МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**СЫКТЫВКАРСКИЙ ЛЕСНОЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С. М. КИРОВА»**

**Кафедра целлюлозно-бумажного производства,
лесохимии и промышленной экологии**

Т. П. Щербакова, Н. Ф. Пестова

ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие

*Утверждено учебно-методическим советом Сыктывкарского лесного института
в качестве учебного пособия для студентов направления бакалавриата
240100 «Химическая технология» и специальности
240406 «Технология химической переработки древесины»
всех форм обучения*

Самостоятельное учебное электронное издание

**Сыктывкар
СЛИ
2013**

УДК 676.05
ББК 35.77
Щ61

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Сыктывкарского лесного института

О т в е т с т в е н н ы й р е д а к т о р :
Т. П. Щербакова, кандидат химических наук

Р е ц е н з е н т ы :
кафедра химии
(Институт естественных наук Сыктывкарского государственного университета);
В. Е. Федюк, начальник участка эксплуатации КИПиА производства целлюлозы
(ОАО «Монди СЛПК»)
Л.С. Кочева, доктор химических наук (Сыктывкарский государственный университет)

Щербакова, Т. П.
Щ61 Оборудование целлюлозно-бумажного производства [Электронный ресурс] : учебное пособие : самост. учеб. электрон. изд. / Т. П. Щербакова, Н. Ф. Пестова ; Сыкт. лесн. ин-т. – Электрон. дан. – Сыктывкар : СЛИ, 2013. – Режим доступа: http://lib.sfi.komi.com. – Загл. с экрана..

В учебном пособии освещены вопросы программы подготовки инженеров-технологов по дисциплине «Оборудование целлюлозно-бумажного производства», а именно: классификация, принцип действия, расчет и подбор необходимого оборудования для процесса производства целлюлозы и бумажной продукции.

Предназначено для студентов направления бакалавриата 240100 «Химическая технология» и специальности 240406 «Технология химической переработки древесины» всех форм обучения.

УДК 676.05
ББК 35.77

Темплан 2013 г. Изд. № 187.

* * *

Самостоятельное учебное электронное издание

ЩЕРБАКОВА Татьяна Петровна, кандидат химических наук, доцент;
ПЕСТОВА Наталия Феликсовна, старший преподаватель

ОБОРУДОВАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Электронный формат – pdf. Объем 8,4 уч.-изд. л.
Сыктывкарский лесной институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова» (СЛИ),
167982, г. Сыктывкар, ул. Ленина, 39, institut@sfi.komi.com, www.sli.komi.com

Редакционно-издательский отдел СЛИ. Заказ № 42

© Щербакова Т. П., Пестова Н. Ф., 2013
© СЛИ, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

ГЛАВА 1. ДРЕВЕСНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО 6
1.1. Назначение древесно-подготовительного производства 6
1.2. Классификация балансов по технологической пригодности 7
Вопросы для самопроверки 8

ГЛАВА 2. ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСНОГО СКЛАДА 9
2.1. Лесотранспортеры 9
2.1.1. Продольные цепные транспортеры 9
2.1.2. Расчет продольного цепного транспортера 12
2.1.3. Поперечные цепные транспортеры 16
2.1.4. Роликовые транспортеры 18
2.1.5. Расчет роликового транспортера 21
2.1.6. Винтовые транспортеры 22
2.1.7. Расчет винтового транспортера 23
2.1.8. Рельсовый выгружатель (бремсберг) 24
Вопросы для самопроверки 25
2.2 Механизмы для выгрузки, транспортирования и укладки балансов 25
2.2.1. Мостовые электрические краны 26
2.2.2. Кран-балка 29
2.2.3. Башенные краны 32
2.2.4. Козловые краны 33
2.2.5. Кабельные краны 37
2.2.6. Грузоподъемные механизмы 39
2.2.7. Стреловые колесные погрузчики 41
2.2.8. Механизмы для укладки лесоматериалов в штабель 41
2.2.9. Портальные автолесовозы 42
2.2.10. Штабелеры 42
2.2.11. Кучеукладчики (стаккеры) 43
2.2.12. Транспортирующие устройства для передвижения древесины по бирже 46
2.2.13. Технологический расчет специального крана 47
Вопросы для самопроверки 49

