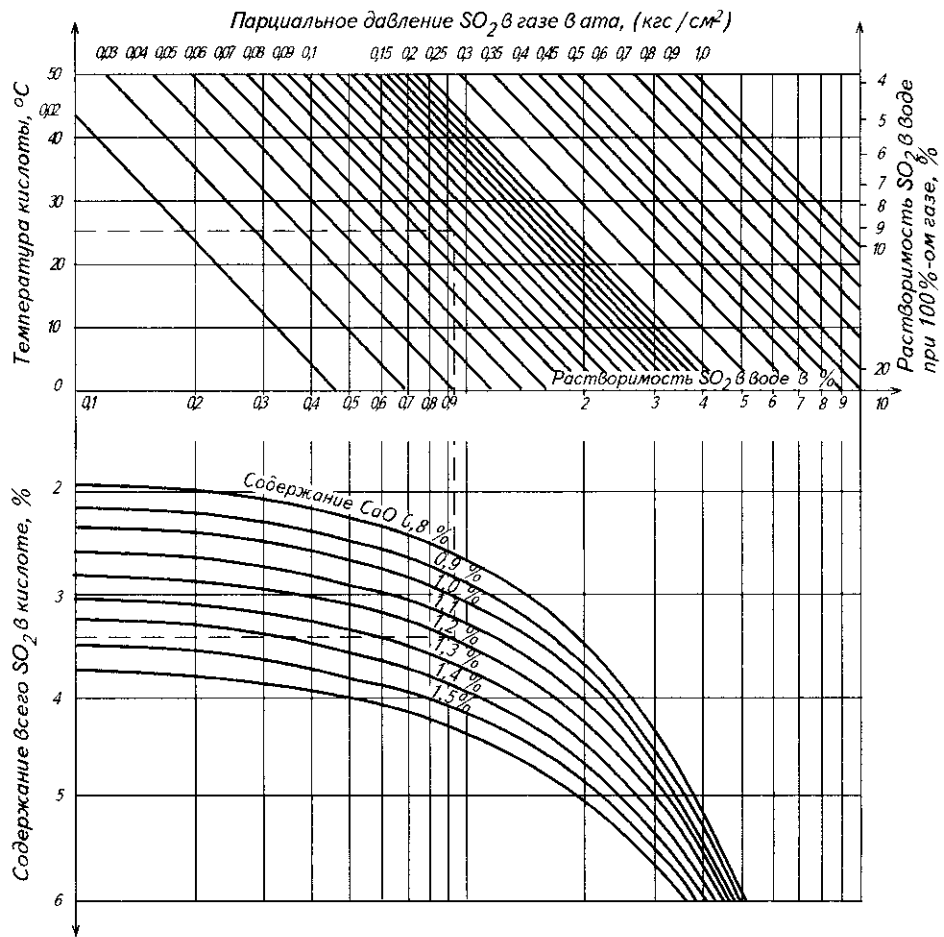


Рис. 4.17. Номограмма для определения содержания всего SO₂ в кислоте на кальциевом основании в зависимости от температуры, содержания CaO и парциального давления SO₂ в газе (для перевода парциального давления в Н/м² надо его значение в кгс/см² умножить на 9,80665 · 10⁴)

При использовании этой номограммы для определения содержания всего SO₂ в кислоте с другим основанием следует пользоваться таблицей пересчета содержания этих оснований на CaO (табл. 4.32).

Таблица 4.32

Пересчет содержания оснований в кислоте на CaO

CaO	Na ₂ O	(NH ₄) ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	(NH ₄) ₂ O	MgO
0,8	0,9	0,75	0,55	1,3	1,4	1,2	0,90
0,9	1,0	0,85	0,65	1,4	1,55	1,3	1,00
1,0	1,1	0,95	0,70	1,5	1,65	1,4	1,05
1,1	1,2	1,0	0,75	1,6	1,75	1,5	1,10
1,2	1,3	1,1	0,85				

Охлаждение бисульфитного раствора до температуры ниже 5 °С, а в особенности до отрицательной температуры, сильно повышает его поглотительную способность по отношению к SO₂ (табл. 4.33).

Таблица 4.33

Максимальные концентрации SO_2 в воде и в растворах $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ при температурах ниже 0°C

Температура, $^\circ\text{C}$	Состав кислоты в %			
	CaO	SO_2 связанный в бисульфите	растворенный SO_2	весь SO_2
-1	нет	~	26,60	26,6
-3	нет	~	29,20	29,2
-1	1,00	2,28	21,27	23,55
-3	1,00	2,28	25,40	27,68
-5	1,00	2,28	29,67	31,95
-1	2,00	4,56	20,24	24,80
-3	2,00	4,56	22,04	26,60
-5	2,00	4,56	23,64	28,20
-1	3,00	6,84	22,17	29,01
-3	3,00	6,84	24,36	31,20
-5	3,00	6,84	26,46	33,30
-1	4,00	9,12	16,33	25,45
-3	4,00	9,12	19,51	28,63
-5	4,00	9,12	20,84	29,96

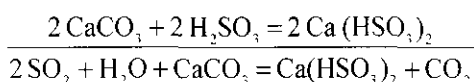
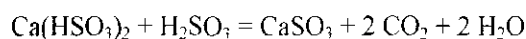
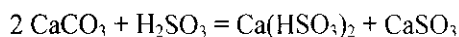
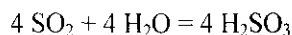
Растворимость SO_2 в растворах бисульфитов магния, натрия и аммония практически не отличается от растворимости в растворах бисульфита кальция. При высоких концентрациях свободного SO_2 парциальное давление его над растворами бисульфитов аммония и натрия немного ниже, чем над растворами бисульфитов кальция [9].

4.7. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СЕРНИСТОЙ КИСЛОТЫ И ЕЕ СОЛЕЙ

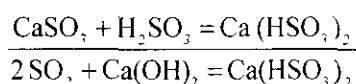
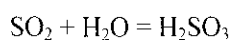
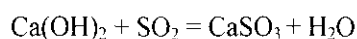
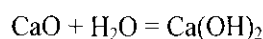
4.7.1 ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПРИ РАСТВОРЕНИИ В ВОДЕ И В РАСТВОРАХ ЩЕЛОЧЕЙ

Приготовление раствора с кальциевым основанием.

При поглощении SO_2 из печных газов водой в присутствии известняка происходят следующие реакции:

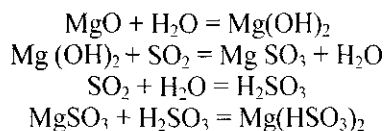


При поглощении SO_2 предварительно подготовленным известковым молоком:

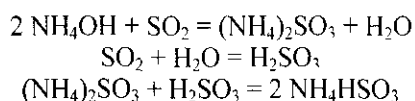


Приготовление растворов с магниевым основанием.

Поглощение SO_2 из печных газов производится предварительно подготовленной суспензией гидроксида магния:

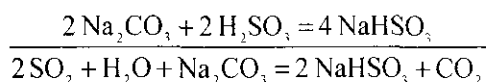
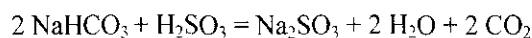
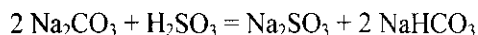
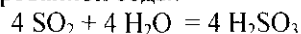


Приготовление растворов с аммониевым основанием.



Приготовление растворов с натриевым основанием.

SO_2 поглощается раствором кальцинированной соды:



В табл. 4.34 приведена теплота химических реакций при образовании сернистой кислоты и ее солей, а в табл. 4.35 теплота образования химических соединений, участвующих в приготовлении сернистой кислоты и ее солей.

Таблица 4.34

Теплота химических реакций при образовании сернистой кислоты и ее солей

Реакция	Теплота реакции в кДж/моль
$\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 = \text{H}_2\text{SO}_3$	31
$\text{CaCO}_3 + 2 \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2 + \text{CO}_2$	124
$\text{CaO} + 2 \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$	306
$\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2 \text{SO}_2 = \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$	239
$\text{MgO} + 2 \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$	224
$\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{SO}_2 = \text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$	206
$\text{NH}_4\text{OH} + \text{SO}_2 = \text{NH}_4\text{HSO}_3$	105
$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2 \text{NaHSO}_3 + \text{CO}_2$	104

Таблица 4.35

Теплота образования химических соединений, участвующих в приготовлении сернистой кислоты и ее солей

Формула химического соединения	Теплота образования, кДж/моль	Формула химического соединения	Теплота образования, кДж/моль
H_2O	286	$\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$	1717
SO_2	297	Na_2O	416
CO_2	394	NaOH	427
H_2SO_3	615	Na_2CO_3	1129
CaO	636	Na_2SO_3	1094
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	989	NaHSO_3	859
CaCO_3	1210	NH_3	46
$\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$	1822	NH_4OH	367
MgO	612	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$	902
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	1908	NH_4HSO_3	765

Растворение 1% свободного (растворенного) SO_2 в сырой кислоте повышает ее температуру на 1 °С. Растворение 1% связанного (в виде бисульфита) SO_2 повышает температуру сырой кислоты в зависимости от применяемых реагирующих веществ следующим образом:

CaCO_3	на 7,2 °С
CaO	на 17,7 °С
MgO	на 13,0 °С
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	на 13,9 °С
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	на 11,9 °С
NH_4OH	на 6,3 °С
Na_2CO_3	на 6,7 °С

4.7.2. ПОДГОТОВКА АБСОРБЕНТОВ SO_2

При приготовлении варочных растворов с кальциевым основанием SO_2 из печных газов поглощается:

- холодной водой в присутствии известкового камня (растворяющегося в образующейся сернистой кислоте);
- суспензией молотого известняка в воде;
- суспензией $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в воде (известковым молоком).

В случае применения магнезиевого основания SO_2 из печных газов поглощается только суспензией $\text{Mg}(\text{OH})_2$ в воде, так как кусковой и молотый углекислый магний (магнезит) очень медленно растворяется в сернистой кислоте.

При использовании в качестве магнезиевого основания брусита последний загружается в турмы в виде кусков аналогично известняку.

При получении растворов с аммониевым основанием SO_2 поглощается аммиачной водой, которая разбавляется до нужной концентрации непосредственно в поглотительном аппарате.

Растворы с натриевым основанием получают при поглощении раствором кальцинированной соды, приготовляемым перед подачей его в поглотительную установку.

Приготовление холодной воды. Для приготовления варочных растворов используют воду из артезианских скважин или речную (озерную) воду, охлажденную (температура до 10°C) в парожетторных холодильных установках. Характеристики холодильных установок приведены в [1]. При получении бисульфитных растворов охлаждения воды не требуется.

Приготовление магнезального молока. В отличие от CaO , превращение которой в $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при гашении водой происходит весьма легко и с выделением значительного количества тепла, оксид магния MgO гидратируется лишь при нагревании с водой.

При этом степень гидратации MgO в $\text{Mg}(\text{OH})_2$ составляет: после нагревания MgO с водой при температуре $95\dots 100^\circ\text{C}$ в течение 4 ч – 72%; после нагревания MgO с водой при температуре $95\dots 100^\circ\text{C}$ в течение 6 ч – 83%.

Поэтому в схеме приготовления магнезального молока предусматривается установка аппарата для гидратации MgO . Аппарат снабжается мешалкой. Нагревание пульпы производится острым паром.

Суспензию $\text{Mg}(\text{OH})_2$ концентрацией 11...12 г в литре целесообразно очищать в центрифугах.

Гидроксид магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$ слабо растворим в воде: в 1 л воды растворяется 0,3 г $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

4.7.3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАСТВОРОВ СЕРНИСТОЙ КИСЛОТЫ И ЕЕ СОЛЕЙ

Для приготовления сырой сульфитной кислоты с кальциевым основанием применяют башни, заполненные известковым камнем (турмы), и суспензионные поглотительные установки, в которых SO_2 из печного газа поглощается суспензией молотого известняка или известковым молоком. Приготовление сырой кислоты с кальциевым основанием не применяется на современных сульфит-целлюлозных предприятиях, (подробно описано в справочнике бумажника за 1964 год, и поэтому в настоящем издании не рассматривается).

Для приготовления растворов SO_2 и бисульфитов магния, аммония и натрия, а также моносульфита натрия применяют абсорберы с инертной насадкой и аппараты барботажного типа.

Барботажная поглотительная колонна (сист. проф. И. Н. Кузьминых) [6].

Аппарат представляет собой цилиндрическую колонну, разделенную по высоте 20...25 наклонными ситчатыми тарелками, изготовленными из кислотоупорной стали. Угол наклона ситчатых тарелок $3\dots 5^\circ$; расстояние между тарелками 250 мм. Диаметр отверстий 4 мм и шаг между ними 11 мм. Корпус колонны может быть изготовлен из кислотоупорной стали или другого материала, устойчивого к действию сернистой кислоты.

Скорость газа в колонне 0,8...0,9 м/сек. Газ вводится в низ колонны и, продвигаясь навстречу поглощающей жидкости, барботирует через нее.

Сопротивление одной тарелки составляет 40...50 мм вод. ст. (0,39–0,49 кПа), а всей колонны 800...1100 мм вод. ст. (7,8–10,8 кПа). Диаметр колонны 0,9...1,5 м и высота 8...9 м. Съем кислоты с 1 м² сечения колонны составляет 1200...1500 м³/сутки.

Барботажная колонна с наклонными ситчатыми тарелками провального типа является весьма эффективным и компактным поглотительным аппаратом. Ее объем в 6 раз меньше объема башни Гиллера равной производительности.

Аппарат пригоден для получения сульфитных растворов с различными основаниями.

При получении раствора с аммониевым или натриевым основанием достаточно иметь всего лишь три-пять ситчатых тарелок, при этом сопротивление аппарата составляет от 120 до 250 мм вод. ст. (1,18–2,45 кПа).

При приготовлении раствора с аммониевым или натриевым основанием концентрированную аммиачную воду следует подавать не на самую верхнюю, а на вторую или третью тарелку. На верхнюю тарелку в этом случае подается вода, разбавляющая аммиачную воду до нужной концентрации и предотвращающая унос аммиака с выхлопными газами.

Барботажная поглотительная колонна имеет следующую техническую характеристику:

Производительность в м³/ч:

по кислоте	120
по газу.....	10 000
Число тарелок	20
Толщина тарелки, мм.....	10
Отверстия диаметром, мм.....	6
Шаг отверстий, мм	12
Диаметр колонны, мм	1500
Высота колонны, мм	около 10 140
Диаметр патрубков для входа и выхода газа, мм.....	700
Диаметр патрубков для входа и выхода жидкости, мм.....	175
Расчетное разрежение, мм вод. ст.....	2100 (206 кПа)
Вес аппарата, кг	около 7000
Материал	сталь X17H13M2T

Расчет абсорбера.

Заданные величины:

- процентное содержание SO₂ в газе на входе в абсорбер – K_n^r ;
- процентное содержание SO₂ в газе на выходе из абсорбера – K_n^r ;
- количество SO₂, подаваемого в абсорбер – G_n^r кг/ч;
- давление в абсорбере – P , ата;
- количество кислоты, подаваемой на орошение абсорбера в час – V_p^k , кг/ч;
- состав кислоты, подаваемой на орошение абсорбера (в%): K_s^a – содержание всего SO₂; K_s^{cs} – содержание связанного SO₂;
- температура кислоты на входе в абсорбер – $t_{в}^k$;
- температура газа на входе в абсорбер – $t_{н}^r$.

Индексы во всех случаях обозначают: г – газ, ж – жидкость, в – верх абсорбера, н – низ абсорбера, ср – средний, св – связанный SO₂.

Определяем:

1. Парциальное давление SO₂ в газе на входе в абсорбер

$$P_n^r = \frac{K_n^r \cdot P}{100} \quad (4.17)$$

2. Парциальное давление SO₂ в газе на выходе из абсорбера

$$P_n^r = \frac{K_n^r \cdot P}{100} \quad (4.18)$$

3. Степень извлечения, т. е. количество SO₂, поглощенного кислотой, в долях от SO₂, поступившего в абсорбер,

$$K_{изв} = 1 - \frac{P_n^r}{1 - P_n^r} : \frac{P_n^r}{1 - P_n^r} \quad (4.19)$$

или

$$K_{изв} = \frac{K_n^r - K_n^r}{K_n^r} \quad (4.20)$$

4. Количество SO₂, поглощаемого в абсорбере за 1 ч, в кг

$$G_{асб} = K_{извл} \cdot G_n^r \quad (4.21)$$

5. Количество SO_2 в газе на выходе из абсорбера

$$G'_в = G'_н - G_{\text{абс}}. \quad (4.22)$$

6. Концентрацию SO_2 в кислоте на выходе из абсорбера, равную исходной концентрации плюс прирост концентрации за счет SO_2 , поглощенного в абсорбере,

$$K^*_н = K^*_в + \frac{G_{\text{абс}} \cdot 100}{V^*_в}, \% \quad (4.23)$$

Температуру кислоты на выходе $t^*_н$ из абсорбера определяем, исходя из теплоты реакций, проходящих в абсорбере (см. табл. 4.34 и 4.35).

7. Задаваясь плотностью орошения L , $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ (рекомендуемые пределы 15–100 $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$), находим площадь поперечного сечения абсорбера:

$$S = \frac{V^*_в}{100 \cdot L}, \text{ м}^2 \quad (4.24)$$

и его диаметр:

$$D = \frac{\sqrt{S}}{0,785}, \text{ м} \quad (4.25)$$

8. Объем газа (газовой смеси), поступающего в абсорбер при 0°C и 760 мм рт. ст.

$$V^r_н = \frac{G'_н \cdot 1000}{2,93 K'_н}, \text{ нм}^3/\text{ч}, \quad (4.26)$$

где 2,93 – масса 1 нм^3 SO_2 в кг.

9. Объем рабочего газа $V^r_{\text{раб}}_н$, поступающего в абсорбер при температуре $t'_н$ в состоянии насыщения водяным паром при атмосферном давлении, может быть определен по табл. 4.26.

При давлении газа P , отличающемся от атмосферного, объем рабочего сухого газа определяется по формуле:

$$V^r_{\text{раб}}_н = \frac{V^r_н (273 + t'_н)}{273 \cdot P}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4.27)$$

Объем влажного газа в этих условиях определяется с поправкой на объем водяного пара, насыщающего газ при температуре $t'_н$.

10. Объем газа, выходящего из абсорбера

$$V^r_в = V^r_н - \frac{G_{\text{абс}}}{2,93}, \text{ нм}^3/\text{ч} \quad (4.28)$$

11. Объем рабочего газа на выходе из абсорбера $V^r_{\text{раб}}_в$ определяется аналогично объему на входе в абсорбер.

Температуру газа на выходе из абсорбера с достаточной точностью можно принимать равной температуре кислоты на входе, т. е. $t^r_в = t^*_в$.

12. Скорость газа на входе в насадку (считая скруббер пустым)

$$\omega_n^r = \frac{V_n^{\text{раб}}}{3600 \cdot S}, \text{ м/с} \quad (4.29)$$

13. Скорость газа на выходе из насадки (считая скруббер пустым)

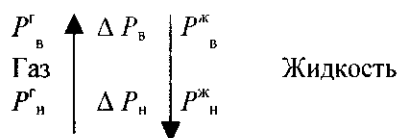
$$\omega_v^r = \frac{V_v^{\text{раб}}}{3600 \cdot S}, \text{ м/с} \quad (4.30)$$

14. Средняя скорость газа

$$\omega_{\text{ср}}^r = \frac{\omega_n^r + \omega_v^r}{2} \quad (4.31)$$

15. Равновесное парциальное давление SO_2 над кислотой данного состава при данной температуре как на входе в абсорбер P_v^* , так и на выходе из него – P_n^* , находим по графикам, приведенным на рис. 4.14; 4.15;
4.16. Равновесное давление SO_2 над растворами сульфита и бисульфита равно нулю.

16. Определение средней движущей силы абсорбции



Движущая сила абсорбции вверху абсорбера

$$\Delta P_v = P_v^r - P_v^* \quad (4.32)$$

Движущая сила абсорбции внизу абсорбера

$$\Delta P_n = P_n^r - P_n^* \quad (4.33)$$

Средняя движущая сила абсорбции

$$\Delta P = \frac{\Delta P_v - \Delta P_n}{2,3 \lg \frac{\Delta P_v}{\Delta P_n}} \quad \text{или} \quad \frac{\Delta P_n - \Delta P_v}{2,3 \lg \frac{\Delta P_n}{\Delta P_v}} \quad (4.34)$$

в зависимости от того, какая величина больше, ΔP_v или ΔP_n . При $\frac{\Delta P_v}{\Delta P_n} < 2$ можно определять движущую силу абсорбции как среднюю арифметическую, т. е.

$$\Delta P = \frac{\Delta P_v + \Delta P_n}{2} \quad (4.35)$$

17. Поверхность насадки равна

$$F_{\text{нас}} = \frac{G_{\text{абс}}}{K_{\text{общ}} \cdot \Delta P}, \text{ м}^2, \quad (4.36)$$

где $K_{\text{общ}}$ – общий коэффициент абсорбции, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{атм} \cdot \text{ч})$.

Для насадочных абсорберов зависимость коэффициента абсорбции диоксида серы от средней скорости газа и плотности орошения выражена графически на рис. 4.18 для воды, на рис. 4.19 для раствора основания. Скорость газа на рис. 4.18 и 4.19 соответствует массовой скорости газа при концентрации SO_2 12,5%.

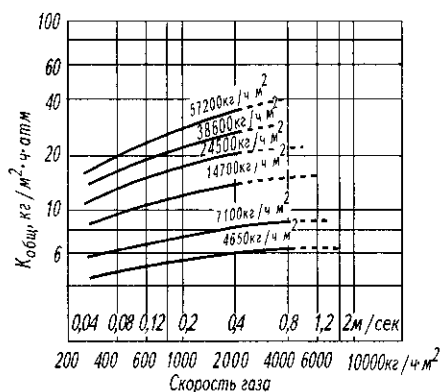


Рис 4.18 Общий коэффициент абсорбции SO_2 водой при 21°C ($1 \text{ атм} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$)

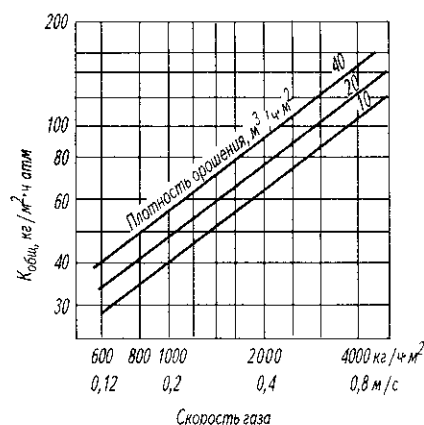


Рис 4.19 Общий коэффициент абсорбции SO_2 раствором основания ($1 \text{ атм} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$)

Влияние температуры на эти коэффициенты (в пределах $10 \dots 30^\circ\text{C}$) очень мало и практического значения не имеет.

Коэффициент абсорбции диоксида серы раствором сульфита аммония зависит только от скорости газа и мало зависит от плотности орошения.

При практических расчетах его можно определять по приближенной формуле

$$K_{\text{общ}} = 53 \omega^{0,8}, \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{атм}) \quad (4.37)$$

18. Объем насадки

$$W = \frac{F}{f}, \text{ м}^3, \quad (4.38)$$

где f – удельная поверхность насадки данного типа (см. табл. 4.27).

19. Высота насадки равна

$$H = \frac{W}{S}, \text{ м} \quad (4.39)$$

Учитывая неточность расчета, неравномерность поступления газа и жидкости, действительную высоту насадки принимают в 1,5...2 раза большей.

20. Сопротивление насадки (потерю давления в абсорбере) определяют на основании графиков, приведенных на рис. 4.5, 4.6, 4.7, 4.8.

При расчете барботажных абсорберов с провальными решетками коэффициент абсорбции SO_2 водой, отнесенный к 1 м^2 полки, приближенно может быть принят равным $2200 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{атм})$.

Подробный расчет насадочного и барботажного абсорберов приведен В. А. Бушмелевым [5].

Башня давления. Для увеличения растворимости SO_2 в бисульфите может быть повышено общее давление газовой смеси над раствором. Для этой цели применяются башни давления.

Башни давления имеют следующую характеристику:

Производительность, м ³ /сут	2200
Диаметр корпуса, мм	2200
Диаметр в свету, мм	1974
Высота полная, мм	16 500
Высота насадки, мм	12 000
Объем насадки (керамические кольца 100×100 мм), м ³	37
Патрубки (D в мм):	
подачи кислоты	200
отвода кислоты	250
подвода газа	400
отвода газа	400
Масса металлических конструкций (ст. 3), т	10,8
Масса футеровки – два слоя плиток (20+50 мм) по подслою из полиизобутилена, т	30
Масса насадки, т	30
Масса колосников (дерево), т.....	0,35
Рабочее давление, МПа	0,15

Барботажная колонка с тарелками большого свободного сечения (к целлюлозно-бумажной промышленности адаптирована ЦНИИБом).

Аппарат представляет собой цилиндрическую колонку, разделенную по высоте 8...10 ситчатыми тарелками. Расстояние между тарелками 400...600 мм. Диаметр отверстий 7...9 мм и шаг между ними 12 мм (свободное сечение 30...50%). Скорость газа в аппарате 3...5 м/с. Сопротивление тарелки 25...45 мм вод. ст. (0,24...0,44 кПа).

Аппарат пригоден для получения растворов для сульфитных и бисульфитных варок на различных варочных основаниях.

Аппараты с подвижной шаровой насадкой (к целлюлозно-бумажной промышленности адаптированы ЦНИИБом).

Аппарат представляет собой цилиндрическую колонку, разделенную по высоте 4...5 тарелками со свободным сечением около 50%, на которых имеется слой шаров из полипропилена, полиэтилена или других материалов высотой 200...300 мм. Скорость газа в аппарате 3...5 м/с. Сопротивление тарелки 80...100 мм вод. ст. (0,78...0,98 кПа)

Аппарат пригоден для получения растворов для сульфитных и бисульфитных варок на различных варочных основаниях.

Особенности приготовления бисульфитных растворов. Для бисульфитной или модифицированной варки в кислотном потоке обычно готовится бисульфитный раствор с содержанием SO_2 4,5...5,5% и pH 4,5...5,5, что соответствует бисульфиту с небольшим количеством сульфита. В связи с тем, что равновесное давление SO_2 над бисульфитными растворами незначительно (от десятых долей до нескольких мм рт. ст.), требования к температуре печного газа и концентрации SO_2 в нем не такие жесткие, как при получении сырого раствора для сульфитной варки. Не требуется охлаждение воды, направляемой на получение раствора, а также промежуточное охлаждение раствора. Поглощение SO_2 при получении бисульфитных растворов протекает лучше, поскольку сопровождается практически только хемосорбцией, т. е. связыванием SO_2 в виде бисульфита и частично сульфита. В таких растворах сернистой кислоты или растворенного SO_2 нет. Содержание SO_2 в отходящих газах кислотного потока, как правило, не превышает 0,01...0,02%, на некоторых предприятиях находится на уровне 0,005% и ниже.

4.7.4. ОТСТАИВАНИЕ И ФИЛЬТРАЦИЯ КИСЛОТЫ [1]

Отстойник для кислоты. Отстойник представляет собой цилиндрический сосуд с коническим верхним и нижним днищами, выполненный из листовой углеродистой стали и футерованный керамическими плитками. Кислота поступает по центральной трубе диаметром 1000 мм в нижнюю часть отстойника и медленно поднимается кверху по всему сечению. Осветленная кислота переливается в открытые лотки, находящиеся внут-

ри отстойника и отводящие кислоту к выходному штуцеру. Осадок спускается в канализацию через штуцер на нижней горловине.

Техническая характеристика отстойника следующая:

Диаметр корпуса, мм	7000
Диаметр корпуса в свету, мм	6800
Высота, мм	9530
Объем полный, м ³	240
Объем рабочий, м ³	140
Диаметр патрубков, мм:	
для поступления кислоты	250
для выхода кислоты	200
грязевого.....	200
Производительность при скорости восходящего движения 0,7 мм/сек, м ³ /ч	90

Фильтр песочный для кислоты. Фильтр песочный имеет следующую характеристику:

Производительность, м ³ /сут	600...700
Средняя скорость фильтрации, м/ч	2
Площадь фильтрации, м ²	14
Диаметр корпуса, мм	4500
Высота цилиндрической части, мм	7350
Высота полная, мм	8250
Толщина футеровки, мм	130
Высота фильтрующего слоя, мм	1350
Распределение фильтрующего слоя по фракционному составу частиц (сверху вниз), мм:	
0,5...1 мм (песок)	700
1...2 мм (щебень).....	50
2...4 мм (щебень).....	75
4...8 мм (щебень)	100
8...16 мм (щебень).....	100
16...32 мм (щебень).....	150
32...64 мм (щебень).....	175
Объем фильтрующих материалов:	
щебень (гравий), м ³	9,1
песок кварцевый, м ³	9,8
Диаметр штуцеров, мм:	
для подачи кислоты и отвода промывной воды	300
для отвода фильтрованной кислоты и подачи промывной воды.....	300
Диаметр верхнего люка, мм	800
Диаметр нижнего люка, мм	500
Масса деталей из углеродистой стали, кг	9200
Масса деталей из стали X17H13M2T, кг	450
Масса футеровки, кг.....	55 500
Контрольно-измерительные приборы (указатели уровня нефилтрованной и фильтрованной кислоты)	2

4.7.5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Основные технико-экономические показатели работы кислотных цехов приведены в табл. 4.36 [4].

Расходные показатели указаны для целлюлозы марок Ж-3, Ж-4 и Ж-5 при использовании для приготовления сырой кислоты серы, кальцинированной соды, оксида магния или аммиака.

Фактически на целлюлозно-бумажных предприятиях расход сырой кислоты колеблется в широких пределах и составляет при выработке жесткой целлюлозы 5,4...6,3; средней жесткости 5,5...6 и мягкой 6,8...7,6 м³/т воздушно-сухой целлюлозы, а состав сырой кислоты изменяется от 3,05 до 4,17% всего SO₂ и от 0,78 до 1,38% основания (в расчете на CaO).

При выработке бисульфитной целлюлозы с выходом 55% расход серы повышается до 120...125 кг/т, а кальцинированной соды или оксида магния, соответственно до, 180...195 и 80...85 кг/т воздушносухой целлюлозы.

Общие потери серы в кислотном цехе по нормам технологического проектирования принимаются 6...8%.

Технико-экономические показатели работы кислотных цехов приведены в табл. 4.36.

Таблица 4.36

Технико-экономические показатели работы кислотных цехов

Показатели	Марки сульфитной целлюлозы					
	Ж-3		Ж-4		Ж-5	
	основание					
	Ca, Mg	Na, NH ₃	Ca, Mg	Na, NH ₃	Ca, Mg	Na, NH ₃
Расход сырой кислоты, м ³ /т	5,2	5,0	5,3	5,1	6,2	5,9
Расход серы, кг/т	90	85	95	90	105	100
Расход основания, кг/т:						
– известкового камня;	120		130		150	
– каустического магнезита (90%-го);	55		60		70	
– кальцинированной соды (95%-й);		115		125		145
– аммиака (100%-ного)		35		40		50
Расход тепла, ГДж/т:						
– на плавление серы	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
– на парозежекторную установку (при давлении пара 0,6 МПа и начальной температуре воды 20...25 °С)	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
Расход электроэнергии, кВт · ч/т:						
– при использовании серы;	25	25	25	25	25	25
– при использовании флотоколчедана	30	30	30	30	30	30
Расход воды, м ³ /т	20	20	30	20	25	25

Примечания: 1. Расходные показатели указаны на 1 т целлюлозы брутто по варке.

2. Расход башенной кислоты указан при выработке целлюлозы из елового баланса.

4.8. РЕГЕНЕРАЦИЯ SO₂ И ТЕПЛА ИЗ ПРОДУКТОВ СДУВОК

4.8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Целью регенерации является возвращение в оборот всего SO₂ и тепла, не использованных во время варки целлюлозы. SO₂ и тепло регенерируются из сдувочных газов, из сдувочной жидкости и перепускаемого щелока и из парогазовой смеси, образующейся при вскипании отработанного щелока. Так как сдувочные газы и парогазовая смесь, выделяющаяся при вскипании отработанного щелока, содержат высокий процент SO₂, при насыщении ими сырой кислоты обеспечивается получение крепкой варочной кислоты, т. е. кислоты с высоким содержанием растворенного SO₂. Подогрев этой кислоты производится либо прямым путем, смешением со сдувочной и перепускной жидкостью и с газами, либо непрямым путем, подогревом через теплообменники, или одновременно тем и другим способом.

При бисульфитной и модифицированной бисульфитной варке сдувочные газы содержат значительно меньшее количество SO₂ при большем содержании паров воды. Поэтому в системе регенерации заметного повышения крепости варочного раствора не наблюдается. В некоторых случаях имеет место даже снижение крепости на 0,1...0,3% за счет разбавления сконденсировавшимися парами воды.

4.8.2. КОЛИЧЕСТВО РЕГЕНЕРИРУЕМОГО SO₂

Количество SO₂ (в т/т абс. сухой целлюлозы по варке), подлежащее регенерации, определяется по разности между количеством SO₂ в сырой кислоте, вводимом в варочные котлы с кислотой, и количеством SO₂ в сырой кислоте, поступающим в регенерационную установку.

Количество SO₂, которое вводится в регенерационную установку с сырой кислотой, должно восполнять расход SO₂ на варочный процесс и на потери SO₂ при его регенерации.

Степень регенерации SO₂ определяется по формуле

$$SO_{2_{\text{рег}}} = 100 - \frac{100(a+b)}{в}, \quad \% \quad (4.40)$$

где a – расход SO₂ на варку в кг на 1 т абс. сухой целлюлозы;

b – потери SO₂ при регенерации в кг на 1 т абс. сухой целлюлозы;

$в$ – количество SO₂ в варочной кислоте в кг на 1 т абс. сухой целлюлозы.

Количество SO₂ в варочной кислоте составляет из количества SO₂, расходуемого на варку целлюлозы, регенерируемого со сдувочными газами, регенерируемого из отработанных щелоков и теряемого при регенерации.

Количество серы, расходуемой непосредственно на варку целлюлозы, может быть определено по формуле

$$P_S = (S_{\text{пр}} \cdot V_o + S_{\text{не}} \cdot V_c + S_{\text{в}}) - S_{\text{пв}} \cdot V_{\text{в}}, \quad (4.41)$$

где P_S – расход серы на варку, кг/т абс. сухой целлюлозы;

$S_{\text{пр}}$ – количество прочно связанной S в 1 м³ отработанного щелока, кг;

$S_{\text{не}}$ – количество прочно связанной S в 1 м³ сдувочной и перепускной жидкости, кг;

$S_{\text{пв}}$ – количество прочно связанной S в 1 м³ варочной кислоты, закачанной в варочный котел, кг;

$S_{\text{ц}}$ – содержание S в 1 т абс. сухой целлюлозы, кг;

V_o – количество отработанного щелока в варочном котле, м³/т абс. сухой целлюлозы;

V_c – количество сдувочной жидкости и перепущенного щелока, выводимых из варочного котла во время варки, м³/т целлюлозы;

$V_{\text{в}}$ – количество варочной кислоты (вместе с перепущенным щелоком), м³/т абс. сухой целлюлозы.

На хорошо работающих предприятиях расход серы непосредственно на варку составляет 60...70 кг/т абс. сухой жесткой целлюлозы и 70...85 кг/т абс. сухой мягкой целлюлозы.

Количество SO₂, которое может быть регенерировано из отработанных щелоков, составляет довольно значительную величину, обычно превышающую 10...15 кг SO₂ на 1 т воздушно-сухой целлюлозы. Эта величина возрастает с увеличением конечного «титра» щелока (т. е. содержания всего SO₂ в щелоке перед опорожнением котла).

SO₂, который может быть регенерирован из отработанного щелока, находится в виде растворенного SO₂ и в виде SO₂, непрочно связанного с органическими веществами (легко отщепляемый SO₂). Легко отщепляемый SO₂ не титруется йодом.

При снижении титра щелока при конечной газовой сдувке (от 0,3% SO₂) на 0,1% SO₂ на такую же величину снижается концентрация легко отщепляемого SO₂ в щелоке. 0,1% SO₂ в щелоке составляет 1 кг SO₂ или 0,5 кг в 1 м³ щелока. Таким образом, если в конце варки в котле находится от 7 до 10 м³ щелока на 1 т воздушно-сухой целлюлозы, на каждый 0,1% SO₂ (титруемый йодом), остающегося в щелоке, приходится от 14 до 20 кг SO₂ (или от 7 до 10 кг S), которые могут быть регенерированы.

4.8.3. СОСТАВ СДУВОЧНЫХ ГАЗОВ

Количество инертных газов в сдувках зависит от влажности щепы, условий обработки щепы в котле перед закачкой кислоты, условий закачки кислоты, температурного режима варки и др.

Обычно количество инертных газов в сдувочных газах составляет 10...15 нм³ (при 0 °С и 760 мм рт. ст.) на 1 т воздушно-сухой целлюлозы.

Концентрация SO₂ в сдувочных газах зависит от крепости варочной кислоты, от условий обработки щепы перед варкой и от режима варки (табл. 4.37).

При поглощении сернистого ангидрида в регенерационных цистернах кислотой, находящейся под давлением выше атмосферного, или в кислотных баках при атмосферном давлении концентрация его в непоглощенных газах равняется или несколько превышает равновесную.

Для атмосферного давления и различных температур равновесная концентрация сернистого ангидрида над кислотой приведена выше на рис. 4.14; 4.15; 4.16, для горячей кислоты равновесное давление приведено на рис. 4.20.

Концентрация сернистого ангидрида в непоглощенных газах, отходящих из кислотных баков, практически находится в пределах 15...25%.

Принимая, что начальное содержание SO₂ в сдувочных газах, поступающих в регенерацию, составляет в среднем 90%, количество поглощенного сернистого ангидрида при этом достигает 96...98% от исходного.

Таблица 4.37

Состав сдувочных газов из котла при варках острым паром с кислотой состава: 6,5...7,0% всего SO₂, 0,8...1,1% связанного SO₂

Период варки	Температура в котле в момент отбора пробы, °С	Давление в котле в момент отбора пробы, МПа	Титр щелока в момент отбора пробы, %		Состав сдувочных газов в объемных %		
			SO ₂	CaO	SO ₂	N ₂	CO ₂
При заварке после получения жидкости	84...86	0,6	4,73	0,55	52,8	25,10	18,10
То же	94...98	0,6...0,61	4,78	0,66	85,8	4,03	9,27
При подъеме температуры на 135 °С	106	0,58...0,6	—	—	89,2	7,20	10,80
То же	118	0,58	2,62	0,42	84,9	6,40	8,70

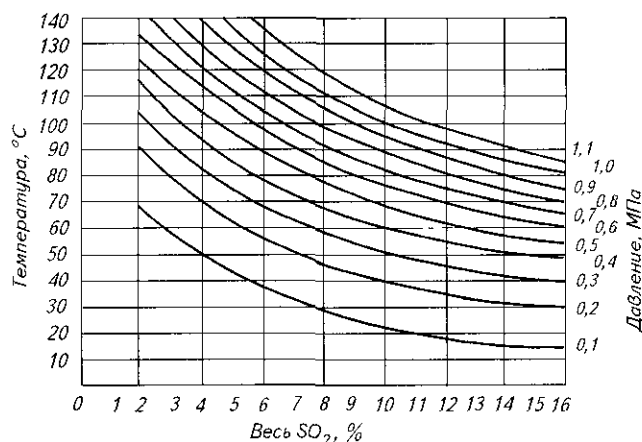


Рис. 4.20 Равновесные состояния сульфитной кислоты (1% связ SO₂) при разных температурах и концентрациях SO₂

Окончание табл. 4.37

Период варки	Температура в котле в момент отбора пробы, °С	Давление в котле в момент отбора пробы, МПа	Титр щелока в момент отбора пробы, %		Состав сдувочных газов в объемных %		
			SO ₂	CaO	SO ₂	N ₂	CO ₂
При подъеме на конечную температуру	134	0,58	2,70	0,45	94,5	4,30	1,20
	134	0,60	2,24	0,16	98,6	0,52	0,88
	140	0,60	–	–	94,5	2,04	3,46
	126...140	0,60	–	–	94,5	2,04	3,46
	140	0,60	1,54	0,08	99,5	0,4	0,1
	144	0,60	0,90	0,09	97,0	2,3	0,7
	148	0,60	0,58	0,06	84,3	0,2	15,5
	148	0,65	0,32	0,08	86,9	0,4	12,7
При спуске давления	146	0,47...0,5	0,71	–	93	0,8	6,2
	146	0,45	0,77	0,08	96,1	0,1	3,8
	146	0,42	0,61	0,06	99,5	0,4	0,1
	142	0,38	0,29	0,06	92,0	0,1	7,9
	138	0,30	0,39	0,06	97,6	0,1	2,3

В табл. 4.38 представлены данные по содержанию SO₂ и паров воды в сдувках при бисульфитной варке.

Таблица 4.38

Состав сдувочных парогазов при бисульфитной варке с варочным раствором на магниевом основании состава: SO_{2общ} = 4,5...5,0%, pH = 3,9...4,2

Период варки	Состав парогазов, объемный %			Массовое соотношение $\frac{SO_2 \cdot 100}{SO_2 + H_2O}$, %
	SO ₂	H ₂ O	Инертные (по разности)	
При подъеме на температуру варки (140–160 °С)	2,79	91,46	5,75	10,06
При собственно варке (160–165 °С)	3,23	87,0	9,77	12,31
Конечная сдувка	1,33	96,6	2,07	4,37

Примечание. Массовое соотношение соответствует концентрации SO_{2общ} в растворе, полученном при полной конденсации парогазов сдувки и полном улавливании SO₂ из них.

Таким образом видно, что сдувки при подъеме на температуру варки и при собственно варке укрепляют варочный раствор, а конечная сдувка – разбавляет его.

Содержание цимола в сдувочных газах после их охлаждения находится в зависимости от температуры, до которой газы охлаждены (табл. 4.39).

Таблица 4.39

Парциальное давление и плотность паров цимола при различных температурах

Температура, °С	Давление пара, кПа	Плотность пара, кг/м ³
0	0,6	0,04
20	0,8	0,05
40	1,4	0,06
50	2,8	0,13
80	5,7	0,27
100	7,5	0,51

4.8.4. КОЛИЧЕСТВО И СОСТАВ РЕГЕНЕРИРУЕМОЙ ЖИДКОСТИ

Количество варочной кислоты в котле перед заваркой в зависимости от степени наполнения котла щепой, влажности щепы и количества остающегося в щепе воздуха изменяется от 11 до 5 м³/т воздушно-сухой целлюлозы.

Количество сырой кислоты, вводимой в регенерационную установку, меньше указанных значений на количество регенерируемой жидкости и составляет от 8 до 4 м³/т целлюлозы.

Количество избыточной жидкости, подлежащей удалению из варочного котла при варке острым паром, уменьшается с повышением степени уплотнения щепы (табл. 4.40).

Таблица 4.40

Изменение количества сдувочной жидкости в зависимости от степени уплотнения щепы в варочном котле (при варке острым паром)

Степень уплотнения щепы, %	Количество избыточной сдувочной жидкости в м ³ на 1 т целлюлозы	Степень уплотнения щепы, %	Количество избыточной сдувочной жидкости в м ³ на 1 т целлюлозы
0	2,0	20	1,4
5	1,8	25	1,3
10	1,6	30	1,2
15	1,5	—	—

Количество жидкости, уносимой со сдувочными газами в виде водяного пара, составляет в среднем 8% от объема кислоты в котле перед заваркой.

Опыт проведения глубоких перепусков щелока из одного варочного котла в другой показывает, что после завершения пропитывания щепы основанием из варочного котла без ущерба для качества целлюлозы может быть выведено 50% и более от количества, введенного в котел (при загрузке котла щепой без уплотнения).

В отдельных случаях варки успешно завершались в парогазовой фазе. При сильном уплотнении щепы в котле количество регенерируемой жидкости доводят до 30% от количества жидкости, вводимой в котел. Чем выше концентрация SO₂ в закачанной в котел варочной кислоте (в пробе из котла после смешения регенерационной кислоты с перепушенным щелоком), тем при меньшем содержании основания в кислоте может быть достигнут указанный эффект.

Важнейшими условиями получения качественной целлюлозы при проведении глубоких перепусков щелока и при завершении варок при низком жидкостном модуле являются обеспечение пропитывания щепы бисульфитом и применение кислоты с высокой концентрацией растворенного SO₂.

При смешении сырой кислоты из регенерационной установки с перепускаемым щелоком в варочном котле концентрация SO₂ и основания в кислоте снижается.

Состав перепускаемого щелока обычно колеблется в пределах 1,5...3,5% всего SO₂ и связанного SO₂ от 0,3 до 0,5%. Состав смешанной кислоты определяется по формуле

$$X = \frac{ac_1 + bc_2}{a + b}, \quad (4.41)$$

где X – концентрация SO_2 или основания в смешанной кислоте, %;

a – количество смешиваемой (сырой или варочной) кислоты в $\text{м}^3/\text{т}$ воздушно-сухой целлюлозы;

b – количество сдувочной жидкости или перепускаемого щелока в $\text{м}^3/\text{т}$ воздушно-сухой целлюлозы;

c_1 – концентрация SO_2 или основания в смешиваемой кислоте, %;

c_2 – концентрация SO_2 или основания в сдувочной жидкости или в перепускаемом щелоке, %.

4.8.5 ПОКАЗАТЕЛИ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ТЕПЛОВЫХ БАЛАНСОВ ВАРКИ И РЕГЕНЕРАЦИИ

В табл. 4.41 приведена сводка показателей материальных и тепловых балансов варки и регенерации для различных условий.

Таблица 4.41

Показатели тепловых и материальных балансов варки (конечная температура 139 °С) и регенерации

Показатели	При опорожнении котлов способом				
	выдувки	выдувки	вымывки	выдувки	вымывки
Способ варки	острым паром	острым паром	острым паром	глухим паром	глухим паром
Выход из 1 м^3 котла воздушно-сухой целлюлозы ¹⁾ , кг	84	84	84	92	92
Выход целлюлозы из абс. сухой древесины, %	48	48	48	48	48
Влажность щепы, %	40	40	40	40	40
Впитывание кислоты древесиной (от объема щепы), %	25	25	25	25	25
Количество варочной жидкости ²⁾ , поступающей в котел, на 1 т воздушно-сухой целлюлозы, м^3	8,115	8,115	8,115	7,080	7,080
Количество кислоты, закачиваемой на 1 т воздушно-сухой целлюлозы, м^3	6,715	6,715	6,715	5,420	5,420
Количество перепускаемых щелоков, м^3	1,40	1,40	1,40	1,66	1,66
То же в % от закачиваемой в котел варочной жидкости	17	17	17	23	23
Модуль (жидкость : абс. сухая щепа) перед заваркой	695 : 154 = 4,5	695 : 154 = 4,5	695 : 154 = 4,5	668 : 168 = 3,98	668 : 168 = 3,98
Объем жидкостных сдувок в период заварки на 1 т воздушно-сухой целлюлозы, м^3	1,28	1,28	1,28	–	–
То же в % от закачиваемой в котел варочной жидкости	15,6	15,6	15,6	–	–
Температура кислоты, закачиваемой в котел, °С	61	80	80	80	80
Температура сырой кислоты, °С	23	17	17	17	17
Использование тепла (нагрев кислоты в °С) за счет:					
– жидкостной сдувки;	14	17	17	–	–
– сдувки высокого давления;	10	10	7	8	8
– сдувки низкого давления;	14	используется для нагрева воды	24	20	26
– паров вскипания;	не используется		32	17	37

Окончание табл. 4 А1

Показатели	При опорожнении котлов способом				
	выдувки	выдувки	вымывки	выдувки	вымывки
Содержание в щелоке перед конечной сдувкой, %:					
– сернистого ангидрида;	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
– связанного SO ₂ ;	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
Расход тепла пара ³⁾ на варку и подогрев кислоты без учета возврата конденсата, МДж:					
– на собственно варку;	3,666	3,164	3,164	2,808	2,808
– на паровой уплотнитель;	0,434	0,434	0,434	0,578	0,578
– на подогрев кислоты;	–	0,155	–	–	0,282
Итого:	4,100	3,753	3,598	3,386	3,668
Регенерация тепла, МДж:					
– от сдувок высокого давления;	0,764	0,800	0,729	0,188	0,188
– от сдувок низкого давления;	0,461	0,396	0,750	0,503	0,652
– с перепускным щелоком;	0,658	0,658	0,658	0,779	0,779
– от паров вскипания;	–	0,949	0,478	0,812	0,418
Итого:	1,883	2,803	2,615	2,282	2,037
Регенерация тепла, % от расхода пара на варку и подогрев кислоты	46	74	72	67	55
Общее количество жидкости, поступившей в варочный котел (кислота, влага в щепе, конденсат пара), м ³	10,580	10,580	10,580	8,480	8,480
Регенерация жидкости, м ³ :					
– с перепускным щелоком;	1,400	1,400	1,400	1,660	1,660
– со сдувками низкого и высокого давления,	0,270	0,270	0,349	0,213	0,309
– с жидкостными сдувками;	1,280	1,280	1,280	–	–
Итого:	2,950	2,950	3,029	1,873	1,969
Регенерация жидкости, % к общему количеству поступившей в котел жидкости	28	28	29	22	23
Общее количество сернистого ангидрида, поступившего в варочный котел, кг	581,0	613,5	613,5	524,4	524,4
Регенерация сернистого ангидрида, кг:					
– с перепускным щелоком;	52,0	56,0	56,0	61,4	61,4
– с жидкостными сдувками;	63,0	68,5	68,5	–	–
– со сдувками высокого и низкого давления и от испарителя	280,0	303,0	304,0	280,4	280,4
Всего, кг	395,0	427,5	428,5	341,8	341,8
Регенерация сернистого ангидрида, % к общему его количеству, поступившему в варочный котел ⁴⁾ .	68	70	70	65	65

Примечания. 1) Целлюлоза I, II и III сорта и сучки.

2) Кислота и перепускной щелок.

3) Расход пара дан без учета возможных потерь и расхода его на дополнительные операции: продувку сеток котла, повторную додувку, встряхивание целлюлозы в котле и т. д.

4) Регенерация сернистого ангидрида дана приближенно, без учета потерь.

4.8.6 СХЕМЫ УСТАНОВОК ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ SO_2 И ТЕПЛА

Рациональная регенерационная установка должна обеспечивать улавливание всего SO_2 и тепла, неиспользованных при варке целлюлозы, а также получение варочной кислоты с содержанием не менее 10% всего SO_2 и нагретой до 70...100 °С.

Установка должна быть достаточно простой.

Основные условия обеспечения указанных требований:

- полная герметичность установки;
- выведение горячей жидкости из продуктов сдувок путем проведения перепусков щелока из одного варочного котла в другой в буферную емкость;
- соблюдение принципа противотока кислоты и газов (наименее насыщенная кислота должна встречаться с газами, содержащими лишь остатки SO_2 , и наоборот);
- поглощение газа более холодной кислотой (с нагревом готовой кислоты);
- тщательное перемешивание кислоты и газов;
- поддержание в поглотительном аппарате давления, существенно превышающего требуемое по равновесному состоянию для бисульфитных растворов SO_2 ;
- установка поглотительной колонки для удержания остатков SO_2 из сдувочных газов перед отводом этих газов в башни кислотного цеха и для улавливания SO_2 , выделяющегося при вскипании отработанного щелока;
- проведение непрямого подогрева кислоты в аппарате, в который не поступают сдувочные газы;
- полное использование SO_2 и тепла, выделяющихся при вскипании отработанных щелоков;
- отделение и отвод цимола;
- полное использование SO_2 и тепла при отгонке SO_2 из отработанных щелоков;
- поддержание достаточного запаса (не менее суточного) кислоты в емкостях с целью выравнивания концентрации.

Важнейшим условием нормальной работы регенерационной установки является равномерное поступление кислоты и особенно сдувочных газов.

Выполнение этого условия обеспечивается при строгом соблюдении суточного графика варок и сдувок газа и жидкости.

Постоянству условий работы кислотного цеха и, в частности, серных печей способствует направление непоглощенных, так называемых «хвостовых» газов из регенерации в специальную башню, заполненную инертной насадкой и орошаемую водой или при работе на растворимых основаниях раствором соответствующего основания.

Принципиальные схемы регенерационных установок, в основном, удовлетворяющих названным требованиям приведены на рис. 4.21 и 4.22 [10].

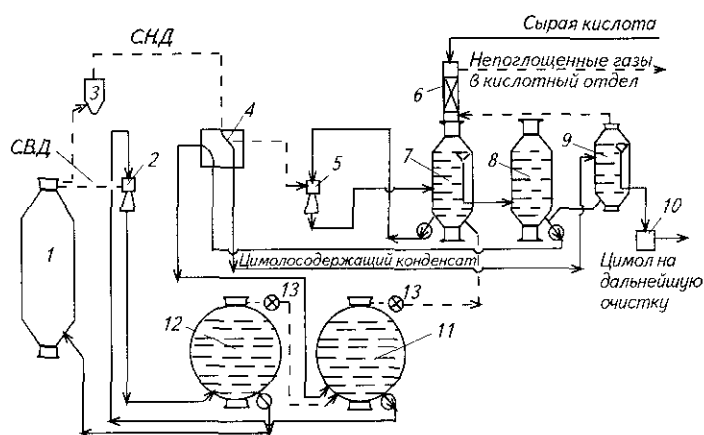


Рис. 4.21. Технологическая схема комбинированной регенерации диоксида серы и тепла при варке сульфитной целлюлозы

1 – варочный котел; 2 – эдуктор высокого напряжения; 3 – ловушка для волокна; 4 – спиральные теплообменники; 5 – эдуктор низкого давления; 6 – колонка дополнительного поглощения; 7 – кислотный бак с постоянным уровнем; 8 – расходный кислотный бак; 9 – цимолоотстойник; 10 – сборник цимола; 11 – регенерационная цистерна; 12 – расходная цистерна; 13 – регулятор давления, СВД – сдувки низкого давления, СВД – сдувки высокого давления

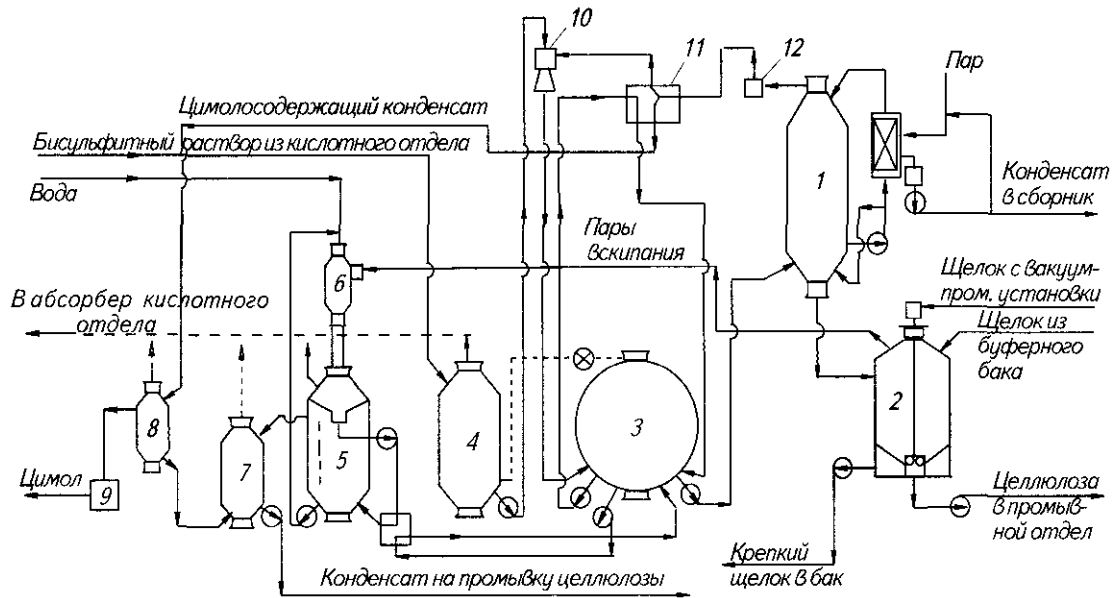


Рис. 4.22. Рекомендуемая технологическая схема регенерации диоксида серы и тепла при варке бисульфитной целлюлозы: 1 – варочный котел; 2 – биметаллическая сжежа; 3 – расходная цистерна; 4 – кислотный бак, 5 – бак-аккумулятор; 6 – конденсатор смешения; 7 – бак для конденсата; 8 – цимолоотстойник; 9 – сборник цимола; 10 – эдуктор; 11 – спиральные теплообменники; 12 – ловушка для волокна

4.8.7. ПОЛУЧЕНИЕ ЖИДКОГО SO₂ ИЗ СДУВОЧНЫХ ГАЗОВ

Своеобразным способом регенерации SO₂ является разработанный Сомером [2] и осуществленный на нескольких скандинавских предприятиях способ получения жидкого диоксида серы из сдувочных газов. На рис. 4.23 изображена схема процесса.

Сдувочные газы из варочных котлов через сепаратор для отделения жидкости поступают в холодильник, где охлаждаются холодной водой или кислотой до температуры 40...50 °С. Конденсат из холодильника стекает в цимолоотстойник, а газы через ловушку для брызг направляются в основной конденсатор для SO₂, где происходит охлаждение газов до 15...20 °С при поддержании давления 0,4...0,5 МПа (4...5 кгс/см²). При концентрации SO₂ в сухих газах около 90% эти условия, как видно из табл. 4.42, обеспечивают сжижение 75...80% всего количества SO₂, содержащегося в газах.

Таблица 4.42

Зависимость степени сжижения SO₂ от концентрации в газе, его температуры и давления

Температура охлаждения газов, °С	Степень сжижения SO ₂ при концентрации его в газах					
	90%			95%		
	и при давлении в сборнике жидкого SO ₂ , МПа (кг/см ²)					
	0,4 (4,0)	0,45 (4,5)	0,50 (5,0)	0,4 (4,0)	0,45 (4,5)	0,50 (5,0)
15	0,77	0,83	0,87	0,89	0,92	0,94
20	0,56	0,71	0,80	0,79	0,86	0,90
25	–	0,37	0,64	–	0,71	0,83

Жидкий диоксид серы из конденсатора стекает в сборник, находящийся под тем же давлением что и конденсатор. Неконденсировавшийся газ из сепаратора поступает в абсорбционную колонку, работающую под давлением, где SO₂ поглощается холодной водой с получением 20%-го водного раствора, собираемого в приемнике, куда стекает и водный раствор SO₂ из цимолоотстойника. Водный раствор SO₂ через теплообменник,

обогреваемый горячим конденсатом, перекачивают в отгонную колонку, куда подается острый пар. Парогазовая смесь из отгонной колонки пропускается через два последовательных конденсатора: в первом из них конденсируется водяной пар, во втором – SO₂, который спускается в общий сборник. Таким образом, за вычетом небольших потерь SO₂ с горячим конденсатом из отгонной колонки с непоглощенными газами из абсорбера система практически обеспечивает количественное сжижение всего SO₂, поступающего с газовыми сдувками из варочных котлов. Давление в системе регулируется клапаном на выходе газов, уходящих в атмосферу из абсорбера.

При выборе режима сжижения SO₂ необходимо иметь в виду, что при температуре ниже 12 °С может образоваться кристаллогидрат, а при температуре выше 15 °С заметно снижается степень сжижения (см. табл. 4.42). По этой причине давление в системе следует поддерживать не ниже 0,4 МПа, что затрудняет использование сдувок низкого давления из котла. Правда, в сдувках низкого давления содержится значительно меньше SO₂, работа же при более высоком давлении позволяет отказаться от абсорбционно-десорбционной установки, так как степень сжижения возрастает; следовательно, при сжижении SO₂ только из сдувок высокого давления схема может быть упрощена [4].

Полученный из сдувочных газов жидкий диоксид серы может использоваться для смешения с варочной или сырой кислотой или подаваться непосредственно в варочные котлы (как это имеет место, например, в некоторых способах двухступенчатой варки).

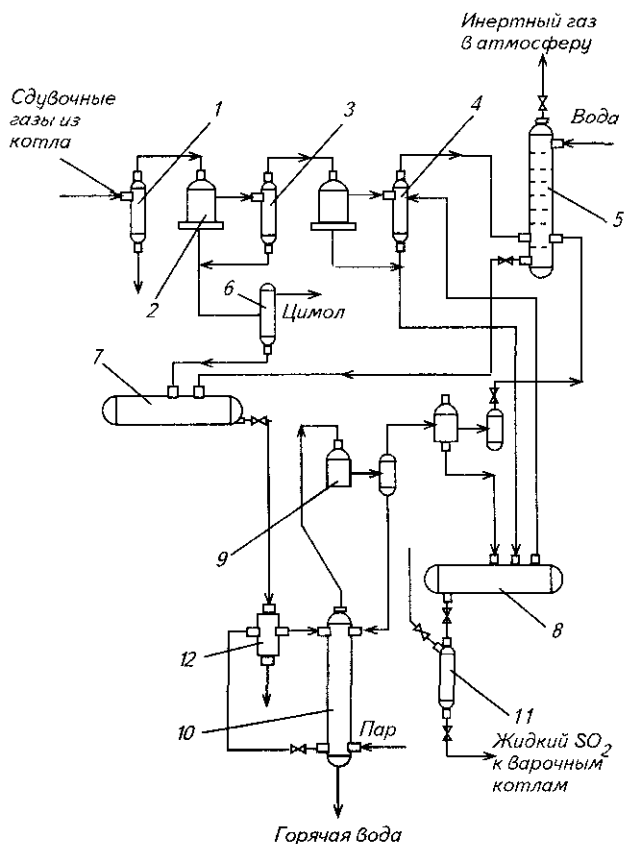


Рис 4.23. Схема получения жидкого SO₂ из сдувочных газов по способу Сомера:

- 1 – конденсатор первой ступени;
- 2 – сепараторы;
- 3 – конденсатор второй ступени, 4 – сепаратор жидкого SO₂;
- 5 – абсорбционная колонка; 6 – отстойник цимола;
- 7 – приемник водного раствора SO₂; 8 – приемник жидкого SO₂;
- 9 – конденсатор; 10 – отгонная колонка; 11 – манжета;
- 12 – теплообменник

4.8.8 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ SO₂ И ТЕПЛА

Теплообменники. Для расчета поверхности теплообменников можно пользоваться формулой

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}}, \tag{4.43}$$

где F – поверхность теплообмена, м²;
 Q – количество передаваемого тепла, Вт;
 K – коэффициент теплопередачи, Вт/(м² · град);
 Δt_{cp} – средняя разность температур теплоносителей, °С.

$$\Delta t_{cp} = \frac{v_1 - v_2}{2,303 \lg \frac{v_1}{v_2}}, \tag{4.44}$$

где v_1 – разность температур в одном конце теплообменника;
 v_2 – разность температур в другом конце теплообменника.

При отношении $v_1 : v_2$ менее 2, Δt_{cp} можно принимать как среднюю арифметическую

$$\Delta t_{cp} = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (4.45)$$

Количество передаваемого тепла

$$Q = v \cdot \Delta t \cdot c_p, \quad (4.46)$$

где v – секундный расход газов в $\text{м}^3/\text{сек}$ или жидкости в $\text{кг}/\text{сек}$;

Δt – разность между начальной и конечной температурами теплоносителя, °С;

c_p – теплоемкость 1 м^3 газа или 1 кг жидкости при температуре t , $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$.

Коэффициент теплопередачи для спиральных теплообменников при охлаждении сдувочных газов и паров вскипания щелока может быть принят равным $1970 \dots 2100 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{град}$.

Спиральные теплообменники для охлаждения сдувочных газов и паров вскипания щелока рекомендуется устанавливать в две ступени – в первой парогазовая смесь охлаждается водой или кислотой, которые при этом нагреваются до заданной температуры (например, до $70 \dots 90$ °С), поддерживаемой регулятором; во второй ступени (контрольной) газ охлаждается свежей водой без использования тепла.

В табл. 4.43 приведены теплосодержание и объем парогазовой смеси на 1 м^3 сухого газа в зависимости от температуры.

Таблица 4.43

Теплосодержание и объем парогазовой смеси

Температура, °С	Теплосодержание парогазовой смеси		Объем парогазовой смеси	
	кДж/м ³	%	м ³	%
99	60,30	100	38,830	100
90	4,95	8,5	4,317	11,1
80	1,99	3,3	2,429	6,3
70	1,04	1,75	1,814	4,7
60	0,59	1,0	1,518	3,9

Таким образом, при охлаждении парогазовой смеси в первой ступени до $60 \dots 70$ °С может быть отобрано $98 \dots 99\%$ тепла. Во второй ступени, следовательно, теряется всего $1 \dots 2\%$ тепла. В то же время, благодаря большой разности температур между газом и жидкостью, в обеих ступенях потребная поверхность теплообмена в $1,5 \dots 2$ раза меньше, чем при охлаждении в одну ступень.

Укрупненные нормы для ориентировочного определения поверхности спиральных теплообменников приведены в табл. 4.44.

Таблица 4.44

Нормы для определения поверхности спиральных теплообменников

Поверхности спиральных теплообменников	Охлаждение газа		
	в одну ступень	в две ступени	
		I ступень	II ступень
Для охлаждения конечных сдувок от одного котла при продолжительности спуска давления 1,5 ч, $\text{м}^2/\text{м}^3$ котла	0,4	0,2	0,05...0,1
Для охлаждения паров вскипания щелока при продолжительности отбора щелока из котла 1,5 ч, $\text{м}^2/\text{м}^3$ котла	0,4	0,2	0,05...0,1

Спиральные теплообменники. По нормам НИИхиммаш спиральные теплообменники характеризуются следующими данными:

Поверхность теплообменников, м ²	8; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63
Ширина ленты, из которой навиваются спирали, мм	250; 380; 500; 750; 1000; 1250
Ширина каналов, мм	5; 7; 10; 12
Толщина ленты, мм	2–6

Характеристика теплообменников, изготавливаемых Сумским заводом и фирмой «Розенблад», приведена в табл. 4.45.

Таблица 4.45

Техническая характеристика вертикальных спиральных теплообменников

Показатели	Теплообменники фирмы «Розенблад»			Теплообменники Сумского завода
	газ- жидкость	жидкость- жидкость	жидкость- жидкость	
Номинальная поверхность теплообмена, м ²	40	40	90	35
Размеры цилиндра теплообменника, мм:				
– диаметр;	820	730	1010	1265
– ширина:	1200	1200	1200	–
Толщина листа спирали, мм	–	2,5	2,5	–
Рабочее давление, МПа	1,0	0,9	0,9	0,6
Диаметры штуцеров, мм:				
– для входа газа (жидкости);	150	100	100	200
– для выхода газа;	80	100	200	200
– для выхода конденсата;	60	–	–	25
– для входа и выхода воды;	100	100	100	100
Ширина канала, мм	–	6...12	8	–
Габаритные размеры, мм:				
– длина;	1215	1410	1700	1590
– ширина;	995	790	1080	1265
– высота;	1850	1700	1700	1565
Общая масса теплообменника, кг	1485	–	–	1986

Теплообменники пластинчатые разборные. Пластинчатые разборные теплообменники собираются из отдельных штампованных гофрированных пластин на стальной или чугунной раме. На раме размещены штуцеры для присоединения трубопроводов и стяжное устройство.

Максимально допустимая температура рабочих сред ограничивается термостойкостью уплотнений.

В пластинчатом теплообменнике пространство между двумя пластинами, разделенными прокладкой, в котором протекает рабочая жидкость, называется щелевидным каналом, а набор пластин, образующих щелевидные каналы, в которых каждая рабочая жидкость течет в одном направлении, – пакетом. Понятие «пакет» тождественно понятию «ход» в многоходовом кожухотрубчатом теплообменнике.

Гофрированная поверхность пластин обеспечивает высокую турбулентность движения жидкости и, как следствие, высокий коэффициент теплопередачи при малой средней скорости.

Поверхность пластинчатого теплообменника компоуется в соответствии с тепловым расчетом из отдельных гофрированных пластин по параллельной, последовательной или смешанной системе. Компоновка может быть одно- и многопакетная. Схема компоновки пластин условно выражается в виде дроби. В числителе дроби первая цифра обозначает число каналов в пакете, а вторая – число пакетов для охлаждаемой жидкости, а в знаменателе дроби – то же для нагреваемой жидкости.

При числе пакетов больше одного движение охлаждаемой жидкости в теплообменнике происходит последовательно, в первом пакете сверху вниз, во втором – снизу вверх, в третьем – сверху вниз и т. д.

Характеристика пластинчатых теплообменников фирмы «Лаваль» и завода Уралхиммаш приведена в табл. 4.46.

Таблица 4.46

Техническая характеристика пластинчатых теплообменников

Показатели	Теплообменники фирмы «Лаваль»			Теплообменники завода Уралхиммаш	
	I (марка P151-1B)	II (марка P151-1B)	III	I (марка 119-2A)	II (марка 119-1A)
Номинальная поверхность, м ²	50	100	150	50	100
Размеры пластин, мм:					
– ширина;	500	500	500	500	500
– длина;	1370	1370	1370	1370	1370
– толщина;	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Номинальный зазор между пластинами, мм	5	5	5	5	5
Сечение щелевидного канала, м ²	0,00185	0,00185	0,00185	0,0018	0,0018
Компоновка пакетов	<u>6+7x6</u>	<u>13x3+4x4</u>	<u>20x5+21x2</u>	<u>10x5</u>	<u>13x3+14x4</u>
	6+7x6	13x3+4x4	20x5+21x2	10x5	13x3+14x4
Общее число пластин	101	191	285	101	191
Рабочее давление, МПа	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
Пробное давление, МПа	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8
Диаметр штуцеров, мм	100	100	100	100	100
Габаритные размеры, мм:					
– длина полная;	2204	3174	4016	2135	3015
– длина пакетов пластин;	640	1200	1880	665	1260
– ширина;	830	830	830	740	740
– высота;	1860	1860	1860	2210	2210
Общий вес, кг,			3500	1940	2670
в том числе вес пластин, кг				777	1410
Номинальный расход жидкости, м ³ /ч	20	40	60	–	–

Движение нагреваемой жидкости происходит в обратном направлении. Число пакетов всегда нечетное. При нагревании жидкости паром и охлаждении парогазовой смеси теплообменник должен компоноваться таким образом, чтобы охлаждаемая среда проходила один пакет (сверху вниз), а нагреваемая – несколько, с тем чтобы скорость жидкости не была бы слишком малой.

Схема компоновки пакетов такого теплообменника поверхностью 50 м² выражается следующей дробью

$$\frac{50}{10 \times 5}$$

При охлаждении сдувочных газов пластинчатые теплообменники с такой компоновкой пакетов могут устанавливаться только во второй ступени, так как сечение проходов этих теплообменников имеет недостаточ-

ные размеры для пропуска всего того объема парогазовой смеси, которое они могли бы охладить при данной поверхности теплообмена в случае установки в первой ступени.

Это обстоятельство предопределяет очень большое гидравлическое сопротивление на газовом потоке в этом случае.

На входе во вторую ступень объем газа при температуре 60...70 °С составляет всего 4...5% от первоначального.

Зависимость коэффициента теплопередачи и потери напора от скорости жидкости пластинчатых теплообменников этого типа приведена в табл. 4.47.

Таблица 4.47

*Зависимость коэффициента теплопередачи и потери напора
в пластинчатом теплообменнике от скорости жидкости*

Скорость жидкости, м/сек	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² · град)	1500	1900	2300	2500	2800	3100	3200	3500	3500
Потеря напора, кПа	19,6	29,4	44,1	58,9	68,7	98,1	107,9	147,1	147,1

Эти данные получены при испытании теплообменника поверхностью 100 м² фирмы Лаваль при равных (приблизительно) скоростях охлаждаемой воды и нагреваемой кислоты и чистых поверхностях пластин.

Номинальному расходу жидкости 40 м³/ч соответствует скорость 0,46 м/с. Потери напора приблизительно пропорциональны числу пакетов для данной среды (при той же скорости).

Загрязнение пластин очень сильно сказывается на потерях напора и сравнительно мало на коэффициенте теплопередачи.

Например, при увеличении потери напора в 5 раз (с 49 до 245 кПа) коэффициент теплопередачи уменьшался на 20...25%. Это объясняется увеличением скорости жидкости в уменьшившемся сечении.

Для предотвращения выпадения осадка скорость жидкости должна находиться в пределах 0,6...1 м/с (50...80 м³/ч для теплообменника поверхностью 100 м²).

Для получения наиболее высокой температуры нагреваемой жидкости отношение часового расхода нагреваемой жидкости к охлаждаемой должно быть примерно 1 : 1,3. Разность температур на горячей стороне теплообменника при этом равняется 4...6 °С.

Эжекторы. Эжекторы (эдукторы) устанавливаются на сдувочных линиях с целью создания усиленного отвода газов из варочных котлов.

По принципу действия эжектор представляет собой струйный насос, в котором рабочей жидкостью служит кислота. Обычно принимаются следующие условия работы эжектора:

Разность давлений на входе и выходе кислоты – не менее 5 кг/см².

Скорость истечения кислоты из сопла 25...30 м/с.

Отношение диаметра сопла к диаметру камеры смешения (наименьшему диаметру диффузора) 1 : 2,4.

Кислотные баки. Для аккумуляции сырой башенной кислоты, а также крепкого и оборотного щелока используются, в основном, баки емкостью 350 и 550 м³, изготовленные или из углеродистой стали с 2-х слойной обмуровкой керамическими кислотоупорными плитками внутренней поверхности или из биметалла.

Баки имеют цилиндрическую форму, верх и низ баков конусные. Наружный диаметр баков 8200 мм, высота баков емкостью 350 м³ – 12 400 мм, емкостью 550 м³ – 16 000 мм.

4.9. СУЛЬФИТНАЯ ВАРКА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

4.9.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ СУЛЬФИТНОЙ ВАРКИ

Все сульфитные способы варки можно разделить на одноступенчатые и многоступенчатые.

Одноступенчатые варки.

1. Варка с сернистой кислотой без основания (рН около 1,0).
2. Сульфитная варка (рН 1,5...2,0) на кальциевом, магниевом, натриевом, аммониевом основаниях или их смесях. Кальциевое основание в настоящее время практически не используется.
3. Бисульфитная варка (рН 3,0...5,0).
4. Нейтрально-сульфитная варка (рН около 7).
5. Моносульфитная (щелочно-сульфитная) варка (рН 8...10).

Многоступенчатые варки. Двухступенчатые способы.

1. Сульфитно-сульфитный способ, в котором в обеих ступенях применяется сульфитная варочная кислота, но с различным содержанием основания.
2. Бисульфитно-сульфитный способ.
3. Моносульфитно-сульфитный способ.
4. Моносульфитно-бисульфитный способ.
5. Бисульфитно-моносульфитный способ.

Многоступенчатые комбинированные методы варки:

- сульфитно-сульфатный,
- сульфитно-содовый,
- бисульфитно-содовый,
- натронно-сульфитный,
- трехступенчатый бисульфитно-сульфитно-содовый.

4.9.2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕОРИИ СУЛЬФИТНОЙ ВАРКИ

4.9.2.1. Делигнификация древесины сульфитными растворами

Сульфитные варочные растворы с широким диапазоном рН (от 1 до 10) можно получать при использовании растворимых оснований – натриевого и аммониевого. Магниевое основание дает возможность получать растворы с рН не выше 5,5 и в основном используется при сульфитном и бисульфитном способах варки.

Раствор сернистой кислоты, не содержащий основания, имеет рН около 1, затем по мере повышения доли основания рН растет до 1,5 при сульфитной варке, до 3...5 при бисульфитной, 8...9 при моносульфитной и выше при щелочной сульфитной. При этом в растворе изменяется соотношение растворенного SO_2 , бисульфит- и сульфит-ионов. При кислой сульфитной варке довольно велика доля свободного, растворенного SO_2 (50...90%), а концентрация бисульфит-ионов зависит от заданного содержания основания и составляет примерно от 10 (при рН около 1) до 50% (при рН около 2). При бисульфитной варке избыточный (свободный) SO_2 или отсутствует совсем, тогда раствор представляет собой чистый бисульфит (рН 3,5 при магниевом основании и 4,5 при натриевом), или же в растворе содержится небольшое количество свободного SO_2 при рН ниже, чем в точке чистого бисульфитного раствора или сульфит-ионов при несколько повышенном рН.

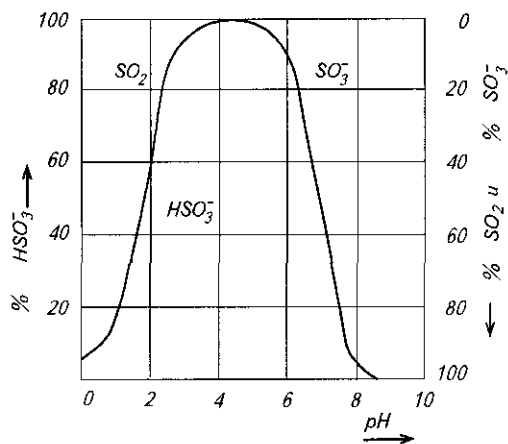


Рис. 4.24. Изменение состава сульфитных растворов на натриевом основании

По мере дальнейшего повышения содержания основания получают моносульфитные растворы с уменьшающейся долей бисульфит-ионов и увеличивающейся – сульфит-ионов, вплоть до 100%, когда рН достигает 9 и выше. При моносульфитной варке с колебанием рН в пределе 7...9 доля сульфит-ионов составляет 75...100%. Изменение рН сульфитных варочных растворов с различным соотношением общего и связанного SO_2 при концентрации всего SO_2 4% представлено в табл. 4.48 и на рис. 4.24.

Таблица 4.48

Изменение pH сульфитных варочных растворов

Заданное отношение % общего SO ₂ к % связанного SO ₂	pH		Заданное отношение % общего SO ₂ к % связанного SO ₂	pH	
	при 25 °С	при 100 °С		при 25 °С	при 100 °С
4,00/0,00	1,02	1,65	4,00/1,00	1,80	3,10
4,00/0,25	1,22	2,28	4,00/2,00	4,35	5,05
4,00/0,50	1,42	2,62	4,00/3,00	7,00	7,00
4,00/0,75	1,62	2,89	4,00/4,00	10,40	10,40

Реакции лигнина. Делигнификация древесины сульфитными растворами протекает благодаря растворению лигнина после его сульфонирования и гидролиза. При этом по скорости делигнификации природный лигнин делится на несколько групп. Различаются группы наличием фенольного гидроксила у 4-го атома углерода бензольного кольца и гидроксильной группы у α -углеродного атома пропановой цепочки, способного сульфонироваться.

Группа А-х₁ имеет гидроксилы в обоих положениях, она наиболее реакционно способна, так как в ней свободен для сульфонирования α -углеродный атом-пропановой цепочки, а реакции сульфонирования активируются фенольным гидроксидом. А-х₂ группа имеет только фенольный гидроксил, а α -углеродный атом прикрыт эфирной связью. Несмотря на это, группа А-х₂ также быстро сульфонируется, активируемая фенольным гидроксидом. А-z-группа имеет гидроксил у α -углеродного атома, она сульфонируется значительно медленнее, так как вместо фенольного гидроксиды у 4-го углеродного атома находится фенольно-эфирная группировка, которая меньше активирует реакцию сульфонирования. По данным Ю. Н. Непенина, сульфонирование z-групп в нейтральной среде протекает при температуре 135 °С за 24 часа. Для ускорения процесса при моносльфитной варке приходится применять особенно высокие температуры 170...190 °С.

В В-группе лигнина оба положения прикрыты эфирными связями. Она становится реакционноспособной только после гидролиза, в то время как А-х₁, А-х₂ и А-z группы легко сульфонируются в любой среде – кислой, нейтральной или слабощелочной.

При делигнификации древесины сульфитными растворами в нейтральной или щелочной среде сульфидирующими агентами являются бисульфит и сульфит-ионы, а сульфонирование А-групп протекает, как выше отмечалось, более или менее легко в широком диапазоне значений pH. Сульфонирование А-групп лигнина приводит только к частичной делигнификации древесины. При этом получают волокнистые полуфабрикаты высокого выхода, с высоким содержанием углеводов, но слабоделигнифицированные, то есть с высоким остаточным содержанием лигнина. Для проведения более глубокой делигнификации необходимо гидролитическое воздействие варочной жидкости. Гидролиз необходим, во-первых, для превращения В-групп лигнина, блокированных эфирными связями, в В-группы, способные сульфонироваться, и, во-вторых, для разрыва связей как в самом лигнине, так и между лигнином и углеводами, после чего он становится более растворимым.

С увеличением доли связанного SO₂ и повышением концентрации сначала бисульфит-ионов вплоть до получения чистого бисульфитного раствора, а при дальнейшем введении основания и сульфит-ионов до получения моносльфитных растворов гидролизующая способность варочной жидкости уменьшается. Частичная компенсация замедления делигнификации при уменьшении кислотности достигается повышением температуры. Если при обычной сульфитной варке в кислой среде она составляет 120...130 °С, то при варке с повышенным содержанием основания 130...145 °С, при бисульфитной 150...165 °С, а при моносльфитной уже 170...190 °С.

4.9.2.2. Особенности бисульфитной варки (pH 3,0 – 5,0)

Применение растворов чистых бисульфитов для варки целлюлозы известно с 1885 года, первые патенты на этот способ были взяты в 1917 году.

Бисульфитная варка древесины является частным случаем сульфитной. В процессе ее также происходит сульфонирование и инактивация лигнина, его растворение, гидролиз и окисление. Но более высокие значения pH бисульфитных растворов (3,0...5,0) по сравнению с сульфитной кислотой (1,5...2,0), обуславливают различие характера всех процессов, протекающих при варке.

Пропитка щепы. При использовании растворов с высоким рН и повышенным содержанием связанного SO_2 достаточное количество основания проникает к центру щепы в начальный момент пропитки, поэтому эффект от подвижности ионов и скорости диффузии при бисульфитной варке не играет такой важной роли, как в случае обычной сульфитной варки. Температура при бисульфитной варке может быть быстро повышена до максимальной без всякой опасности подгорания щепы.

4.9.2.3 Реакции сульфонирования и конденсации лигнина

Принципиальных различий химизма реакций сульфитной и бисульфитной варок нет.

Особенности бисульфитного процесса делигнификации связаны с кинетикой всех протекающих при варке реакций.

При низких рН степень сульфонирования лигнина, выраженная через отношение серы к метоксильным группам (S/OCH_3), составляет 0,3...0,5, а при бисульфитной варке она несколько выше – 0,4...0,7.

Согласно гипотезе О. Мааса скорость делигнификации пропорциональна произведению $[\text{H}^+]$, $[\text{HSO}_3^-]$ или $[\text{H}_2\text{SO}_3]$, то есть избытку SO_2 . При переходе от сульфитной варки к бисульфитной, вследствие увеличения концентрации связанного SO_2 и, следовательно, бисульфит-ионов, это произведение будет уменьшаться. Связанное с этим уменьшение скорости делигнификации компенсируют увеличением температуры варки до 158...165 °С.

Величина энергии активации для бисульфитной варки по данным Н. А. Розенбергера (112,44 кДж/моль) выше, чем для сульфитной (86,94 кДж/моль).

При бисульфитном способе варки используют, главным образом, натриевое или магниевое основание.

При одинаковых условиях варки древесины ели делигнификация с бисульфитом магния протекает примерно в 1,5 раза быстрее, чем с бисульфитом натрия. При повышении температуры на 10 °С скорость реакции увеличивается при варке с бисульфитом натрия в 1,9 раза, а с бисульфитом магния – в 2,1 раза, что объясняется более высоким рН натрий-бисульфитного раствора при температуре варки.

Энергия активации делигнификации при магниев-бисульфитной варке (117,6 кДж/моль) несколько выше, чем при натрий-бисульфитной (110,0 кДж/моль).

Параллельно с сульфонированием и растворением сульфонированного лигнина при сульфитных методах варки протекают реакции конденсации лигнина, которые конкурируют с реакциями сульфонирования и замедляют процесс делигнификации. При этом между фенилпропановыми единицами лигнина образуются новые углерод-углеродные связи, увеличивающие его молекулу и затрудняющие переход лигнина в раствор.

Конденсация лигнина ускоряется с увеличением кислотности на границе твердой и жидкой фаз и повышения температуры. Она особенно опасна в начальной стадии варки, когда твердые лигносульфонные кислоты в древесине при недостатке основания могут вызывать локальное возрастание кислотности. Относительное развитие реакций сульфонирования перед реакциями конденсации лигнина определяется концентрацией бисульфит-ионов.

$$\frac{\text{сульфонирование}}{\text{конденсация}} = \frac{K'[\text{H}^+][\text{HSO}_3^-]}{K''[\text{H}^+]} = K[\text{HSO}_3^-]$$

Торможение процесса делигнификации при сульфитной варке вызывается также конденсацией лигнина с фенольными соединениями, содержащимися в древесине, такими как пиносильвин или его монометилловый эфир, находящиеся в ядровой древесине большинства пород сосны, танины флоботанниновой группы, а также флавоноид дигидрокверцетин, присутствующий в древесине лиственницы. Протеканию фенольной конденсации способствуют те же условия, что и кислотной конденсации лигнина. Высокое содержание фенолов в древесине является причиной малой пригодности сульфитного процесса для варки таких пород, как сосна и дугласова пихта.

При бисульфитной варке создаются благоприятные условия для реакций сульфонирования лигнина, которые тормозят развитие реакций фенольной конденсации. Поэтому бисульфитный способ пригоден для варки древесины всех хвойных и лиственных пород.

Замедление процесса делигнификации при сульфитной варке вызывает взаимодействие лигнина с тиосульфатом, попадающим в кислоту в процессе регенерации химикатов. При рН 3,0...5,0, то есть в области бисульфитной варки, реакция лигнина с тиосульфатом протекает с минимальной скоростью.

4.9.2.4. Реакции углеводов

Важнейшими реакциями сульфитных методов варки является гидролиз и растворение гемицеллюлоз. От отношения скоростей растворения гемицеллюлоз и лигнина, которое характеризует избирательность варочного процесса, зависит выход и качество целлюлозы.

Повышенное содержание гемицеллюлоз в целлюлозе способствует улучшению ее способности к размолу и повышению физико-механических показателей.

Скорость растворения гемицеллюлоз зависит от кислотности варочного раствора и температуры. Избирательность делигнификации увеличивается при возрастании концентрации бисульфит-ионов. Следовательно, бисульфитные растворы более избирательно воздействуют на лигнин, чем сульфитная кислота. Но эффект от высокой концентрации бисульфит-ионов при бисульфитной варке уменьшается вследствие применения более высокой температуры.

При сульфитном процессе происходит глубокий гидролиз гемицеллюлоз – щелок содержит преимущественно моносахара наряду с небольшим количеством полисахаридов. При бисульфитной варке гемицеллюлозы частично гидролизуются, и в щелоке находится смесь полисахаридов наряду с небольшим количеством моносахаридов. При выходе целлюлозы 58...62% последние в щелоке отсутствуют.

4.9.2.5. Побочные реакции

При сульфитных способах варки, кроме основных реакций, протекают также побочные реакции, оказывающие влияние на ход и результаты варки. Наиболее важные из них приведены в табл. 4.49.

Таблица 4.49

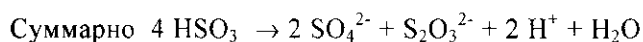
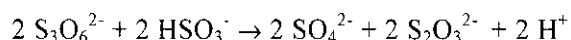
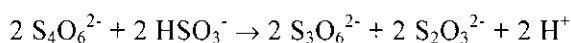
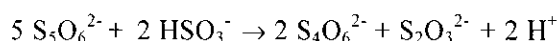
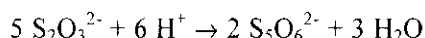
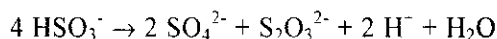
Основные побочные реакции при сульфитных способах варки

Продукты реакций	Реакции
Сульфаты	$4 \text{HSO}_3^- \rightarrow 2 \text{SO}_4^{2-} + \text{HS}_2\text{O}_3^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$
α -гидроксисульфонаты	$\text{HSO}_3^- + \text{RCHO} \rightarrow \text{RCH}(\text{OH})\text{SO}_3^-$
Сульфонаты сахаров	$n \text{HSO}_3^- + \text{RCHO} \rightarrow \text{R}'(\text{COOH})\text{SO}_3^- + \text{HS}_2\text{O}_3^-$
Альдоновые кислоты	$2 \text{HSO}_3^- + 2 \text{RCHO} \rightarrow 2 \text{RCOOH} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
Углекислота	$2 \text{HSO}_3^- + 2 \text{HCOOH} \rightarrow 2 \text{CO}_2 + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 3 \text{H}_2\text{O}$
p-Цимол	$2 \text{HSO}_3^- + 2 \text{C}_{10}\text{H}_{16} \rightarrow 2 \text{C}_{10}\text{H}_{14} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 3 \text{H}_2\text{O}$

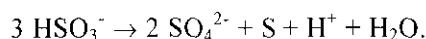
Во всех этих реакциях участвуют бисульфит-ионы, превращающиеся в более или менее стабильные соединения серы, поэтому они являются причиной более избыточного, чем это необходимо для реакций делигнификации, расхода серы.

Побочные реакции, протекающие во время варки, можно разделить на два типа. Одни представляют собой цепное автокаталитическое разложение бисульфит-ионов и являются целиком «неорганическими» реакциями, другие включают участие органических компонентов варочной жидкости.

Разложение бисульфит-ионов в процессе варки протекает по следующей схеме:



Реакция разложения бисульфит-ионов может также протекать до образования элементарной серы:



Последнее имеет место тогда, когда произведение концентрации ионов водорода и тиосульфата достигает определенного уровня:

$$[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}] [\text{H}^+] > 1,3 \times 10^{-4}.$$

Таким образом, в варочном растворе образуется смесь тиосульфата, полиитионатов, сульфата и элементарной серы и, кроме того, увеличивается концентрация ионов водорода. Относительное количество различных продуктов, полученных во время разложения, зависит от ряда факторов, таких как температура, исходная концентрация бисульфит-ионов и ионов водорода.

Отрицательное влияние на стабильность сульфитных растворов оказывают примеси некоторых веществ, являющихся катализаторами их разложения. Катализаторами разложения являются тиосульфат, мышьяк, элементарная сера, некоторые металлы, например, кобальт, молибден и селен. Последний является более сильным катализатором разложения бисульфит-ионов, чем тиосульфат, и поэтому в процессе приготовления кислоты должен быть отделен.

«Неорганическое» разложение бисульфит-ионов ускоряется в большой степени побочными реакциями, в которых участвуют органические компоненты варочной жидкости (табл. 4.49), поскольку эти реакции оказывают влияние на концентрацию тиосульфата и кислотность среды

Скорость образования тиосульфата в результате побочных реакций описывается следующей формулой

$$K_1 \cdot [\text{S}_2\text{O}_3^{2-}] \cdot [\text{H}^+] + K_2 [\text{альдозы}] \cdot [\text{HSO}_3^-], \quad (4.47)$$

где K_1 и K_2 – константы скорости;

$[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]$ – общая концентрация тиосульфата;

$[\text{H}^+]$ – концентрация ионов водорода;

$[\text{альдозы}]$ – концентрация альдоз;

$[\text{HSO}_3^-]$ – концентрация ионов бисульфита.

Из формулы следует: при одной и той же температуре бисульфитный варочный раствор значительно стабильнее, чем сульфитный даже при высоком содержании тиосульфата. Это объясняется очень низкой концентрацией ионов водорода. Однако положение меняется, если сравнивать эти растворы в условиях варки. При переходе от сульфитной варки к бисульфитной скорость образования тиосульфата и, соответственно, разложения бисульфит-ионов увеличиваются.

Таким образом, с точки зрения стабильности кислоты бисульфитная варка является менее выгодной, чем сульфитная.

Расход серы на химические реакции при бисульфитной варке возрастает за счет более глубокого сульфирования лигнина и за счет большего разложения бисульфита. Бисульфитная варка целлюлозы нормального выхода требует больших расходов серы на химические реакции, чем сульфитная, а общий расход серы на бисульфитную варку вследствие больших количеств неизрасходованного бисульфита, присутствующего в конечном щелоке, всегда заметно выше, чем при варке сульфитной целлюлозы.