ГЛАВА 3. ОБОРУДОВАНИЕ ДРЕВЕСНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ЦЕХА 50
3.1. Оборудование для приема и распиловки длинного баланса 50
3.1.1. Раскатный стол 50
3.1.2. Балансирные пилы, многопильные установки (слешеры) 51
Вопросы для самопроверки 53
3.2. Оборудование для окорки древесины 53
3.2.1. Физико-механические характеристики процесса 54
3.2.2. Классификация корообдирочного оборудования 55
3.2.3. Односекционный корообдирочный барабан КБ и КБП 59
3.2.4. Двухсекционные корообдирочные барабаны КБ-420А, КБП-420А, КБ-425А, КБП-425А, КБ-530 и КБП-530 60
3.2.5. Расчет производительности и мощности привода корообдирочного барабана 62
3.2.6. Утилизация коры 65
Вопросы для самопроверки 69
3.3. Измельчение древесины в щепу 70
3.3.1. Классификация рубительных машин 73
3.3.2. Малоножевые рубительные машины 76
3.3.3. Многоножевые рубительные машины 79

3.3.4. Рубительные машины дисковые ножевые МР-10, МР-10Г, МР-20, МР-20Г, МР-40, МР-40Г 82
3.3.5. Машина рубительная дисковая ножевая МР-10Т 84
3.3.6. Рубительные машины дисковые ножевые МР5-150, МР7-300А, МР7-300Б 85
3.3.7. Рубительная машина барабанная ножевая МРБ4-30ГН 87
3.3.8. Рубительная машина барабанная резцовая МРБР-800 88
3.3.9. Рубительные машины дисковые резцовые МРР-300, МРР-500А, МРР-500А-1, МРР-650, МРР-850, МРР12-70ГН 89
3.3.10. Дезинтеграторы ДЗН-1, ДЗН-2, ДЗН-04Б 90
3.3.11. Рубительная машина МРГС-5 92
3.3.12. Расчет производительности и расхода энергии рубительных машин 93
Вопросы для самопроверки 98
3.4. Сортирование щепы 98
3.4.1. Классификация сортирования 99
3.4.2. Барабанные сортировки щепы 99
3.4.3. Плоские сортировки щепы 101
3.4.4. Факторы, влияющие на параметры процесса и определяющие скорость сортирования 106
3.4.5. Расчет технологических характеристик сортировок 107
Вопросы для самопроверки 109
3.4.6. Транспортировка щепы в древесно-подготовительном отделе 109
3.4.7. Расчет ленточного транспортера 111
3.4.8. Расчет скребкового транспортера 114
Вопросы для самопроверки 117

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 118

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Оборудование предприятий целлюлозно-бумажного производства» знакомит с базовыми знаниями в области изготовления технической целлюлозы на заводах и компаниях лесного комплекса. В представленном пособии дана классификация основного оборудования, применяемого в процессе получения целлюлозы из балансов; рассмотрены особенности строения и конструкции машин и механизмов, используемых в процессах переработки сырья; приведены основные алгоритмы технологических расчетов для установления характеристик и параметров упомянутого выше оборудования.

Основная цель учебного пособия – обобщить и систематизировать информацию по техническому обеспечению производства целлюлозы, бумажной продукции и сопутствующих материалов и продуктов, имеющих народохозяйственное значение.

При подготовке учебного пособия использованы результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, публикации известных специалистов в области создания техники, технологии.

Пособие предназначено для студентов направления бакалавриата 240100 «Химическая технология» и специальности 240406 «Технология химической переработки древесины» всех форм обучения, а также может быть полезно аспирантам, преподавателям и специалистам в области разработки технологии процессов лесного комплекса.

ГЛАВА 1. ДРЕВЕСНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Целлюлозно-бумажная промышленность является одной из стратегических и социально значимых отраслей. Ведущие инженерно-проектные компании России и зарубежных стран предлагают комплексные линии по переработке древесного сырья, которые позволяют качественно осуществить все технологические операции, необходимые в процессе получения бумажно-картонной продукции.