4.9.2.6. Влияние различных факторов на процесс бисульфитной делигнификации

При бисульфитном способе основными переменными факторами, влияющими на процесс делигнификации и результаты варки, являются pH варочного раствора, температура и расход SO_2 . Эти факторы взаимосвязаны химически и термодинамически, но в разной степени в зависимости от pH.

Влияние pH бисульфитного раствора. Величина pH бисульфитного раствора определяет скорость гидротических процессов, протекающих при варке: растворение сульфированного лигнина, гидролиз гемицеллюлоз и деградацию целлюлозы. С повышением pH при прочих равных условиях эти процессы замедляются, скорость варки в интервале pH 3...4 уменьшается вдвое, а в интервале 4...5 в 10 раз. Обычно бисульфитную варку проводят при pH 3,0...4,5. Увеличение pH в этом диапазоне вызывает снижение содержания редуцирующих веществ в щелоке, увеличение белизны целлюлозы (на 2...3%) и показателей механической прочности, особенно разрывной длины и сопротивления продавливанию.

Влияние температуры варки. При повышении температуры скорость химических и физических процессов, протекающих во время варки, увеличивается, но в разной степени. Повышение температуры на 10 °С сопровождается ускорением процесса делигнификации примерно в 2 раза.

Бисульфитный процесс позволяет в более широких пределах варьировать температуру (от 150 до 170 °С), так как варка осуществляется при большом диапазоне рН варочного раствора (3,0...5,0). Максимальная температура варки устанавливается в зависимости от начального рН варочного раствора. При оптимальном рН 4,0 температура должна составлять 160 °С, при рН 3,5 (магниевое основание) – 158 °С.

Бисульфитную варку лиственной древесины проводят при температурах на 3...5 °С ниже, чем хвойной.

Влияние концентрации SO₂ в бисульфитном растворе. Для бисульфитной варки требуется более высокий расход серы, чем при сульфитном способе.

Повышение концентрации SO₂ в бисульфитных растворах увеличивает скорость делигнификации и улучшает избирательность этого процесса до определенных пределов. При варке еловой целлюлозы, если гидромодуль равен 5:1, таким пределом является концентрация 4%, при варке сосновой и лиственной целлюлозы – 4,5%.

Количественный расход бисульфита по отношению к древесине связан с его концентрацией в растворе через гидромодуль:

$$A = cV, \quad (4.48)$$

где c – концентрация бисульфита в кислоте в %,

V – гидромодуль, л на 1 кг а. с. древесины; при постоянном гидромодуле характер влияния раствора бисульфита на варку будет таким же, как концентрация кислоты.

Применяя бисульфитный раствор с определенным содержанием SO₂ можно, регулируя температуру и продолжительность варки, изменять выход целлюлозы и содержание в ней лигнина. При использовании крепких растворов бисульфита выход и белизна целлюлозы при любом содержании лигнина повышаются. Это особенно заметно при получении волокнистого полуфабриката с низким содержанием лигнина и мало сказывается при высоких выходах, когда продолжительность варки относительно невелика и химикаты расходуются в небольшом количестве.

4.9.2.7. Свойства бисульфитной целлюлозы

Бисульфитная варка обеспечивает получение целлюлозы, которая по механической прочности занимает промежуточное положение между сульфатной и сульфитной целлюлозами. Наиболее высокую прочность имеет бисульфитная целлюлоза, полученная при рН 4,0 и температуре 160 °С.

Важным преимуществом бисульфитной целлюлозы является высокая прочность в неразмолотом (20...25 °ШР) состоянии, что позволяет использовать ее после очень небольшого размола. В этом случае показатели разрывной длины и сопротивления продавливанию соответствуют показателям хорошо размолотой сульфитной целлюлозы, а показатель сопротивления раздиранию значительно выше.

По скорости фильтрации водных суспензий бисульфитная целлюлоза также превосходит обычную сульфитную целлюлозу, поэтому бумага из нее может отливаться при большой скорости машин и при этом получается прочное и хорошо сформованное бумажное полотно.

Бисульфитная целлюлоза нашла широкое применение в производстве различных видов бумаги, особенно печатных и писчих. В массовых видах бумаги, типа газетной, она используется в небеленом виде, так как имеет белизну 65...68%.

4.9.3. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕБЕЛЕННОЙ СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Товарная небеленая сульфитная целлюлоза (ГОСТ 6501–82) из хвойной древесины вырабатывается шести марок:

- Ж-0 – для тонкой высокопрочной печатной и упаковочной бумаги;
- Ж-1 – для других видов высокопрочной бумаги;
- Ж-2 – для жиронепроницаемой бумаги;
- Ж-3 – для типографской № 3, газетной, писчей цветной, обложечной, курительной, бумаги для каталогов и карточек;
- Ж-4 – для обойной, мундштучной, оберточной, для почтовых документов, текстильных патронов, тароупаковочных и технических видов бумаги и картона;

– Ж-5 – для впитывающей бумаги.

Целлюлоза этих марок должна удовлетворять требованиям (табл. 4.50):

Таблица 4.50

Технические требования на небеленую сульфитную целлюлозу из хвойной древесины в соответствии с ГОСТом 6501–82

Наименование показателя	Норма для марки					
	Ж-0	Ж-1	Ж-2	Ж-3	Ж-4	Ж-5
Степень делигнификации	не менее 27	не менее 27	37–27	35–27	не менее 27	не более 27
Механическая прочность при размоле в мельнице ЦРА при 60 ° ШР и массе отливки площадью 1 м ² 75 г:						
Разрывная длина, м, не менее:	9000	8700	7500	7000	6800	6500
Излом (число двойных перегибов), не менее;	3000	2800	2000	1500	1000	800
Массовая доля смол и жиров, %, не более	1,0	1,3	1,3	1,5	1,5	1,5
Сорность – число соринки на 1 м ² :						
– площадью от 0,1 до 1,0 мм ² включений, не более;	500	600	700	700	850	750
– площадью от 1,0 до 2,0 мм ² , не более	не допускается	не допускается	10	10	20	10
5. Массовая доля пентозанов, %, не менее	5,5	–	5,3	–	–	–
6. рН водной вытяжки целлюлозы, не менее	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
7. Влажность при поставке, %, не более	20	20	20	20	20	20
8. Влажность расчетная, %	12	12	12	12	12	12

Примечания. 1. Соринки площадью св. 1,0 до 2,0 мм² для марки Ж-2 допускаются только в целлюлозе, предназначенной для изготовления подпергамента.

2. Соринки площадью св. 1,0 до 2,0 мм² для марки Ж-3 допускаются только в целлюлозе, предназначенной для изготовления газетной бумаги.

3. Массовая доля пентозанов нормируется только для целлюлозы, предназначенной для изготовления жиронепроницаемой бумаги.

4.9.4. ХАРАКТЕРИСТИКА ОТРАБОТАННОГО СУЛЬФИТНОГО ЩЕЛОКА

Состав щелоков и пределы колебаний концентраций отдельных его компонентов приведены в табл. 4.51[4].

Таблица 4.51

Характеристика отработанных сульфитных щелоков

Показатели	Целлюлоза			
	жесткая	средняя	мягкая	вискозная
Содержание сухих веществ в щелоке, кг/м ³ :				
– при промывке целлюлозы на фильтрах	102	107	114	112
– при промывке целлюлозы в счежах	97	102	108	107
Зольность сухого остатка, %	10	9	8	8

Окончание табл. 4.51

Показатели	Целлюлоза			
	жесткая	средняя	мягкая	вискозная
Концентрация сахаров в щелоке, %				
– при промывке целлюлозы на фильтрах	2,60	2,80	3,15	3,20
– при промывке целлюлозы в сеежах	2,45	2,65	2,95	3,05
Содержание сбраживаемых сахаров (гексоз), % общего их количества	64	66	68	70
Общая кислотность щелока, мл 0,1 н. NaOH на 100 мл при индикаторе – смеси Андерсена	75...90	–	–	90...130
Сернистые соединения, %:				
– свободная сернистая кислота	0,06...0,08	–	–	0,08...0,10
– моносульфит	0,05...0,07	–	–	0,02...0,04
– бисульфит	0,50...0,80	–	–	0,30...0,40

Указанное соотношение между сбраживаемыми и несбраживаемыми сахарами (примерно 2:1) в сульфитном отработанном щелоке характерно для варки хвойной древесины, в частности, еловой. При сульфитной варке лиственной древесины содержание пентоз в отработанном сульфитном щелоке составляет 86...92%, т. е. на долю сбраживаемых приходится всего 8...14%. Таким образом производство этилового спирта из щелока от варки лиственной древесины нерационально, но благодаря высокому содержанию пентозных сахаров из них можно получать кормовые дрожжи. Сульфитный щелок содержит также большое количество уксусной кислоты, которая может утилизироваться. Сера в виде различных ее соединений содержится в отработанных щелоках от варок жесткой и мягкой целлюлозы в количествах, приведенных в табл. 4.52 [1].

Таблица 4.52

Распределение соединений серы в щелоке сульфитной варки

Наименование соединения	Содержание серы в щелоке (в пересчете на SO ₂),%	
	от варки жесткой целлюлозы	от варки мягкой целлюлозы
Сера, прочно связанная с органическими веществами	0,6...0,7	1,1...1,2
Сера, прочно связанная в виде неорганических соединений (сульфаты, тиосульфат, полиотионаты)	0,1...0,2	0,2...0,3
Сера, непрочно связанная с органическими веществами (легкоотщепляемый SO ₂)	0,2...0,3	0,1...0,2
Сера в виде неизрасходованного бисульфита и свободного SO ₂	0,2...0,25	0,1...0,15

4.9.5. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ХОД И РЕЗУЛЬТАТЫ СУЛЬФИТНОЙ ВАРКИ

Ход варки и ее результаты зависят от следующих факторов: температурного режима, состава варочного раствора, жидкостного модуля, давления, породы и качества древесины, качества щепы, предварительной пропитки щепы и др.

Влияние режима пропитки. Влияние температуры на скорость пропитывания щепы варочным раствором показано в табл. 4.53, 4.54, 4.55 [1].

Таблица 4.53

Влияние температуры на скорость пропитывания щепы водой при атмосферном давлении ($9,8 \cdot 10^4$ Па)

Температура воды, °С	Количество воздуха, вытесненного из щепы при пропитке, в % к содержанию в сухой щепе при продолжительности пропитки					
	15 мин	30 мин	45 мин	60 мин	75 мин	90 мин
50	4,5	6,0	7,0	7,5	8,0	8,5
65	11,0	16,0	19,0	20,5	22,0	23,0
80	30,0	43,0	50,0	50,5	51,0	51,5
100	68,0	81,0	88,0	92,0	94,0	97,0

Таблица 4.54

Влияние температуры на степень пропитывания щепы бисульфитом во время периодов заварки и пропитки при сульфитной варке

Изменения в щепе и щелоке	Температура, °С			
	105	110	115	120
Влажность щепы после пропитки, %	54,1	56,6	58,1	62,2
Зольность щепы в % к абсолютно сухой древесине	2,6	2,83	3,07	3,2
Изменение веса щепы после пропитки в % к абс. сухой древесине	100,5	97,7	96,5	92,7
То же, но без золы	97,8	95,0	93,7	90,0
Содержание всего SO ₂ в кислоте после пропитки, %	2,42	2,27	1,98	1,84
pH кислоты после пропитки	2,27	2,4	2,3	2,2
Редуцирующие сахара, %	0,25	–	0,44	0,68
Пентозаны в кислоте, %	0,24	0,25	0,34	0,38
Лигнин в кислоте, осаждаемый α-нафтиламиноном (вес осадка), г	0,077	–	0,14	0,27

Примечание. Исходная влажность щепы 24%. Условия пропитывания: подъем температуры до 105 °С – 2 ч 30 мин, до 110 °С – 2 ч 30 мин, до 115 °С – 2 ч 30 мин, до 120 °С – 2 ч 30 мин. Продолжительность выдерживания при температуре пропитки 1 ч 30 мин. Состав кислоты: 4% всего SO₂ и 1% связ. SO₂.

Таблица 4.55

Влияние температуры на скорость пропитки щепы сульфитной варочной кислотой

Содержание всего SO ₂ в кислоте, %	Продолжительность пропитки, ч				
	Температура при пропитке, °С				
	100	105	110	115	120
4	3,25	3,00	2,75	2,50	2,25
6	2,85	2,57	2,32	2,15	2,00
8	2,50	2,25	2,05	1,82	1,70

Количество вытесненного из щепы воздуха пропорционально давлению водяного пара (рис. 4.25).

Чем выше давление водяного пара, т. е. чем выше температура воды, тем больше воздуха вытесняется из щепы. Вместе с тем, повышение гидростатического давления, создаваемого столбом окружающей щепу жидкости, снижает количество вытесняемого из щепы воздуха.

При температуре воды 100 °С и атмосферном давлении за 0,5 часа из щепы удаляется свыше 80% содержащегося в ней воздуха, а при 130 °С и избыточном давлении 4,5 атм (0,45 МПа) за то же время удаляется 15% воздуха.

Введение достаточного количества бисульфита в щепу до достижения температур 110...115 °С одно из важнейших условий успешного проведения варки.

Учитывая, что стадия процесса, в которой еще необходимо защитное действие бисульфита, не заканчивается при 110...115 °С, дальнейший подъем температуры следует проводить с замедленной скоростью для обеспечения восполнения расходуемого бисульфита из раствора.

Пониженная температура пропитки способствует и более равномерному распределению бисульфита в щепе. Это является следствием удерживания катиона в наружных слоях щепы лигносульфовыми кислотами, скорость образования которых резко возрастает с повышением температуры.

Влияние конечной температуры на результаты варки [1]. После обеспечения полной пропитки щепы основанием скорость сульфитной варки при повышении температуры на 10 °С возрастает примерно в 2 раза (рис. 4.26).

Соотношение между числом Каппа и хлорным числом представлены на рис. 4.27.

Повышение температуры в связи с ускорением гидролиза ведет к некоторому снижению механической прочности целлюлозы, однако сокращение продолжительности варки на конечной температуре оказывает положительное влияние и понижение прочностных свойств оказывается незначительным. Изменение химического состава древесины ели в процессе сульфитной варки и влияние конечной температуры варки на содержание РВ в щелоке приведено, соответственно, в табл. 4.56 и 4.57.

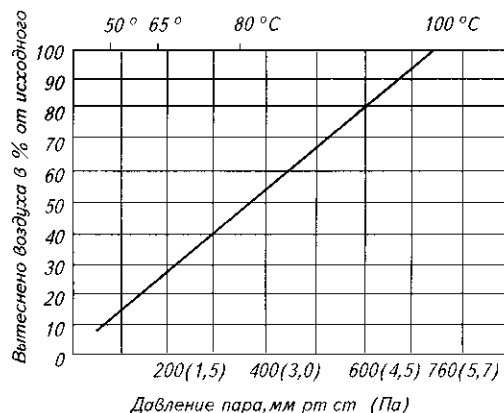


Рис 4.25 Зависимость количества вытесненного воздуха из щепы от давления водяного пара

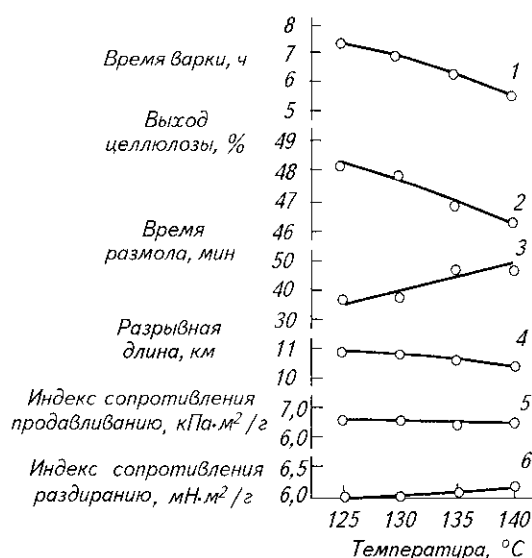


Рис 4.26 Влияние конечной температуры на продолжительность варки, выход и показатели механической прочности целлюлозы (хлорное число 3,5) 1 – продолжительность варки, 2 – выход, 3 – время размоча, 4 – разрывная длина, 5 – сопротивление продавливанию, 6 – сопротивление раздиранию

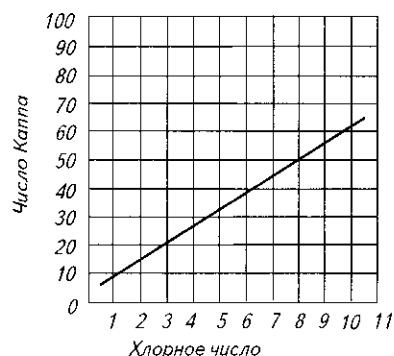


Рис 4.27 Соотношение числа Каппа и хлорного числа

Таблица 4.56

Изменение химического состава древесины в процессе сульфитной варки [10]

Химический состав древесины	Исходная древесина	Подъем температуры до 110 °С	Стоянка при 110 °С	Подъем температуры до 140 °С	Варка при 140 °С продолжительностью		
					45 мин	1 ч 30 мин	2 ч 15 мин
Выход остатка древесины	100,0	95,4	83,5	56,9	55,7	49,5	47,6
Галактоза	1,68	1,56	0,51	следы	–	–	–
Глюкоза	49,00	49,75	49,50	49,50	51,90	46,10	45,70
Манноза	12,10	10,40	8,70	4,51	3,90	2,92	2,58
Ксилоза	6,23	6,25	6,35	2,32	2,33	1,96	2,28
Арабиноза	0,74	следы	–	–	–	–	–
Всего моносахаридов	69,75	67,60	65,06	56,33	58,13	50,98	50,56
Всего полисахаридов	62,75	61,00	58,50	50,60	52,25	45,90	45,60
Содержание РВ после инверсии (определено эбулиостатически)	79,40	78,60	68,10	60,30	64,10	59,90	56,60
Негидролизуемый остаток (лигнин)	8,50	27,50	23,30	5,01	3,26	1,41	0,44
Спирто-бензольный экстракт	2,14	1,63	1,39	0,54	0,43	0,39	0,44

Таблица 4.57

Влияние конечной температуры варки на содержание РВ в сульфитном щелоке при варке еловой древесины. (Состав кислоты: 5,2% всего S O₂, 0,9% связ. SO₂)

Конечная температура варки, °С	Перманганатная жесткость целлюлозы, °Бе	Выход редуцирующих веществ в % от веса древесины
130	140	7,2
130	127	9,7
130	95	9,9
130	45	10,6
140	140	10,0
140	127	10,0
140	82	11,0
140	25	12,3
150	132	10,6
150	39	12,2

Влияние температуры варки на расход серы. При повышении температуры варки удельный расход серы повышается вследствие снижения выхода целлюлозы и усиления разложения варочной кислоты (табл. 4.58).

Таблица 4.58

Влияние температуры варки на удельный расход серы

Температура варки, °С	Перманганатная жесткость, °Бе	Состав кислоты, %		Содержание серы в щелоке, г/100 г древесины					Расход серы на 1 т воздушно-сухой целлюлозы, кг
		SO ₂	CaO	прочно-связанная	легкоотщепляемая	сульфатная	тиосульфатная	всего	
110	125,1	10,1	1,05	0,97	1,62	0,30	0,05	2,94	51,6
110	85,8	10,7	1,05	2,00	1,62	0,38	0,05	4,05	64,2
110	75,7	10,4	1,05	2,17	1,48	0,42	0,05	4,12	77,7
110	52,6	10,6	1,05	2,26	1,80	0,44	0,09	4,59	81,6
110	37,5	10,6	1,05	2,30	1,95	0,47	0,13	4,85	87,7
145	128,5	10,9	1,05	1,27	1,52	0,30	0,09	3,18	66,5
145	92,6	11,1	1,05	2,27	1,88	0,40	0,12	4,67	83,9
145	40,1	10,2	1,05	2,19	1,87	0,60	0,12	4,78	95,2
145	23,1	11,1	1,05	2,89	2,00	0,70	0,12	5,71	119,0

Влияние состава варочного раствора и жидкостного модуля. Влияние крепости кислоты и температуры пропитки на ее продолжительность приведено на рис. 4.28

Влияние состава варочной кислоты на выход целлюлозы приведено в табл. 4.59 и 4.60.

Таблица 4.59

Влияние содержания всего SO₂ в кислоте на выход отсортированной целлюлозы из еловой древесины

Содержание всего SO ₂ в кислоте, %	Продолжительность варки при 130 °С, мин	Степень провара целлюлозы, перманганатная жесткость	Выход целлюлозы из древесины, %		
			общий	непровар	отсортированной целлюлозы
9,0	50	130	60,5	1,0	59,5
	63	110	58,3	0,5	57,8
	75	90	55,6	–	55,6
	88	70	53,3	–	53,3
	108	50	50,5	–	50,5
7,0	65	130	59,4	1,0	58,4
	75	110	57,8	0,8	57,0
	85	90	55,0	–	55,0
	102	70	52,6	–	52,6
	120	50	49,2	–	49,2
5,0	95	130	59,0	4,4	54,6
	110	110	56,5	2,6	53,9
	130	90	52,8	0,6	52,2
	160	70	49,7	–	49,7
	210	50	47,5	–	47,8

Примечание. Содержание связанного SO₂ в кислоте 0,8%; основание аммониевое. Режим варки: заварка до 110 °С 3 ч; пропитка при 110 °С 1 ч; подъем температуры от 110 до 130 °С 1 ч 30 мин

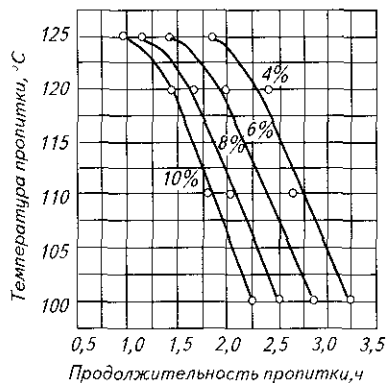


Рис. 4.28. Зависимость продолжительности пропитки щепы от температуры при различном содержании всего SO_2 в кислоте

Увеличение содержания связанного SO_2 (табл. 4.59) на 0,1% приводит к увеличению выхода целлюлозы в среднем на 0,35...0,4%.

Снижение степени провара приводит к увеличению выхода, так при увеличении содержания лигнина в целлюлозе на 0,1% выход ее возрастает примерно на 0,13%.

Таблица 4.60

Влияние содержания связанного SO_2 на выход целлюлозы из еловой древесины

Содержание связанного SO_2 в кислоте, %	Выход целлюлозы из древесины в % при различной перманганатной жесткости целлюлозы в градусах	
	70	110
0,7	51,4	56,0
0,8	52,3	56,2
0,9	53,0	56,4
1,0	53,5	56,6

Примечание. Содержание всего SO_2 в кислоте 7%; основание аммониевое. Режим варки: заварка до 110 °С 3 ч; пропитка при 110 °С 1 ч; подъем температуры от 110 до 130 °С 1 ч 30 мин; варка при 130 °С от 1 до 2 ч.

Влияние вида основания на результаты варки представлены в табл. 4.61.

Таблица 4.61

Влияние вида основания на продолжительность сульфитной варки, выход целлюлозы из еловой древесины и свойства небеленой целлюлозы [1]

Показатели	Вид основания (катиона)							
	Ca		Mg		Na		NH ₄	
	Варка в фазе							
	жидко- стной	паро- газовой	жидко- стной	паро- газовой	жидко- стной	паро- газовой	жидко- стной	паро- газовой
Продолжительность в ч-мин:								
- варки	8-00	7-25	8-00	7-05	7-30	6-45	6-45	6-42
- стоянки при конечной температуре 135 °С	2-30	1-30	2-30	1-10	2-00	0-50	1-15	0-47
Жесткость целлюлозы в перманганатных единицах	87,0	83,0	87,8	88,0	86,6	89,8	87,2	89,0
Выход целлюлозы, %	48,3	49,2	48,2	53,2	50,0	54,8	49,4	52,0
Количество непровара, %	2,8	1,5	1,7	0,8	0,3	нет	0,8	нет
Выход отсортированной целлюлозы, %	45,5		46,5		49,7		48,6	

Окончание табл. 4 61

Показатели	Вид основания (катиона)							
	Ca		Mg		Na		NH ₄	
	Варка в фазе							
	жидко- стной	паро- газовой	жидко- стной	паро- газовой	жидко- стной	паро- газовой	жидко- стной	паро- газовой
Содержание в целлюлозе, %:								
- лигнина	2,91	2,84	2,87	2,91	2,72	3,14	2,79	3,05
- альфа-целлюлозы	86,85	88,54	86,11	87,20	85,84	86,68	85,53	87,77
- пентозанов	3,64	5,62	3,59	5,44	5,06	6,69	5,04	5,89
- золы	0,72	0,58	0,83	0,60	0,49	0,49	0,58	0,55
Механические свойства целлюлозы:								
- разрывная длина, м	9370	8600	8670	8070	10460	9600	9370	9030
- излом. число двойных перегибов	1110	2130	1145	2465	980	2400	1140	2440
- сопротивление продавливанию, кПа	480	530	450	650	520	720	660	670
- сопротивление раздиранию, мН	-	900	-	1600	-	1120	-	130
- удлинение, %	3,40	3,10	3,10	3,90	3,00	3,30	2,90	3,50

Рекомендуются следующие оптимальные условия сульфитной варки еловой древесины [10].

Содержание всего SO₂ в варочной кислоте (при заварке), %:

- для котлов с рабочим давлением 0,6 МПа 5,5...6,0
- для котлов с рабочим давлением 1,2 МПа..... 7,5...8,0

Содержание связанного SO₂ в варочной кислоте при варке целлюлозы, %:

- жесткой 0,95...1,0
- средней жесткости 0,85...0,9
- мягкой 0,7...0,75

Температура при варке целлюлозы, °С:

- жесткой 130...135
- средней жесткости 138...140
- мягкой 145...148

Влияние вида растительного сырья [2].

Лигнин лиственных пород построен в основном не из гваяцильных, а из сирингильных фенолпропановых единиц, содержит больше метоксильных групп и менее склонен к реакциям кислой конденсации, чем еловый лигнин. Это облегчает конкуренцию сульфонирования с конденсацией и делает лиственный лигнин рас-

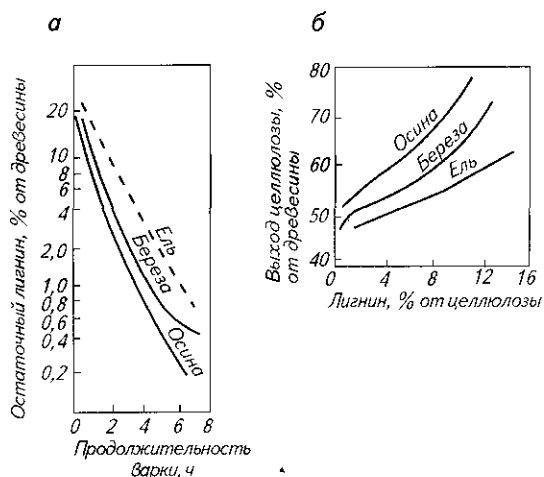


Рис 4.29 Изменение содержания лигнина при делигнификации древесины березы, осины и ели
а - в зависимости от продолжительности варки,
б - в зависимости от выхода технической целлюлозы

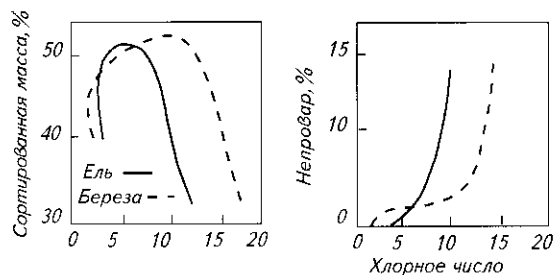


Рис 4.30 Изменение выхода сортированной целлюлозы и непровара в зависимости от степени провара при варке березы и ели

творимым при меньшей степени сульфирования. Поэтому лиственная древесина делигнифицируется быстрее хвойной и выход из нее целлюлозы при одинаковом остаточном содержании лигнина значительно выше (рис. 4.29, табл. 4.62).

При получении из березы очень мягких целлюлоз скорость делигнификации начинает резко замедляться из-за трудности удаления остаточного лигнина из клеток сердцевинных лучей.

Таблица 4.62

Влияние породы древесины на выход целлюлозы

Содержание лигнина в целлюлозе, %	Ель	Береза	Осина
	выход абс. сухой целлюлозы из абс. сухой древесины, %		
10	51,1	56,0	61,8
8	50,0	54,4	58,9
6	48,9	53,0	56,6
4	47,8	51,9	55,2
2	46,5	50,0	52,5

Точка разделения на волокна лиственных целлюлоз достигается при более глубокой степени провара, чем хвойных. Как видно из рис. 4.30, березовая целлюлоза дефибрируется примерно при хлорном числе 5, а еловая уже при хлорном числе 10. Это объясняется, очевидно тем, что у лиственных пород почти весь лигнин сосредоточен в межклеточном веществе.

Сравнительные результаты варок различных лиственных пород древесины представлены в табл. 4.63.

Таблица 4.63

Результаты варок различных лиственных пород древесины [11]

Порода	Выход целлюлозы, %	Лигнин в целлюлозе, %	Число Каппа	Белизна целлюлозы, %	Состав щелоков, %				Выход, кг/т целлюлозы	
					пентозаны	гексозаны	моносахариды	уксусная кислота	кормовых дрожжей	фурфурола
Береза (<i>Betula verrucosa</i>)	47,9	2,77	18,0	47,9	12,0	0,8	12,8	6,6	66,5	80,2
Бук (<i>Fagus sylvatica</i>)	47,91	1,54	19,8	41,7	13,6	1,0	14,6	6,1	76,7	90,8
Дуб (<i>Quercus cerris</i>)	41,2	2,45	22,7	48,1	12,1	2,2	14,3	5,5	92,2	94,0
Осина (<i>Populus tremula</i>)	51,9	2,46	17,6	59,0	11,3	0,5	11,8	5,7	56,3	69,6
Тополь (<i>Populus monilifera</i>)	49,3	1,91	14,7	63,2	8,8	0,5	9,3	4,1	47,5	57,1
Клен (<i>Acer campestre</i>)	44,0	1,41	13,2	63,9	10,7	1,7	12,4	4,2	65,0	77,8
Граб (<i>Carpinus betulus</i>)	46,9	2,21	20,7	52,8	13,1	0,4	13,5	6,7	76,7	89,4
Липа (<i>Tilia parvifolia</i>)	57,8	6,39	37,7	52,5	6,8	—	6,8	3,9	34,5	37,6
Ива (<i>Salix alba</i>)	54,7	2,31	19,2	57,1	9,1	0,5	9,6	4,8	43,7	53,2
Ясень (<i>Fraxinus excelsior</i>)	43,4	1,0	13,0	66,4	9,7	1,0	10,7	4,0	65,0	71,55
Ясень американский (<i>Fraxinus americana</i>)	44,2	1,12	11,2	68,6	11,7	4,4	16,1	4,8	92,2	84,7
Ильм (<i>Ulmus campestris</i>)	51,5	7,83	55,8	38,5	7,4	—	7,4	5,1	38,5	45,9

Влияние вида основания на показатели механической прочности лиственной целлюлозы сказывается таким же образом, как и при варке хвойных пород (рис. 4.31) [11].

Химический состав и свойства небеленых сульфитных целлюлоз и выход РВ из хвойных и лиственных пород различен (табл. 4.64 и 4.65; рис. 4.32) [11].

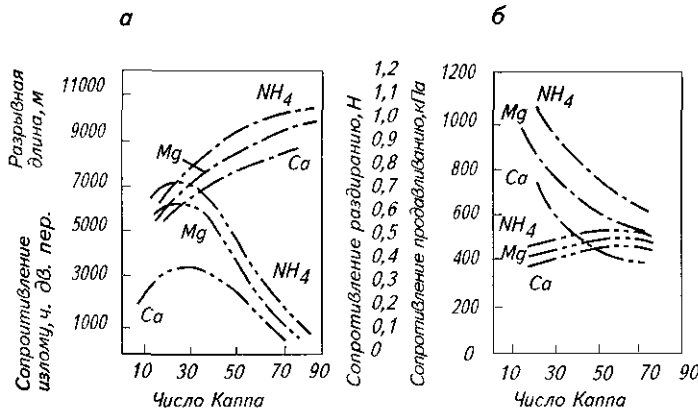


Рис 4.31. Показатели механической прочности березовой сульфитной целлюлозы в зависимости от степени ее провара, полученной с различными основаниями: а – разрывная длина – ···, сопротивление излому – ····; б – сопротивление раздиранию – ···; сопротивление продавливанию – ····

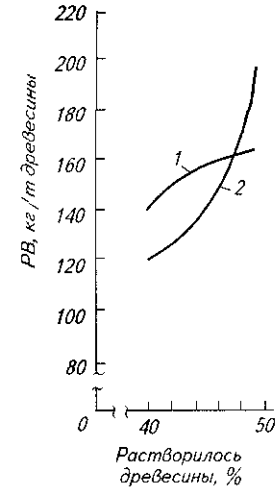


Рис 4.32. Выход РВ по ходу сульфитной варки [12]. 1 – ель, 2 – береза

Таблица 4.64

Химический состав небеленых сульфитных целлюлоз из еловой и березовой древесины

Целлюлоза	Число Каппа	Общий выход, %	Пентозаны, %	Лигнин, %	Эфирный экстракт (смола и жиры), %	Зола, %	Целлюлоза и маннан, %
Еловая древесина	7,0	44,9	5,2	1,2	1,7	0,3	91,6
	32,5	51,9	6,1	6,2	1,9	0,4	85,4
Березовая древесина	6,9	47,5	13,1	2,0	3,3	0,4	81,2
	16,0	48,0	13,4	2,6	2,1	0,4	81,5
	17,0	48,5	14,3	2,7	2,6	0,5	79,9
	24,0	50,9	15,4	4,1	1,5	0,4	78,6
	37,0	52,1	15,8	6,2	1,5	0,5	76,0

Таблица 4.65

Свойства небеленых и беленых сульфитных целлюлоз из еловой и березовой древесины

Целлюлоза	Число Каппа	Время размола, мин	Разрывная длина, м	Сопротивление продавливанию, кПа	Сопротивление раздиранию, Н	Число двойных перегибов	Светонепроницаемость	Степень белизны, %
Небеленая еловая	43,0	47	8900	220	0,63	3100	0,76	–
Небеленая еловая	39,0	38	10 500	180	0,80	4800	0,75	–
Небеленая березовая	28,5	39	8800	150	0,57	1700	0,80	–
Беленая еловая	–	55	8350	150	0,61	4400	0,71	90,5
Беленая березовая	–	43	7750	110	0,51	1500	0,72	90,5

Примечание. Механические свойства приведены при степени помола 50 ° ШР.

4 9 6 ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПРОПИТКА ЩЕПЫ ВАРОЧНЫМ РАСТВОРОМ

Предварительное пропитывание щепы варочным раствором сокращает продолжительность периодов заварки и пропитки при сульфитной варке и повышает выход целлюлозы из древесины, ее однородность и показатели механической прочности.

Пропитывание щепы включает два процесса: заполнение пор и крупных капилляров в древесине – принудительная пропитка и проникновение растворенных в жидкости реагентов в микрокапиллярную систему древесины (диффузионная пропитка).

Принудительная пропитка ускоряется:

- при удалении воздуха из щепы;
- при повышении давления;
- при снижении вязкости раствора (при повышении его температуры).

Скорость диффузионной пропитки возрастает:

- при повышении градиента концентраций (т. е. при повышении концентраций варочного раствора);
- при повышении температуры;
- при сокращении пути диффундирующего реагента (т. е. при предварительном заполнении пор и капилляров древесины пропитывающим раствором).

Методы улучшения процесса пропитки: предварительная пропарка, вакуумизация, применение гидростатического давления. Хороший эффект достигается при комбинировании указанных способов.

Пропаривание щепы. Пропаривание щепы следует совмещать с загрузкой ее в варочный котел с помощью парового уплотнителя. Уплотнитель должен присоединяться к горловине котла таким образом, чтобы

вводимый в котел пар и вытесняемый из щепы воздух не имели возможности выходить через верхнюю горловину, а проталкивались бы через толщу щепы в атмосферу через нижнюю горловину котла.

Пар должен вводиться в котел в таком количестве, чтобы к концу пропаривания температура щепы достигала 100 °С.

Температура пара, применяемого для пропаривания щепы, не должна превышать 240 °С. При более высокой температуре пар следует увлажнять распыливанием воды. Во время пропаривания щепы давление в котле не должно превышать атмосферного более, чем на 0,05 МПа.

При сырой щепе пропаривание дает больший эффект, чем при сухой. Количество пара, расходуемого на пропаривание щепы, зависит от начальной влажности щепы и составляет от 0,1 до 0,3 т на 1 т воздушно-сухой целлюлозы. Так как тепло этого пара в основном остается в щепе, пропаривание почти не увеличивает удельного расхода пара на варку.

Полное удаление воздуха из щепы пропариванием возможно лишь при нагреве щепы до 100 °С, т. е. до температуры, при которой парциальное давление паров воды в щепе равно атмосферному (табл. 4.66, рис. 4.33).

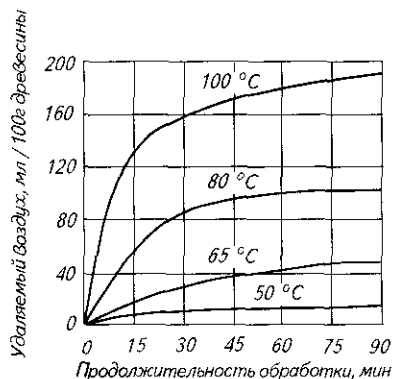


Рис 4.33 Вытеснение воздуха из еловой щепы водой при различной температуре

Таблица 4.66

Количество воздуха в щепе в зависимости от температуры и упругости паров воды

Температура, °С	Упругость паров воды, МПа	Остаток воздуха, %
50	0,012	88
60	0,020	80
70	0,032	68
80	0,048	52
90	0,072	28
100	0,1	0

Предварительная пропарка в сочетании с гидростатическим давлением используется при пропитке по способу Ва-Пардж.

Пропарка производится путем быстрой надувки наполненного щепой котла паром до давления 0,15...0,35 МПа (1,5...3,5 кгс/см²), кратковременной выдержки котла при этом давлении и последующего быстрого снижения давления до атмосферного или, по меньшей мере, до половины достигнутого. Эта операция может повторяться 2...3 раза. Затем следует заливка котла варочной кислотой и выдержка при этом давлении для завершения пропитки. Весь цикл может быть осуществлен за 30...40 мин.

Вакуумизация щепы. Вакуумизация щепы производится после заполнения котла щепой и закрытия крышки и всех отверстий, сообщающих котел с атмосферой. Вакуум создается посредством вакуум-насоса или парового эжектора.

Вакуумизация дает значительный эффект только при применении сухой щепы.

При влажной щепе или при щепе с разнородной влажностью применение этого мероприятия неэффективно.

Вакуумизация отрицательно сказывается на состоянии обмуровки варочных котлов и ее можно использовать лишь в биметаллических или в кислотоупорных стальных котлах.

Способ Виламо [13]. У нас он получил название «метод гидросбросов». В этом случае по окончании загрузки щепы в котел при закрытой крышке закачивается кислота «под крышку» и с помощью тех же кислотных насосов в котле создается гидравлическое давление 0,5...0,6 МПа (5...6 кгс/см²).

Выдержав котел под таким давлением 2...3 мин, давление резко сбрасывают, открывая клапан на специальной линии диаметром 200...250 мм, соединяющей верхнюю горловину котла с системой регенерации. Устройство обеспечивает сброс давления до 0,1...0,2 МПа (1...2 кгс/см²) за 20...30 с. После этого клапан закрывают и в котле с помощью кислотных насосов вновь создается высокое давление. Цикл повторяют 10...12 раз подряд. Общая продолжительность операции составляет 30...40 мин.

Пропитывание щепы по способу Памена. При этом способе щепа, пропаренная во время загрузки ее в котел, пропитывается крепкой горячей (80...100 °С) варочной кислотой при непрерывной циркуляции ее в системе варочный котел – регенерационная цистерна в течение 1...1,5 ч.

Кислота закачивается в котел снизу и отводится в верхнюю часть регенерационной цистерны из верхней части котла.

Объем регенерационной цистерны должен быть в 3...4 раза больше количества кислоты, вмещающейся в котел. Давление в системе котел – регенерационная цистерна поддерживается на уровне 3...4 ати (но может быть и большим). Воздух, вытесняемый из щепы во время пропитки, отводится из регенерационной цистерны. Кислота в регенерационной цистерне непрерывно подогревается.

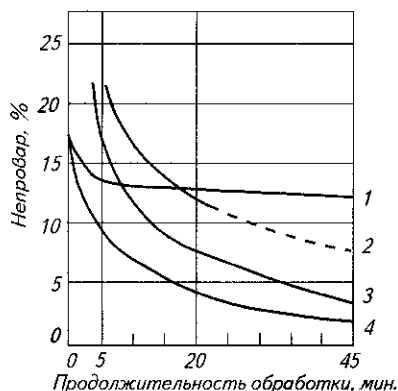


Рис. 4.34. Влияние предварительной пропарки и вакуумизации на содержание непровара в целлюлозе.

1 – пропитка при давлении 1 Мпа (10 кгс/см²) с предварительной вакуумизацией, 2 – пропитка без гидростатического давления с предварительной пропаркой; 3 – пропитка при давлении 0,6 МПа (6 кгс/см²) с предварительной пропаркой, 4 – пропитка при давлении 1 МПа (10 кгс/см²) с предварительной пропаркой

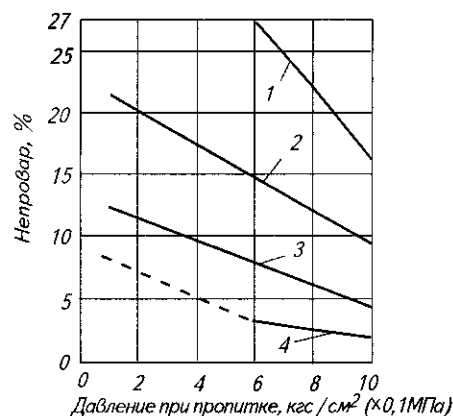


Рис. 4.35 Влияние давления при пропитке на содержание непровара:

1 – без предварительной пропарки; 2 – с предварительной пропаркой 5 мин; 3 – с предварительной пропаркой 20 мин; 4 – с предварительной пропаркой 45 мин

Способ Памена обеспечивает полную пропитку щепы варочным раствором и позволяет проводить варку в паро-газовой среде.

Сравнение рассмотренных способов сведено в табл. 4.67. Влияние условий пропарки и пропитки на содержание непровара в щепе приведены на рис. 4.34 и 4.35.

Таблица 4.67

*Сравнение способов пропитки
(Варочная кислота: 7% общего SO_2 , 1% CaO , температура 75 °С. Продолжительность варки около 4,5 ч)*

Предварительная обработка		Пропитка		Лигнин, %	Выход, %	Непровар, %
способ	продолжительность, мин	давление, МПа	продолжительность, мин			
Вакуумизация	20	1	15	5,4	54,9	13,5
Пропарка	45	1	15	5,8	52,1	2,1
Виламо	13	1	15	5,5	55,7	12,1
Ва-Пардж	11	1	15	4,4	52,4	5,0

4.10. БИСУЛЬФИТНАЯ ВАРКА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

При бисульфитной варке делигнификация древесины протекает в слабокислой среде (при pH 3–5), вследствие этого гемицеллюлозы подвергаются гидролизу в меньшей степени, чем при обычной сульфитной варке, поэтому бисульфитная целлюлоза отличается от сульфитной более высокими показателями механической прочности.

Бисульфитным способом можно переработать на техническую целлюлозу многие лиственные породы древесины, в том числе и плотные, т. е. бисульфитная варка расширила лесосырьевую базу сульфитного способа производства целлюлозы.

Условия проведения бисульфитной варки. Бисульфитные варки проводят с водными растворами $Mg(HSO_3)_2$ и $NaHSO_3$, не содержащими избыточного SO_2 , имеющими pH 4–5.

Содержание всего SO_2 в растворе составляет от 2 до 5% и связанного (в виде моносulfита) SO_2 , соответственно, от 1 до 2,5%. Распространение получили бисульфитные варки по способам «магнефит» [варка с $Mg(HSO_3)_2$] и «арбайзо» (варка с раствором $NaHSO_3$).

Подъем температуры до максимальной при этих способах проводят быстрее, чем при кислой бисульфитной варке, без периода пропитки при 110 °С. Однако и здесь предварительная пропитка щепы варочным раствором при пониженной температуре оказывает благоприятное влияние на результаты варки. Максимальная температура бисульфитной варки составляет 155...165 °С.

Снижение температуры варки значительно увеличивает ее продолжительность, но вместе с тем существенно повышает выход целлюлозы из древесины (табл. 4.68). Соответственно изменяется отношение РВ к органическим веществам в отработанных щелоках (табл. 4.69).

Таблица 4.68

Влияние температуры на продолжительность бисульфитной варки и выход целлюлозы из еловой древесины [1]

Содержание лигнина в целлюлозе, %	Продолжительность варки в ч при различной температуре, °С		
	170 °С	160 °С	150 °С
8	0,75	2,0	4,0
6	1,1	2,75	5,0
4	1,4	3,5	6,25
2	1,8	4,2	7,25
Содержание лигнина в целлюлозе, %	Выход сухой целлюлозы в % из abs. сухой еловой древесины при различной температуре варки, °С		
	170 °С	160 °С	150 °С
8	56,0	57,5	58,3
6	54,5	56,0	56,9
4	51,0	52,5	53,3
2	48,6	50,0	51,0

Таблица 4.69

Влияние выхода целлюлозы на отношение РВ к органическим веществам щелоков бисульфитных варок [14]

Выход целлюлозы	Концентрация связанного SO_2 , %		
	1,5	2,0	2,2
Древесина ели			
Выход целлюлозы, %	50...60	61...67	58...65
РВ к органическим веществам, %:			
– до инверсии	16,8...14,4	9,1...10,0	14,1...10,5
– после инверсии	26,7...27,0	19,6...17,8	21,2...16,9

Выход целлюлозы	Концентрация связанного SO ₂ , %		
	1,5	2,0	2,2
Древесина березы			
Выход целлюлозы, %	50...51	50...52	51...53
РВ к органическим веществам, %:			
– до инверсии	34,6...32,2	23,3...19,1	21,5...14,5
– после инверсии	34,6...32,2	23,3...22,0	21,5...20,5

Выход целлюлозы при бисульфитной варке (проводимой при температуре 160 °С ниже, чем при сульфитной варке (проводимой при максимальной температуре 130 °С): это различие возрастает с повышением степени провара целлюлозы (рис. 4.36).

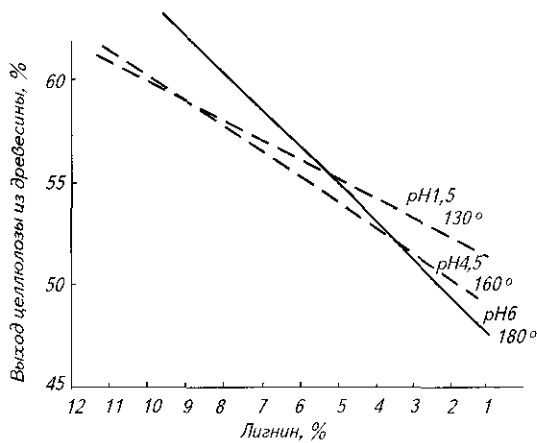


Рис. 4.36. Влияние pH при варке на выход целлюлозы разной жесткости

Бисульфитная целлюлоза сепарируется на волокна при более высоком выходе ее из древесины (до 62%), чем целлюлоза обычной сульфитной варки.

Показатели механической прочности бисульфитной целлюлозы выше, чем целлюлозы сульфитной варки (рис. 4.37) [11].

При этом бисульфитная целлюлоза имеет достаточно высокие показатели механической прочности также в неразмолотом состоянии и при низкой степени помола.

Повышение концентрации бисульфита в растворе ускоряет варку и увеличивает выход целлюлозы и показатели ее механической прочности.

При бисульфитной варке успешно варится сосна и другие смолистые породы.

Лиственные породы древесины провариваются при бисульфитной варке значительно быстрее хвойных (рис. 4.38), и их целесообразнее варить отдельно.

Влияние вида основания.

Скорость делигнификации лиственной древесины возрастает в следующем порядке: натрий-бисульфитная – магний-бисульфитная – аммоний-бисульфитная (рис. 4.39 и 4.40) [11].

Более быстрая варка с аммониевым основанием объясняется снижением pH варочного раствора в результате разложения бисульфита аммония. Бисульфит натрия при температуре варки имеет более высокую величину pH, поэтому варка протекает медленнее, чем с бисульфитом магния.

Влияние продолжительности варки и степени делигнификации на выход лиственной целлюлозы для различных видов основания представлен на рис. 4.39, 4.40, 4.41, 4.42. [11]

Сульфит аммония при высоких температурах малоустойчив, он разлагается на диоксид серы и аммиак. Поэтому его реже используют в производстве бисульфитной целлюлозы.

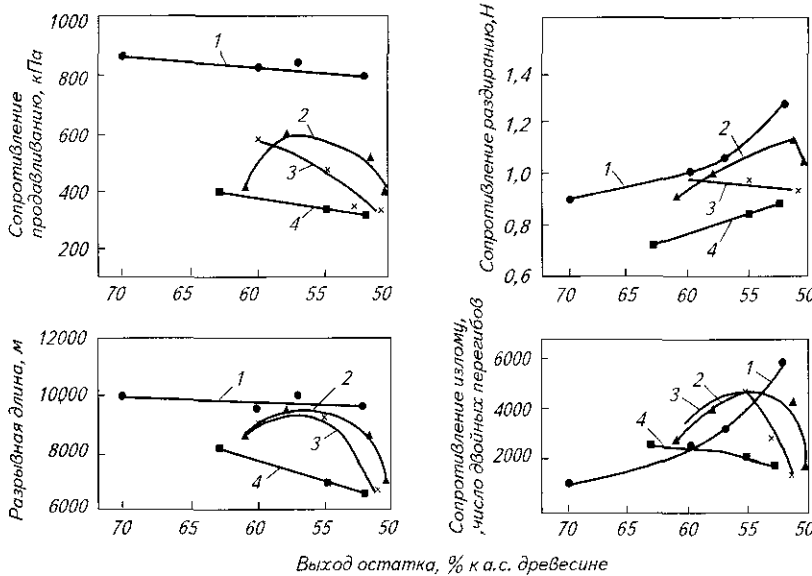


Рис. 4.37. Показатели механической прочности технической целлюлозы в зависимости от ее выхода:

Бисульфитная целлюлоза: 1 – из ели; 2 – березы; 3 – осины; 4 – сульфитная целлюлоза из древесины осины

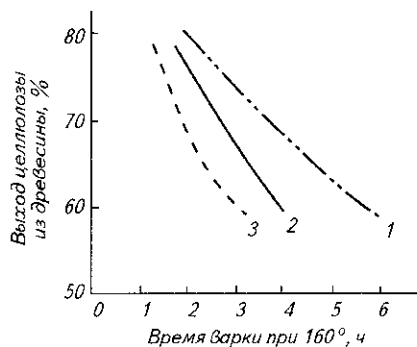


Рис. 4.38. Зависимость выхода целлюлозы от продолжительности варки (бисульфитной):
1 – ель; 2 – тополь; 3 – береза

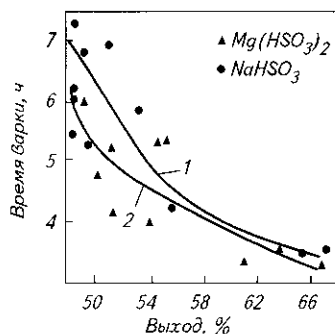


Рис. 4.39. Зависимость между выходом технической лиственной целлюлозы и продолжительностью варки с магниевым и натриевым основаниями:
1 – натриевое основание;
2 – магниевое основание

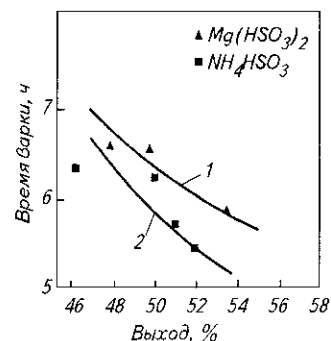


Рис. 4.40. Зависимость между выходом технической лиственной целлюлозы и продолжительностью варки на магниевом и аммониевом основаниях:
1 – магниевое основание; 2 – аммониевое основание

Магний-бисульфитная целлюлоза по сравнению с аммоний-бисульфитной имеет значительно более высокую степень провара при выходах выше 52% (рис. 4.40). Таким образом, варка на аммониевом основании является менее избирательной по сравнению с другими основаниями. Это обуславливается быстрым падением pH раствора в процессе варки, в результате значительная часть гемиллюлоз подвергается гидролизу и переходит в раствор. Следовательно, применение аммониевого основания является менее экономически выгодным.

Натрий-бисульфитная варка дает целлюлозу с наивысшей белизной, а аммоний-бисульфитная – с минимальной. Магний-бисульфитная целлюлоза занимает промежуточное положение. Белизна аммоний-бисульфитной целлюлозы ниже на 3...6% по сравнению с натрий- или магний-бисульфитной целлюлозой. Низкая белизна аммоний-бисульфитной целлюлозы обуславливается тем, что аммиак реагирует с лигнином, образуя хромофорные группы.

При выходах технической целлюлозы до 52% бисульфитная лиственная целлюлоза по убыванию показателей прочности располагается в следующем порядке: аммоний-бисульфитная, магний-бисульфитная, натрий-бисульфитная, а при выходах выше 52% порядок расположения целлюлоз по прочности меняется на следующий: аммоний-бисульфитная, натрий-бисульфитная, магний-бисульфитная.

На рис. 4.43 изображена типичная диаграмма варки бисульфитной целлюлозы высокого выхода с кислотой на магниевом основании на одном из канадских заводов. Щепа за-

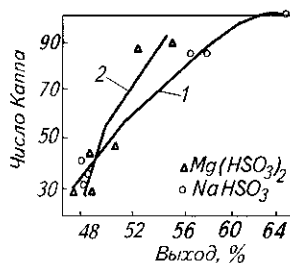


Рис. 4.41. Зависимость между выходом лиственной целлюлозы и степенью делигнификации (числом Каппа) при бисульфитной варке на основаниях:
1 – натриевом;
2 – магниевом

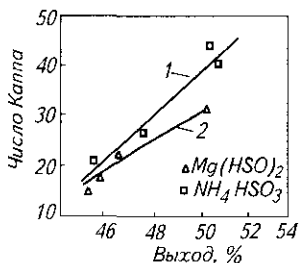


Рис. 4.42. Зависимость между выходом лиственной целлюлозы и степенью делигнификации (числом Каппа) при бисульфитной варке на основаниях:
1 – магниевом;
2 – аммониевом

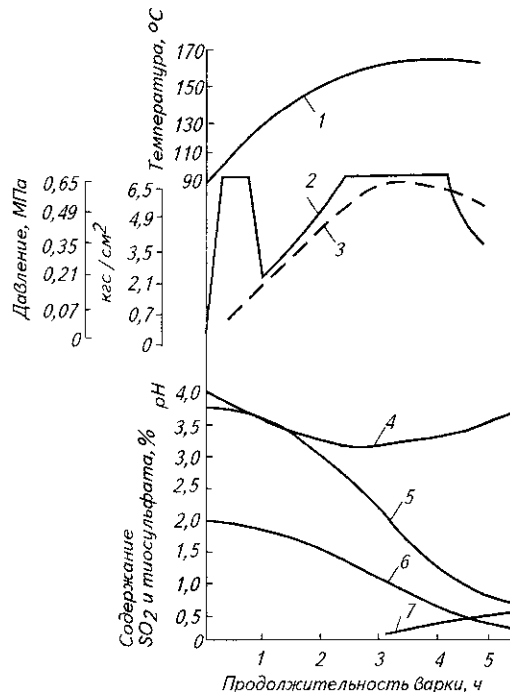


Рис. 4.43. График бисульфитной варки целлюлозы высокого выхода с кислотой на магниевом основании:
1 – температура; 2 – давление; 3 – парциальное давление водяного пара; 4 – pH; 5 – весь SO₂; 6 – связанное SO₂; 7 – тиосульфат

гружается в котел с уплотнением. После заполнения щепой нижнего конуса начинается пропарка щепы снизу, которая продолжается до выхода пара в верхнюю горловину по окончании загрузки. После закрытия крышки в котел закачивают кислоту, содержащую 4% всего SO_2 , с pH около 4. Кислоту в течение нескольких минут прокачивают между котлом и цистерной, а затем с помощью насоса создают в котле гидравлическое давление в 0,35 МПа (3,5 кгс/см²) и выдерживают еще несколько минут. Далее насос выключают, дают пар и давление в котле быстро поднимают до 0,65 МПа (6,5 кгс/см²). Открыв сдувку, давление удерживают на этом уровне в течение 30 мин для окончания пропитки, после чего сбрасывают жидкость из котла через боковые вентили, причем давление падает до 0,17 МПа (1,7 кгс/см²). В процессе дальнейшего подъема температуры давление снова поднимают до 0,65 МПа (6,5 кгс/см²) и поддерживают на этом уровне до конца варки. Подъем температуры от начальной 90 °С до конечной 165 °С занимает почти 3 ч, стоянка на конечной температуре продолжается 1 ч 45 мин. По окончании варки производят сдувку до 0,25 МПа (2,5 кгс/см²) и выдувают массу в сцезу. Общая продолжительность варки составляет 5,5 ч. В приведенном примере была получена жесткая целлюлоза с хлорным числом 7,8 и вязкостью 0,5%-го медноэтилендиаминового раствора 3,6 сПа · с.

Влияние pH бисульфитного раствора. При бисульфитном процессе pH раствора является одним из основных переменных факторов, определяющих скорость делигнификации и свойства получаемой технической целлюлозы. Обычно бисульфитную варку древесины проводят варочным раствором с pH 3...5, в зависимости от требований, предъявляемых к технической целлюлозе.

Лиственная древесина в противоположность хвойной содержит большое количество ацетильных групп, которые в процессе бисульфитной варки отщепляются, превращаются в уксусную кислоту. В условиях бисульфитной варки эта кислота частично ионизируется и потребляет некоторое количество основания. В результате этого происходит повышение кислотности раствора, что следует учитывать при варке лиственной древесины.

Технические целлюлозы, полученные при различных pH, хотя и различаются по степени провара, но все показатели механической прочности находятся в прямой зависимости от pH раствора (табл. 4.70) [11].

Таблица 4.70

Влияние pH магни-бисульфитного раствора на показатели целлюлозы

Наименование показателей	pH магни-бисульфитного раствора при 20 °С			
	3	4	4,6	5
Выход, % к а.с. древесине:				
– волокна	50,8	54,4	55,7	–
– непровара	3,5	2,1	0,9	62,5
– общий	54,3	56,5	56,6	62,5
Массовая доля в целлюлозе, %:				
– лигнина	4,1	4,8	5,9	7,0
– пентозанов	8,9	9,3	11,3	12,3
Показатели механической прочности при степени помола 60 ° ШР и массе 1 м ² отливов 100 г:				
– разрывная длина, м	7910	8220	8415	10 300
– сопротивление продавливанию, кПа	382,5	470,7	519,8	598,2
– сопротивление раздиранию, Н	0,68	1,06	0,97	0,93

Бисульфитные варки можно проводить как в жидкостной, так и в парогазовой среде. В последнем случае во время пропитки в щепу должно быть введено не менее 12% SO_2 (в виде бисульфита) от веса древесины.

Расход химикатов при бисульфитной варке выше, чем при сульфитной, и составляет при получении жесткой целлюлозы по способу «магнефит»: MgO (с 90% MgO) 60...70 кг и серы 100...110 кг/т воздушно-сухой целлюлозы (по варке).

При варке по способу «арбайзо» расход NaHSO_3 составляет 16...20% от веса древесины.

Модифицированная бисульфитная варка (pH 2,1...2,9) на магниевом основании осуществлена на Красноярском ЦБК [15].

Рекомендуемый режим варки:

Состав кислоты на заварку:

Всего SO_2 , % 3,6...3,8

pH 2,8...3,2

Максимальная температура варки, °С 156...158

Максимальное давление в котле, МПа 0,65...0,68

График варки, мин:

Гидронадавливание при давлении 5,0 ати со сбросом давления до 2,5 ати	15
Подъем температуры до 120 °С	90
Стоянка на 120 °С	60
Подъем температуры до максимальной	90
Варка при максимальной температуре	180...210

Рекомендуемая жесткость целлюлозы:

На мягком потоке	95 ед Б (число Каппа 30)
На жестком потоке	120 ед Б (число Каппа 45)

Внедрение этого режима варки, по утверждению авторов [16], позволяет:

- сократить продолжительность варки на 1 час;
- улучшить способность целлюлозы к отбелке и уменьшить расход хлоропродуктов на отбелку до 80 кг/т;
- повысить механические свойства целлюлозы по сопротивлению излому на 15...20% (табл. 4.71).
- сократить расход химикатов на варку (кг/т): серы на 8, оксида магния на 4 (табл. 4.72):

Пониженный pH варочного раствора следует получать в системе регенерации варочного цеха, а в кислотном цехе достаточно снизить pH кислоты на 0,5 единицы.

Таблица 4.71

Качественные показатели бисульфитной целлюлозы, полученной при различных режимах варки

Показатели целлюлозы	pH 4,0				pH 2,5			
	Температура, °С							
	155	160	165	170	150	155	160	165
Выход, %	51,8	52,9	48,9	50,7	52,1	51,5	53,7	47,1
Непровар, %	2,7	3,8	1,5	3,1	3,0	4,9	6,1	3,9
Число Каппа	38	32	28	27	37,8	41,5	37	26,4
Белизна, %	64,3	63,3	66,0	66,0	61,5	62,2	64,2	60,5
Содержание смол и жиров, %	1,75	1,98	0,5	1,87	1,93	1,74	2,03	2,48
Механическая прочность:								
разрывная длина, м	9700	8400	8800	8300	8100	8300	8700	7300
Сопротивление:								
– излому, ч.д.п.	2000	1700	1800	1020	1700	1800	1900	1300
– продавливаю, кПа	477	414	400	394	427	447	430	345
– раздиранию, мН	500	530	530	540	480	512	530	560
Продолжительность варки, ч	5,00	4,00	2,5	1,33	6,00	4,00	3,75	2,00

Таблица 4.72

Зависимость расхода химикатов от технологических параметров процесса варки

Температура варки, °С	Число Каппа	Щелок перед спуском газа		Щелок после конечной сдвжки		Расход химикатов на химические реакции, кг/т целлюлозы	
		весь SO ₂ , %	тиосульфаты + л.о. SO ₂ , %	весь SO ₂ , %	тиосульфаты + л.о. SO ₂ , %	серы	оксида магния
pH 4							
155	38	0,83	1,0	0,085	0,1	155	100
160	32	0,67	1,01	0,068	0,093	160	105
165	28	0,45	1,19	0,047	0,125	173	118
170	27	0,45	1,27	0,047	0,133	177,5	123

Окончание табл. 4.72

Температура варки, °С	Число Каппа	Щелок перед спуском газа		Щелок после конечной сдувки		Расход химикатов на химические реакции, кг/т целлюлозы	
		весь SO ₂ , %	тиосульфаты + л.о. SO ₂ , %	весь SO ₂ , %	тиосульфаты + л.о. SO ₂ , %	серы	оксида магния
				рН 2,5			
150	37,8	0,48	1,02	0,056	0,104	150	92
155	41,5	0,74	0,91	0,079	0,098	157,5	100,6
160	37	0,54	0,88	0,082	0,088	167,5	116
165	26	0,04	0,55	0,063	0,085	180	124

Аналогичный принцип модифицированной варки на натриевом основании был внедрен на Кондопожском ЦКБ [16].

Данные по изменению рН натрий-бисульфитных растворов при подкислении их диоксидом серы представлены в табл. 4.73.

В табл. 4.74 приведены результаты варок с использованием натрий-бисульфитных растворов с рН 2,5.

Таблица 4.73

Изменение рН натрий-бисульфитных растворов при подкислении диоксидом серы

Показатели	Изменение рН натрий-бисульфитного раствора																	
	SO ₂ = 3% мас.								SO ₂ = 4% мас.									
SO ₂ %	3,0	3,13	3,20	3,46	3,77	4,16	4,22	4,35	1,77	5,30	6,08	4,0	4,22	4,60	4,90	5,10	5,76	6,56
рН	4,5	3,20	2,70	2,35	2,10	1,95	1,85	1,65	1,55	1,45	1,40	4,5	2,45	2,05	1,90	1,80	1,65	1,50

Примечание. Температура растворов 20 °С.

Таблица 4.74

Результаты варок натрий-бисульфитным раствором с рН 2,5

Показатели	№ опыта				
	1	2	3	4	5
Продолжительность, мин					
Стоянки при максимальной температуре	80	100	120	140	160
Собственно варки	230	250	270	290	310
Характеристика массы					
Количество непровара, % мас. от абс. сухой древесины	размол		3,6	5,1	2,2
Общий выход, % мас. от абс. сухой древесины	62,7	59,3	58,7	57,1	56,5
Степень делигнификации, ед. Каппа	107	90	78	68	55
Белизна, %	60,4	62,7	62,1	63,2	65,6
Характеристика щелока					
Содержание всего SO ₂ , %	1,37	1,31	1,25	1,19	0,97
рН	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2

Примечание. Условия варки – конечная температура 155 °С; давление при максимальной температуре 0,63 МПа.

4.11. СТУПЕНЧАТЫЕ СУЛЬФИТНЫЕ ВАРКИ

4 11 1 СТУПЕНЧАТЫЕ СПОСОБЫ ВАРКИ С ПОВЫШАЮЩЕЙСЯ КИСЛОТНОСТЬЮ

4 11.1.1. Способы Стура

Промышленные способы, разработанные шведской фирмой «Стура-Коппарберг» и известные под наименованием «Стура-4», «Стура-6» и «Стура-8», представляют собой ступенчатые варки, первая ступень которых проводится с растворами бисульфита натрия при pH 4,0, моносульфит-бисульфита при pH 6,0 или моносульфита натрия при pH 8,0, а вторая – с водным раствором SO₂ в кислой среде [17, 18, 19].

Наиболее типичными режимами могут считаться следующие.

«Стура-8»

Первая ступень.

Раствор Na₂SO₃ с содержанием 6% всего SO₂ и 5,8% Na₂O (pH 8);

жидкостный модуль 4;

заварка до 108 °С 3 ч;

стоянка при 108 °С 1 ч.

По окончании первой ступени из котла отбирается весь свободно стекающий раствор, используемый затем при следующих варках.

Вторая ступень

В котел вводится газообразный SO₂ или 6%-ный раствор SO₂ в количестве, обеспечивающем получение в щеле NaHSO₃ (pH 4,5):

подъем температуры до 126 °С 1 ч;

варка при 126 °С от 3 до 6 ч.

Способ «Стура-Биллеруд» представляет собой модификацию способа «Стура-8». Варка на первой ступени проводится так, как и при способе «Стура-8», а на второй ступени – в менее кислой среде при pH 4,0. Выход целлюлозы, полученной способом «Стура-Биллеруд», выше, чем целлюлозы, полученной способом «Стура-8» и приближается к способу ВНПОбумпрома. Целлюлоза, полученная по способу «Стура-Биллеруд», размалывается так же легко, как и целлюлоза, полученная способом «Стура-8». Прочность целлюлозы «Стура-Биллеруд», «Стура-6 и 8» примерно одинаковая, но белизна первой значительно выше.

«Стура-6».

Первая ступень.

Варочный раствор содержит общего SO₂ – 5% (pH 6,5);

жидкостный модуль 3;

заварка до 110 °С 2 часа;

к концу первой ступени отбирается отработанный варочный щелок до гидромодуля 2.

Вторая ступень.

Добавлением воды гидромодуль увеличивается до 3, затем инжeksiруется SO₂ в количестве 23% от массы древесины. Подъем температуры от 110 до 135 °С – 105 мин. Время варки при максимальной температуре 80...260 мин.

«Стура-4».

Первая ступень

Варочный раствор NaHSO₃ (pH=4);

жидкостный модуль 4,6;

максимальная температура 135 °С;

Продолжительность варки в 1-й ступени 6 час. Перед окончанием 1-й ступени из котла оттягивается 40% щелока.

Вторая ступень.

Вводится жидкий SO₂ до доведения в котле давления 8 ати при 135 °С. Продолжительность варки во второй ступени 4 часа, жидкостной модуль постепенно снижается от 3 до 1.

Выход целлюлозы при способе «Стура-6», и особенно при способе «Стура-8», значительно выше, чем при способе «Стура-4» (63 и 68% по сравнению с 55%). Целлюлоза, полученная по способам «Стура-6» и «Стура-8», имеет повышенное содержание гемицеллюлоз и легко размалывается. Кроме того, способ «Стура-4», а также способ «Стура-6» обеспечивают получение особо прочной целлюлозы, не уступающей сульфатной целлюлозе, в том числе по показателю сопротивления раздиранию. Целлюлоза отличается высокой исходной степенью белизны (около 70%).

На шведском заводе «Думшье» (компания «Мо До Целл.») используют ступенчатый способ варки «Стура-6». На этом заводе производят товарную беленую целлюлозу.

Варку по способу «Стура-6» проводят в котлах вместимостью 400 м³ каждый. Первую стадию варки проводят с раствором бисульфита натрия при pH 6...7 и температуре 140 °С. Щепу предварительно пропитывают тем же раствором бисульфита натрия под гидравлическим давлением. Отработанный раствор бисульфита из котла подают в отдельную регенерационную емкость. При закачке в котел раствор бисульфита натрия подогревают в теплообменнике. Оборота котла составляет 18 ч, в том числе 4 ч на первой ступени. Из котла оттягивают только 50% жидкости, затем насосом в котел подается жидкий SO₂. На второй ступени в котле образуется варочная кислота, содержащая 4% всего SO₂ и 1 % связанного SO₂. Отсортированная небеленая целлюлоза легко отбеливается, при этом выход беленой целлюлозы составляет 49...50 % по сравнению с 43%-м выходом беленой сульфатной целлюлозы из древесины хвойных пород.

4.11.1.2. Способы ВНПОбумпром [17]

Моносульфит-сульфитная варка ВНПОбумпром. По данному способу проводят принудительную пропитку щепы и варку на первой ступени с раствором моносульфита натрия, забуференного содой до pH 9,5. Вторая ступень варки, как и в способах «Стура», проводится с водным раствором SO₂ с концентрацией 7...8 % SO₂ (приготавливается с помощью жидкого SO₂ или в башне давления).

При этом способе варки возможно повторное использование отработанных щелоков от второй ступени на последующие варки, что позволяет довести удельные расходы соды и серы до 105 и 85 кг на 1 т целлюлозы соответственно без ухудшения качества целлюлозы. При этом РВ в щелоке достигает 3%, что позволяет использовать щелок для биохимической переработки. При получении 1 т целлюлозы ступенчатой варки удельный расход древесины составляет 3,5 м³, соды – 105 кг, аммиака – 32 кг, серы – 85 кг, свежей воды на варку – 90 м³.

Бисульфит-сульфитная варка ВНПОбумпром. Основная особенность данной ступенчатой варки состоит в том, что на второй ступени используются водные растворы SO₂ низкой концентрации (2,5...4 % SO₂). Хорошие результаты получаются даже с водным раствором SO₂ концентрацией 1...1,5%, что особенно важно для уменьшения загрязнений сернистыми продуктами варки.

Для получения в отделе регенерации водного раствора SO₂ низкой концентрации (2,5...4% SO₂) необходимо в кислотном цехе приготовить «сырой» водный раствор концентрацией 2...2,5% SO₂. Такие растворы можно легко получить на имеющемся оборудовании кислотных цехов без их реконструкции.

Возможность эффективного применения слабых водных растворов SO₂ достигается тем, что на первой ступени варки используются растворы бисульфита натрия в среде, близкой к нейтральной (pH 6,0...6,5), и проведением обработки щепы при повышенной температуре (150...160 °С).

Для получения целлюлозы с выходом 54%, жесткостью 35...40 ед. Каппа и содержанием РВ в отработанном щелоке 2% Слокскому ЦБЗ рекомендован следующий режим ступенчатой варки, мин:

Загрузка щепы с паровым уплотнением	50
Перепуск отработанного бисульфита из другого котла и закачка свежего раствора из кислотного цеха	40
Подъем температуры до 150 °С	90
Стоянка при температуре 150 °С	60
Перепуск отработанного раствора бисульфита в другой котел	40
Закачка водного раствора	20
Подъем температуры до 135...140 °С	80
Стоянка при температуре 135...140 °С	50
Спуск газа	50
Подача щелока в химический цех	60
Вымывка	30

Результаты бисульфит-сульфитной варки по способу ВНПОбумпром представлены в работе [20].

4.11.1.3. Способ «Виерхейзер FB-Mg»

Способ «Виерхейзер FB-Mg» напоминает способ «Стура-Биллеруд». При этом способе на первой ступени щепу обрабатывают раствором сульфит-бисульфита магния с pH 6 при температуре 150 °С, а на второй ступени – после введения жидкого SO₂ варку проводят с раствором бисульфита магния с pH 4,0 при температуре 150...160 °С. При этом способе варки получается легкоразмалываемая целлюлоза, разделяющаяся на волокна без механического воздействия при более высоком выходе из древесины, чем при варке способом

«Стура-6» и бисульфитной на магниевом основании. Прочность целлюлозы, полученной способом «Виерхейзер FB-Mg», выше, чем целлюлозы, полученной способами «Стура-6», «Стура-Биллеруд», «Стура-8» и способом ВНПОбумпрома.

4 11 1.4. Способ «Крамфорс»

Способ «Крамфорс» используется в промышленности для получения целлюлозы из древесины, пропи-танной танидами Варка по способу «Крамфорс» осуществляется в две ступени.

Первая ступень

Варка щепы с 3%-ным раствором Na_2SO_3 (забуференным содой) при pH 9...10 и жидкостном модуле 4. Расход Na_2SO_3 – 12% от веса древесины.

В течение 2 ч температура поднимается до 125...130 °С и выдерживается на этом уровне 1...2 ч.

Затем из котла оттягивается 50...75% варочного раствора.

Вторая ступень.

В котел закачивается варочная кислота с кальциевым основанием, содержащая 6% всего SO_2 и 1,0% связанного SO_2 . При этом в котле устанавливается температура 100 °С.

Максимальная температура варки 130 °С.

Увеличение выхода целлюлозы при варках способами «Стура-8», «Стура-6», «Стура-4», «Стура-Биллеруд», «Крамфорс», ВНПОбумпрома, «Виерхейзер FB-Mg», первая ступень которых проводится в слабокислой, нейтральной или в щелочной среде, обусловлено происходящей стабилизацией присутствующего в древесине хвойных пород глюкоманнана. Глюкоманнан становится устойчивым к действию кислых варочных растворов на второй ступени варки, причем устойчивость его повышается с увеличением pH среды на первой ступени варки.

Сравнительные результаты варок по способам «Стура-8» и «Виерхейзер FB-Mg» для сосны представлены в табл. 4.75, для ели в табл. 4.76.

Таблица 4.75

Выход и физико-механические показатели целлюлозы, сваренной из сосны по методам «Стура-8» и «Виерхейзер FB-Mg»

Общий выход, %	Количество отходов, %	Число Каппа	Белизна, % SCAN	Содержание экстрактивных по дихлорэтану, %	Продолжительность размола, мин		Разрывная длина, м		Сопротивление раздиранию, мН	
					30 °ШР	50 °ШР	30 °ШР	50 °ШР	30 °ШР	50 °ШР
Варки по методу Стура-8										
70,1	14,0	76,2	56,8	0,57	6	14	7100	8450	480	575
64,4	7,8	60,9	57,1	0,61	5	12	7000	8550	485	580
63,3	5,1	57,9	58,4	0,60	4	10	7300	9000	500	590
58,3	1,2	33,2	62,3	1,36	4	11	7250	8600	520	620
Варки по методу «Виерхейзер FB-Mg»										
64,5	14,1	78,6	52,4	0,71	7	14	7600	8950	520	620
59,6	3,4	48,1	57,1	1,05	5	13	7400	8850	540	620
58,0	3,0	41,1	57,7	1,30	5	12	7200	8600	530	610
57,4	2,6	39,4	57,9	1,43	6	13	7000	8350	540	630

Таблица 4.76

**Выход и физико-механические показатели целлюлозы,
сваренной из ели методами «Стура-8» и «Виерхейзер FB-Mg»**

Общий выход, %	Количество отходов, %	Число Каппа	Белизна, % SCAN	Время размола, мин		Разрывная длина, м		Сопротивление раздиранию, мН		Сопротивление продавливанию, кПа	
				30 °ШР	50 °ШР	30 °ШР	50 °ШР	30 °ШР	50 °ШР	30 °ШР	50 °ШР
Варка по методу «Стура-8»											
61,5	0,2	40	69,0	5	10	8400	9300	600	630	140	130
57,9	0,1	25,2	73,4	7	14	8350	9300	600	640	140	125
Варки по методу «Виерхейзер FB-Mg»											
63,7	5,1	57	62,0	12	19	9200	9700	670	690	150	140
58,6	0,3	35,0	66,8	11	21	9050	9600	680	720	160	145

4.11.2. КОМБИНИРОВАННЫЕ СУЛЬФИТНО-ЩЕЛОЧНЫЕ СПОСОБЫ ВАРКИ

Ступенчатые варки с понижающейся кислотностью применяются главным образом для получения целлюлозы для химической переработки. К этой группе относятся способы, рассмотренные ниже.

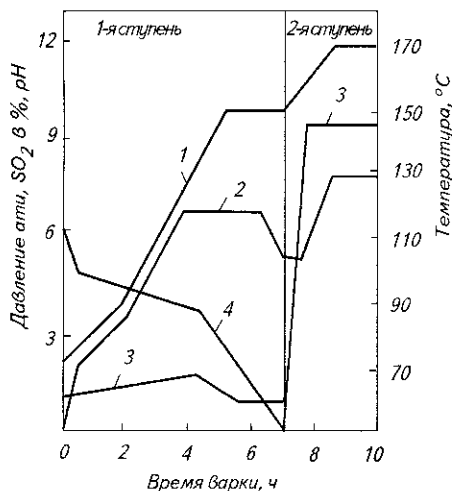


Рис. 4.44. График двухступенчатой варки по способу Сивола:
1 – температура; 2 – давление, 3 – pH; 4 – SO₂.

Двухступенчатая варка по способу Сивола.

Режим двухступенчатой варки показан на рис. 4.44.

Первая ступень.

Варка проводится по режиму обычной кислой сульфитной варки с кислотой на натриевом основании. Кислота содержит 6% всего SO₂ и 1% связанного SO₂. Жидкостный модуль 4; pH 1,5...2,0. За 5 ч варки температура доводится до максимальной, равной 150...155 °С. При этой температуре варка продолжается 1,5...2 ч.

По окончании 1-й ступени варки часть щелока из котла оттягивается и SO₂ сдувается.

Вторая ступень.

В котел вводится раствор кальцинированной соды или зеленый щелок из регенерационной установки, и pH раствора доводится до 9...10.

Температура в котле повышается до 170 °С и на этом уровне поддерживается в течение 1...1,5 ч.

В результате варки получается целлюлоза с высоким содержанием α-целлюлозы и низким содержанием остаточного лигнина, пентозанов, смолы и золы.

Эта целлюлоза используется для химической переработки ее в искусственный шелк и пр.

Трехступенчатая варка по способу Сивола.

Режим трехступенчатой варки показан на рис. 4.45.

Первая ступень.

Щепа пропитывается раствором NaHSO₃, содержащим около 5% всего SO₂, при pH 4,5...5,5.

При этом температура за 1 ч поднимается от 90 до 120 °С и в течение 1 ч выдерживается на этом уровне. По окончании первой ступени щелок оттягивается из котла.

Вторая ступень.

В котел вводится 6%-ный водный раствор SO₂, температура повышается до 150 °С и в течение 3 ч находится на этом уровне. Одновременно проводится сдувка газа.

Третья ступень.

В котел добавляют соду до достижения pH 7...8 и в течение 1...2 ч проводят варку при 170 °С.

Этот вариант варки используется для переработки смолистых пород древесины и получения целлюлозы с высокими показателями механической прочности.

Способ Раума [21].

Аналогично способу Сивола на первой ступени проводится варка с варочным раствором, содержащим 14,5% общего SO₂ (по отношению к абс. сухой древесине), а на второй ступени – обработка раствором соды, содержащим 4% Na₂O.

Гидромодуль 3,2

Температура варки 160 °С.

Продолжительность варки 270 ...360 мин.

Способ «Биллеруд».

Способ «Биллеруд» во многом сходен со способом «Сивола». При этом способе первую ступень варки проводят с сульфитной кислотой на натриевом основании при pH 1,5...2,0, а затем освобожденную от щелока и отделенную от сучков массу подвергают щелочному облагораживанию при высокой температуре в варочном котле непрерывного действия.

Способ «Виерхейзер NO-Mg».

Этот способ варки является разновидностью способа бисульфитной варки на магниевом основании и предназначен для получения целлюлозы для выработки бумаги с высокой прочностью и непрозрачностью, а также высокой степенью белизны. Первая ступень варки по способу «Виерхейзер NO-Mg» проводится так же, как и по способу бисульфитной варки. Незадолго до окончания первой ступени в варочный котел вводят суспензию гидроксида магния в количестве, обеспечивающем повышение pH до 6,5, и варку завершают при этом pH и температуре 155.. 175 °С.

Целлюлоза, полученная способом «Виерхейзер NO-Mg», не уступает по прочности сульфатной целлюлозе. Высокая непрозрачность отливок из целлюлозы, полученной по методу «Виерхейзер NO-Mg», в сочетании с высокими показателями сопротивления продавливанию и раздиранию, а также белизны, делает ее очень ценным полуфабрикатом для бумажного производства. Этот полуфабрикат лучше всего использовать в производстве высокосортных видов бумаги.

Способ ЛТА им. С. М. Кирова.

Первая ступень этого способа такая же, как в способе «Сивола», а вторая проводится с натуральным зеленым щелоком сульфатного производства. Этот метод позволяет решить вопрос регенерации щелока после второй ступени варки в обычных регенерационных установках сульфатного производства.

Способ ВНПОбумпрома имеет два варианта: первый представляет собой комбинацию кислой бисульфитной и сульфатной варок. На первой ступени используется обычная сульфитная варочная кислота на Na-основании, на второй – белый сульфатный щелок. По другому варианту при кисло-щелочном способе ВНПОбумпрома на первой ступени варка осуществляется с варочной кислотой на аммониевом основании, а на второй ступени применяется смешанный раствор Na₂SO₃ и Na₂CO₃ или Na₂SO₃, Na₂CO₃ и Na₂S.

Ступенчатые варки со снижающейся кислотностью можно использовать не только для получения целлюлозы, предназначенной для химической переработки, но и в производстве целлюлозы для различных видов бумаги.

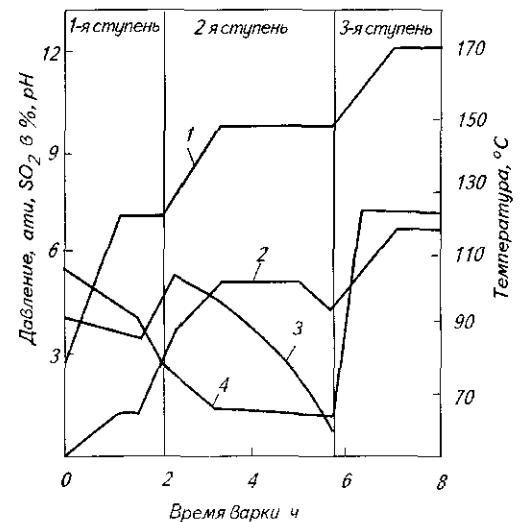


Рис 4 45 График трехступенчатой варки по способу Сивола
1 – температура, 2 – давление, 3 – SO₂, 4 – pH

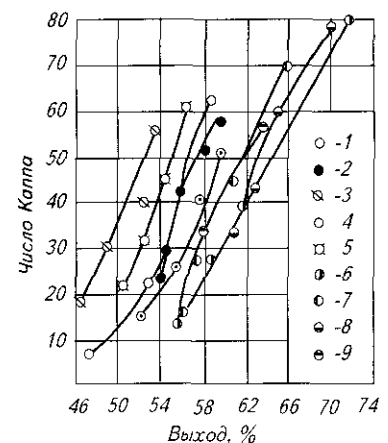


Рис 4 46 Зависимость между выходом целлюлозы из еловой древесины и степенью делигнификации по перманганатному числу Каппа
1 – кальций-сульфитная варка, 2 – натрий-бисульфитная, 3 – магний-бисульфитная, 4 – сульфатная, 5 – по способу Раума, 6 – по способу Стюра-8, 7 – по способу Стюра-6, 8 – по способу Стюра-Биллеруд, 9 – по способу FB-Mg

Целлюлоза ступенчатых варок со снижающейся кислотностью имеет высокое сопротивление раздиранию и излому, но сравнительно низкое сопротивление разрыву и продавливанию (особенно в неразмолотом или слаборазмолотом виде), что является следствием низкого содержания в них низкомолекулярных углеводных компонентов и высокого содержания α -целлюлозы.

Целлюлоза ступенчатой варки со снижающейся кислотностью размалывается так же трудно, как и сульфатная целлюлоза.

Зависимость выхода целлюлозы для различных способов ступенчатых варок от степени делигнификации приведена на рис. 4.46 [21].

Сравнительные результаты ступенчатых способов варки представлены в табл. 4.77 [2].

Область применения и технико-экономические показатели различных способов сульфитной варки представлены в табл. 4.78, 4.79.

Таблица 4.77

Химический состав и свойства еловых целлюлоз, сваренных различными сульфитными способами

Способ варки	Выход целлюлозы, % от древесины	Химический состав еловой целлюлозы, %				Механические свойства целлюлозы при 45 °СР		
		лигнин	клетчатка	глюкоманнан	глюкуронооксиан	продолжительность размола, мин	разрывная длина, км	индекс сопротивления раздиранию, мН м ² /г
Сульфитный	85	25	50	19	6	50	6,2	5,9
	75	22	56	16	6	35	7,5	5,9
	70	20	60	15	5	30	8,5	5,9
	65	17	65	13	5	25	9,3	5,9
	60	12	71	12	5	20	9,8	6,2
	55	6	77	11	6	20	9,5	6,9
	60	3	84	8	3	23	9,4	7,4
	45	1	90	6	8	40	6,0	4,9
Бисульфитный	90	28	47	18	7	36	2,8	4,2
	85	27	50	15	6	79	5,9	5,8
	80	25	54	15	6	65	7,9	6,1
	75	22	58	14	5	45	9,8	6,9
	70	20	61	14	5	40	10,0	6,9
	65	17	65	13	5	28	10,9	7,1
	60	12	71	12	5	25	11,0	7,4
	55	6	77	11	6	22	10,7	8,4
Моносulfитно-сульфитный	70	16	60	19	5	20	8,0	5,4
	65	13	65	17	5	16	8,2	5,9
	60	8	71	16	5	15	8,5	6,4
Моносulfитно-бисульфитный	70	16	60	19	5	30	10,0	5,9
	65	13	65	17	5	25	9,9	5,9
	60	8	71	16	5	20	9,7	6,2
Сульфитно-содовый	45	3	92	2	3	70	8,0	13,7
Бисульфитно-содовый	55	10	81	5	4	47	10,3	9,4
	45	2	90	4	3	56	8,8	13,0

Таблица 4.78

Области использования различных способов варки [2]

Способ варки	Вид основания	Выход полуфабриката из древесины, %	Используемые древесные породы	Вид и назначение полуфабриката	Основные преимущества	Основные недостатки
Сульфитный	Ca, Mg, Na, NH ₄	44...65	Ель, пихта, лиственные	Полуцеллюлоза, целлюлоза всех степеней провара для бумаг, мягкая целлюлоза для химической переработки	Светлый цвет полуфабриката	Невозможность варки сосны и лиственницы
Бисульфитный	Mg, Na	50...70	Практически все	Полуцеллюлоза, целлюлоза высокого выхода, жесткая и среднежесткая целлюлоза для бумаг	Разделение на волокна без размола при высоком выходе	Низкий выход РВ в отработанном щелоке
Моносульфитный	Na, NH ₄	60...80	Лиственные	Полуцеллюлоза для картона, целлюлоза высокого выхода для отбелки	Высокая прочность на плоскостное сжатие	Невозможность использования хвойных пород
Бисульфитно-сульфитный	Mg, Na	45...60	Все без исключения	Целлюлоза высокого выхода, целлюлоза всех степеней провара для бумаг, целлюлоза для химической переработки	Возможность успешной варки сосны и лиственницы	Усложнение технологии
Моносульфитно-сульфитный	Na, NH ₄	50...60	Практически все	Целлюлоза высокого выхода, целлюлоза всех степеней провара для бумаг	То же	То же
Бисульфитно-моносульфитный	Mg, Na	50...60	Практически все	Целлюлоза высокого выхода, жесткая и среднежесткая целлюлоза для бумаг	Повышенный выход	Низкий выход РВ в щелоке Повышенный расход основания
Моносульфитно-бисульфитный	Na, NH ₄	65...80	Практически все	Полуцеллюлоза, целлюлоза высокого выхода	Повышенный выход	Повышенный расход основания
Сульфитно-сульфитный	Na, NH ₄	30...40	Ель, лиственные	Целлюлоза для химической переработки	Высокий выход РВ в щелоке	Низкий выход целлюлозы
Сульфитно-содовый	Na	35...45	Хвойные (принципиально все породы)	Облагороженная целлюлоза для химической переработки	Высокое содержание α-целлюлозы	Сложность регенерации щелоков, невозможность использования РВ в щелоке
Бисульфитно-сульфитно-содовый	Na	35...40	Сосна (принципиально все породы)	То же	То же	То же
Бисульфитно-содовый	Na	40...50	Хвойные	Целлюлоза среднежесткая и мягкая для бумаг и для химической переработки	Повышенный выход	То же
Сульфитно-сульфатный (метод ЛТА)	Na	35...40	Хвойные (принципиально все породы)	Облагороженная целлюлоза для химической переработки	Регенерация щелоков по обычному сульфатному методу	Высокий расход основания

Таблица 4.79

Удельные расходы химикатов и тепла при различных способах сульфитной варки [2]

Показатели	Способы варки			
	сульфитный	бисульфитный	бисульфитно-сульфитный	бисульфитно-моноссульфитный
Выход целлюлозы, % от древесины	48	54	54	55
Удельный расход балансов, м ³ на 1 т воздушно-сухой целлюлозы	4,6	4,1	4,1	4,1
Расход варочной кислоты, м ³ /т абс. сухой древесины	3,5	3,5	3,5	3,5
Объем оттягиваемой кислоты, м ³ /т абс. сухой древесины	1,0	1,0	1,0	1,0
Концентрация в варочной кислоте, %:				
- всего SO ₂	6,0	4,0	4,0	4,0
- MgO	0,63	1,26	1,26	1,26
Концентрация в оттягиваемой жидкости, %:				
- всего SO ₂	3,0	3,0	3,0	3,0
- MgO	0,5	0,9	0,9	0,9
Количество SO ₂ , уходящего из котла со слувками, кг/т абс. сух. древесины	90	15	70	10
Количество химикатов, вводимых на вторую ступень варки, кг/т абс. сух. древесины:				
- жидкая SO ₂	-	-	60	-
- MgO (в виде гидрата окиси)	-	-	-	45
Удельный расход химикатов по варке, кг/т воздушно-сухой целлюлозы:				
- серы	83	78	82	80
- гидроксида магния	31	57	57	128
Расход пара, т/т целлюлозы	1,6	1,6	1,4	1,8
Выход целлюлозы из 1 м ³ котла, кг воздушно-сухой древесины	98	110	110	112
Оборот котла, ч	9	8	12	10,5
Производительность 1 м ³ котла, кг/сутки	262	330	220	256

4.12. НЕЙТРАЛЬНО-СУЛЬФИТНЫЕ (НСАХ) И ЩЕЛОЧНО-СУЛЬФИТНЫЕ (ЩСАХ) ВАРКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ДОБАВКОЙ АНТРАХИНОНА [22]

Для нейтрально- и щелочно-сульфитных варок может использоваться щелок различного состава (табл. 4.80).

Таблица 4.80

Составы щелоков нейтрально-сульфитных и щелочно-сульфитных варок

Способ варки	рН	Состав щелока, %			
		Na ₂ SO ₃	Na ₂ CO ₃	NaHCO ₃	NaOH
Нейтрально-сульфитный	11,3...12,0	80...90	20...10	0	0
То же	11,3...12,0	83	12	5	0
Полущелочной сульфитный	11,3...12,0	88	12	0	0
Щелочно-сульфитный	13,2	80	10	0	10

С помощью нейтрально- и щелочно-сульфитных варок с добавкой антрахинона можно получить целлюлозу, содержащую значительно большее количество углеводов, чем у сульфатной и сульфитной целлюлозы, и с выходом на 5...19% выше.

При приготовлении варочного раствора доля Na₂SO₃ должна составлять 80...90% общей щелочи. Варочный щелок для НСАХ-варки может быть приготовлен абсорбцией SO₂ в NaOH до достижения рН 11,2, а затем добавкой Na₂CO₃ в качестве буфера. В качестве варочного раствора может быть также использован щелок, полученный из Na₂SO₃, Na₂CO₃ и антрахинона.

В табл. 4.81 приведены данные, характеризующие условия варки и свойства полученной целлюлозы из древесины сосны, в табл. 4.82 из древесины сосны и березы.

Условия варки и свойства целлюлозы из древесины сосны

Время варки, мин	Гидромо-дуть	Расход химикатов в ед. NaOH, % от массы абс. сухой древесины				Общая концентрация щелочи в ед. NaOH, %	рН щелока		Общий выход, %	Непровар, % от древесины	Степень делигнификации, число Каппа	Белизна по ИСО, %	Вязкость в КЭД, дм ³ /кг	Содержание веществ, экстрагируемых дихлорметаном, %
		Na ₂ SO ₃	Na ₂ CO ₃	NaOH	Na ₂ S		исходного	отработанного						
Н С А Х - варка														
150	3,5	12,7	2,0	—	—	14,7	11,2	8,1	65,5	2,3	75,3	39,0	—	0,2
180	3,5	12,7	2,0	—	—	14,7	11,2	7,5	66,4	1,6	76,1	36,5	—	—
180	3,5	13,6	2,0	—	—	15,6	11,2	8,0	61,1	0,7	59,1	40,7	1015	0,2
200	3,5	19,9	3,0	—	—	22,9	11,2	8,4	59,1	5,0	43,4	47,8	1113	0,1
180	3,5	17,7	3,0	—	—	20,7	11,2	8,2	62,0	0,6	54,1	53,5	1101	0,1
260	3,5	20,2	3,0	—	—	23,2	11,2	7,7	55,5	3,7	38,4	56,3	—	0,1
260	3,5	24,8	3,0	—	—	27,8	11,2	8,6	54,0	2,6	35,8	53,2	1075	—
180	4,0	21,1	—	1,2	—	22,3	11,0	7,5	66,2	1,8	75,3	56,5	—	—
180	4,0	16,6	—	1,0	—	17,7	11,0	7,4	67,8	2,8	80,8	57,1	—	—
Щ С А Х - варка														
180	5,0	9,5	—	11,0	—	20,5	12,5	9,7	56,5	0,8	81,8	16,6	—	—
180	5,0	12,1	—	8,0	—	20,1	12,2	9,9	55,8	0,7	73,6	18,2	—	—
180	5,0	9,5	—	19,0	—	28,5	12,6	12,2	43,8	0,6	16,0	33,9	—	—
180	5,0	10,4	—	14,0	—	24,4	12,6	11,5	48,0	3,3	32,7	24,3	—	—
Сульфатная варка														
20	4,0	—	—	16,0	7,0	23,0	—	—	56,0	—	86,2	19,1	—	0,2
45	4,0	—	—	16,0	7,0	23,0	—	—	51,0	4,0	52,7	22,1	1180	0,2
60	4,0	—	—	16,0	7,0	23,0	—	—	49,5	2,8	47,9	20,6	1253	0,2
90	4,0	—	—	16,0	7,0	23,0	—	—	47,4	1,6	36,5	21,8	1224	0,2
120	4,0	—	—	16,0	7,0	23,0	—	—	45,4	0,3	24,6	30,3	1118	0,1

Примечание. Постоянные условия при НСАХ-варке древесины сосны: время до подачи пара – 15 мин, до максимальной температуры варки (175 °С) – 90 мин, количество антрахинона 0,1% от массы абс. сухой древесины.

Таблица 4.82

Условия варки и свойства целлюлозы из древесины сосны и березы

Древесина	Время варки, мин	Температура, °С	Расход химикатов в ед. NaOH, % от массы абс. сухой древесины				Общая концентрация щелочи в ед. NaOH, %	Общий выход, %	Непровар, % от древесины	Степень делигнификации, число Каппа	Вязкость в КЭД, дм ³ /кг	Белизна по ИСО, %
			Na ₂ SO ₃	Na ₂ CO ₃	NaOH	Na ₂ S						
Н С А Х - в а р к а												
Сосна	240	170	20	4	—	—	24	58,2	4,0	44,2	1244	43,2
	180	175	20	4	—	—	24	57,6	2,8	41,8	1374	43,3
	130	180	20	4	—	—	24	55,6	3,1	37,9	1245	45,2
	180	175	20	4	—	—	24	58,8	4,0	41,6	1245	42,4
	160	175	20	4	—	—	24	59,8	5,3	45,5	1275	43,1
	120	175	20	4	—	—	24	60,9	7,1	49,8	—	41,4
Береза	135	175	20	4	—	—	24	67,0	12,9	54,8	—	—
	165	175	20	4	—	—	24	64,3	7,8	49,4	—	—
	240	175	20	4	—	—	24	60,1	1,9	46,6	1117	51,6
	210	175	20	4	—	—	24	63,7	2,3	40,1	1110	50,1
Сульфатная варка												
Сосна	110	170	—	—	14,7	6,3	21	50,0	0,2	45,9	—	21,4
	155	170	—	—	14,7	6,3	21	48,1	0,1	38,8	1086	23,3
	190	170	—	—	14,7	6,3	21	47,8	—	33,8	1046	22,6
Береза	92	165	—	—	14,1	4,9	19	54,8	—	21,6	1281	24,1

Примечание. Постоянные условия при НСАХ-варке: скорость подъема температуры 1 °С/мин; гидромодуль 4,5; количество антрахинона –0,1% от массы абс. сухой древесины.

Зависимость эффективности НСАХ от расхода химикатов представлена в табл. 4.83.

Таблица 4.83

Влияние расхода химикатов на результаты НСАХ

Расход химикатов в ед. NaOH, % от массы абс. сухой древесины		Общая концентрация щелочи в ед. NaOH, % от массы древесины	Щелочное отношение	Общий выход, %	Непровар, %	Степень делигнификации, число Каппа
Na ₂ SO ₃	Na ₂ CO ₃					
20,1	3,6	24	0,85	58,5	1,0	37,1
18,0	6,0	24	0,75	59,1	1,4	41,4
21,6	2,4	24	0,90	59,6	4,1	45,9
20,4	3,6	22	0,85	58,7	1,5	42,0
18,0	6,0	22	0,75	60,4	4,0	46,9
21,6	2,4	22	0,90	59,7	4,8	48,2
20,4	3,6	20	0,85	61,0	2,9	48,1
18,0	6,0	20	0,75	61,7	5,8	51,0
21,6	2,4	20	0,90	62,6	13,1	68,9

Примечание. Постоянные условия при НСАХ-варке древесины березы: скорость повышения температуры 1 °С/мин; максимальная температура 175 °С; время варки при максимальной температуре 240 мин; количество антрахинона 0,1%; гидромодуль 4,5.

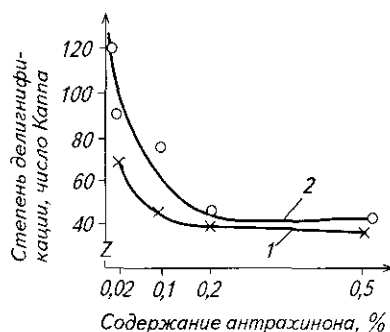


Рис. 4.47. Влияние содержания антрахинона на степень делигнификации при НСАХ-варках древесины ели (варки проводили при температуре 165 °С, время варки 420 мин); 1 – общая щелочность 19,4 % в ед. NaOH, щелочное отношение 0,80; 2 – общая щелочность 21,9 %, щелочное отношение 0,94

Варочные растворы, содержащие NaOH, остаются сильно щелочными на протяжении всей варки и конечный pH их около 13. Если в растворах вместо Na₂CO₃ содержится NaOH, то pH щелока поддерживается в течение всей варки в интервале 9...10. При варке Na₂CO₃ выполняет роль буфера, а не активного химиката.

На рис. 4.47 показано влияние содержания антрахинона на степень делигнификации при НСАХ-варках.

Наиболее важными факторами, влияющими на результаты НСАХ-варки, являются общая концентрация щелочи и щелочное отношение, определяемое как отношение Na₂SO₃: (Na₂CO₃ + Na₂SO₃). Оптимальное щелочное отношение для варки древесины сосны 0,8...0,85; березы – 0,83; ели – 0,8...0,83.

Ниже приведены сравнительные условия НСАХ-варки и сульфатной:

	НСАХ-варка	Сульфатная варка
Время при максимальной температуре, мин.....	180...260	100...120
Температура, °С.....	165...175	170
Общая щелочность в ед. NaOH, %.....	18,5...20,0	19...22
Расход химикатов, % от массы абс. сухой древесины:		
– Na ₂ SO ₃	22...24	–
– NaOH.....	–	13...15
– Na ₂ CO ₃	3,5...4,0	–
– Na ₂ S.....	–	6...7

рН варки:		
– начальный.....	11,3...12,0	14
– конечный.....	9,2...9,6	12
Щелочное отношение.....	0,80...0,85	–
Сульфидность щелока, %.....	–	30
Выход, %.....	50...80	48...50

Таким образом, расход химикатов, температура и продолжительность НСАХ-варки выше, чем сульфатной, но эти недостатки компенсируются более высоким выходом целлюлозы.

В таблице 4.84 приведены сравнительные данные, характеризующие скорость процессов делигнификации нейтрально- и щелочно-сульфитных и сульфатной варок (расход антрахинона во всех случаях 0,1%).

Таблица 4.84

Зависимость скорости делигнификации от способа варки

Показатели	Способы варки			
	НСАХ	ЩСАХ	сульфатная	
			без добавки	с антрахиноном
Степень делигнификации, ед. Каппа	40	40	40	40
Время варки при 175 °С, мин	280	160	50	33
Общее время варки, мин	320	250	140	123
Относительная скорость варки	0,44	0,56	1,0	1,14
Общий выход, %	56	49	48	49,5
Содержание непровара, %	4	2	2	2
Белизна небеленой целлюлозы по ИСО, %	47	26	25	25

В табл. 4.85 приведены данные, характеризующие результаты размола различных видов целлюлозы в мельнице Валлей. Нагрузки на ножи при размоле целлюлозы НСАХ-варки 6,9 кг, ЩСАХ-варки и сульфатной – 5,5 кг.

Таблица 4.85

Влияние размола различных видов целлюлозы в мельнице Валлей на основные показатели.

Время размола, мин	Степень помола, °ШР	Плотность, кг/м ³	Индекс сопротивления раздиранию, мН · м ² /г	Индекс прочности при растяжении, Н м/г	Растяжение при разрыве, %	Коэффициент светорассеяния, м ² /кг	Коэффициент светопоглощения, м ² /кг	Непрозрачность, %
Целлюлоза нейтрально-сульфитная с антрахиноном								
0	11,5	368	14,2	45,9	3,2	27,7	5,86	94,5
5	12,0	418	13,1	59,2	3,4	26,0	5,75	92,1
12	12,5	453	11,4	73,7	3,5	24,5	5,84	92,1
30	14,5	532	9,5	94,4	4,1	21,0	5,68	88,9
60	33,0	653	7,9	107,3	3,9	14,7	5,37	83,7
Целлюлоза щелочно-сульфитная с антрахиноном								
0	10,5	449	14,8	39,7	4,6	20,7	17,8	98,6
5	11,5	474	12,2	56,8	4,2	18,7	16,1	96,9
15	12,5	508	10,8	70,6	4,3	16,7	14,6	95,5
30	13,5	549	9,4	82,4	4,3	17,5	16,7	96,4
60	15,5	595	8,8	98,0	4,3	16,8	17,7	96,5

Окончание табл. 4 85

Время размола, мин	Степень помола, °ШР	Плотность, кг/м ³	Индекс сопротивления раздиранию, мН · м ² /г	Индекс прочности при растяжении, Н м/г	Растяжение при разрыве, %	Коэффициент светорассеяния, м ² /кг	Коэффициент светопоглощения, м ² /кг	Непрозрачность, %
Сульфатная целлюлоза								
0	13,0	505	19,8	43,3	4,5	29,0	11,8	98,0
5	12,5	499	17,8	51,1	4,1	27,6	11,2	96,2
15	14,5	558	14,1	73,2	4,0	24,8	11,2	95,7
30	17,0	606	12,6	93,9	4,1	21,5	10,6	93,4
60	32,0	658	10,7	103,6	4,3	17,9	10,4	93,0
90	58,0	698	10,1	112,0	4,4	15,5	10,0	91,4
Целлюлоза НСАХ-варки после кислородно-щелочной обработки								
0	15,0	523	12,4	57,1	3,9	23,4	4,48	91,0
5	13,5	578	10,4	76,7	4,1	21,9	4,85	88,8
15	17,0	640	9,0	94,6	4,2	18,2	4,66	85,1
25	25,5	677	8,3	105,0	4,3	15,8	4,61	83,1
35	40,0	698	7,8	112,0	4,0	14,8	4,78	82,9

4.13. ОТБОР ЩЕЛОКА И ПРОМЫВКА МАССЫ

Щелок отбирается из варочного котла (при опорожнении его вымывкой) и из сжежи (при выдувке). Применяют также последовательный отбор щелока из котла и из сжежи.

Наиболее эффективным из применяемых в настоящее время способов отбора щелока является отделение щелока от целлюлозы на вакуум-фильтрах с применением ступенчатой промывки массы. В этом случае масса выпускается из котла вместе со щелоком в мешальный бассейн и затем подается насосом на два или более двухзонных вакуум-фильтра, работающих последовательно. При этом обеспечивается максимальный отбор щелоков при наименьшем их разбавлении водой.

Количество отбираемого щелока. В зависимости от различных условий на практике объем отбираемого на использование щелока колеблется в пределах от 7,5 до 11 м³ на 1 т целлюлозы при содержании сухого вещества от 80 до 110 г/л (для ЦВВ – 40 г/л).

Количество сахаров (общих РВ), содержащихся в щелоках, используемых для переработки, достигает 230...235 кг/т воздушно-сухой целлюлозы марки Ж-3 при концентрации РВ в щелоке 2,4...2,5 %. Количество сбрасываемых РВ составляет 66...68 % от общих РВ. Выход спирта достигает 82 л на 1 т воздушно-сухой целлюлозы.

Щелок в варочном котле по окончании варки распределяется следующим образом (в м³/т воздушно-сухой целлюлозы):

Остается в котле после варки в зависимости от степени уплотнения щепы в котле, выхода целлюлозы из древесины и способа варки (глухим или острым паром)	5...10
Удаляется из массы путем свободного стекания	1...2
Остается в массе после свободного стекания	5...6
в том числе находится в полости клеток	1,5...1,8
в клеточных стенках	0,3...0,5
в промежутках между щепочками, пучками и отдельными волокнами	3,5...4,0

С повышением жесткости целлюлозы ускоряется стекание щелока, но увеличивается количество щелока, удерживаемого волокнами.

Для характеристики различных методов отбора щелоков и промывки целлюлозы удобно пользоваться следующими тремя показателями (выраженными в % или долях единицы):

1) степень отбора или степень использования η , выражаемая отношением количества органических веществ (или сухого остатка) в отобранном щелоке ($Q_{отб}$) к соответствующему их количеству в исходном щелоке ($Q_{исх}$)

$$\eta = \frac{Q_{отб}}{Q_{исх}} \quad (4.49)$$

2) относительная концентрация f , равная отношению концентраций органических веществ (или сухого остатка) в отобранном ($c_{отб}$) и исходном щелоке ($c_{исх}$)

$$f = \frac{c_{отб}}{c_{исх}} \quad (4.50)$$

обратная величина – степень разбавления K ;

3) относительный объем m , выражаемый отношением объемов отобранного $V_{отб}$ и исходного $V_{исх}$ щелоков:

$$m = \frac{V_{отб}}{V_{исх}} \quad (4.51)$$

Поскольку $Q_{отб} = c_{отб} \cdot V_{отб}$ и $Q_{исх} = c_{исх} \cdot V_{исх}$, очевидно, что $\eta = m \cdot f$. В некоторых случаях пользуются термином степень (фактор) разбавления для обозначения разности между объемом отобранного щелока и объемом исходного щелока на 1 т целлюлозы.

Примеры применяемых схем отбора щелоков и промывки сульфитной целлюлозы приведены на рис. 4.48, 4.49 [2, 23].

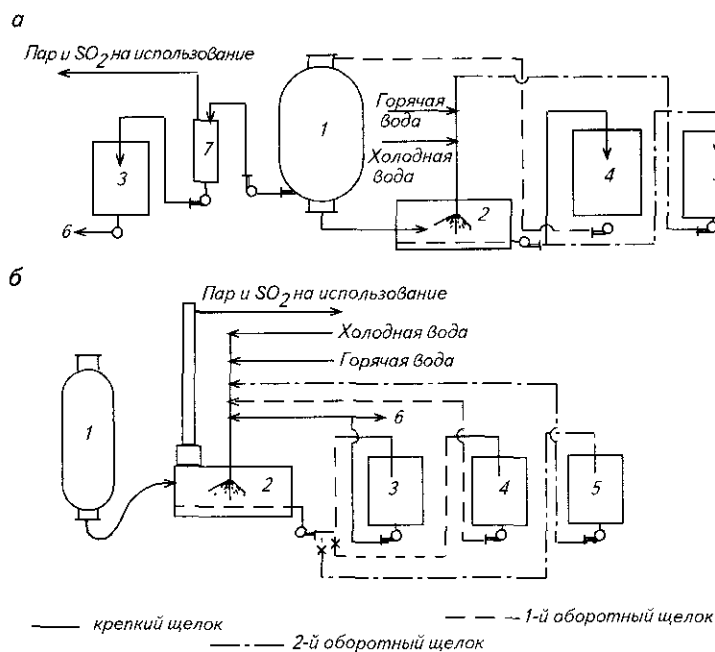


Рис. 4.48. Схема ступенчатой промывки и отбора щелоков: а – при вымывке, б – при выдувке; 1 – варочный котел, 2 – сцеза; 3 – бак крепкого используемого щелока; 4 – бак первого оборотного щелока; 5 – бак второго оборотного щелока, 6 – откачка щелока на переработку; 7 – отгонная колонка

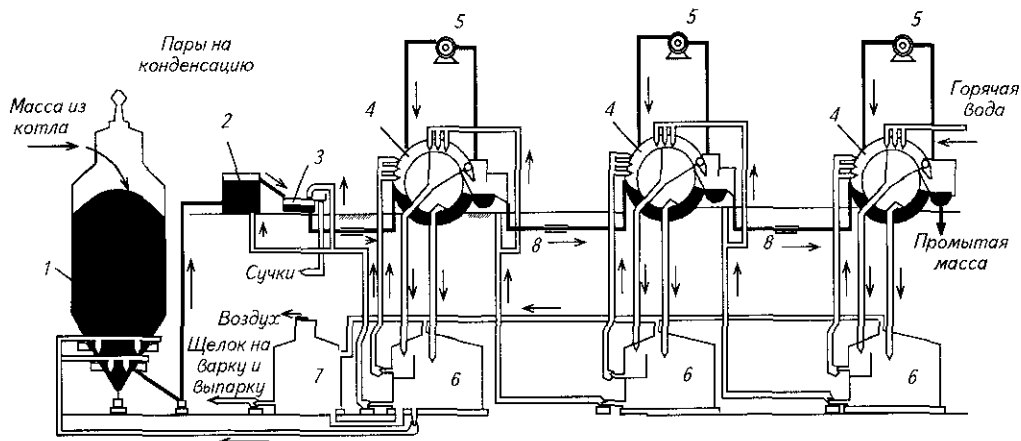


Рис. 4.49. Схема отбора щелоков и промывки сульфитной целлюлозы на двухзонных фильтрах давления: 1 – вымывной резервуар; 2 – разбавительный бак; 3 – сучколовители, 4 – фильтры давления; 5 – воздушодувки, 6 – баки для фильтратов; 7 – бак для используемого щелока; 8 – осевые масляные насосы

В табл. 4.86 приведены количественные и качественные показатели щелоков, образующихся при получении различных видов целлюлозы. Оценка различных вариантов схем отбора щелоков представлена в табл. 4.87.

Таблица 4.86

Количество и качество щелока, получаемого при варке целлюлозы

Показатели	Марки целлюлозы				
	ЦВВ	Ж-1	Ж-3	Ж-5	вискозная
Количество щелока при варке целлюлозы, м ³ /т:					
– еловой	6,9	7,9	8,1	8,4	8,8
– пихтовой	7,6	9,0	9,5	9,7	10,2

Окончание табл. 4.86

Показатели	Марки целлюлозы				
	ЦВВ	Ж-1	Ж-3	Ж-5	вискозная
Содержание органических веществ в щелоке при варке целлюлозы, кг/м ³ :					
– еловой	45	99	103	107	111
– пихтовой	41	87	88	92	96

Таблица 4.87

Влияние величины относительного объема на степень отбора щелоков

Коэффициенты отбора при промывке в котле водой	Под парогазовым давлением отобрано щелока, м ³		
	от 40 до 70	от 70 до 90	от 90 до 110
при относительном объеме $m = 0,8$ (общий объем используемого щелока 208 м ³)			
Степень отбора η	0,62	0,67	0,74
Относительная концентрация f	0,78	0,85	0,92
при относительном объеме $m = 1,0$ (общий объем используемого щелока 260 м ³)			
Степень отбора η	–	0,72	0,82
Относительная концентрация f	–	0,72	0,82

Степень отбора и относительная концентрация используемого щелока значительно повышаются при заливке в котел обратного слабого щелока вместо воды. В этом случае при соблюдении относительной концентрации $f = 0,8$ можно достичь степени отбора 90...92%.

4.14. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ВАРКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

1. Удельный расход плотной древесины

$$P = \frac{880 \cdot 100}{\gamma \cdot b}, \text{ м}^3/\text{т в. с. целлюлозы}, \quad (4.52)$$

где γ – плотность древесины, кг абсолютно сухой древесины на 1 м³ при фактической ее влажности;
 b – выход целлюлозы из древесины, %.

Влияние плотности древесины и выхода целлюлозы на удельный расход плотной древесины показано в табл. 4.88.

Таблица 4.88

Удельный расход плотной древесины в. с. целлюлозы, м³/т

Выход целлюлозы из древесины, %	Удельный расход плотной древесины, м ³ /т в. с. целлюлозы, при плотности древесины, кг/м ³							
	360	380	400	420	440	460	480	500
44	5,55	5,26	5,00	4,76	4,55	4,35	4,17	4,00
46	5,32	5,05	4,80	4,66	4,35	4,16	4,00	3,84
48	5,10	4,83	4,60	4,37	4,18	4,00	3,84	3,67
50	4,89	4,64	4,40	4,20	4,00	3,83	3,67	3,52
52	4,71	4,46	4,20	4,04	3,86	3,68	3,54	3,39

2. Удельный расход серы

$$C = V_{\text{сыр}} \frac{a}{100} \cdot \frac{32}{64}, \text{ кг/т в. с. целлюлозы}, \quad (4.53)$$

где $V_{\text{сыр}}$ – количество сырой кислоты, л/т в. с. целлюлозы;
 a – содержание в сырой кислоте всего SO₂, %.

Влияние количества кислоты и содержания в ней всего SO₂ на удельный расход серы иллюстрирует табл. 4.89.

Таблица 4.89

Удельный расход серы, кг/т в. с. целлюлозы

Содержание в сырой кислоте всего SO ₂ , %	Удельный расход серы по варке, кг/т в. с. целлюлозы, при количестве сырой кислоты, л/т в. с. целлюлозы						
	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000
2,8	56	63	70	77	84	91	98
3,2	64	72	80	88	96	104	112
3,6	72	81	90	98	108	117	126
4,0	80	90	100	109	120	130	140

3. Удельный расход основания в единице связанного SO₂

$$B = V_{\text{сыр}} \cdot \frac{C}{100}, \text{ кг связ. SO}_2/\text{т в. с. целлюлозы}, \quad (4.54)$$

где C – содержание в сырой кислоте связанного SO₂, %.

4. Выход целлюлозы из 1 м³ котла за варку

$$B = \frac{\alpha \cdot \gamma \cdot b}{88}, \text{ кг в.с. целлюлозы/м}^3 \text{ котла,} \quad (4.55)$$

где α – объемная степень заполнения котла древесиной, м³/м³ котла;

γ – плотность древесины, кг/м³ а. с. древесины;

b – выход целлюлозы из древесины, %.

При разном уплотнении щепы α имеет следующие значения:

Уплотнение %	0	5	10	15	20	25	30	35
α при сухой щепе	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,44	0,45	0,47
α при сырой щепе	0,37	0,39	0,40	0,42	0,44	0,46	0,47	0,49

Влияние объемной степени заполнения котла на выход целлюлозы из 1 м³ котла показано в табл. 4.90.

Таблица 4.90

Выход целлюлозы из 1 м³ котла еловой древесины плотностью 390 кг/м³ при разной степени уплотнения щепы

Сульфитная целлюлоза	Выход целлюлозы из древесины, %	Выход целлюлозы из 1 м ³ котла, кг воздушно-сухой, при объемной степени наполнения, м ³ /м ³ котла						
		0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48
Жесткая (Ж)	50	79,7	84,0	88,5	93,0	97,4	101,9	106,3
Среднежесткая (С)	48	76,5	80,7	85,0	88,2	93,5	97,7	102,0
Мягкая (М)	46	73,3	77,4	81,5	85,5	89,6	93,6	97,7
Вискозная	44	70,2	74,0	78,0	81,8	85,7	89,6	93,5

Сравнительные значения выхода из 1 м³ котла целлюлозы различной степени провара хвойных и лиственных пород древесины представлены в табл. 4.91, а удельные показатели на 1 т воздушно-сухой небеленой сульфитной целлюлозы из ели – в табл. 4.92.

Таблица 4.91

Выход целлюлозы из 1 м³ котла

Выход воздушно-сухой целлюлозы из 1 м ³ котла, кг	Сульфитная целлюлоза				
	ЦВВ	Ж	С	М	вискозная
Еловой	116	101	97	93	86
Пихтовой	98	84	81	78	72
Осиновой	109	94	–	–	–
Березовой	146	117	–	–	–

Суточная производительность варочных котлов

$$M = \frac{B \cdot V \cdot 24}{1000 \tau}, \text{ т в. с. целлюлозы/сутки,} \quad (4.56)$$

где B – выход в.с. целлюлозы из 1 м³ котла, кг;

V – объем котла нетто, м³;

τ – полный оборот котла без простоев, ч.

Годовая производительность варочных котлов

$$M_{\text{год}} = \frac{M}{K} \cdot 345, \quad (4.57)$$

где K – средний коэффициент времени простоя, $K = 1,03 \dots 1,08$.

Таблица 4.92

Удельные показатели на 1 т воздушно-сухой небеленой сульфитной целлюлозы из ели (брутто по варке) [24]

Показатели	Марки целлюлозы и вид основания													
	Ж-0		Ж-1		Ж-2		Ж-3		Ж-4		Ж-5		вискозная	
	Na	Mg	Na	Mg	Na	Mg	Na	Mg	Na	Mg	Na	Mg	Na	Mg
Выход целлюлозы из древесины, %	54	53	52	51	52	51	51	51	51	51	50	48	47	46
Оборот варочного котла емкостью 320 м ³ при рабочем давлении 1,0 МПа, горячей регенерации и опорожнения вымывкой, ч	12,0	12,5	10,5	11,0	10,5	11,0	10,5	11,0	10,0	10,5	11,0	11,0	11,5	12,0
Конечная температура варки, °С	130...132	132...135	132...135	135...138	132...135	135...138	130...140	140	140	140	140	140	140	145
Выход целлюлозы из 1 м ³ котла, кг В том числе:	99,6	97,8	95,9	94,1	95,9	94,1	94,1	92,2	94,1	92,2	94,1	88,5	86,7	84,2
– I сорт, %	94,5	94,0	95,0	94,5	95,0	94,5	95,0	94,5	95,0	94,5	94,5	93,0	92,5	93,0
– III сорт, %	2,2	2,7	2,2	2,7	2,2	2,7	2,2	2,7	2,2	2,7	2,7	1,3	1,3	1,3
– сучки и непровар, %	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5	2,0	1,5
Мелкое волокно, %	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,5	3,5	3,5
Безвозвратные потери (промой), %	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,7	0,7	0,7
Расход варочной жидкости, м ³ :														
– сырой кислоты;	4,6	4,7	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	4,9	5,0	5,0	5,1	5,3	5,3
– варочной кислоты;	4,7	4,8	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,1	5,0	5,1	5,1	5,3	5,4	5,5
– перепускного щелока;	2,0	2,1	2,1	2,2	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4
Расход сырья и химикатов:														
– абсолютно сухой древесины, кг	1630	1660	1692	1725	1692	1725	1825	1760	1725	1760	1760	1833	1872	1913
– серы, кг	85	90	85	90	85	90	90	95	90	95	95	95	100	100
– каустического магnezита (в расчете на 100% MgO), кг	–	45	–	45	–	45	–	50	–	50	–	–	60	–
– кальцинированной соды (в расчете на 95% Na ₂ CO ₃), кг	115	–	115	–	115	–	115	–	120	–	–	125	–	130

Показатели	Марки целлюлозы и вид основания													
	Ж-0		Ж-1		Ж-2		Ж-3		Ж-4		Ж-5		вискоз-ная Na	
	Na	Mg	Na	Mg	Na	Mg	Na	Mg	Na	Mg	Na	Mg		
Расход пара (насыщенного) на варку целлюлозы, т;	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,64	1,64	1,8
В том числе:														
– давление 0,35 МПа	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	1,0	1,0	1,08
– давление 1,3 МПа	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,64	0,64	0,72
– на плавление серы, считая на 1 т серы пар давлением 0,6 МПа	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Вторичное тепло, МДж:														
– кислотный цех – теплооборотной воды от скруббера II ступени,	697	738	697	738	697	738	738	779	738	779	779	820	820	820
– варочный цех – тепло паров вскипания крепкого щелока, отбираемого из котла,	615	622	638	638	638	638	638	638	638	653	767	784	862	862
– тепло от паров вскипания конденсата подогревателей варочных котлов	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	617	677	682	682

4.15. ОБОРУДОВАНИЕ ВАРОЧНОГО ЦЕХА

Основное оборудование варочного цеха включает варочные котлы, емкости для приема целлюлозы из котлов (свежи или вымывные бассейны) и оборудование для подготовки щелока перед биохимической переработкой или выпаркой (фильтрация щелока от волокна и отдувка сернистого ангидрида).

4.15 1 ВАРОЧНЫЕ КОТЛЫ

Варочные котлы, установленные в России на заводах по производству сульфитной целлюлозы, имеют емкость нетто от 50 до 340 м³ и работают при максимальном давлении от 0,5 до 1,2 МПа.

Корпуса старых варочных котлов, в основном, клепанные, изготовлены из углеродистой стали и защищены изнутри от коррозионного действия варочного раствора кислотостойкой керамической обмуровкой.

Корпуса современных варочных котлов (поставки 50-х годов и позже) изготавливаются сварными из листов двухслойной стали.

Наружный слой – котельная сталь марки 20К, внутренний плакирующий слой – кислотостойкая сталь марок 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, а в котлах последних поставок 08Х17Н15М3Т. Толщина наружного слоя определяется расчетом в зависимости от емкости котла и рабочего давления.

Наиболее распространенные размеры варочных футерованных котлов, работающих на сульфитцеллюлозных заводах, показаны в табл. 4.93.

Таблица 4.93

Размеры варочных котлов (клепанных) для варки сульфитной целлюлозы

Объем, м ³	Общая высота, мм	Диаметр, мм	Высота цилиндрической части, мм	Отношение высоты к диаметру
90	9600	4500	3500	2,13
110	11725	4506	4000	2,6
130	12000	4900	4400	2,45
180	14250	5200	5850	2,74
225	14000	5500	–	2,55
280	16600	6000	6800	2,76
280	14900	6500	5100	2,29
320	15850	6600	–	2,40
330	15500	6600	6000	2,36

Биметаллические варочные котлы изготавливаются пяти условных типоразмеров – емкостью 160, 200, 250, 280 и 320 м³. Конструкция котла представляет собой цилиндрический сосуд, соединенный сферическими поясами с верхним и нижним коническими днищами. Верхний и нижний конусы заканчиваются горловинами, выполненными из стали 08Х17Н15М3Т. На верхней горловине устанавливается механизированная крышка с пневмоприводом.

В верхнюю горловину вварены штуцера для подачи свежей воды, щелока, пара и отвода сдувочных газов. Внутри горловины смонтирована сдувочная сетка из перфорированной кислотостойкой стали для исключения попадания щепы и целлюлозы со сдувочными газами в трубопроводы. В верхнем конусе котла установлен стационарный паровой уплотнитель и кольцевой коллектор для промывки внутренней поверхности котла.

Внизу цилиндрической части котла имеется кольцевая сетка, через которую по четырем штуцерам производится забор кислоты в циркуляционно-подогревательную систему.

В нижней сферической части котла имеется 6 штуцеров с соплами для подачи обратного щелока в котел из наружного кольцевого коллектора для разбавления целлюлозы при опорожнении котла.

В нижней горловине установлена сетка из кислотостойкой стали, которая исключает попадание щепы в трубопроводы, и вварены штуцера для подачи кислоты в котел, отбора щелока и подачи циркуляционной кислоты. К нижней горловине крепится литой вымывной штуцер из нержавеющей стали 10Х17Н12М3ТЛ с врезанными штуцерами для подачи щелока и пара.

На корпусе котла также имеются штуцера для отбора проб и установки приборов КИП и А.

К нижнему сферическому поясу котла приварены четыре опорные лапы, которыми он опирается на металлические колонны с креплением их к фундаменту с помощью болтов.

Для всех типоразмеров котлов угол верхнего конуса принят 90° , а нижнего – 60° .

Основные размеры биметаллических котлов для производства сульфитной и бисульфитной целлюлозы, изготавливаемых заводом АО «Петрозаводскмаш», даны в табл. 4.94.

Таблица 4.94

Биметаллические варочные котлы

Наименование	Марка котла				
	КВСи–160	КВСи–200	КВСи–250	КВСи–280	КВСи–320
Емкость нетто, м ³	160	200	250	280	320
Температура среды, °С	160	160	180	180	180
Избыточное рабочее давление, МПа	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
Габаритные размеры, мм:					
– внутренний диаметр, м	5	5	6	6	6
– высота цилиндрической части, м	4,365	6,510	4,986	5,757	6,865
– высота общая с опорами, м	16,10	17,83	18,29	18,01	20,71
Масса котла, т	59,1	63,6	84,4	88,5	99,3
Материал корпуса	двухслойная сталь 20к+08Х17Н15М3Т				
Материал гарнитуры котла (сетки, шпунца, бобышки КИПиА, трубопроводы, запорная арматура, крышка и т. п.)	сталь марок 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3ТЛ, 12Х18Н12М3ТЛ				

4 15 2 УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ЩЕЛОКА В ВАРОЧНЫХ КОТЛАХ

Для осуществления равномерного провара щепы в котле по всей его высоте должна поддерживаться одинаковая температура и крепость варочного раствора. Это достигается за счет принудительной циркуляции щелока в котле во время варки за счет оснащения варочных котлов циркуляционными установками. Установки для принудительной циркуляции щелока применяются как при прямом, так и непрямом нагревании содержимого котла паром.

Различие в применяемых типах циркуляционных установок заключается:

- в способах забора щелока и возврата его в котел,
- в способах подогрева щелока,
- в интенсивности циркуляции щелока.

Лучшей системой циркуляции является система с забором щелока из нижнего пояса цилиндрической части (примерно 1/3 от низа цилиндрической части), подогревом его в подогревателе и подачей примерно 2/3 его объема в верхний конус котла и 1/3 в низ котла. Производительность циркуляционного насоса должна обеспечивать 5–6-кратный обмен кислоты в котле в течение часа или не менее 50 л/мин на 1 м³ емкости котла. Поверхность теплообменника определяется в соответствии с заданной скоростью подъема температуры в котле и составляет около 0,3...0,4 м² на 1 м³ емкости варочного котла. Пар, подаваемый в подогреватель, должен быть насыщенным или с незначительным перегревом. Применение перегретого пара может привести к образованию накипи на поверхности труб и нарушить герметичность за счет развальцовки труб.

Забор щелока из котла в циркуляционную систему производится через перфорированное сито с отверстиями диаметром 7 мм. Живое сечение отверстий сетки должно составлять 0,07...0,08 м² на 1 м³ щелока, перекачиваемого в 1 мин.

Все детали циркуляционной установки, соприкасающиеся с варочной кислотой, включая рубашку кожухотрубчатого теплообменника, должны изготавливаться из кислотостойкой стали.

Все работающие и вновь устанавливаемые биметаллические варочные котлы снабжены системой принудительной циркуляции с подогревом кислоты в теплообменнике. Теплообменники для котлов импортной поставки 50-х годов – пластинчатые (фирм Розенблад и Рамен), для котлов более поздней поставки и отечественных – кожухотрубчатые.

Технические характеристики циркуляционно-подогревательных устройств представлены в табл. 4.95.

Таблица 4.95

Техническая характеристика циркуляционно-подогревательных устройств

Показатели	Изготовители				
	ПО «Петрозаводск-маш»		АО Раума-Репола	АО Розенблад	АО Рамен
Объем варочного котла, м ³	160	320	320	320	320
Тип подогревателя	трубчатый	2-х ходовой	трубчатый 2-х ходовой	пластинчатый	
Поверхность нагрева, м ²	70	120	160	65	100
Избыточное давление, МПа:					
- в трубном пространстве	1,6	1,6	—	в жидкостном ходе 1,4	—
- в межтрубном пространстве	1,25	1,25	—	в паровом ходе 1,4	0,65
Расчетная температура, °С:					
- в трубном пространстве	180	200	—	—	—
- в межтрубном пространстве	200	250	—	—	—
Среда:					
- в трубном пространстве	варочная кислота		Варочная кислота	варочная кислота и пар	
- в межтрубном пространстве	Пар	Пар	Пар		
Производительность циркуляционного насоса, м ³ /час	720	1600	1500	—	—
Напор насоса, м. вод. ст.	22	24	25	14	30
Мощность насоса, кВт	125	160	160	—	—
Общий вес установки, кг	29530	33 400	—	—	—

4.15.3. СЦЕЖИ

Сцежи служат для приема массы из котлов и ее промывки от щелока. Сцежами оборудованы варочные цеха старой постройки. В цехах более поздней постройки в качестве емкостей для приема массы из котлов применяются вымывные бассейны.

Нормальный полный объем выдувной сцежи – двухкратный от объема варочного котла. Объем сцежи для вымывки составляет 1,25...1,5 объема котла.

Площадь пола сцежи должна составлять 6...7 м² на 1 т воздушно-сухой целлюлозы (брутто) от одной варки.

1 м³ сырой массы из сцежи (после стекания щелока) весит 650...700 кг и содержит 125 кг абс. сухого вещества.

После стекания масса в сцеже занимает объем, равный 60...65% емкости варочного котла.

Существующие сцежи в плане имеют прямоугольную, круглую и эллиптическую формы.

Стенки сцеж, выполненных из бетона, защищаются от агрессивного воздействия сульфитного щелока и паров его вскипания кислотоупорной керамической футеровкой или облицовкой листовой кислотостойкой сталью. Последний способ защиты является наиболее надежным.

Фильтрующий пол рекомендуется выполнять из перфорированных листов кислотоупорной хромоникель-молибденовой стали толщиной 3 мм с диаметром отверстий 4...5 мм, шагом 14...16 мм.

В последние годы на некоторых предприятиях установлены круглые биметаллические сцежи диаметром 10 м и высотой цилиндрической части 11,25 м. Данная сцежа предназначена для приема массы из котла емкостью до 320 м³, опоражниваемого как способом выдувки, так и вымывки. Сцежа снабжена размывочными аппаратами типа Р-2, имеющего следующие технические характеристики:

- производительность по воде, м³/мин 11
- давление воды, МПа 0,4...0,5
- диаметр спускного клапана, мм 500
- диаметр трубы шпинделя, мм 160
- высота над сцежей, мм 2070
- диаметр подводящего водопровода, мм 200
- масса, кг 1380.

Большинство работающих сцез оборудовано установками для пневматического перемешивания массы при их разгрузке, для чего под ложным полом сцез смонтированы трубопроводы с перфорацией для подачи воздуха от компрессора.

Для успешной работы установки концентрация массы в сцезе во время размешивания воздухом должна составлять 2...4%. Высота слоя массы после стекания щелока должна быть равномерной по всей площади сцези и составлять не более 1 метра. Отверстия в трубопроводах для выхода воздуха должны иметь диаметр не менее 5 мм. Количество расходуемого воздуха составляет 0,75 м³/мин на 1 м² пола сцези или 4,5 м³/мин на тонну целлюлозы.

Размывка массы с помощью гидрантов или шлангов более трудоемка.

Расход воды в сцезе на 1 т воздушно-сухой целлюлозы:

- на промывку массы, м³/ступень до 10
- на вымывку массы из сцез, м³
 - с пневматическим размешиванием 25...30,
 - с размывкой брандспойтами 50...90.

Потери волокна обычно составляют 0,3...0,6%.

4.15.4 ВЫМЫВНЫЕ БАСЕЙНЫ

При промывке целлюлозы на специально предназначенном для этих целей оборудовании (промывные установки, отдельные фильтры, столовые промыватели и т. п.) для приема массы из варочных котлов устанавливаются вымывные бассейны. Вымывные бассейны могут быть как горизонтальными, выполненными из железобетона с внутренней кислотоупорной футеровкой, так и вертикальными, изготовленными из двухслойной стали. Для перемешивания массы бассейны оборудуются мешальными устройствами.

Наиболее предпочтительна установка биметаллических вертикальных бассейнов, которые требуют значительно меньших объемов строительных работ по сравнению с железобетонными.

Емкость бассейнов определяется объемом и количеством установленных варочных котлов и режимом варки.

В качестве вымывных бассейнов используются бассейны высокой концентрации емкостью 630, 1250 и 2000 м³ без верхнего разбрасывателя массы. Материал бассейнов биметаллических марок – 2ОК+12Х18Н10Т или 2ОК+10Х17Н13М2Т/3Т.

Бассейны в нижней части оборудованы горизонтальной трехлопастной мешалкой винтового типа. Привод мешального устройства от электродвигателя – через редуктор.

Для исключения «всплывания» массы для таких бассейнов необходимо предусматривать дополнительное ее перемешивание с помощью установки циркуляционного насоса. При этом забор массы производится из нижней зоны бассейна, а подача ее в среднюю часть под уровень массы. Производительность насоса для бассейна 2000 м³...1500 м³/час, напор 10 м вод. ст., мощность двигателя 75 кВт.

4 15.5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЩЕЛОКА ОТ ВОЛОКНА

Перед подачей крепкого сульфитного щелока на биохимическую переработку производится его очистка от целлюлозного волокна и остаточного свободного SO₂.

Для очистки щелока от волокна применяются барабанные фильтры отечественной и импортной поставки, которые по своей конструкции идентичны. Щелок из ванны проходит внутрь сетчатого вращающегося барабана и отводится через торец по трубе в бак щелока.

Ранее поставленные заводом Уралхиммаш фильтры БгВК-6.28 имели величину фильтрующей поверхности барабана 6,28 м² (диаметр барабана 1 м, длина 2 м). Намеченный к производству взамен него новый фильтр марки БгВК5-1.8 будет иметь следующие параметры:

- поверхность фильтрования, м² 5
- диаметр барабана, мм 1800
- длина барабана, мм 1000
- гидравлическая производительность по щелоку, м³/час не менее 150
- частота вращения барабана, об/мин 2,2; 3,5
- мощность электродвигателя привода барабана, кВт 1,1

– габаритные размеры, мм:	
длина	2380
ширина	2070
высота	2370
– масса фильтра, кг	1300
– материал узлов и деталей, соприкасающихся с обрабатываемой средой	сталь 10X17H13M3T

Более современным аппаратом для улавливания волокна из щелока является «Центрифилтър» фирмы Альстрем (Финляндия), изготовляемый с середины 80-х годов.

Конструкция центрифилттра и принцип его работы сходны с напорной сортировкой центрисортер.

Подача щелока производится тангенциально в верхнюю часть аппарата, откуда он попадает внутрь сита. За счет центробежных сил, создаваемых вращающимся сплошным цилиндрическим ротором, щелок проходит через сито барабана и выводится по патрубку из аппарата. Волокно собирается в нижней части и отводится в массный бассейн непромытой целлюлозы.

Фирма выпускает три типоразмера центрифилттров СР-150, СР-200 и СР-400. Наружный диаметр этих аппаратов 510, 620 и 770 мм, высота соответственно 1270, 1450 и 1655 мм и масса (без электродвигателя) 500, 800 и 1600 кг.

4.15.6. РЕГЕНЕРАЦИОННЫЕ ЦИСТЕРНЫ

На большинстве заводов в качестве регенерационных цистерн используются шаровые цистерны с диаметром внутренней поверхности 10500 мм или корпус варочных котлов различной емкости. Цистерны изготавливаются или из углеродистой стали с защитой от коррозии внутренней поверхности керамическими кислотостойкими плитками, или из листовой кислотостойкой стали, или из биметалла с плакирующим слоем из кислотостойкой стали.

В последние годы разработаны два типа регенерационных цистерн: шаровая регенерационная цистерна емкостью 600 м³ и цистерна (резервуар) цилиндрической формы емкостью 500 м³.

Техническая характеристика шаровой регенерационной цистерны следующая:

– объем цистерны, м ³	600
– диаметр корпуса (по внутренней поверхности), мм	10500
– расчетное давление в газовом пространстве цистерны, МПа	0,6
– минимальная допустимая рабочая температура оболочки цистерны, °С	–40
– масса стальных конструкций (без площадок обслуживания), т	70,6
– материал корпуса	сталь 08X21H6M2T
– тип опор	вертикальные стойки из труб
– количество опор, шт	8

Регенерационный резервуар цилиндрической формы представляет собой вертикальную сварную емкость с днищем сферической формы. Резервуар опирается на стандартную цилиндрическую опору. Техническая характеристика резервуара следующая:

– объем, м ³	500
– диаметр корпуса (внутренний), мм	6000
– радиус сферических днищ, мм	3000
– высота цилиндрической части, мм	13700
– общая высота, мм	22120
– толщина обечейки и днищ, мм	36
– рабочее давление в газовом пространстве, МПа	не более 1,0
– пробное давление, МПа	1,3
– температура рабочей среды, °С	не более 80
– материал:	
корпус	20К+08X17H15M3T
штуцера и фланцы	10X17H13M3T
опора	сталь ВСт3Сп2
– масса, кг	125900

4.15.7. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТГОНКИ SO₂ ИЗ СУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ

Отгонка SO₂ проводится с целью снижения расхода основания для нейтрализации щелока, увеличения выхода спирта и дрожжей и регенерации свободного и легко отщепляемого SO₂.

На некоторых предприятиях отгонка SO₂ из щелока производится путем подачи воздуха в баки щелока. Данный способ недостаточно эффективен и не позволяет регенерировать отдутый SO₂.

Наилучшие результаты по полноте освобождения щелока от остаточного свободного SO₂ достигаются путем его отгонки паром на тарельчатой колонне.

Техническая характеристика отгонной колонны для щелока следующая:

– производительность по щелоку, м ³ /ч	100...110
– диаметр колонны, мм	2000
– высота колонны, мм	18750
– число тарелок решетчатого типа, шт	27
– размеры прорезей в тарелках, мм	60×8
– рабочее давление, МПа	0,035
– температура, °С	100
– общий вес, кг	10975
– материал	сталь X17H13M2T
– расход пара на 1 м ³ щелока, кг	50...60

Выходящая из отгонной колонки парогазовая смесь охлаждается в спиральных теплообменниках, где происходит конденсация и отделение водяных паров, и в виде крепкого SO₂ направляется на поглощение в цех регенерации.

И БИСУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ

4.16.1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ

В процессе сульфитной, бисульфитной, модифицированной бисульфитной варок в зависимости от выхода целлюлозы в отработанный варочный щелок переходит 40...55% органических веществ древесины.

Вместе с варочными химикатами количество сухого остатка варочного щелока составляет 0,85...1,4 тонны на тонну воздушно-сухой целлюлозы. Реально в сложившейся структуре использования отработанных щелоков утилизируется не более половины сухого остатка. В это количество входит переработка части сахаров на спирт и дрожжи, использование упаренных щелоков (бражки или барды) в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства, а также сжигание щелоков на ряде сульфитцеллюлозных предприятиях. Остальное сбрасывается на очистные сооружения или непосредственно в водоемы, что вызывает сильное загрязнение окружающей среды. Именно это является основным сдерживающим фактором развития сульфитцеллюлозного производства.

К сожалению, заметного возрастания спроса на концентраты отработанных щелоков не наблюдается. Таким образом, основным путем решения проблемы утилизации отработанных щелоков и снижения загрязнения водоемов является регенерация варочных щелоков с получением тепла и возвратом большей части химикатов в варочный процесс.

Помимо проблем утилизации отработанных варочных щелоков и соответственно снижения загрязнения окружающей среды регенерация щелоков дает значительное количество тепла (от 8 до 15 ГДж/т целлюлозы). Учитывая, что после котлоагрегатов установлены эффективные системы абсорбции, улавливающие диоксид серы на 98...99% и более, значительно снижающие выбросы оксидов азота и полностью исключают выброс пыли (зола), можно считать полученную тепловую энергию практически экологически безопасной (содержание диоксида серы в очищенных дымовых газах в 5...10 раз меньше, чем в дымовых газах от сжигания мазута или угля).

Кроме того, в варочный процесс возвращается до 80...90% варочных химикатов, что заметно снижает себестоимость продукции.

4.16.2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ЩЕЛОКОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ВАРОЧНЫХ ОСНОВАНИЯХ

В сульфит-целлюлозном производстве России в настоящее время используют в основном три вида варочного основания: натриевое, аммониевое и магниевое.

Кальциевое основание в чистом виде не употребляется уже с конца 80-х годов. На ряде целлюлозных заводов использовалось смешанное кальциево-натриевое или кальциево-аммониевое основание, однако впоследствии на большинстве из них перешли на натриевое, аммониевое или магниевое основания.

С точки зрения регенерации химикатов и тепла из щелоков кальциевое основание наименее подходящее. При сжигании щелоков на кальциевом основании получают только технологический пар. Сера и оксид кальция в печи обычно связываются в виде CaSO_4 . Существовал сложный многоступенчатый способ сжигания кальциевых щелоков с получением CaO и SO_2 . Однако регенерированная зола была сильно загрязнена угольной золой и содержала много сульфата кальция. Способ не получил распространения.

При сжигании щелоков на аммониевом основании регенерируется тепло и сера в виде SO_2 . Аммониевое основание сгорает и не регенерируется. Дополнительным минусом в этом случае является повышенное образование оксидов азота при сжигании аммониевых щелоков за счет так называемых топливных NO_x , поскольку эти щелоки содержат около 2% азота.

Регенерация щелоков на натриевом основании сложна, многоступенчата и очень чувствительна к условиям сжигания щелока. Натриевое основание регенерируется в виде плава, содержащего Na_2S , с последующим переводом его в Na_2CO_3 или в виде золы, содержащей, наряду с содой Na_2CO_3 , сульфат натрия Na_2SO_4 (10...15% от общего содержания натрия). Сера регенерируется в виде сероводорода с последующим сжиганием его в отдельных печах с образованием SO_2 .

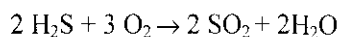
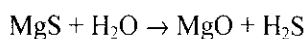
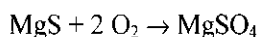
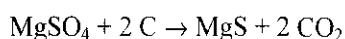
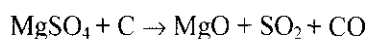
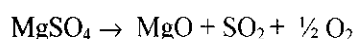
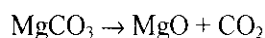
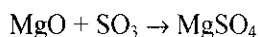
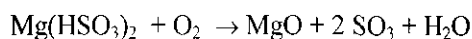
Наиболее простым решением проблемы регенерации сульфитных щелоков на натриевом основании является их совместная регенерация с сульфатными щелоками с использованием образующихся регенерированных продуктов в варочном цикле сульфатной варки.

Процесс регенерации химикатов и тепла из отработанных щелоков на магниевом основании является самым простым и надежным. В одном котлоагрегате происходит превращение магниевого щелока в MgO и SO_2 , т. е. химикаты, которые могут использоваться для приготовления варочных растворов без дополнительной обработки.

4.16.3. РЕГЕНЕРАЦИЯ ХИМИКАТОВ И ТЕПЛА ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ЩЕЛОКОВ НА МАГНИЕВОМ ОСНОВАНИИ

Процесс регенерации химикатов и тепла из отработанных сульфитных (бисульфитных) щелоков на магниевом основании состоит в сжигании упаренного до 55...58% щелока, отделении регенерированной золы (в основном MgO) от дымовых газов и получении бисульфитного раствора с использованием полученных MgO и SO₂, содержащегося в обеспыленных дымовых газах.

В процессе горения сульфитного (бисульфитного) щелока на магниевом основании происходят следующие реакции:



Термодинамические расчеты и фазовая диаграмма процесса сжигания магниевых щелоков показывают, что в окислительной среде при температуре ниже 800 °С будет получаться только сульфат магния. При температуре выше 900 °С сульфат магния полностью разлагается на MgO и SO₂. В восстановительной среде в присутствии избытка углерода образуется сульфид магния, который, взаимодействуя с парами воды, превращается в MgO и H₂S.

При температуре выше 900...1000 °С в любой среде полностью разлагаются карбонат магния до MgO и CO₂, а сульфиты и бисульфит магния до MgO и SO₂. Повышение температуры выше 1400...1500 °С приводит к образованию так называемого «мертвообожженного» MgO, который практически не взаимодействует ни с водой, ни с кислотами.

Для сжигания магниевых щелоков используют специальные котлоагрегаты. Схема регенерации по способу «Б и В» представлена на рис. 4.50.

Наряду с магниевой-регенерационными котлоагрегатами фирмы «Бабкок-Вилькоккс» (США) получили распространение котлоагрегаты фирм «Гетаверкен» (Швеция), «Вагнер-Биро» (Австрия), «Штейнмюллер» (Германия) и некоторых других. Как правило, они представляют собой экранированный одно- или двухбарабанный паровой котел, к которому пристроена неэкранированная выносная топка с форсунками для щелока и вспомогательного топлива. Воздух, подогретый в воздухоподогревателе до 350...400 °С, делится на первичный и вторичный. Это дает возможность создавать две зоны горения: первичную, восстановительную зону с температурой 1200...1400 °С, и вторичную, окислительную с температурой около 1000 °С на выходе из топки. Вторичная зона охлаждается экранами. Котлы вырабатывают пар с давлением до 6...6,5 МПа и температурой перегрева до 450...500 °С, который может использоваться в паровых турбинах для выработки электроэнергии с последующим потреблением пара на технологические нужды. Охлажденные дымовые газы после воздухоподогревателей и экономайзеров с температурой 150...200 °С поступают на улавливание регенерированной золы и получения бисульфитного раствора. Поверхности нагрева периодически очищаются от осевшей пыли (золы) сажеобдувочными аппаратами, металлической дробью и другими способами.

Финская фирма Альстрем для сжигания магниевых щелоков выпускает печи с кипящим слоем типа Копеланд. Печь имеет форму конуса с широким основанием вверху. Под распределительную решетку вдувается воздух, а щелок подается через форсунку, отвесно установленную в центре верхнего свода. Над решеткой образуется кипящий слой горящего огарка, высота которого регулируется давлением воздуха, создаваемого воздуходувкой. Дымовые газы через циклон, в котором улавливается часть регенерированной золы, отводятся под паровой котел для утилизации тепла, а затем в систему абсорбции для получения магниобисульфитного раствора.

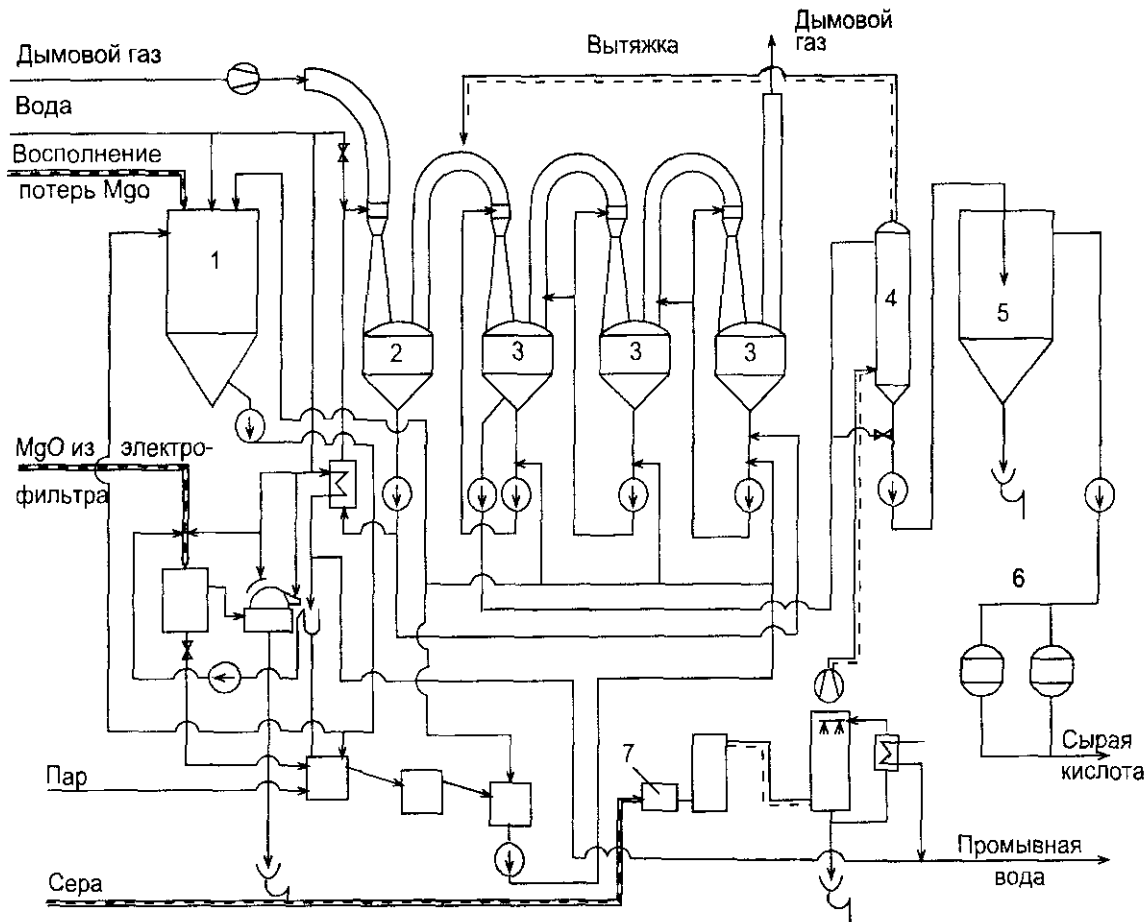


Рис 4.50. Регенерация магниевого основания из отработанных сульфитных щелоков. Способ «Babcock & Wilcox»:
 1 – запасной бак шлама MgO, 2 – охлаждающий скруббер Вентури; 3 – абсорбционные скрубберы Вентури;
 4 – укрепление кислоты, 5 – отстойный бак; 6 – песчаный фильтр; 7 – серная горелка

В кипящем слое процессы идут очень интенсивно при малом избытке воздуха. Горение происходит без пламени, частички огарка лишь тлеют. Температура в кипящем слое поддерживается около 900...1000 °С. Большая температура опасна из-за возможности спекания золы вследствие низкой температуры плавления сульфата магния и некоторых балластных соединений натрия и калия, которые могут присутствовать в свежем каустическом магнезите. Процесс идет без использования дополнительного топлива. Более того, концентрация упаренного щелока составляет около 40% сухих веществ вместо 55...58%, что значительно упрощает упаривание щелока. Однако съем пара в этом способе примерно на 20...40% меньше, чем у традиционных.

После сжигания щелока и утилизации образующегося тепла дымовые газы направляются на частичное улавливание золы, которое производится в различных аппаратах. Это батарейные циклоны, единичные циклоны, электрофильтры или мокрые фильтры. Как правило, степень улавливания регенерированной золы составляет 80...90%, у электрофильтров – 90...95%. Обеспыленный дымовой газ далее поступает в систему абсорбции для получения магнийбисульфитных растворов. Уловленная регенерированная зола обычно отмывается водой от растворимых нежелательных примесей (соединения калия и натрия, хлориды) либо в декантерах, либо на вакуум-фильтрах. После этого суспензия промытой золы направляется на гидратацию и затем на получение бисульфитного раствора.

Диоксид серы, содержащийся в обеспыленном дымовом газе, поглощается в системе абсорбции суспензией гидроксида магния, полученной из регенерированной золы, с образованием бисульфитного раствора. Содержание SO_2 в дымовом газе при этом снижается с 0,8...1,5% до 0,01...0,02% и ниже. Имеются данные об остаточном содержании SO_2 около 0,003%. Степень улавливания составляет 97,5...99% и более. Получаемый в системе абсорбции бисульфитный раствор имеет содержание $\text{SO}_{2\text{общ}}$ 3,0...4,5% при pH 4...5. Далее этот раствор может направляться непосредственно в варочный цех, либо дополнительно укрепляться в отдельном аппарате за счет SO_2 от сжигания серы.

Процесс получения бисульфитных растворов проводится в различных аппаратах: скрубберах Вентури (обычно 4 последовательно установленных аппарата), башнях с подвижной насадкой особой конструкции. В последнее время появились специальные аппараты с восходящим движением жидкости и газа, причем аппараты, работающие в области высоких рН, имеют гидроциклоны для отделения кристаллического сульфита магния.

В системе абсорбции устанавливаются 3 таких аппарата. При необходимости сульфит магния может быть расщеплен на MgO и SO₂ с последующим использованием при получении варочных растворов в нужных соотношениях.

В табл. 4.96, 4.97, 4.98 [25] приводятся данные обследований, проведенных на ряде зарубежных предприятий в середине 70-х годов, характеризующие показатели работы магний-регенерационных установок.

Таблица 4.96

Теплота сгорания магний-бисульфитного щелока

Целлюлозные заводы	Выход сортированной целлюлозы, %	Теплота сгорания сухого щелока.		Количество вырабатываемого пара, кг/т целлюлозы	Применение дополнительного топлива
		кДж/кг	Ккал/кг		
Mg-бисульфитные:					
А	51	15172	3612	5488	Да
Б	48	15645	3725	7056	Да
В	45	14708	3502	5880	Да
Г	48	15783	3758	5586	Да
Д	52	14708	3502	2768	Нет
Mg-сульфитный	Различный	15178	3614	4827	Да

Таблица 4.97

Эффективность работы выпарных станций на магний-бисульфитных целлюлозных заводах

Целлюлозные заводы	Концентрация твердых веществ, % в щелоке			Количество ступеней выпарки	Расход пара на выпарку щелока, кг/т
	поступающего на выпарку	после выпарной станции	после циклонного испарителя		
А	12,5	50	58	4	2019
Б	10,5	45	55	5	2820
В	8,4	55	—	5	2800
Г	10,0	39	—	3	2760

Таблица 4.98

Расход серы и оксида магния на варку целлюлозы

Целлюлозные заводы	Расход, кг/т воздушно-сухой целлюлозы	
	серы	оксида магния
Mg-бисульфитные:		
А	51,5	25,0
Б	41,0	22,0
В	34,0	19,6
Г	46,6	24,5
Д	37,0	24,0
Mg-сульфитные	27,0	14,7

Степень регенерации серы и оксида магния на зарубежных предприятиях составляла 70...80% при степени отбора 90...98%. Использование качественного магнезиального сырья, увеличение степени отбора щелока до 98...99,5%, утилизация в системе регенерации газовых выбросов, содержащих SO_2 позволило увеличить степень регенерации химикатов до 85...90%.

Восполнение потерь химикатов производится за счет сжигания серы в кислотном цехе или в магний-регенерационном котлоагрегате (МРК), добавлением жидкого SO_2 , свежего оксида или гидроксида магния. Иногда для этих целей используют сульфат магния, содержащий оба химиката.

На территории бывшего СССР регенерация химикатов и тепла действует на двух сульфит-целлюлозных предприятиях: АО «Светлогорский ЦКК» (Республика Беларусь) и ОАО «Красноярский ЦБК» (Россия). На обоих предприятиях были установлены отечественные магний-регенерационные котлоагрегаты, изготовленные на АО «Белгородский завод энергетического машиностроения» (г. Белгород).

На ОАО «Красноярский ЦБК» было установлено два магний-регенерационных котлоагрегата МРК-300, изготовленных на базе типового пылеугольного котла БКЗ-75-39 ФБ и отличающихся от последнего устройством топочной камеры.

Геометрические размеры циклонных предтопок выбраны из расчета сжигания в каждом до 7,5 т/час щелока и 0,5 т/час мазута. Теплота сгорания щелока принята равной 5850 кДж/кг при содержании сухих веществ 55%. Расчетное теплонепределение циклона составило 14 МВт/м². Воздух подается в циклон тангенциально через 10 сопел (200×100). Кроме того, 4 сопла установлены в пережиме циклона. Достигнутые показатели составили: по сжигаемому щелоку – до 18,7 т/час, что соответствует 247 т сухих веществ в сутки; по получаемому пару – до 130 ГДж/час (около 46 т/час); подсветка мазута – до 37 кг/т сжигаемого щелока, что соответствует доле мазута в теплопроизводительности около 20% :

- регенерировано: оксида магния – до 32,7 кг/т целлюлозы;
- серы – до 33,2 кг/т целлюлозы.

При концентрации кислорода в дымовых газах за дымососом около 5% содержания горючих веществ в золе составляло 2,5...3,0%, а серы 3...5%. При сжигании щелока с теплотой сгорания свыше 6700 кДж/кг устойчивое горение достигается без мазутной подсветки.

Система абсорбции содержала три скруббера Вентури. Содержание SO_2 в отходящих газах составляло около 0,02%, что соответствовало степени улавливания около 99%. Технологические показатели системы абсорбции приведены в табл. 4.99 [26].

Таблица 4.99

Технологические показатели системы абсорбции с тремя скрубберами Вентури

Ступень	Концентрация в растворе, % по массе			рН	Температура, °С	
	общего SO_2	связанного SO_2	SO_4^{2-} в пересчете на SO_2		раствора в сборнике	газов на выходе из ступени
Первая	3,6...3,8	2,2...2,3	0,6...0,9	4,7...4,9	68	65
Вторая	2,5...2,7	1,6...1,8	0,3...0,4	5,2...5,4	57	54
Третья	1,0...1,5	0,7...0,9	0,2...0,3	7,0...7,5	44	42

Выработка бисульфитного раствора составляла около 100 м³/ч. Баланс серы, поступающий в МРК и затем с дымовыми газами в систему абсорбции, распределяется следующим образом:

- потери в атмосферу не более 1%;
- потери со шламом около 4%;
- на образование SO_2 общего 76...80%;
- на образование тиосульфатов не более 1%.

В 1992 году один МРК-300 был модернизирован. В модернизированном котлоагрегате сжигание щелока осуществлялось в камерном предтопке U-образной топки. В предтопке было установлено 8 щелоковых и 4 мазутных форсунки, через которые на сжигание подавалось 18...20 т/час щелока и до 0,8...1,0 т/час мазута.

Система абсорбции работала в двух режимах. По одному из них получали 40...50 м³/час бисульфитного раствора, с содержанием SO_2 общ 2...3% и рН = 5,0...5,5, который затем направлялся в кислотный цех в качестве подпитки для получения сырого бисульфитного раствора заданного состава. По другому режиму получали 30...35 м³/час бисульфитного раствора с содержанием SO_2 общ 4,0...4,5% и рН 4,7...5,2, который использовался для варки полуцеллюлозы или целлюлозы, минуя кислотный цех. Содержание SO_2 в отходящих

газах в обоих случаях не превышало 0,01% при средних значениях около 0,005%. Следует отметить, что после прекращения сжигания серы в МРК значительно возрасла доля сульфатов в бисульфитном растворе (с 18...20% до 40...43% от общего содержания сульфитной и сульфатной серы).

Сравнительно высокая доля сульфатов (степень окисления бисульфитного раствора) объясняется повышенным содержанием кислорода в дымовых газах перед абсорбцией (до 10...11%) и пониженным содержанием SO_2 .

На АО «Светлогорский ЦКК» был установлен котлоагрегат МРК-200, изготовленный на базе энергетического котла К-35-40 с двумя циклонными предтопками на отметке 7,2 м. В каждом циклоне было установлено по две щелочовых и одной мазутной форсунки. В качестве золоуловителей были установлены 4 единичных циклона. Система абсорбции содержала 4 скруббера Вентури

Уловленная зола попадала в баки разводки регенерированной золы и в виде 10...15% суспензии направлялась на гидратацию, проводящуюся также как гидратация свежего каустического магнезита.

Первый по ходу газа скруббер Вентури служил в основном для охлаждения. В его контуре были установлены теплообменники, охлаждающие раствор до 55...60 °С. Далее раствор с первой ступени подавался на четвертую (хвостовую) ступень, откуда противотоком к газу доходил до второй ступени, где и отбирался готовый раствор. Дозировка суспензии гидроксида магния осуществлялась на 3 и 4 ступени абсорбции.

На котлоагрегате МРК-200 были достигнуты следующие показатели:

по сжигаемому щелоку до 8,5 т/час;

по пару до 20 т/час;

подсветка мазута до 63 кг/т упаренного щелока, что соответствует доле мазута в теплопроизводительности около 35%;

регенерировано:

оксида магния до 79 кг/т целлюлозы;

серы до 87 кг/т целлюлозы.

Степень регенерации оксида магния и серы составила около 65%.

В системе абсорбции вырабатывалось около 15 м³/ч готового бисульфитного раствора.

Параметры работы системы абсорбции Светлогорского ЦКК при работе МРК-200 представлены в табл. 4.100.

Таблица 4.100

Параметры работы системы абсорбции при работе МРК-200

Ступень	Состав раствора			Температура раствора, °С
	SO ₂ общ., %	сульфаты в пересчете на% SO ₂	pH	
Первая	0,8...1,1	0,7...1,1	4,0...4,5	55...60 ¹⁾
Вторая	4,4...5,0	2,2...2,8	4,6...5,0	61...64
Третья	2,3...2,8	1,8...2,2	5,5...6,0	60...63
Четвертая	1,0...1,3	1,0...1,5	7,0...7,5	58...62

¹⁾ Температура раствора после теплообменников.

Низшая теплотворная способность упаренных щелоков АО «Светлогорский ЦКК» ниже, чем у щелока ОАО «Красноярский ЦБК» и составляет 4190...4600 кДж/кг в сравнении с 5200...5800 кДж/кг. Это обусловлено большей долей минеральной части у щелоков АО «Светлогорский ЦКК» из-за большего выхода полуфабрикатов и значительного количества сульфатов.

Общими недостатками котлоагрегатов МРК-300 и МРК-200 были следующие: быстрое загрязнение хвостовых поверхностей нагрева регенерированной золой, а также заниженная производительность по сжигаемому щелоку по сравнению с проектной (особенно у МРК-200) и достаточно высокое содержание углерода в регенерированной золе.

С учетом выявленных в процессе испытаний и эксплуатации недостатков МРК-300 и МРК-200 АО «Белгородский завод энергетического машиностроения» и ЗАО СП «Энергософин» при участии НПО ЦКТИ создали новый магниерегенерационный котел МРК-210. Котел был смонтирован и пущен в эксплуатацию в 1999 году на АО «Светлогорский ЦКК». Котел имеет нисходящую камеру догорания, переходящую в восходящую камеру охлаждения. По бокам верхней части камеры догорания установлены по одному циклонному предтопку. В торцах каждого из двух циклонных предтопков установлены по одной газомазутной горелке и по три щелочовых форсунки. Процесс горения организован таким образом, что камера сгорания циклонного предтопка условно разделяется на два технологических объема. В головной части предтопка происходит сжигание мазута, чтобы обеспечить

подсушку распыляемого в этом же объеме щелока. Горение подсушенного щелока происходит в средней и дальней частях предтопка, а заканчивается в камере догорания. Хвостовая часть котла U-образная с опускающим и подъемным движением дымовых газов. В ней располагаются экономайзеры и воздухоподогреватели, выполненные с горизонтальным коридорным расположением труб, что повышает эффективность очистки поверхностей нагрева от осаждаемой золы с помощью сажеобдувочных аппаратов.

Годовая эксплуатация нового МРК-210 показала, что проектная мощность по сжигаемому щелоку достигнута. Котел стабильно работает в широком диапазоне расхода щелока от 7,9 до 15,9 т/ч (от 50 до 100% от номинала) и мазута на подсветку от 130 до 27 кг/т упаренного щелока.

Во всех случаях регенерированная зола получалась без заметных вкраплений углерода (менее 0,1%), имела высокую активность (91...100%) и умеренное содержание серы. Проблем с качеством бисульфитного раствора также не возникало. Содержание SO_2 в дымовых газах перед системой абсорбции повысилось и составило 1,0...1,3%. В отходящих газах концентрация SO_2 находилась на уровне 0,012...0,018%, что соответствует степени улавливания 98,2...99,1%.

Степень регенерации оксида магния и серы составила около 75%.

4 16 4 РЕГЕНЕРАЦИЯ ХИМИКАТОВ И ТЕПЛА ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ЩЕЛОКОВ НА НАТРИЕВОМ ОСНОВАНИИ

Регенерация натрия и серы из отработанных сульфитных и бисульфитных щелоков – сложный процесс. Сложность состоит в том, что при сжигании упаренного щелока серосодержащие натриевые соли (лигносульфонат, бисульфит, сульфит и сульфат) в основном восстанавливаются до сульфида, а углекислый газ, образующийся при сгорании органической части щелока, с частью оксида натрия дает соду. Поэтому при сжигании натриевых сульфитных щелоков образуется плав, содержащий в основном сульфит и карбонат с примесью сульфата, тиосульфата и сульфида. Кроме того, из-за повышенного соотношения $\text{S}/\text{Na}_2\text{O}$ по сравнению с сульфатным щелоком значительная часть серы при сжигании не имеет возможность связываться с оксидом натрия из-за его недостатка и уходит с дымовыми газами СРК в виде SO_2 .

Таким образом, при сжигании щелоков на натриевом основании химикаты необходимо извлекать как из дымового газа с низкой концентрацией SO_2 (0,2...0,4%), так и из плава. Поскольку химикаты плава не могут использоваться непосредственно в сульфитном процессе, их надо трансформировать в пригодные для сульфитной или бисульфитной варки продукты, свободные от остатков сульфида, тиосульфата и элементарной серы, что связано с немалыми трудностями.

Наиболее простым способом регенерации химикатов и тепла из отработанных сульфитных и бисульфитных щелоков на натриевом основании является совместная регенерация сульфитных и сульфатных щелоков. Поскольку образующийся при сжигании обоих щелоков плав имеет близкий состав, сульфатный и сульфитный щелок сжигают в одном содорегенерационном котлоагрегате – СРК.

Этот процесс возможен только при наличии на одной площадке и сульфитного, и сульфатного заводов. Совместная регенерация сульфатных и сульфитных щелоков может иметь два варианта.

По одному весь плав, полученный от сжигания обоих щелоков, после каустизации зеленого щелока направляется на варку сульфатной целлюлозы. Регенерированные химикаты сульфитного щелока в данном случае идут на восполнение потерь химикатов сульфатного завода. Сульфитный завод при этом работает на свежих химикатах.

Этот вариант требует сбалансированности производительностей сульфитного и сульфатного производств. Соотношение производительностей обоих предприятий по первому варианту регенерации определяется, с одной стороны, потерями химикатов сульфатного завода, с другой – потребностями химикатов завода сульфитной целлюлозы, и может быть ориентировочно определено по формуле

$$A = \frac{\Gamma \cdot C_p \cdot P}{\Pi}, \quad (4.58)$$

где Γ – мольное отношение серы к натрию в химикатах завода сульфитных варок (сульфитных, бисульфитных, моноссульфитных);

C_p – степень регенерации для завода сульфитных варок;

P – расход химикатов при сульфитных варках, кмоль $\text{Na}_2\text{O}/\text{т}$ сульфитной целлюлозы, (полуцеллюлозы ЦВВ);

Π – потребность завода сульфатной целлюлозы в Na_2SO_4 , который замещается регенерированными химикатами от завода сульфитных варок, кмоль/т сульфатной целлюлозы.

Ориентировочные мольные соотношения серы и натрия при различных способах варки составляют:

сульфатный	0,20;
сульфатный для полуцеллюлозы	0,35;
черный щелок для полуцеллюлозы	0,35;
полисульфидный	0,65;
моносульфитный	0,85;
бисульфитный	2,00;
сульфитный	6,60.

Другой вариант предусматривает совместное сжигание щелоков в одном СРК и раздельное использование зеленого щелока, получаемого при растворении плава. Часть зеленого щелока, содержащего в основном сульфид и карбонат натрия, поступает в цех каустизации сульфатного завода, другая – в систему регенерации сульфитного завода. По такому варианту работает совместная (перекрестная) регенерация Тампелла. Примером агрегата для совместного сжигания сульфатных и сульфитных щелоков является содорегенерационный котлоагрегат фирмы «Тампелла» (Финляндия) с производительностью по сухим веществам – 520 т/сутки и паропроизводительностью 78 т/час пара с давлением 4 МПа и температурой 440 °С. Топка СРК имеет квадратное сечение 6,096×6,096 м и высоту 17 м. Щелочные форсунки размещены симметрично на боковых стенках на высоте около 4 м от пода. Воздух в топку подается через три яруса сопел с регулируемым сечением на высоте от пода: для первичного воздуха – 1,1 м; для вторичного – 4,5 м и третичного – 9,5 м.

Послепусковая эксплуатация выявила недостатки раздельного ввода в топку сульфатного и сульфитного щелоков, заключающиеся в неравномерности работы пода топочной камеры из-за различных физических свойств и состава щелоков. Затруднения были ликвидированы за счет предварительного смешения щелоков путем подачи сульфатного щелока в линию сульфитного щелока перед смесительным баком.

Нагрузка СРК, при которой загрязнение поверхностей не лимитирует длительность рабочей кампании, составляет около 450 т/сутки. Оптимальная доля сульфитных щелоков составляет 40...50%. Возможность длительного сжигания в СРК одного сульфитного щелока не подтверждается опытом эксплуатации, так как в этом режиме нарушается процесс формирования подушки огарка на поду топки, сокращается выход плава и происходит застывание его в летках.

Характеристика щелоков, подаваемых на сжигание приведены в табл. 4.101 [26].

Таблица 4.101

Характеристика сульфитных и сульфатных щелоков, подаваемых на совместное сжигание

Наименование показателей	Вид щелока	
	сульфатный	сульфитный
Плотность при температуре 95 °С, т/м ³	1,295...1,332	1,222...1,230
Концентрация, %	59,9...64,6	52,5...56,5
Зольность сухой массы, %	44,7...48,4	12,0...17,3
Содержание в сухой массе, %:		
– углерода	35,1...39,0	38,8...46,6
– водорода	2,7...3,4	4,4...4,5
– серы	3,2...3,6	7,7...7,8
Низшая теплота сгорания, кДж/кг:		
– сухой массы	12 870...13 770	18 550...18 670
– рабочей массы	7040...7450	8500...9040

Параметры работы СРК-520 в режиме совместного сжигания сульфатных и сульфитных щелоков приведены в табл. 4.102 [26].

Таблица 4.102

Параметры работы СРК-520 в режиме совместного сжигания сульфатных и сульфитных щелоков

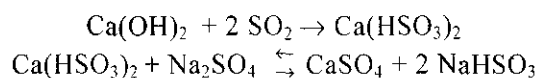
Параметры	Производительность по а. с. в., т/сут	
	360	450
Доля щелоков в смеси:		
– сульфатного	0,5	0,6
– сульфитного	0,5	0,4
Концентрация щелока, %:		
– сульфатного	60...62	60...62
– сульфитного	55...56	55...56
Паропроизводительность, т/час	70	78
Концентрация кислорода в дымовых газах перед экономайзером, %	2...3	2...3
Общая щелочность зеленого щелока, г/дм ³ , ед. Na ₂ O	120...130	120...130
Сульфидность зеленого щелока, %	37...39	33...35
Степень восстановления, %	94...96	94...96
Число работающих мазутных форсунок, шт.	1...2	1

Концентрация SO₂ в дымовых газах за экономайзером при совместном сжигании составляет 3,8...5,6 г/м³ (0,13...0,19%), при сжигании одного сульфитного щелока повышается до 7,2...8,5 г/м³ (0,25...0,29%). Коэффициент избытка воздуха в топочной камере поддерживается на уровне 1,14...1,16. Доля первичного воздуха, подаваемого в восстановительную зону топки, составляет 49...63%.

Плав СРК поступает в растворитель плава, откуда большая часть зеленого щелока передается на каустизацию в сульфатное производство. Оставшаяся часть зеленого щелока поступает на регенерацию Тампелла сульфитного производства.

Самостоятельные схемы регенерации натрия и серы условно можно разделить на два типа: окислительное сжигание, когда в продуктах сжигания практически вся сера связана в виде сульфата, и восстановительное сжигание, в результате которого получают плав, содержащий в основном соду и сульфид натрия.

Способы окислительного сжигания. К ним относится способ мокрого сжигания, суть которого состоит в окислении органических веществ щелока при повышенных давлении и температуре с образованием сульфата натрия. Процесс идет в присутствии медно-марганцево-хромового катализатора при давлении 15 МПа и температуре 300 °С. Сульфат натрия поступает в конвертор, куда подаются также Ca(OH)₂ и SO₂. При этом происходят реакции:



Способ мокрого сжигания требует длительного времени и большого расхода извести и SO₂. Возникает проблема очистки раствора от гипса и его последующей утилизации. Способ не получил распространения.

Способ окислительного сжигания «Копеланд» – аналогичный способу регенерации магниевых щелоков. Сжигание производится в печи кипящего слоя фирмы «Альстрем» (Финляндия) при избытке воздуха 10–0%. Образующаяся зола содержит практически один сульфат натрия с примесью соды. Продукт может использоваться на восполнение потерь химикатов в сульфатном производстве. Фирма рекомендует этот способ при регенерации нейтрально-сульфитных щелоков.

Фирма «Соноко» (США) разработала оригинальный способ регенерации щелоков моносульфитной варки, который включает окислительное сжигание сконцентрированного до 60% и превращенного в гранулы щелока вместе с гидроксидом алюминия в револьверной печи (рис. 4.51).

Подзол, выходящий из печи, содержит в основном алюминат натрия с небольшим количеством сульфата и карбоната натрия. Дымовые газы, содержащие SO₂, подаются под паровой котел при температуре около 650 °С на утилизацию тепла. Часть подзола направляют в гранулятор, а большая часть растворяется. Полученный зеленый щелок используется для улавливания в скруббере SO₂ из охлажденного дымового газа. В скруббере под давлением SO₂ образуется сульфит натрия и гидроксид алюминия. Первый после фильтрации используется для варки, а второй направляется на смешение со щелоком.

Способ восстановительного сжигания. Это наиболее распространенная и перспективная группа способов регенерации. Сжигание щелока происходит в восстановительной среде с получением плава, содержащего в основном сульфид натрия и соду, или твердый огарок, содержащий углерод и соду. Способы отличаются в основном проведением стадии переработки плава в нужные для сульфитного производства продукты.

В способе Стура (см. рис. 4.52) осветленный зеленый щелок в реакционной колонне последовательно проходит стадии карбонизации, когда из него удаляется сероводород, и декарбонизации, когда образующийся на предыдущей стадии бикарбонат при добавлении бисульфита образуют сульфит натрия и углекислый газ.

Сульфит натрия используется для улавливания SO₂ из дымового газа в скруббере СК с последующей утилизацией полученного сульфит-бисульфитного раствора. Углекислый газ используется на стадии карбонизации. Химизм процесса выглядит так:

Зона карбонизации:

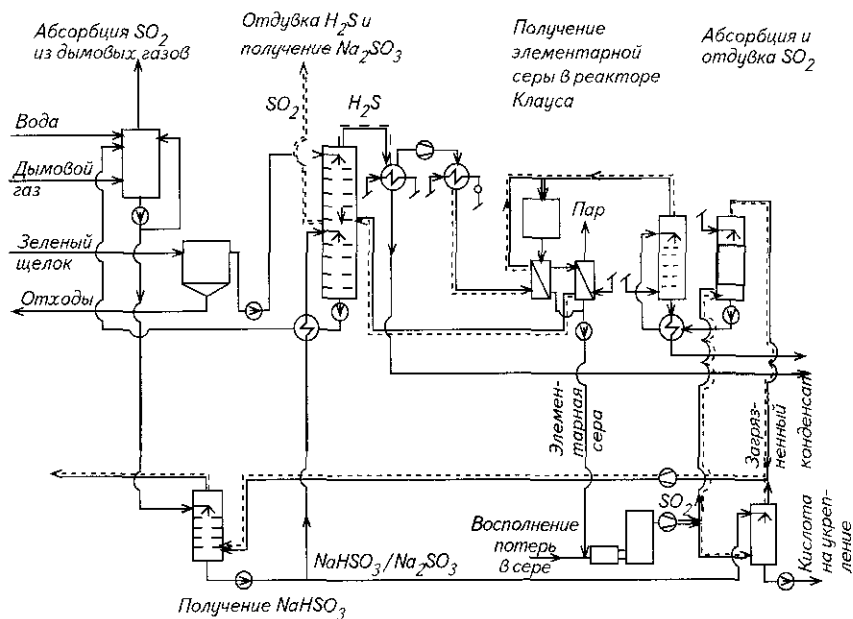
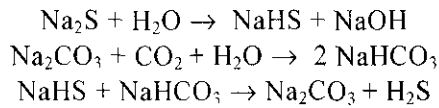


Рис. 4.52. Регенерация натриевого основания из сульфитного щелока способом «Стура»

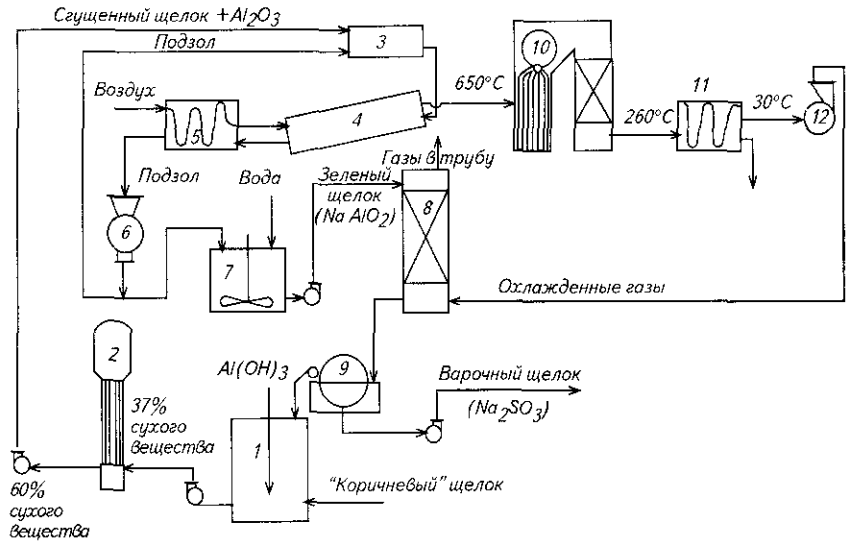
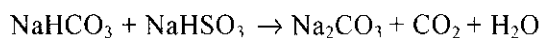


Рис. 4.51. Схема регенерации натриевого основания из моносульфитных щелоков по методу фирмы «Сонок»:

- 1 – смеситель щелока с Al(OH)₃; 2 – выпарная станция; 3 – гранулятор;
- 4 – револьверная печь; 5 – холодильник для подзола; 6 – молотковая мельница;
- 7 – растворитель; 8 – абсорбер; 9 – барабанный фильтр; 10 – паровой котел;
- 11 – холодильник для газов; 12 – дымосос

Зона декарбонизации:



Сероводород либо сжигается в печи до SO_2 , либо превращается в реакторе Клауса в серу, которая сжигается вместе со свежей серой. Полученный SO_2 также идет на получение варочного раствора.

В процессе регенерации Тампелла (рис. 4.53) зеленый щелок в специальной башне подвергается предварительной карбонизации дымовыми газами СРК.

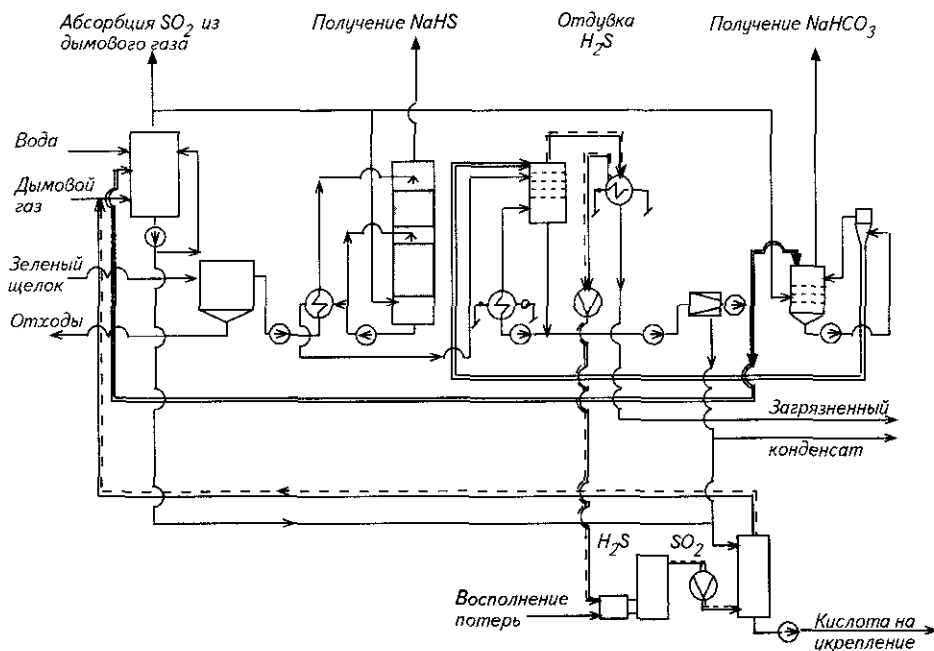
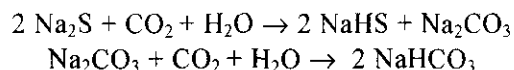
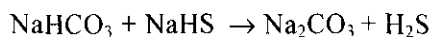


Рис. 4.53 Регенерация натриевого основания из сульфитного щелока способом «Тампелла»

В ходе предварительной карбонизации протекают следующие реакции:



Предварительно карбонизированный зеленый щелок направляется в десорбер-кристаллизатор (выпарной аппарат), работающий под вакуумом при 95°C , в котором в результате взаимодействия бисульфида и бикарбоната натрия образуются сероводород и сода. В результате концентрация соды превышает ее растворимость.



Из кристаллизатора пар и газы поступают в конденсатор, из которого неконденсирующиеся газы, содержащие практически чистый сероводород, направляются на сжигание для получения SO_2 , служащего для приготовления варочного раствора. Суспензия из кристаллов моногидрата карбоната натрия поступает в сепаратор, где из нее выделяют кристаллы соды, а маточный раствор направляют вновь в кристаллизатор.

Бикарбоната, получаемого на стадии предкарбонизации, недостаточно для полного выделения сероводорода, поэтому в установке фирмы «Тампелла» предусмотрен ввод специально приготовленного бикарбоната. Его готовят из части соды, выделенной в процессе кристаллизации, обработкой углекислым газом от продуктов сгорания.

Фирма «Тампелла» считает, что данный процесс имеет следующие преимущества: регенерированные химикаты совсем не содержат тиосульфатов; умеренная стоимость капиталовложений; процесс сравнительно прост, стабилен и легко управляем, не зависит ни от какого равновесия химикатов; процент регенерации для натрия фактически составляет 100%, а для серы — более 98% (от поступающего в СРК); практически воздух и вода не загрязняются.

Имеется еще ряд восстановительных способов, основанных на выделении натриевого основания в виде кристаллов соды или бикарбоната и серы в виде SO_2 в дымовых газах СРК или сероводорода, который затем сжигается с образованием SO_2 .

Несколько особо стоит восстановительный способ регенерации сульфитных щелоков на натриевом основании шведской фирмы «Биллеруд». По этому способу упаренный щелок подвергается ударному пиролизу в специальном реакторе с подачей мазута в качестве дополнительного топлива в присутствии небольшого количества воздуха. В основной камере реактора распыленный упаренный сульфитный щелок смешивается с дымовыми газами, образующимися при сжигании мазута во вспомогательной камере, и быстро обугливается. В реакторе поддерживается восстановительная среда, поэтому практически все соединения серы переходят в газовую фазу в виде сероводорода. Лишь незначительная часть серы остается в твердой фазе в виде сульфата натрия. Температуру пиролиза держат не выше 700...750 °С. Продукты пиролиза – твердый остаток и парогaзы удаляются из реактора дымовыми газами, которые направляются под паровой котел-утилизатор.

Состав дымовых газов и твердого остатка для сульфитной варки с выходом целлюлозы 54% следующий:

Дымовой газ, %:	Твердый остаток, %:
CO_2 11,2	Na_2CO_3 62
CO 1,5	Na_2SO_4 7
H_2 7,2	уголь 28
H_2S 1,8	сера 1
H_2O 44,6	зола 2
N_2 33,7	

Таким образом, варочные химикаты в продуктах пиролиза практически полностью представлены содой и сероводородом.

Для сжигания горючих газов в топку парового котла подается вторичный воздух. Далее дымовые газы проходят циклонный сепаратор и скруббер Вентури для отделения твердого остатка, охладительный скруббер для конденсации паров воды и поступают в предтопок другого парового котла для сжигания сероводорода. В этом же котле сжигается уголь, полученный после выщелачивания натриевых солей из твердого остатка пиролиза. Дымовой газ из этого котла с содержанием SO_2 около 1,5% направляют в скруббер для улавливания SO_2 .

На установке регенерируется около 90% натрия, 92% серы и 77% тепла.

Разрабатываются новые ионообменные и электромембранные способы регенерации варочного основания. Эти способы применимы как для натриевого, так и аммониевого и магниевого оснований. Кратко они будут рассмотрены в следующем разделе.

4.16.5. РЕГЕНЕРАЦИЯ ХИМИКАТОВ И ТЕПЛА ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ЩЕЛОКОВ НА АММОНИЕВОМ ОСНОВАНИИ

Традиционное сжигание щелоков на аммониевом основании позволяет получить тепло и регенерировать только серу. Аммониевое основание сгорает вместе с органическими веществами щелока. Наряду с диоксидом серы в дымовых газах от сжигания аммониевых щелоков может содержаться повышенное по сравнению со сжиганием щелоков на других варочных основаниях количество оксидов азота (NO_x). Это обусловлено тем, что аммониевые сульфитные щелока содержат до 2% азота, а бисульфитные до 3...3,5%. В процессе сжигания часть азота, содержащегося в щелоке, переходит в так называемые топливные NO_x дополнительно к так называемым термическим NO_x , обусловленным взаимодействием азота и кислорода воздуха при высоких температурах.

За рубежом аммониевое основание используется практически только в США и Канаде.

В начале 80-х годов там действовало 15 сульфитных заводов, 9 из них сжигали аммониевые щелока в котлоагрегатах Бабкок-Вилькокс и печах Лоддби, 6 – выпускали упаренные концентраты. Часть из этих предприятий впоследствии были закрыты или переведены на магниевое основание. В России аммониевый щелок сжигался без регенерации химикатов на четырех предприятиях. На одном (Амурский ЦКК) аммониевый щелок от варки вискозной целлюлозы сжигался в котлах-утилизаторах фирмы «Парсонс-Уитмор» вместе с корой и древесными отходами. Щелок с влажностью 45% и теплотой сгорания 8400 кДж/кг поступал в два циклонных предтопка, размещенных встречно на боковых стенах топочной камеры на отметке 9 м. Циклонный предтопок представлял собой цилиндрический муфель с внутренним диаметром 1400 мм и длиной 2650 мм, футерованный шамотным кирпичом. В каждом циклоне имелась щелоковая форсунка производительно-

стью до 9 т/час шелока и форсунка для мазута. Паропроизводительность котла 64 т/час. Параметры пара: давление 4 МПа, температура 445 °С. Доля шелока в паропроизводительности составляет 60%.

На другом предприятии (Неманский ЦБЗ) сульфитный аммониевый щелок сжигался в работающем на мазуте пылеугольном котле К-50-14 паропроизводительностью 50 т/час при давлении пара 1,4 МПа и температуре 260 °С.

Сжигание шелока проводилось в двух циклонных предтопках, рассчитанных на 4...4,5 т/час шелока с влажностью 53% и расположенных на нулевой отметке под холодной воронкой. Продукты сгорания шелока с температурой 1000...1100 °С выводились в топочную камеру котла в мазутных горелках, размещенных на боковых стенках топки. Сжигалось до 1,8 т/час мазута. Доля шелока в теплопроизводительности составляет около 47%. Работа котла производилась с высоким коэффициентом избытка воздуха. Содержание SO_2 в дымовых газах, поступающих в атмосферу без очистки, составляла около 3 г/м³. Рабочая кампания котла составляла обычно 15...20 дней и лимитировалась сильным загрязнением поверхностей нагрева трудноудалимой золой.

На третьем заводе (Пермский ЦБК) аммониевый щелок от нейтрально-сульфитной варки полуцеллюлозы сжигался в СРК-165 фирмы «Энгерпинг» (Швеция) паропроизводительностью 19 т/час пара с давлением 3,8 МПа и температурой 450 °С. Сжигание шелока и мазута проводилось в топочном объеме. Щелок в топку поступал в количестве 4...5 т/час через форсунку, установленную на фронтальной стене котла на высоте 4 м от пода, мазут в количестве 0,9...1,1 т/час – через 2 горелки, установленные на боковых стенах топки на расстоянии 1 м от пода. Воздух в топку подавался с двух боковых сторон через фурмы, расположенные в районе вторичного дутья, и через сопла первичного воздуха, расположенные по всему периметру топки на высоте 1 м от пода. Доля шелока в паропроизводительности – около 48%. При содержании кислорода в дымовых газах перед выходом в атмосферу 10...11%, концентрация SO_2 составляла 4,5...5 г/м³.

На четвертом заводе (Балахнинский ЦКК) аммониевый щелок от нейтрально-сульфитной варки полуцеллюлозы сжигался в СРК-140 фирмы «Тампелла» паропроизводительностью 10 т/час пара с давлением 3,0 МПа и температурой 380 °С. Сжигание шелока с влажностью 47...49% осуществлялось на поду. Подушка огарка служила аккумулятором тепла и позволяла обходиться без подсветки вспомогательным топливом. В топке имелось 3 яруса воздушного дутья на высотах 1,5; 3,5; 5,3 м от пода. Щелоковая форсунка установлена с фронта котла на уровне сопел третичного воздуха. Сжигалось около 4 т/час шелока при проектных значениях 5,6 т/час. Содержание SO_2 в отходящих газах составляло около 7 г/м³. Газоочистка отсутствовала. Рабочая кампания котла составляет 45...50 дней и ограничивается ростом кучи огарка на поде топки, что приводило к забиванию сопел первичного воздуха.

Собственно регенерация аммониевого основания может осуществляться четырьмя способами:

- отгонкой аммиака нагреванием или выпариванием при повышенном рН за счет добавки щелочного агента;
- пиролизом упаренного шелока;
- методом ионного обмена;
- электромембранным методом.

Первый способ требует большого расхода щелочного агента и не решает проблему утилизации шелока. Кроме того, регенерированный аммиак будет загрязнен летучими органическими соединениями шелока.

По второму способу упаренный щелок нагревают, подсушивают и подвергают частичному пиролизу при 500...600 °С в присутствии насыщенного водяного пара. При этом выделяется свыше 99% аммиака и 70...88% серы в основном в виде SO_2 . Пиролизные газы проходят очистку и охлаждение и используются для получения варочных растворов. Кокс, полученный в процессе пиролиза, сжигается для получения пара.

Сущность нескольких ионообменных способов, кстати пригодных и для регенерации натриевого основания (рис. 4.54), сводится к пропусканию шелока через колонки с катионитом в H^+ -форме. При этом катионы аммония связываются с катионитом, а лигносульфонат аммония превращается в свободную лигносульфовую кислоту.

Регенерацию катионита осуществляют 10...14%-водным раствором SO_2 при температуре 5...10 °С. Раствор с регенерированным аммиаком используется для получения варочного раствора.

Выходящий из ионообменной колонки декатионизированный щелок имеет более высокую теплотворную способность, чем исходящий щелок за исключением шелока на аммониевом основании.

Наиболее известны способы Эбиперм, Притчард-ОКФ и Притчард-Фрексон (рис. 4.55).

Метод ионного обмена осложнен наличием многовалентных катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} и других, что требует установки дополнительной колонки. Степень регенерации аммиака составляет 76...83%.

Все вышеописанные способы регенерации сложны, дороги. Кроме того, остается сложная проблема утилизации декатионизированных шелоков, в том числе и обусловленная их высокой коррозионной агрессивностью. Способы не получили распространения в промышленности.

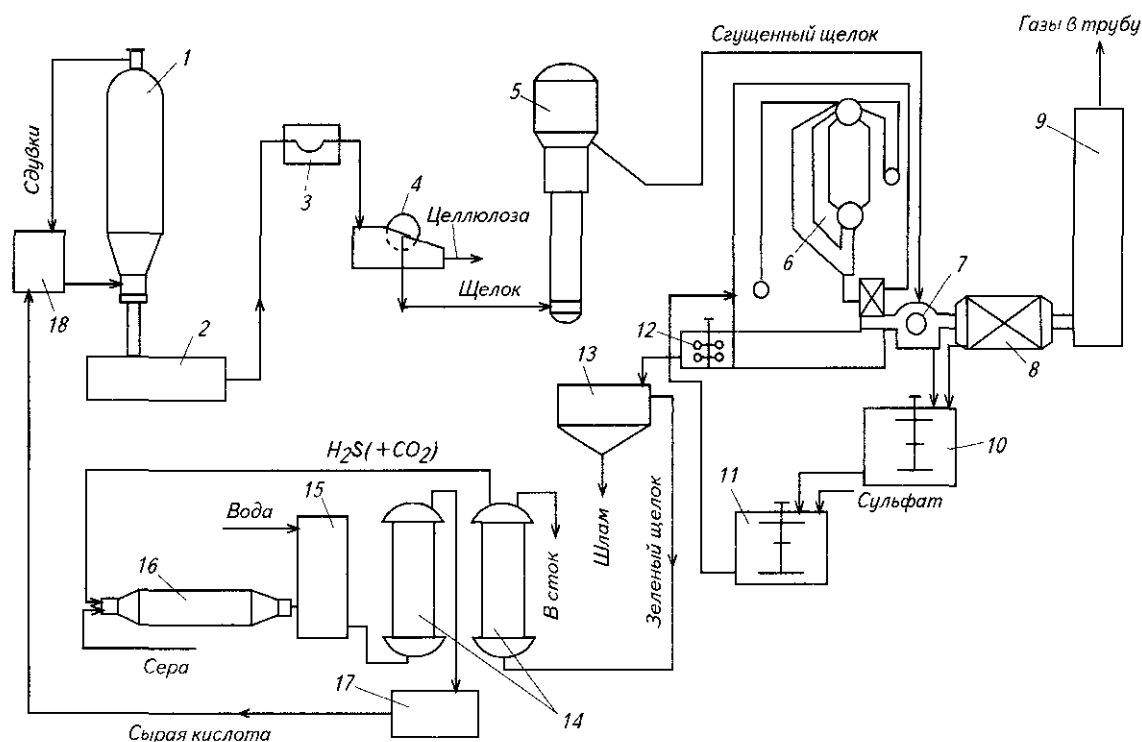


Рис. 4.54. Ионообменный способ регенерации натриевого основания из сульфитного щелока:

1 – варочный котел, 2 – сцезга; 3 – сучколовитель; 4 – вакуум-фильтр; 5 – выпарная установка, 6 – содорегенерационный агрегат; 7 – каскадный испаритель; 8 – электрофильтр; 9 – скруббер; 10 – смеситель щелока с уловленными солями натрия в электрофильтре; 11 – смеситель щелока с сульфатом; 12 – растворитель плава, 13 – отстойник зеленого щелока; 14 – ионообменники; 15 – абсорбер; 16 – серная печь; 17 – сборник сырой кислоты, 18 – сборник кислоты для варки целлюлозы

Наряду с ионообменными разрабатывались и электромембранные способы [2, 27]. Исследованием электродиализа с применением ионоселективных и нейтральных мембран занимались за рубежом и в России.

Электромембранные способы также не получили промышленного воплощения. Главными причинами были высокие расходы электроэнергии, отсутствие регенерации серы и проблемы утилизации декатионизированных щелоков.

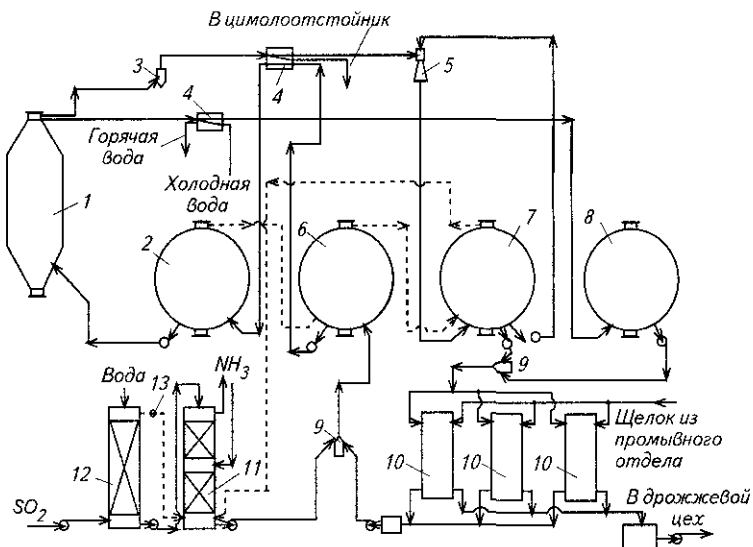


Рис. 4.55. Регенерация аммониевого основания из сульфитного щелока катионнообменным способом: 1 – варочный котел, 2 – расходная цистерна; 3 – фильтр; 4 – теплообменник, 5 – эдуктор; 6 – регенерационная цистерна; 7 – цистерна водного раствора SO_2 ; 8 – цистерна жидкого SO_2 ; 9 – смесители; 10 – ионообменные колонки; 11 – абсорбер; 12 – башня давления; 13 – регулятор

4.17. УТИЛИЗАЦИЯ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ

На ряде предприятий отсутствует регенерация химикатов и тепла из отработанных сульфитных и бисульфитных щелоков. Эти щелока после переработки сахаров на спирт и дрожжи содержат, практически, только частично нейтрализованные лигносульфоновые кислоты (лигносульфонаты) и минеральную часть щелока. Лигносульфонаты после выпарки находят применение в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства.

Основные направления использования лигносульфонатов:

Связующие и адгезивы:

- гранулированные корма для скота;
- заменитель фенольных смол;
- связующее для древесностружечных плит;
- связующее рудных пород и почв;
- вспомогательное средство для измельчения и добавка к цементу.

Диспергирующие агенты:

- керамическая промышленность;
- краски;
- инсектициды;
- гербициды;
- пестициды.

Эмульгаторы и стабилизаторы для водно-масляных эмульсий.

Промысловый раствор при бурении нефтяных скважин.

Дубящие агенты.

Получение удобрения.

Производство ванилина (при переработке лигносульфонатов хвойных пород древесины).

Производство сиреневого альдегида (при переработке лигносульфонатов лиственных пород древесины).

Гидрирование сульфитных щелоков или лигносульфонатов с последующим использованием продуктов гидрирования в качестве компонентов моторного топлива.

Плазмохимическое сжигание с утилизацией образующихся газов для производства ацетилена в качестве полупродукта с целью его последующей переработки методами нефтехимии для получения уксусной кислоты и поливинилацетата.

Более подробная информация о свойствах и путях использования лигносульфонатов представлена в работах [14, 28].

Лигносульфонаты выпускаются в жидком, твердом, порошкообразном или гранулированном виде.

4.17.1 ЖИДКИЕ И ТВЕРДЫЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТЫ

Жидкие и твердые технические лигносульфонаты (ЛСТ) в соответствии с ТУ 13–0281036–05–89 выпускаются следующих марок:

Марка А – лигносульфонаты технические натриевые или кальций-натриевые жидкие с улучшенными связующими свойствами, предназначенные в качестве связующего материала для формовочных и стержневых смесей в литейном производстве и производстве огнеупоров; в качестве пенообразователя при кислотном травлении металла.

Марка Б – лигносульфонаты технические натриевые жидкие, нейтрализованные для производства технического углерода.

Марка В – лигносульфонаты технические натриевые или кальций-натриевые и аммониевые жидкие общего назначения: применяются в производстве химических средств защиты растений в качестве диспергатора и стабилизатора суспензий; в литейном производстве; в производстве фанеры и плит; в качестве пенообразователя при кислотном травлении металла, реагента при флотации руд, реагента для бурения нефтяных и газовых скважин, обеспыливающего материала.

Марка Д – лигносульфонаты технические аммониевые для дубильно-экстрактовой промышленности.

Марка Е – лигносульфонаты технические натриевые, кальций-натриевые и аммониевые жидкие для цементной промышленности в качестве разжижителя.

Марка Ж – лигносульфонаты технические аммониевые жидкие для производства древесностружечных и древесноволокнистых плит.

Марка П – лигносульфонаты технические натриевые, кальций-натриевые и аммониевые жидкие для цементной промышленности в качестве пластификатора цемента и бетона.

Допускается применение указанных марок жидких ЛСТ в других отраслях.

Марка Т – лигносульфонаты технические натриевые твердые применяются в тех же отраслях промышленности, что и жидкие лигносульфонаты технические при расходе в 1,5 раза меньше, чем расход жидких лигносульфонатов технических.

Лигносульфонаты технические должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 4.103.

Таблица 4.103

Физико-технические показатели лигносульфонатов технических

Наименование показателей	Норма для марок							
	А	Б	В	Д	Е	Ж	П	Т
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	47,0	47,0	47,0	46,0	47,0	47,0	47,0	76,0
Массовая доля золы к массе сухих веществ, %, не более	18,0	25,0	22,0	5,0	–	5,0	–	18,0
Концентрация ионов водорода раствора лигносульфоната, ед. рН, не менее	4,4	6,0	4,5	4,5	4,0	–	4,5	4,5
Предел прочности при растяжении высушенных образцов, МПа, не менее	0,6	–	0,4	0,54	–	–	–	0,4
Вязкость условная, с, не более	320	–	–	–	–	–	300	–
Массовая доля окиси кальция, не более	–	–	–	0,8	–	–	–	–
Массовая доля редуцирующих веществ к массе сухих веществ, %, не более	–	–	–	–	–	–	12	–
Массовая доля волокна, %, не более	–	–	–	–	–	1,0	–	–

Упаковка и маркировка. Лигносульфонаты технические твердые должны упаковываться в четырехслойные или шестислойные мешки по ГОСТ 2226–75 массой нетто 30 кг.

Упаковка лигносульфонатов твердых производится в два четырехслойных мешка или в один шестислойный.

Транспортная маркировка производится по ГОСТ 14192–77. На мешках при помощи трафарета несмываемой краской должны быть нанесены следующие данные:

- наименование завода-изготовителя;
- наименование продукта и марка;
- масса нетто;
- дата изготовления;
- обозначение технических условий.

Допускается наклеивать на мешки этикетки с той же маркировкой.

Требования безопасности. Лигносульфонаты технические пожаро- и взрывобезопасны. По пожарной опасности производство относится к категории Д.

Лигносульфонаты технические являются малотоксичными продуктами, не обладают кожнорезорбтивным, местнораздражающим и аллергизирующим действиями.

Предел допустимой концентрации (ПДК) лигносульфонатов технических натриевых и аммониевых для воды рыбохозяйственных водоемов – 10 мг/л.

Лигносульфонаты технические принимают партиями. За партию принимают количество продукции, однородное по показателям качества и оформленное одним документом о качестве.

Документ должен содержать:

- наименование предприятия-изготовителя;
- название продукта;
- основание варочной кислоты;
- дату отгрузки продукта;
- номер партии.

4.17.2. ЛИГНОСУЛЬФОНАТЫ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОРОШКООБРАЗНЫЕ

Лигносульфонаты технические порошкообразные применяются:

- в химической промышленности – в производстве пестицидов и протравителей семян;
- в нефтедобывающей промышленности – для регулирования вязкости буровых растворов и в качестве компонентов гелеобразующих систем для регулирования фильтрационных потоков и ограничения водопритока в процессах, повышающих нефтеотдачу;
- в цементной промышленности – в качестве пластификатора цемента и разжижителя шлама;
- в литейном производстве – как связующие добавки в составе противопригарных красок.

Показатели качества лигносульфонатов технических порошкообразных должны соответствовать требованиям ТУ 13-0281036-029-94, указанным в табл. 4.104.

Таблица 4.104

Показатели качества лигносульфонатов технических порошкообразных

Наименование показателя	Нормы	
	высший сорт	первый сорт
Внешний вид	мучнистый порошок	
Цвет	от светло-коричневого до темно-коричневого	
Массовая доля основного вещества, %, не менее	71	66
Массовая доля влаги, %, не более	4	8
Предел прочности при растяжении высушенных образцов, МПа (кгс/см ²), не менее	0,69 (7,0)	0,54 (5,5)

Для получения порошкообразных лигносульфонатов используют распылительные сушильные установки (рис. 4.56).

Сушилки – щитовой конструкции. Установки состоят из технологических блоков, которые могут быть поставлены самостоятельно. Сборка и сварка отдельных блоков производится на месте монтажа. Изготовление и поставка установок – в соответствии с техническими условиями.

Техническая характеристика сушильных установок представлена в табл. 4.105, а характеристика технологических блоков представлена в табл. 4.106.

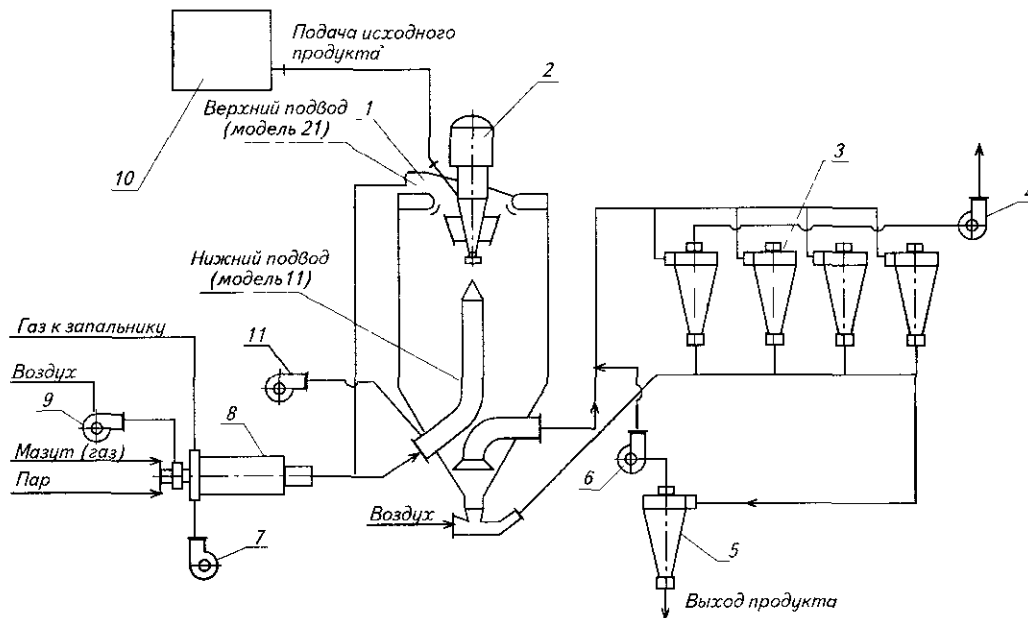


Рис. 4.56. Принципиальная схема распылительных сушильных установок типа ЖТ

1 – сушилка; 2 – центробежный распылитель; 3 – группа циклонов газоочистки с системой пневмотранспорта; 4 – агрегат дымососа сушилки; 5 – циклон выгрузки; 6 – агрегат воздухоудовки пневмотранспорта; 7 – агрегат вентилятора подачи воздуха на горение; 8 – топка; 9 – агрегат вентилятора подачи воздуха на разбавление; 10 – блок питания исходным продуктом; 11 – агрегат вентилятора подачи воздуха в рубашку газохода

Таблица 4.105

Техническая характеристика сушильных установок

Условное обозначение сушильной установки	Код ОКП	Производительность по испаренной влаге, т/ч	Температура, °С		Расход теплоносителя, т/ч	Установленная мощность электрооборудования, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг, не более	Количество поставочных блоков	Наибольшая масса поставочного блока, кг, не более
			на входе в сушилку	на выходе из сушилки						
ЖТ5-01РЦ8-300ВК-11	36 13413119	3,5...6	300...450	90...120	54,5	380	36 670x10 800 x16 900	69 614	86	2170
ЖТ6-02РЦ8-300ВК-21	36 13413120	до 6,5	до 550		54,5	380	36 670x10 800 x16 900	70 450	87	5402
ЖТ5-01РЦ10-550ВК-11	36 134131 21	7...12	300...450		109	600	48 250x12 256 x18 255	101 490	105	2400
ЖТ6-02РЦ10-550ВК-21	36 13413122	до 12	до 550		109	600	48 250x12 256 x18 756	106 390	113	7740
ЖТ5-01РЦ12,5-1100ВК-11	36 13413123	10...17	300...450		157	935	60 400x16 235 x22 652	155 010	136	6354
ЖТ5-01РЦ12,5-1500ВК-11	36 13413124	15...25	300...450		233	1260	67 520x16 235 x25 684	184 850	146	4500
ЖТ6-02РЦ12,5-1500ВК-21	36 13413125	до 30	до 550		233	1260	67 520x16 235 x26 500	196 710	148	4938

Характеристика технологических блоков

Показатель	ЖТ5-01РЦ8-300ВК-11	ЖТ6-02РЦ8-300ВК-21	ЖТ5-01РЦ10-550ВК-11	ЖТ6-02РЦ10-550ВК-21	ЖТ6-01РЦ12,5-1100ВК-11	ЖТ5-01РЦ12,5-1500ВК-11	ЖТ6-02РЦ12,5-1500ВК-21
	Сушилка						
Объем сушильной камеры, м ³	300	300	550	550	1100	1500	1500
Температура теплоносителя, °С:							
– на входе в сушилку	300...450	до 550	300...450	до 550	300...450	300...450	до 550
– на выходе из сушилки	90	90	90	90	90	90	90
Габаритные размеры, мм	10 256x10 256 x15 660	10 256x10 256 x15 160	12 256x12 256 x18 175	12 256x12 256 x18 175	14 456x14 456 x22 370	14 456x14 456 x25 402	14 470x14 470 x26 700
Масса, кг, не более	26 580	30 540	41 420	42 090	62 170	68 140	72 050
	Блок газоочистки и пневмотранспорта						
Тип циклона	СКЦН-34 (диаметр 1700 мм)						
Производительность по воздуху, т/час	62,5	62,5	132	132	198	260	260
Объем одного циклона, м ³	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Количество циклонов	4	4	8	8	12	16	16
Габаритные размеры, мм	13 830 x 4914 x 10 568		21 951 x 6760 x 10 142		33 100 x 8100 x 12 100	36 170 x 9070 x 12 700	
Масса, кг, не более	7820	7820	16 110	16 110	27 060	38 630	38 630
	Блок подготовки теплоносителя						
Вид топлива	Жидкое и газообразное топливо						
Теплопроизводительность, Гкал/ч (МВт)	7...13 (8,12...15,1)				26 (31)		
Объем камеры сжигания, м ³	12				29		
Габаритные размеры, мм	21 690 x 10 800 x 6430	15 116 x 10 800 x 16 220	11 850 x 7500 x 11 350	13 472 x 7500 x 11 350	19 850 x 15 240 x 9900	19 775 x 10 030 x 16 240	18 660 x 26140 x 16 240
Масса, кг, не более	16 200	16 880	16 806	18 380	31 310	32 505	34 340

Окончание табл. 4 106

Показатель	ЖТ5-01РЦ8-300ВК-11	ЖТ6-02РЦ8-300ВК-21	ЖТ5-01РЦ10-550ВК-11	ЖТ6-02РЦ10-550ВК-21	ЖТ6-01РЦ12,5-1100ВК-11	ЖТ5-01РЦ12,5-1500ВК-11	ЖТ6-02РЦ12,5-1500ВК-21
	Циклон выгрузки						
Диаметр, мм	700		1000		1200		1400
Объем циклона, м ³	1,02		1,8		2		2,6
Габаритные размеры, мм	2850 x 1800 x 700		4225 x 1395 x 1270		3465x 1610 x 1580		4030 x 1660 x 1680
Масса, кг, не более	270		380		425		580
	Центробежный распылитель с электродвигателем и щитом управления						
Тип механизма	ЦЭЛ55-27-5К-01-У3		ЦЭЛ90-28-6К-01-У3		ЦЭС110-25-7К-01У3		ЦЭС160-25-7К-01-У3
Производительность по исходному продукту, т/ч	12		21		27		40
Мощность электродвигателя, кВт	55		90		110		160
Габаритные размеры, мм	930 x 700 x 2625		930 x 700 x 2740		900x802x3205		900 x 802 x 3214
Масса, кг, не более	1480		1670		2074		2385
	Блок управления						
Габаритные размеры, мм	6570 x 1448 x 2139		6470 x 1448 x 2180		6470 x 1448 x 2180		
Масса, кг, не более	1705		1705		2550		
	Комплект автоматики						
Количество схем	9		9		9		
Масса, кг, не более	960		971		992	995	995

Примечание. Тип центробежного распылителя согласовывается при заказе распылительной сушильной установки, исходя из физико-химических свойств исходного продукта (начальная влажность, вязкость, абразивность и т.д.).

Комплект поставки. Технологические блоки установки (в том числе центробежные распылители, система автоматического управления) – поставочными блоками.

Изготовитель – Туймазинский завод химического машиностроения.

Упаковка. Лигносульфонаты технические порошкообразные должны упаковываться в четырехслойные бумажные мешки закрытого типа с манжетом по ГОСТ 2226 массой нетто не более 40 кг. Способ укупоривания – складывание манжета и размещение его внутрь мешка или в мешки полиэтиленовые с клапаном по ГОСТ 17811–78 при условии соблюдения требований, предъявляемых к способу их наполнения, сохранности и качества продукта. Допускается отгрузка ЛСТП насыпью в контейнеры специализированные закрытые типа СК, изготовленные по ГОСТ 19668–74 и др. нормативно-технической документации, размещаемые в по-лувагонах и на платформах подвижных железнодорожных составов.

Транспортная маркировка по ГОСТ 14192 на мешках при помощи трафарета несмываемой краской с нанесением манипуляционного знака «БОИТСЯ СЫРОСТИ» со следующими данными:

- наименование продукта;
- наименование предприятия-изготовителя;
- номер партии;
- масса брутто и нетто, кг;

Обозначение технических условий.

Требования безопасности. Лигносульфонаты технические порошкообразные пожаробезопасны. По пожарной опасности относятся к категории «Г», классу П-Н.

Лигносульфонаты технические порошкообразные взрывобезопасны. Нижний предел взрываемости – 100 г/м³.

Предельно-допустимая концентрация (ПДК) ЛСТП для воды рыбохозяйственных водоемов – 2 мг/л.

Лигносульфонаты технические порошкообразные являются малотоксичными продуктами, не обладают кожно-резорбтивным местно-раздражающим аллергизирующим действием.

Транспортирование лигносульфонатов технических порошкообразных должно производиться в крытых вагонах и закрытых автомашинах. Допускается при транспортировании ЛСТП использование вагонов типа «Хоппер», цистерн-цементовозов, контейнеров других типов и марок (включая мягкие) при условии соблюдения правил перевозки.

Транспортирование груза железнодорожным транспортом должно производиться в соответствии с «Правилами перевозки грузов», (М.: Транспорт, 1985).

Транспортирование автомобильным транспортом должно производиться в соответствии с «Общими правилами перевозок грузов автотранспортом», утвержденными министерством автотранспорта РСФСР 30.07.71.

Лигносульфонаты технические порошкообразные должны храниться в закрытых, проветриваемых помещениях и в условиях, предупреждающих увлажнение продукта.

Гарантийный срок хранения 1 год с момента их изготовления.

4.17.3. ГРАНУЛИРОВАННЫЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТЫ

Сотрудниками Дзержинского филиала ЛенНИИхиммаш разработана технологическая линия по производству несслеживающегося гранулированного лигносульфоната [29].

Физико-химические показатели лигносульфоната с массовой долей сухих веществ более 72% на гранулирование и лигносульфонатов технических гранулированных «Лигрин» приведены в габл. 4.107.

Таблица 4.107

Физико-химические свойства исходного сырья и конечного продукта

Наименование показателя	Вязкая малоподвижная система для гранулирования	Лигносульфонаты технические гранулированные «Лигрин»	
		норма	факт
Размеры гранул, мм:			
– диаметр	–	не более 9	4 ± 1
– длина	–	не более 18	7 ± 3
Массовая доля сухих веществ, %	74 ± 2	не менее 76	81,7 ± 5,7
Массовая доля нерастворимых в воде веществ к массе сухих веществ, %	–	не более 1,1	0,82 ± 0,14
Предел прочности при растяжении высушенных образцов, МПа	–	не менее 0,4	0,53 ± 0,02
Плотность (в исходном состоянии), кг/м ³	1285 ± 25	–	1400 ± 20

Окончание табл. 4.107

Наименование показателя	Вязкая малоподвижная система для гранулирования	Лигносульфонаты технические гранулированные «Лигрин»	
		норма	факт
Насыпная масса, кг/м ³	—	—	745 ± 45
pH 20%-ного раствора, ед. pH	4,6 ± 0,1	не менее 4,5	4,6 ± 0,1
Температура, °С:			
– в исходном состоянии	102 ± 4	—	22 ± 2
– плавления	—	—	более 94
– затвердения	74 ± 14	—	—
– разложения	более 270	—	более 270
Коэффициент теплопроводности, Вт/м · К	0,4 ± 0,1	—	0,4 ± 0,1
Удельная массовая теплоемкость, кДж/кг · К	2,22 ± 0,21	—	2,22 ± 0,21
Растворимость в воде	Растворим	—	растворимы
Способность к слеживаемости	—	—	не обладают
Адгезионные свойства	обладает адгезией к металлу, резине, бумаге и т. п.	—	не обладают
Способ транспортирования	трубопровод с паровой рубашкой	—	транспортёр, пневмосистема

Примечание. Знак (–) означает отсутствие данных.

Основные технико-экономические показатели по производству нового продукта в сопоставлении с производством других видов лигносульфоната приведены в табл. 4.108.

Таблица 4.108

Технико-экономические показатели производства различных видов ЛСТ

Наименование показателей	Жидкие ЛСТ марки А	Твердые ЛСТ марки Т	Порошкообразные ЛСТ	Гранулированные ЛСТ «Лигрин» (опытная партия)
Аппаратное оформление	выпарной аппарат «Розенлев»	выпарной аппарат «Розенлев»; выпарной аппарат «Кестнер»	выпарной аппарат УкрНИИХиммаш распылительная сушилка СРЦ	выпарной аппарат «Розенлев»; выпарной аппарат «Кестнер»; опытная установка гранулирования
Внешний вид продукции	жидкость	глыба	порошок	гранулы
Массовая доля сухих веществ в готовом продукте, %	не менее 47	не менее 76	не менее 92	не менее 76
Производительность				
– т/ч	5,8	0,57	0,81	0,023
– тыс.т/год	48,1	14,2	6,7	0,5
Расход сырья, т/т	расход собственно на упаривание	расход собственно на упаривание	расход собственно на сушку	расход собственно на гранулирование
	0,5	1,5	1,4	1,1
Расход электроэнергии, кВт · ч/т	162	33	723	232
Расход топлива, т/т	—	—	0,8	—
Расход тепла, ГДж/т	5,0	8,4	22,2	0,02
Расход воды, м ³ /т	49,5	40	134	7,8

Как видно из таблицы 4.108 лигносульфонаты технические гранулированные «Лигрин», не уступая по своим потребительским свойствам порошкообразным лигносульфонатам, имеют значительно меньшую себестоимость и оптовую цену.

На зарубежных предприятиях осваивается промышленное производство очищенных лигносульфонатов из отработанных сульфитных щелоков с использованием мембранной технологии [30, 31].

В России работы по концентрированию последрожевой бражки на мембранных установках проводят сотрудники пермского института бумаги АО «Перм НИИБ» [32].

4.18. ВАРКА СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

4.18.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Целлюлоза для химической переработки, или растворимая целлюлоза, предназначена для получения волокон и нитей, используемых в текстильной, медицинской, шинной, фармацевтической и пищевой промышленности, в отраслях «большой» химии и нефтехимии.

Целлюлоза для химической переработки должна быть однородной, отличаться высокой химической чистотой, иметь низкое содержание минеральных примесей и экстрактивных веществ, высокую белизну, хорошую реакционную способность.

В соответствии с ГОСТ 5982-84 сульфитная вискозная целлюлоза должна удовлетворять следующим требованиям (табл. 4.109).

Таблица 4.109

Основные показатели сульфитной вискозной целлюлозы

Наименование показателя	Высший сорт	I сорт	II сорт
Массовая доля альфа-целлюлозы, %, не менее	92,5	92,0	90,0
Динамическая вязкость, мПа·с (мпз)	24,0 ± 2,0 (240 ± 20)	24,0 ± 2,5 (240 ± 25)	22,5 ± 2,5 (225 ± 25)
Реакционная способность CS ₂ /NaOH, %, не более	80/11	80/11	80/11
Массовая доля золы, %, не более	0,08	0,12	0,12
Массовая доля железа, %, не более	0,0008	0,0015	0,0015
Массовая доля кремния, %, не более	0,006	0,009	0,009
Массовая доля кальция, %, не более	0,0075	0,0100	0,0120
Массовая доля смол и жиров, %, не более	0,20	0,30	0,35
Белизна, %, не менее	91	90	90
Сорность – число соринков на 1 м ² площади свыше 0,06 до 2,0 мм ² включительно, не более	70	100	100
Соринки площадью более 2,0 мм ²	не допускаются		
Масса целлюлозы площадью 1 м ² , г	600...700	600...700	600...700
Набухание, %	450...550	450...550	450...550
Влажность, %	6...10	6...10	6...10
Массовая доля мелкого волокна, %, не более	10	12	12
Растворимость в растворе гидроксида натрия с массовой долей 10%, %, не более	9,3	9,9	11,5
Растворимость в растворе гидроксида натрия с массовой долей 18%, %, не более	5,1	5,5	6,5

Примечание. Для предприятий, применяющих натрий-катионированную воду, массовая доля золы в целлюлозе должна быть не более: для высшего сорта – 0,12%, для первого и второго сортов – 0,14%.

Все эти характеристики целлюлозы формируются как в процессе варки, так и в процессе ее дальнейшей отбелики и облагораживания.

Растворимую целлюлозу получают сульфатным или сульфитным способами варки. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки:

- сульфитные целлюлозы имеют более высокую и равномерную степень полимеризации;
- у сульфитной целлюлозы остаток лигнина сосредоточен главным образом в наружной стенке волокна, во вторичной стенке волокна его содержится немного;

– у сульфатной целлюлозы остаток лигнина распределяется более равномерно по всей внутренней стенке волокон, так как при гидролизе углеводного вещества кислотами оставшийся лигнин носит неструктурный, аморфный характер;

– сульфатные целлюлозы имеют более высокую прочность;

– сульфитная целлюлоза является более реакционноспособной к реакциям ксантогенирования и ацетилирования;

– сульфатная целлюлоза более устойчива к деструкции в щелочной среде;

– при переработке сульфатной целлюлозы на вязкое волокно из-за ее пониженной реакционной способности требуется большая концентрация NaOH при мерсеризации и больший расход сероуглерода при ксантогенировании, чем при переработке сульфитной;

– сульфатная целлюлоза хуже отбеливается, особенно это относится к целлюлозам из хвойных пород;

– сульфатная целлюлоза из древесины лиственных пород (бука, тополя, осины) дает лучшие результаты при отбелке, чем хвойная, но требует большего расхода отбеливающих веществ, чем сульфитная целлюлоза.

При выборе того или иного способа получения целлюлозы необходимо, прежде всего, учитывать ее целевое назначение. Практика показала, что для производства штапеля, целлофана и шелка, а также для получения ацетилцеллюлозы лучше использовать сульфитную целлюлозу. Для получения кордного волокна и других высокопрочных волокон рекомендуется сульфатная целлюлоза с предгидролизом.

К промышленно освоенным процессам получения сульфитной растворимой целлюлозы относятся:

– сульфитный способ варки с кислотой на кальциевом, натриевом, магниевом или аммониевом основании;

– ступенчатые способы;

– комбинированные сульфитно-щелочные способы варки.

4.18.2 ТЕХНОЛОГИЯ ВАРКИ

Сульфитный способ варки. На сульфитных заводах обычно получают вязкую целлюлозу со степенью провара по перманганатному числу 40...50 и с вязкостью 1%-го медно-аммиачного раствора 40...50 мПа·с.

При варке вязкой целлюлозы уплотнение щепы в котле должно быть умеренным; особенно большое значение приобретает по возможности быстрая и полная пропитка щепы кислотой перед началом варки. На многих заводах применяют пропарку и вакуумирование, гидравлическое давление и другие методы принудительной пропитки. Если не используется принудительная пропитка, тогда заварка ведется осторожно, с длительной выдержкой при температуре 105...110 °С для завершения пропитки. Чтобы обеспечить необходимое понижение вязкости растворов целлюлозы, используют варочную кислоту с пониженным содержанием связанного SO₂, снижают содержание основания, применяя глубокие оттяжки и перепуск щелока, повышение конечной температуры варки до 145...150 °С.

График сульфитной варки еловой древесины для получения вязкой целлюлозы со степенью провара по перманганатному числу 35...50 и вязкостью 0,7%-го медноаммиачного раствора 18...23 мПа·с, представлен на рис. 4.57.

В зарубежной практике при варке вязкой целлюлозы применяют тот же температурный режим, но, как правило, с непрерывным подъемом температуры до конечной (145...150 °С), а вместо перепуска щелока пользуются боковой жидкой отдувкой, направляемой в особую цистерну. Загрузка щепы производится обычно с пропаркой или с умеренным паровым уплотнением, а для усиления пропитки повышают гидравлическое давление с помощью кислотного насоса. Нагрев котла чаще всего не прямой.

Конечная температура варки оказывает существенное влияние на показатели качества целлюлозы для химической переработки (рис. 4.58).

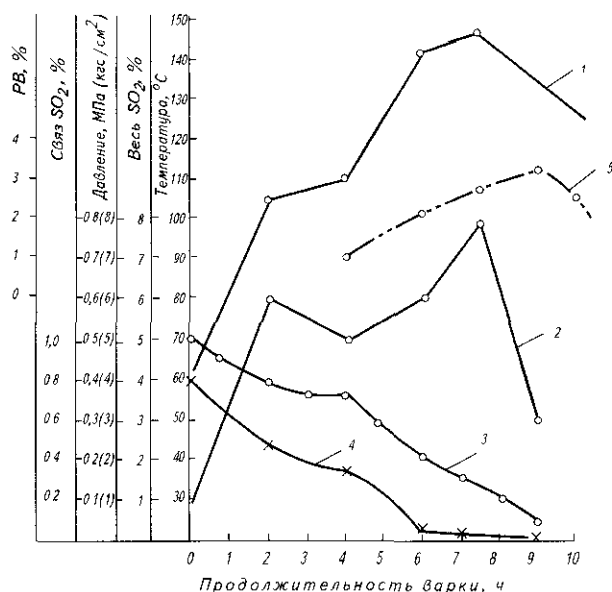


Рис 4.57 График сульфитной варки вязкой целлюлозы: 1 – температура, 2 – давление; 3 – весь SO₂ 4 – связанное SO₂, 5 – содержание PV в щелоке

Одним из основных показателей качества целлюлозы для химической переработки является вязкость ее медно-аммиачных и вискозных растворов. Последняя находится в зависимости от деструкции целлюлозы, характеризуемой ее степенью (рис. 4.59).

Влияние конечной температуры варки и степени провара целлюлозы на расход серы представлен на рис. 4.60.

Применение растворимых оснований дает существенные преимущества по сравнению с варкой на кальциевом основании, позволяя получать целлюлозу с более глубокой степенью провара при сохранении высокой вязкости продукта и высокого содержания альфа-целлюлозы в нем, с меньшей зольностью, сорностью и смолистостью.

Для производства растворимой целлюлозы можно использовать балансовую древесину 1 или 2 сорта.

На качество небеленого полуфабриката, равномерность и глубину его провара влияют размеры применяемой на варку щепы. Наилучшие показатели по степени провара дает мелкая, тонкая щепа с размерами по длине и ширине 10×10 мм и толщине до 3 мм. С увеличением размеров щепы до 25×25×4 степень провара ухудшается. При одинаковых условиях варки жесткость целлюлозы из мелкой щепы находилась в пределах 44...45 п.е., а толстой щепы – в пределах 66...75 п.е.

Для производства целлюлозы для химической переработки сульфитным способом применяют в больших количествах лиственную древесину. Для получения вискозной сульфитной целлюлозы наиболее часто используют древесину бука, осины и березы, а также дуба, граба и других пород.

Различные породы лиственной древесины по качественной характеристике неравноценны. Древесина осины по сравнению с березой и буком содержит больше целлюлозы и меньше пентозанов. Поэтому выход технической целлюлозы из этой древесины заметно выше и в отношении выхода целлюлозы перерабатывать осину экономически выгоднее. Но с точки зрения съема технической целлюлозы с 1 м³ котла предпочтительнее перерабатывать буковую древесину, имеющую повышенную плотность. Загрузка щепы этой породы в котел будет почти на 2/3 больше, чем осины.

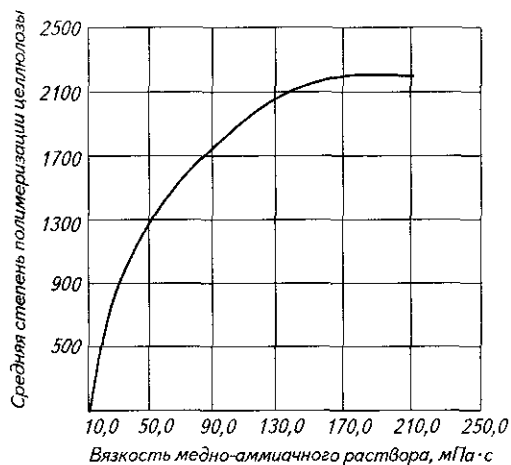


Рис. 4.59. Зависимость между средней степенью полимеризации целлюлозы и ее вязкостью

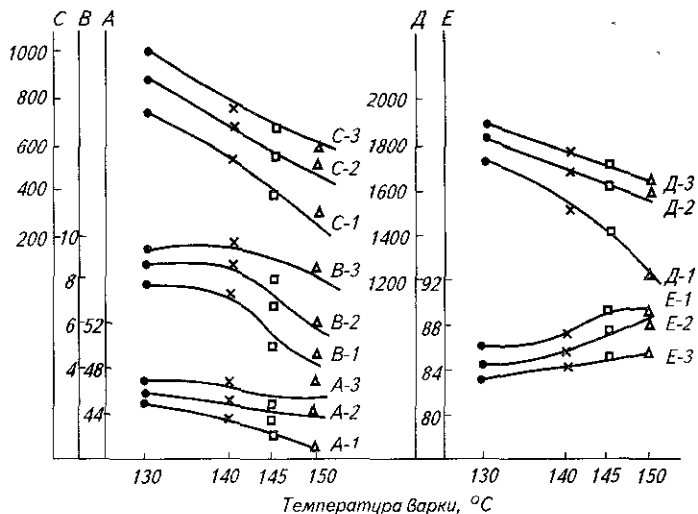


Рис. 4.58. Влияние конечной температуры варки на изменение показателей целлюлозы одинаковой степени провара.

(А – выход целлюлозы, %; С – вязкость, мПа·с, В – содержание пентозанов, %; Е – содержание α-целлюлозы, %, Д – СП) 1, 2, 3 – жесткость целлюлозы – 30, 40, 50 п.е., соответственно

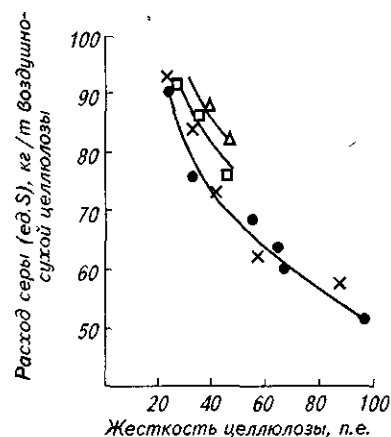


Рис. 4.60. Расход серы на собственно варку в зависимости от жесткости целлюлозы: конечная температура варки: ● — 130 °С; × — 140 °С; □ — 145 °С, Δ — 150 °С

Древесина березы имеет две отрицательные характеристики: низкое содержание целлюлозы и высокое – экстрактивных веществ. Поэтому она наименее пригодна для производства из нее целлюлозы для химической переработки. Из этой породы получается низкий выход целлюлозы (около 36...38%), и имеют место большие затруднения с удалением из целлюлозы экстрактивных веществ до требуемых пределов.

Буковая древесина широко используется для получения целлюлозы для химической переработки в западных странах. По данным итальянских специалистов [33] из древесины осины, березы и бука можно получать целлюлозу для штапельного, вискозного и полинозного волокон. В табл. 4.110 приведены показатели целлюлозы для штапельного волокна из трех пород древесины. Показатели целлюлозы для вискозного волокна приведены в табл. 4.111. Вследствие более жестких условий отбелки целлюлоза содержит меньше экстрактивных веществ.

Таблица 4.110

Показатели качества целлюлозы для штапельного волокна

Показатели целлюлозы	Порода древесины		
	осина	береза	бук
Массовая доля, %:			
- α-целлюлозы	91	91	91
- β-целлюлозы	5,5	5,0	5,5
- пентозанов	2,6	3,5	3,0
- экстрактивных веществ	0,6	0,6	0,35
- золы	0,07	0,06	0,06
- оксида кальция	0,02	0,02	0,02
Вязкость (по Таппи), мПа·с	19	19	30
Медное число	1,3	1,5	1,4
Белизна (Эльрефо), %	87,5	92	91
Выход целлюлозы (воздушно-сухой) от воздушно-сухой древесины, %	46	38	40

Таблица 4.111

Показатели качества целлюлозы для вискозного волокна

Показатели целлюлозы	Порода древесины	
	осина	береза
Массовая доля, %:		
- α-целлюлозы	92	92,2
- β-целлюлозы	4,5	4,5
- пентозанов	2,4	3,3
- экстрактивных веществ	0,4	0,4
- золы	0,07	0,06
- оксида кальция	0,02	0,02
Вязкость (по Таппи), мПа·с	19	19
Медное число	1,1	1,3
Белизна (Эльрефо), %	91	92
Выход целлюлозы (воздушно-сухой) от воздушно-сухой древесины, %	45	36

На заводе «Торвискоза» (Италия) для производства целлюлозы для химической переработки используют древесину граба, бука, вяза, различных видов дуба, акации и др., а также отходы мебельного производства [33]. Балансовая древесина поставляется в неокоренном виде, ее окаривают сухим способом. После приготовления щепу хранят на лесной бирже в течение 10...20 дней в кучах отдельно по породам.

Завод производит сульфитную целлюлозу для штапельных, вискозных и полинозных волокон, а также целлофан. Варка производится в котлах периодического действия вместимостью 320 м³. При загрузке щепу пропаривают влажным паром. После закачки кислоты производится принудительная пропитка, поскольку древесина имеет высокую плотность (600...700 кг/м³). Пропитка щепы осуществляется методом гидростатического давления. Давление повышается до 1 МПа, затем сбрасывается до 0,3 МПа. Обычно проводят три

таких цикла в течении 15 мин. Для варки применяют сульфитную кислоту на кальциевом основании (содержание всего SO_2 5,8...6% и оксида кальция 1,3%). Продолжительность заварки до 105...110 °C составляет 2...2,5 ч, стоянка при 110 °C – 1,5 ч, варка при 140...145 °C – 1,5...2 ч, продолжительность варки 7...8 ч, оборот котла 12...13 ч. После варки целлюлоза имеет жесткость – 3 ед. числа РОЭ (число Каппа около 15).

Выход небеленой целлюлозы по варке составляет 41...45% в зависимости от используемой породы древесины.

Показатели качества сульфитной целлюлозы для химической переработки из лиственной древесины, вырабатываемой на заводе, представлены в табл. 4.112.

Таблица 4.112

Показатели качества беленой сульфитной целлюлозы из лиственной древесины

Показатели целлюлозы	Целлюлоза для волокон		
	штапельных	вискозных	полинозных
α-целлюлоза, %	91,5	91,5	93,5
β-целлюлоза, %	5,1	3,5	3,0
Пентозаны, %	3,5	4,4	3,0
Экстрактивные вещества, %	0,40	0,30	0,30
Растворимость в 21%-ном растворе NaOH, %	5,7	5,8	4,3
Вязкость (по Таппи), мПа·с	18	18,5	31
Содержание СаО, мг/кг	350	100	550
Белизна, %	93	93	91,5

Завод фирмы «Саппи» в ЮАР выпускает вискозную целлюлозу для шелка и штапеля, используя в качестве сырья смесь эвкалипта и акации и проводя одноступенчатую кислую варку с кислотой на Mg и Ca основаниях. Оборот котла составляет величину 10...11,5 ч. Время собственно варки поддерживается постоянным, изменения вносятся в конечную температуру, с помощью которой регулируют вязкость целлюлозы. Небеленая целлюлоза имеет жесткость 35...45 п.е., вязкость около 30,0 мПа·с и содержание α-целлюлозы 91,5%.

Фирма «Вальдгоф» из буковой древесины вырабатывает сульфитную целлюлозу для химической переработки в котле непрерывного действия системы Камюр [11]. Щепка питателем низкого давления подается в пропарочную камеру, где поддерживается температура около 104 °C и давление 0,15 МПа. Из пропарочной камеры щепка питателем высокого давления вместе с раствором бисульфита магния (содержание всего SO_2 – 6% и pH 4) подается в наклонный сепаратор со шнековым транспортером для передачи щепы в котел (рис. 4.61). Щепка проходит от питателя высокого давления через сепаратор в котел в течение 2...3 мин. Этого времени достаточно для пропитки щепы. В верхнюю часть котла закачивают жидкий SO_2 и варка осуществляется кислотой состава: всего SO_2 – 5,9%, связанного SO_2 – 1,5%, pH кислоты 1,5...2; гидромодуль при варке 3,3. Продолжительность варки около 4,5 ч при 130...140 °C. По высоте котла варочная зона занимает 32 м и зона промывки 12,5 м (промывка 1,5ч). В конце промывки поддерживается температура 120...125°C.

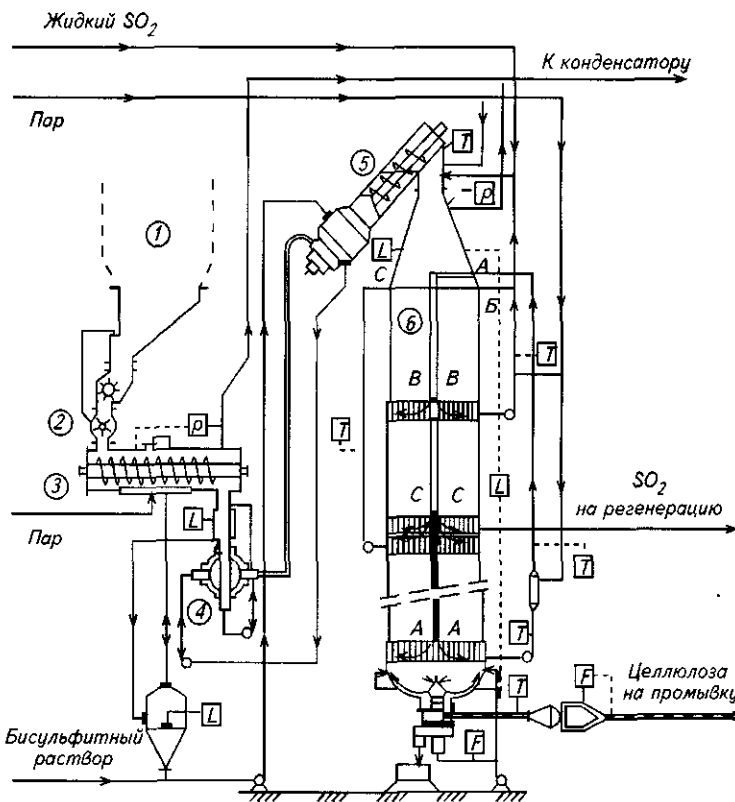


Рис 4.61 Технологическая схема котла системы Камюр с наклонным сепаратором для варки целлюлозы для химической переработки А, В, С – отбор и подача щелока, 1 – бункер для щепы, 2 – питатель низкого давления, 3 – пропарочная камера, 4 – питатель высокого давления, 5 – наклонный сепаратор, 6 – котел

При непрерывной варке из-за более избирательной делигнификации целлюлозу приходится делигнифицировать до более высокой степени, чтобы получить такую же вязкость, как при периодической варке целлюлозы. Кроме того, при непрерывной варке целлюлоза подвергается меньшей деструкции, на что указывает более высокий ее выход и повышенное содержание гемицеллюлоз. Вязкозные растворы целлюлозы обладают лучшей фильтруемостью, что объясняется более однородным проваром целлюлозы вследствие использования кислоты с высокой концентрацией SO_2 в течение всего цикла варки, отсутствия стадий заварки и охлаждения в процессе варки.

На этом заводе выпускается буковая вязкозная целлюлоза со следующими показателями: массовая доля альфа-целлюлозы 92,2%, вязкость 16,6 мПа·с, белизна 91% и содержание экстрактивных веществ (по спиртобензолу) 0,36%.

Ступенчатые способы варки, отличаясь большей избирательностью растворения лигнина, позволяют получать высококачественную растворимую целлюлозу с более высоким выходом и снизить удельные расходы основания по сравнению с обычным сульфитным способом варки.

Применение сульфитно-сульфитной варки по сравнению с обычной сульфитной варкой, наряду с улучшением качества целлюлозы, позволяет снизить удельные расходы основания на 20...30%, серы на 10...20%, а также увеличить выход сахаров на тонну целлюлозы на 15...25%.

Во ВНИИБе разработан вариант сульфитно-сульфитного двухступенчатого способа варки целлюлозы для химической переработки из еловой древесины, опробованный на Светогорском ЦБК [34]. Первая ступень варки по этому способу проводилась с обычной варочной кислотой на натриевом основании при температуре 105...110 °С в течение 3 часов. После окончания первой ступени варки и отбора отработанного щелока в котел закачивали водный раствор SO_2 с концентрацией 7%. Температура варки на второй ступени была 145 °С. Получаемая целлюлоза обладала хорошей реакционной способностью и уксусно-кислой проницаемостью, что важно для получения ацетатной целлюлозы.

Небеленая целлюлоза, полученная в результате выработки имела: жесткость – 19...25 п.е., вязкость – 35...50 мПа·с и содержание альфа-целлюлозы 89,9...90,0%. Показатели качества целлюлозы, отбеленной без использования в схеме отбелики элементарного хлора полностью отвечали требованиям ТУОП–130248643-158-92.

Модификацию двухступенчатых способов варки Стура применяет сульфитный завод Домшье для производства растворимой целлюлозы (См. также главу 4.11. Ступенчатые сульфитные варки) [35, 36]. Основное сырье – скандинавская ель. Регенерация натрия и серы осуществляется также модифицированным способом Стура. Режим варки: I ступень – бисульфит натрия, pH 4,5...6,0, температура 140...145°С; II ступень – бисульфит натрия + SO_2 , pH 2, температура 144...145°С.

Целлюлоза после варки имеет жесткость 8...9 ед. Каппа (~ 40...45 п.е.), а после кислородно-щелочной обработки число Каппа составляет 5,0...5,5 ед. (~ 25...27,5 п.е.). Вязкость небеленой целлюлозы регулируют в пределах от 15,0 до 24,0 мПа·с, содержание альфа-целлюлозы 89...90%.

Беленая целлюлоза изготавливается трех видов:

- обычная вязкозная целлюлоза:
 - белизна – 92%;
 - альфа- целлюлоза – 91...92%;
 - вязкость – 14,0 мПа·с;
- целлюлоза пониженной вязкости:
 - белизна – 92%;
 - альфа-целлюлоза – 89...90%;
 - вязкость – 8,0...10,0 мПа·с;
- целлюлоза с высокой вязкостью:
 - белизна – 90...91%;
 - альфа-целлюлоза – 91...92%;
 - вязкость – 22,5 мПа·с.

Растворимая целлюлоза, получаемая на заводе, используется для производства вязкозного штапельного волокна, текстильной нити (шелк), колбасной оболочки, ацетатных и других эфиров целлюлозы.

Комбинированные сульфитно-щелочные варки. Принцип комбинированной варки целлюлозы для химической переработки (а также для высокопрочных видов бумаги) заключается в предварительном, относительно мягком гидролизе гемицеллюлоз, происходящем одновременно с сульфитованием и растворением лигнина на первой ступени варки при pH ≈ 1,5 и горячем щелочном облагораживании (NaOH или щелочными солями) – на второй ступени. При варке сосновой древесины сульфитную ступень заменяют двухступенчатой бисульфитно-сульфитной варкой, вводя на вторую ступень жидкую SO_2 ; получается трехступенчатый бисульфитно-сульфитно-содовый процесс. Режимы комбинированных сульфитно-щелочных варок представлены в главе 4.11.

Содержание альфа-целлюлозы в конечном продукте зависит от значения pH и температуры на щелочной ступени варки. Влияние этих факторов показано на рис. 4.62. Обработка раствором соды уменьшает содержание лигнина на 2...4%.

На заводе «Раума» для получения облагороженной целлюлозы из хвойных и лиственных пород древесины применяются варки Сивола. Для первой ступени одного из вариантов, предназначенного для варки ели, используют кислоту на натриевом основании, содержащую 6...6,5% всего SO_2 , 0,8...0,9% Na_2O и имеющей $\text{pH} \approx 1,5$. В начале варки температуру в котле поднимают до 148...150°C, затем проводят стоянку при этой температуре в течение 2 ч. После окончания стоянки избыток SO_2 сдувают в регенерационную цистерну, а из котла отбирают 25...30 м³ сульфитного щелока, вместо которого закачивают на вторую ступень варки раствор Na_2CO_3 из расчета 15% Na_2O от исходной древесины. В котле после смешения со щелоком, оставшимся после первой ступени варки, образуется раствор с $\text{pH} 9...10$. Температуру в котле далее поднимают до 170 °С и производят варку при этой температуре в течение 1...1,5 ч. По существу, вторая ступень варки Сивола – это горячее щелочное облагораживание целлюлозы, при котором происходит растворение гемицеллюлоз и низкомолекулярных фракций целлюлозы. В результате содержание альфа-целлюлозы в получаемой целлюлозе достигает 93...96%.

При варке сосновой древесины щепу в котле последовательно обрабатывают бисульфитным раствором ($\text{pH} 4,5$) и сульфитным, при вводе в котел жидкого SO_2 ($\text{pH} \approx 1,5$), а затем проводят горячее щелочное облагораживание с Na_2CO_3 ($\text{pH} 9...10$). Показатели еловых и сосновых небеленых облагороженных целлюлоз, получаемых комбинированным способом варки на заводе «Раума», приведены в табл. 4.113 [1].

Таблица 4.113

Показатели небеленых облагороженных целлюлоз, получаемых комбинированным способом в две и три ступени

Показатели качества целлюлозы	№ варки				
	1	2		3	
	Число ступеней				
	три	три		две	
	Древесина				
	ели	ели	сосны	ели	сосны
Хлорное число	3,3	3,4	3,5	4,0	6,0
Вязкость раствора целлюлозы, сПа·с	3,0	6,4	6,8	4,1	3,8
Содержание α -целлюлозы, %	94,6	94,5	94,5	94,5	95,0
Содержание пентозанов, %	3,8	0,8	0,9	1,1	1,0
Растворимость в растворе NaOH, %:					
– 5%-м	3,3	2,1	2,2	2,2	2,7
– 10%-м	6,7	6,0	5,8	5,4	5,5
– 18%-м	5,4	3,6	3,6	2,9	2,7
Выход из древесины, %	44,8	41,3	41,1	36,5	41,7
Непровар, % от древесины	0,8	0,4	0,2	0,4	5,6

Продолжительность трехступенчатой и двухступенчатой варок практически одинакова: в обоих случаях 8...9 ч, а полный оборот котла составляет 11...12 ч.

Варьируя на третьей ступени варки расход соды, который, в среднем, для лиственницы составляет 10%, а для сосны и осины 12% Na_2O от массы древесины, температуру и продолжительность варки, можно получить целлюлозу с желаемым выходом и содержанием альфа-целлюлозы. В табл. 4.114 приведены данные анализов небеленых целлюлоз, полученных по методу Раума-Репола.

Из модификаций метода Сивола заслуживает внимания метод двухступенчатой сульфит-сульфатной варки, предложенный в 1956 г. лабораторией кафедры целлюлозно-бумажного производства Лесотехнической академии им. Кирова [2]. По этому методу варку на первой ступени ведут с обычной сульфитной кислотой на натриевом основании, а на второй ступени используют зеленый щелок сульфатного производства. Метод,

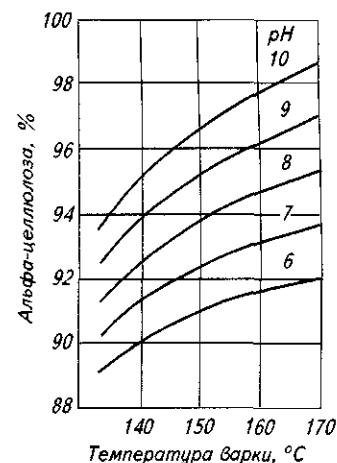


Рис. 4.62. Влияние pH и температуры варки на содержание альфа-целлюлозы

разработанный для производства высокооблагороженной целлюлозы для химической переработки, представляет особый интерес еще и потому, что позволяет решить вопрос регенерации щелока после второй ступени выпариванием и сжиганием его в обычных регенерационных установках сульфатного производства, а также в связи с возможностью использования лиственных пород древесины.

Таблица 4.114

Данные анализов небеленых целлюлоз, полученных по трехступенчатому методу Раума-Репола

Показатели	Порода древесины		
	сосна	лиственница	осина
Перманганатное число по Тапли	6,2	6,4	6,0
Вязкость, мПа·с	9,5	11,0	10,0
Содержание, %:			
- α-целлюлозы	94,4	94,8	92,8
- пентозанов	2,0	2,1	3,6
- глюкозы	96,0	95,5	95,0
- маннозы	2,0	2,4	1,4
- ксилозы	2,0	2,1	3,5
Белизна, %	56,0	45,0	56,0

Для этого способа характерны относительно высокий выход (37...40%) и содержание альфа-целлюлозы (96...97%). Содержание пентозанов не превышает 2,5%, что свидетельствует о высокой химической чистоте целлюлозы.

Данные анализов небеленой целлюлозы, полученной различными методами, представлены в табл. 4.115.

Таблица 4.115

Сравнительная оценка целлюлоз, полученных различными методами варки с понижающейся кислотностью [19]

Показатели	Варки по методу Сивола			Сульфатная с пред-варительным гидролизом	Сульфит-сульфатная
	трехступенчатая		двух-ступенчатая		
	вариант I	вариант II			
Число ступеней	3	3	2	2	2
Число РОЭ	3,3	3,4	4,0	4,8	3,5
Выход, %	44,8	41,3	36,5	38,3	40,0
Количество отходов, %	0,8	0,4	0,4	0,1	0,26
Вязкость, мПа·с	30	64	41	16	—
Содержание, %:					
- α-целлюлозы	94,6	94,5	94,5	95,2	96,0
- пентозанов	3,8	0,8	1,1	1,6	2,2
Растворимость в растворе NaOH, %:					
- 5%-м	3,3	2,1	2,2	2,2	—
- 10%-м	6,7	6,0	5,4	6,4	—
- 18%-м	5,4	3,6	2,9	3,1	—

Имеется еще достаточно много разновидностей сульфитной варки, которые ставят целью повышение выхода целлюлозы, таких как: бисульфит-сульфитный процесс, получение растворимой целлюлозы из сульфитной целлюлозы высокого выхода (ЦВВ) с последующим горячим облагораживанием, получение вискозной целлюлозы из бисульфитной ЦВВ с горячим и холодно-горячим облагораживанием [37, 38, 39, 40, 41].

Выбор того или иного способа варки для каждого конкретного предприятия определяется экономической целесообразностью и парком оборудования, установленного на предприятии.

Литература

1. Справочник бумажника.: В 3 т., М.: Лесная промышленность, 1964. Т. 1. 840 с.
2. Непенин Н. Н. Технология целлюлозы: Т. 1. М.: Лесная промышленность, 1976. 624 с.
3. Хуторщиков И. С. Брусит – высококачественное магнезиальное сырье //Бумажная промышленность 1968 № 10. С. 5–6.
4. Бутко Ю. Г., Пелевин Ю. А. Современные методы приготовления сульфитных варочных растворов. – М.: Лесная промышленность, 1970. 304 с.
5. Бушмелев В. А., Вольман Н. С., Кокушкин О. А. Процессы и аппараты целлюлозно-бумажного производства./ 4-е изд. М.: Лесная промышленность, 1985. 336 с.
6. Кузминых И. Н., Бабушкина М. Д., Бабаев Е. В. Новая аппаратура для охлаждения и промывки сернистого газа. М.: ГЛБИ, 1960. 45 с.
7. Некрасов Б. В. Учебник общей химии / 2-е изд. М., 1964. 840 с.
8. Блоштейн И. И. Номограмма для определения содержания SO_2 в башенной кислоте //Бумажная промышленность. 1953. № 8. С. 16 – 18.
9. Кузминых И. Н., Бабушкина М. Д. Равновесие между сернистым газом и бисульфитными растворами //Бумажная промышленность. 1955. № 8. С. 5–9.
10. Пелевин Ю. А., Бутко Ю. Г. Интенсификация процесса варки сульфитной и бисульфитной целлюлозы. М.: Лесная промышленность, 1985. 80 с.
11. Производство волокнистых полуфабрикатов из лиственной древесины. Бобров А. И., Мутовина М. Г., Бондарева Г. А., Малышкина В. К. М.: Лесная промышленность, 1984. 248 с.
12. Сапотницкий С. А. Совершенствование технологии сульфитных щелоков: Текст лекций. Л.: ЛТА, 1990. 60 с.
13. Виламо Е., Ахо О., Аунио Р. Сульфитная варка целлюлозы с применением метода Виламо //Бумажная промышленность. 1956. № 11. С. 6–8.
14. Сапотницкий С. А. Использование сульфитных щелоков. /3-е изд.: М.: Лесная промышленность, 1981. 22 с.
15. Модификация магни-бисульфитной варки на Красноярском ЦБК/Мутовина М. Г., Бондарева Ю. В., Гранкон Ю.В., Харченко Г.С., Вилисов В.И. //Экспресс-информация. Целлюлоза, бумага, картон.: ВНИПИЭИлеспром. 1994. № 24. С. 2–5.
16. Натрий-бисульфитная целлюлоза для газетной бумаги /Бондарева Г.А., Мутовина М.Г., Самсонов Н.Е., Бобров А.И.//Целлюлоза, бумага, картон. 1992. № 8–9.
17. Ефремов Ю. Н. Ступенчатая варка в промышленности //Информационный сборник. Целлюлоза, бумага, картон. 1989. №4. 22 с.
18. Пазухина Г. А. Ступенчатые методы производства целлюлозы: М.: Лесная промышленность, 1990. 213 с.
19. Бутко Ю. Т., Макушин Е. М. Ступенчатые варки целлюлозы //Бумага и целлюлоза: ЦНИИТИЭИлеспром. 1968. 57 с.
20. Двухступенчатая бисульфит-сульфитная варка для получения целлюлозы различного назначения /Ефремов Ю. Н., Вишневская С. С., Ерошева И. Г., Напханенко Э. С.: Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания «Совершенствования развития сульфитно-целлюлозного производства», октябрь 1989, г. Камск. М.: 1989. 79 с.
21. Лендъел П., Морваи Ш. Химия и технология целлюлозного производства. /Пер. с нем. М.: Лесная промышленность. 1978. 544 с.
22. Гизетдинова Н. А., Сергеева А. Д. (СибНИИЦК) Перспективы развития нейтрально-сульфитной варки /Обзорная информация. М.: ВНИПИЭИлеспром. 1987. 40 с.
23. Никитин Я. В., Поляков С. И. Использование воды на целлюлозно-бумажных предприятиях. М.: Лесная промышленность. 1985. 206 с.
24. Примаков С. Ф. Производство сульфитной целлюлозы. М.: Экология. 1993. 271 с.
25. Бобров А. И., Мутовина М. Г. Производство бисульфитной целлюлозы. М.: Лесная промышленность. 1979. 192 с.
26. Глейзер И. Ш., Куклев Ю. И. Повышение эффективности энерготехнологического оборудования целлюлозно-бумажного производства. М.: Лесная промышленность. 1990. 208 с.
27. Лейси Р. Е., Леб С. Технологические процессы с применением мембран /Перевод под ред. Ю. А. Мазитова: Мир, 1976. 370 с.
28. Чудаков М.И. Промышленное использование лигнина /3-е изд. испр. доп. М.: Лесная промышленность, 1983. 200 с.

29. Нохрин Г. И., Буторин В. П. Технико-экономические показатели процесса гранулирования технических лигносульфонатов с массовой долей сухих веществ более 72% на опытной установке Сокольского ЦБК //Технология переработки сульфитных шелоков: Сборник научных трудов ВНПОбумпром. Л.: 1988. 97 с.
30. Режимно-технологические параметры ультрафильтрации сульфитных шелоков /Сапоницкий С. А., Пальянова Г. В., Агафонова Н. В., Иванова И. А. //Химия и технология целлюлозного производства: Межвузовский сб. тр. ЛТА. Л.: 1986. с. 27.
31. Дытнерский Ю. И. Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: Химия, 1978. 352 с.
32. Мартьянов А. Ф., Аксенова Т. О., Кудрявина Т. А. Испытание пилотной мембранной установки УМКЛ – 4/05 в производственных условиях Соликамского ЦБК //Технология переработки сульфитных шелоков: Сборник научных трудов ВНПОбумпром. Л., 1988. 97 с.
33. Материалы советско-итальянского симпозиума. Л., 1980. июль
34. Иоффе Л.О., Копанцева И. М. Сульфитная варка для ацелирования // Cellulose Chemistry and Technology. 1971. Vol. 5. № 5. P. 505–509
35. Handsbrov S., Lindqvist B., Sondell K. //5th International Conference on new available techniques: June 4–7, 1996. P. 840–842.
36. Хандебров С., Линдквист Б., Зонделл К. Опыт работы сульфитного завода Domsjo с технологией отбелки ТСФ и замкнутым водооборотом // ЦБК. 1997. № 5–6. С. 14–16
37. Хажова В. В. Влияние условий сульфитной варки осинового сырья на качество целлюлозы для непрерывного ацелирования: Дисс. канд. техн. наук: Л., 1971.
38. Хажова В.В., Аввакумова А.В., Смирнова Л.Б. Способ получения целлюлозы для химической переработки: Авторское свидетельство № 1730299. //Официальный патентный бюллетень «Изобретения». 1992. № 16.
39. Старостенко Н. П., Сапунова Н. А. Влияние условий сульфитной варки на углеводный состав небеленой целлюлозы //Материалы научно-технической конференции: ХТФ, ЛТА: Июнь 1968. С. 3–8.
40. Жалина В. А., Непенин Ю. Н. Получение вискозной целлюлозы из сульфитной целлюлозы высокого выхода //Материалы научно-технической конференции: ХТФ, ЛТА: Июнь 1968. С. 15–20.
41. Жалина В. А., Непенин Ю. Н., Резенова Ф. И. Получение вискозной целлюлозы из бисульфитной целлюлозы высокого выхода //Материалы научно-технической конференции. ХТФ, ЛТА: Июнь 1968. С. 21–26.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Лесосырьевая база России	13
1.1. Общая характеристика лесного фонда России.....	13
1.2. Состав лесов	13
1.3. Качественная структура лесов	16
1.4. Характеристика лесосырьевой базы по отдельным древесным породам	17
1.4.1. Сосна	17
1.4.2. Ель	20
1.4.3. Лиственница	21
1.4.4. Пихта	23
1.4.5. Кедр	24
1.4.6. Береза	24
1.4.7. Осина	24
Литература	25
2. Сырье для целлюлозно-бумажного производства	26
2.1. Древесное сырье	26
2.1.1. Используемые виды древесных пород	26
2.1.2. Строение дерева	27
2.1.3. Макроскопическое строение ствола дерева	27
2.1.4. Микроскопическое строение древесины	28
2.1.4.1. Строение древесины хвойных пород	28
2.1.4.2. Строение древесины лиственных пород	30
2.1.4.3. Изменчивость характеристик трахеид и волокон	31
2.1.4.4. Строение клеточной оболочки	32
2.1.5. Строение коры хвойных и лиственных пород	33
2.1.6. Основные пороки древесины	34
2.1.7. Физические свойства древесины	37
2.1.7.1. Плотность древесины	37
2.1.7.2. Влажность древесины	43
2.1.7.3. Усушка и набухание древесины	44
2.1.7.4. Проницаемость древесины	44
2.1.7.5. Проводимость древесины	45
2.1.8. Химический состав древесины ствола	46
2.1.9. Экстрактивные вещества древесины	47
2.1.10. Распределение компонентов в клеточной оболочке	49
2.2. Недревесные виды сырья, используемые для получения волокнистых полуфабрикатов	50
2.2.1. Тростник	50
2.2.2. Солома рисовая	52
2.2.2.1. Требования к сырию	52
2.2.2.2. Требования к процессу получения сечки из рисовой соломы	52
2.2.2.3. Подготовка рисовой соломы к варке	52
3. Прием, хранение и подготовка древесного сырья	54
3.1. Способы поставки древесного сырья целлюлозно-бумажным предприятиям. Режим поставок. Подвижной состав	54
3.1.1. Общие положения	54
3.1.2. Поставки древесного сырья по железной дороге	54
3.1.2.1. Способы и средства перевозки древесного сырья по железной дороге	54
3.1.2.2. Определение потребности в вагонах для перевозки древесного сырья от поставщиков на предприятия-потребители	62
3.1.2.3. Определение потребности в вагонах при их использовании для перевозки в пределах предприятия	63

3.1.3. Поставки древесного сырья автотранспортом	64
3.1.3.1. Способы и средства перевозки древесного сырья автотранспортом	64
3.1.3.2. Определение потребности в автолесовозах	67
3.1.4. Поставки древесного сырья в судах и лесосплавом	70
3.2. Прием и хранение древесного сырья. Хранение древесных отходов	80
3.2.1. Общие положения	80
3.2.2. Прием круглых материалов	82
3.2.3. Прием технологической щепы	87
3.2.4. Запас хранения и вместимость складов сырья и древесных отходов	91
3.2.5. Штабельное хранение балансов	95
3.2.6. Кучевое хранение круглых лесоматериалов	97
3.2.7. Склады водного хранения древесины	99
3.2.8. Склады открытого хранения измельченной древесины	100
3.2.9. Склады закрытого хранения балансов	102
3.2.10. Склады закрытого хранения измельченной древесины	103
3.2.11. Расчет объема и вместимости штабелей и куч открытых складов и емкостей закрытых складов древесного сырья и отходов	105
3.3. Оборудование, применяемое на узлах приема и складах древесного сырья, кору и древесных отходов	111
3.3.1. Общие положения	111
3.3.2. Грузоподъемные краны	111
3.3.2.1. Общие положения	111
3.3.2.2. Краны мостовые	112
3.3.2.3. Краны порталные перегрузочные	112
3.3.2.4. Краны козловые	115
3.3.2.5. Краны башенные	115
3.3.3. Грузозахватные устройства для кранов	116
3.3.3.1. Общие положения	116
3.3.3.2. Факторы, определяющие выбор грузозахватных устройств	117
3.3.3.3. Стропы, стропные захваты	117
3.3.3.4. Грейферы для круглых лесоматериалов и измельченной древесины	119
3.3.3.5. Основные грузовые параметры и зачерпывающая способность грейферов	120
3.3.4. Расчеты производительности кранов	136
3.3.5. Лесопогрузчики и гидроманипуляторы	148
3.3.5.1. Лесопогрузчики фронтальные	148
3.3.5.2. Лесопогрузчики на базе универсальных экскаваторов	154
3.3.5.3. Манипуляторы для механизации погрузочно-разгрузочных и вспомогательных работ	156
3.3.6. Оборудование приемных устройств для щепы железнодорожной поставки	157
3.3.6.1. Бурорыхлительные установки	157
3.3.6.2. Оборудование для интенсификации выгрузки щепы	159
3.3.6.3. Люкоподъемники	160
3.3.6.4. Элеваторно-ковшовые разгрузчики	160
3.3.7. Устройства непрерывного транспорта для круглых лесоматериалов и измельченной древесины	163
3.3.7.1. Общие положения	163
3.3.7.2. Ленточные конвейеры	163
3.3.7.2.1. Общие положения	163
3.3.7.2.2. Конвейеры для транспортировки измельченной древесины	164
3.3.7.2.3. Конвейеры для транспортировки короткомерной древесины	171
3.3.7.2.4. Трубчатые ленточные конвейеры	174
3.3.7.3. Цепные конвейеры	176
3.3.7.4. Скребокотросовые (кабельные) конвейеры	178
3.3.7.5. Винтовые конвейеры	178
3.3.7.6. Элеваторы	179
3.3.7.7. Пневмотранспорт измельченной древесины	181
3.3.7.8. Гидротранспорт древесины	181

3.3.8. Оборудование для формирования куч короткомерной и измельченной древесины	182
3.3.8.1. Стакеры для формирования куч короткомерной древесины	184
3.3.8.2. Оборудование для формирования куч измельченной древесины	184
3.3.9. Устройства для расформирования пучков, пачек, пакетов круглых лесоматериалов	188
3.3.9.1. Устройства для роспуска пучков длинномерной древесины	188
3.3.9.2. Питатели для короткомерной древесины	191
3.3.10. Питатели-разгрузчики для складов и приемных устройств измельченной древесины	193
3.3.10.1. Шнековые питатели-разгрузчики	193
3.3.10.2. Разгрузчики типа Help	194
3.3.10.3. Питатели-разгрузчики стокерного типа	198
3.3.10.4. Многоцепные скребковые питатели	199
3.3.11. Торцеватели пачек сортиментов	200
3.4. Влияние хранения древесного сырья на его свойства	204
3.4.1. Изменение состояния древесины в процессе хранения балансов	204
3.4.2. Изменение свойств древесины в процессе хранения щепы	205
3.4.2.1. Условия внутри куч щепы	205
3.4.2.2. Изменение характеристик древесины в процессе хранения щепы	206
3.4.2.3. Выход и характеристики сульфитной целлюлозы	208
3.4.2.4. Выход и характеристики сульфатной целлюлозы	209
3.4.3. Влияние хранения древесины на выход таллового масла и скипидара	210
3.5. Окорка древесины и подготовка коры к утилизации	212
3.5.1. Общие положения	212
3.5.2. Характеристики коры	212
3.5.3. Требования к качеству окорки	214
3.5.4. Подготовка древесного сырья к окорке	215
3.5.4.1. Поперечная распиловка круглых лесоматериалов	
3.5.4.2. Поперечная распиловка круглых лесоматериалов	215
3.5.4.2.1. Пильные механизмы	216
3.5.4.2.2. Устройства для поперечной распиловки хлыстов	216
3.5.4.2.3. Устройства для поперечной распиловки балансового долготья	219
3.5.4.3. Надрезание коры	228
3.5.4.4. Размораживание коры	228
3.5.4.5. Замочка бревен	229
3.5.5. Технология и оборудование для окорки круглых лесоматериалов	229
3.5.5.1. Способы окорки	229
3.5.5.2. Роторные окорочные станки	230
3.5.5.3. Окорочные барабаны	238
3.5.5.3.1. Основные типы окорочных барабанов	238
3.5.5.3.2. Технологические характеристики процесса сухой окорки в барабанах	243
3.5.6. Подготовка отходов окорки к утилизации	246
3.5.6.1. Характеристика отходов окорки	246
3.5.6.2. Первичное обезвоживание отходов окорки	247
3.5.6.3. Локальная очистка воды	248
3.5.6.4. Сортирование отходов окорки	249
3.5.6.5. Измельчение коры	249
3.5.6.6. Прессование коры	251
3.5.6.7. Очистка коры от посторонних примесей	255
3.6. Переработка древесного сырья в щепу	257
3.6.1. Требования к технологической щепе	257
3.6.2. Производство технологической щепы	257
3.7. Сортирование технологической щепы	260
3.8. Учет древесного сырья	267
4. Производство целлюлозы сульфитными способами	268

4.1. Принципиальная схема производства сульфитной целлюлозы	268
4.2. Приготовление сульфитных варочных растворов	269
4.2.1. Номенклатура варочных растворов	269
4.2.2. Характеристика состава варочных растворов	269
4.2.3. Константа диссоциации H_2SO_3	270
4.2.4. Плотность водных растворов SO_2 и бисульфита	270
4.2.5. Кислотность сульфитных растворов	271
4.2.6. Принципиальная схема приготовления варочных растворов	272
4.3. Материалы для приготовления сульфитных варочных растворов	273
4.3.1. Сера	273
4.3.2. Жидкий сернистый ангидрид SO_2	274
4.3.3. Известняк	276
4.3.4. Оксид магния	276
4.3.5. Брусит	277
4.3.6. Аммиачная вода	278
4.3.7. Сода кальцинированная техническая	278
4.3.8. Содо-поташная смесь	280
4.3.9. Натр едкий	280
4.4. Получение сернистого газа	281
4.4.1. Свойства SO_2	281
4.4.2. Плавление серы	281
4.4.3. Сжигание серы и состав газовой смеси	283
4.4.4. Печи для сжигания серы	288
4.5. Очистка и охлаждение печных газов	292
4.5.1. Характеристика печных газов	292
4.5.2. Скрубберы	292
4.5.3. Барботажный газопромыватель	303
4.5.4. Транспортирование газа	304
4.6. Приготовление растворов SO_2 и бисульфитов	305
4.6.1. Растворимость SO_2 в воде	305
4.6.2. Растворимость SO_2 в бисульфитных растворах	309
4.6.2.1. Равновесные концентрации SO_2 в бисульфитных растворах	309
4.7. Приготовление водных растворов сернистой кислоты и ее солей	313
4.7.1. Химические реакции при растворении в воде и в растворах щелочей	313
4.7.2. Подготовка абсорбентов SO_2	314
4.7.3. Оборудование для приготовления растворов сернистой кислоты и ее солей	315
4.7.4. Отстаивание и фильтрация кислоты	320
4.7.5. Техничко-экономические показатели	322
4.8. Регенерация SO_2 и тепла из продуктов сдувок	323
4.8.1. Общие сведения	323
4.8.2. Количество регенерируемого SO_2	323
4.8.3. Состав сдувочных газов	324
4.8.4. Количество и состав регенерируемой жидкости	326
4.8.5. Показатели материальных и тепловых балансов варки и регенерации	327
4.8.6. Схемы установок для регенерации SO_2 и тепла	329
4.8.7. Получение жидкого SO_2 из сдувочных газов	330
4.8.8. Оборудование для регенерации SO_2 и тепла	331
4.9. Сульфитная варка целлюлозы	336
4.9.1. Классификация способов сульфитной варки	336
4.9.2. Краткие сведения по теории сульфитной варки	336
4.9.2.1. Делигнификация древесины сульфитными растворами	336
4.9.2.2. Особенности бисульфитной варки (рН 3,0 – 5,0)	337
4.9.2.3. Реакции сульфонирования и конденсации лигнина	338
4.9.2.4. Реакции углеводов	339

4.9.2.5. Побочные реакции	339
4.9.2.6. Влияние различных факторов на процесс бисульфитной делигнификации	340
4.9.2.7. Свойства бисульфитной целлюлозы	340
4.9.3. Характеристика небеленой сульфитной целлюлозы	341
4.9.4. Характеристика отработанного сульфитного щелока	342
4.9.5. Влияние различных факторов на ход и результаты сульфитной варки	343
4.9.6. Предварительная пропитка щепы варочным раствором	352
4.10. Бисульфитная варка целлюлозы	355
4.11. Ступенчатые сульфитные варки	361
4.11.1. Ступенчатые способы варки с повышающейся кислотностью	361
4.11.1.1. Способы Стура	361
4.11.1.2. Способы ВНПОбумпрома	362
4.11.1.3. Способ «Виерхейзер FB-Mg»	362
4.11.1.4. Способ «Крамфорс»	363
4.11.2. Комбинированные сульфитно-щелочные способы варки	364
4.12. Нейтрально-сульфитные (НСАХ) и щелочно-сульфитные (ЩСАХ) варки целлюлозы с добавкой антрахинона	369
4.13. Отбор щелока и промывка массы	375
4.14. Техничко-экономические показатели	378
4.15. Оборудование варочного цеха	382
4.15.1. Варочные котлы	382
4.15.2. Установка для принудительной циркуляции щелока в варочных котлах	383
4.15.3. Сцежи	384
4.15.4. Вымывные бассейны	385
4.15.5. Оборудование для очистки щелока от волокна	385
4.15.6. Регенерационные цистерны	386
4.15.7. Оборудование для отгонки SO ₂ из сульфитных щелоков	387
4.16. Регенерация химикатов и тепла из отработанных сульфитных и бисульфитных щелоков	388
4.16.1. Назначение процесса регенерации	388
4.16.2. Краткая характеристика процессов регенерации щелоков на различных варочных основаниях	388
4.16.3. Регенерация химикатов и тепла из отработанных щелоков на магниевом основании	389
4.16.4. Регенерация химикатов и тепла из отработанных щелоков на натриевом основании	393
4.16.5. Регенерация химикатов и тепла из отработанных щелоков на аммониевом основании ..	399
4.17. Утилизация лигносульфонатов	402
4.17.1. Жидкие и твердые лигносульфонаты	403
4.17.2. Лигносульфонаты технические порошкообразные	404
4.17.3. Гранулированные лигносульфонаты	408
4.18. Варка сульфитной целлюлозы для химической переработки	411
4.18.1. Общие сведения	411
4.18.2. Технология варки	412
Литература	419