1.1. Назначение древесно-подготовительного производства

Древесно-подготовительное производство (ДПП) предназначено для приема лесоматериала (баланса) и подготовки его для химического (варки целлюлозы), механического или химико-механического (размола щепы или баланса) процесса получения волокнистых полуфабрикатов. На рис. 1.1 представлена функциональная схема целлюлозно-бумажного производства.

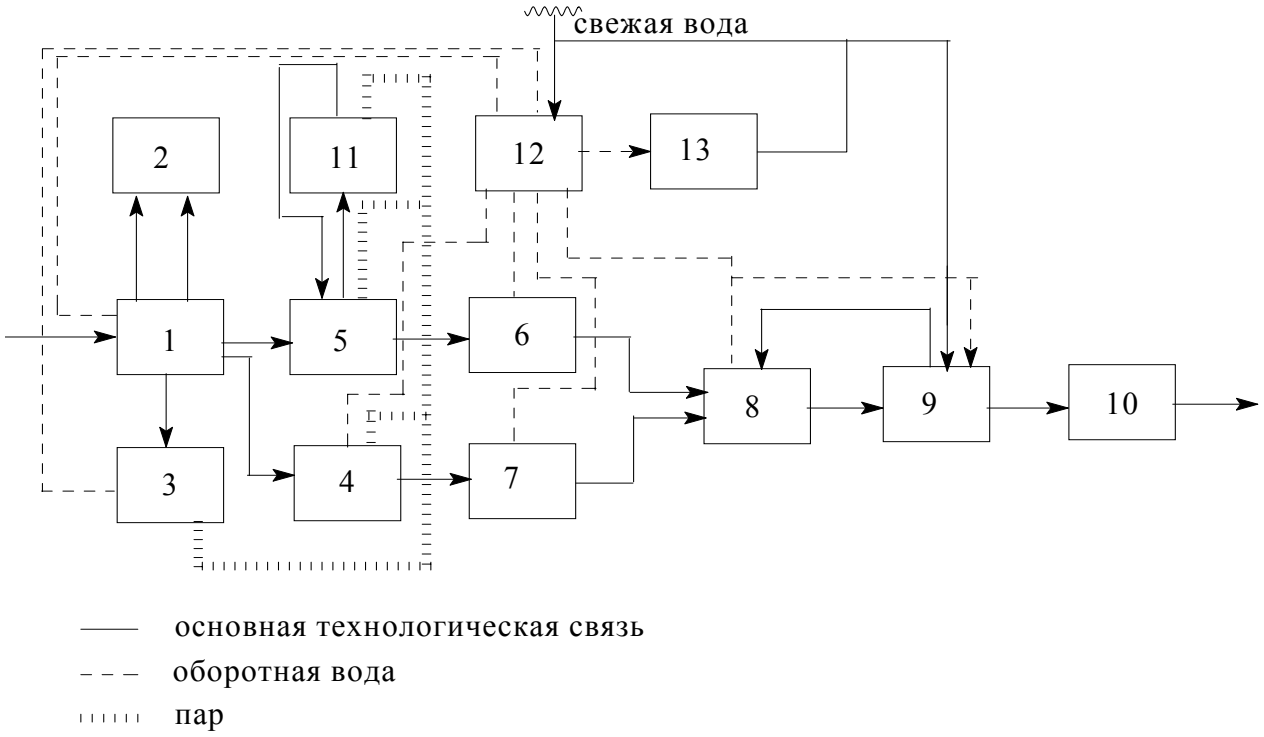

Рис. 1.1. Функциональная схема целлюлозно-бумажного производства:
1 – ДПП (древесно-подготовительное производство); 2 – отходы ДПП;
3 – ДМП (древесно-массное производство); 4 – ПММ (производство механической массы);
5 – ЦП (целлюлозное производство); 6, 7 – отбельное производство
волокнистых полуфабрикатов; 8 – РПО (размольно-подготовительный отдел);
9 – БФ (бумажная фабрика); 10 – дополнительная отделка бумажного (картонного)
полотна, упаковка, складирование; 11 – регенерация отработанных растворов;
12 – сборник и распределитель оборотных вод;
13 – биологическая очистка сточных вод предприятия.

Подготовка древесного сырья осуществляется на базе типового оборудования, объединенного в определенные технологические линии. На рис. 1.2 представлена принципиальная структурная схема ДПП.

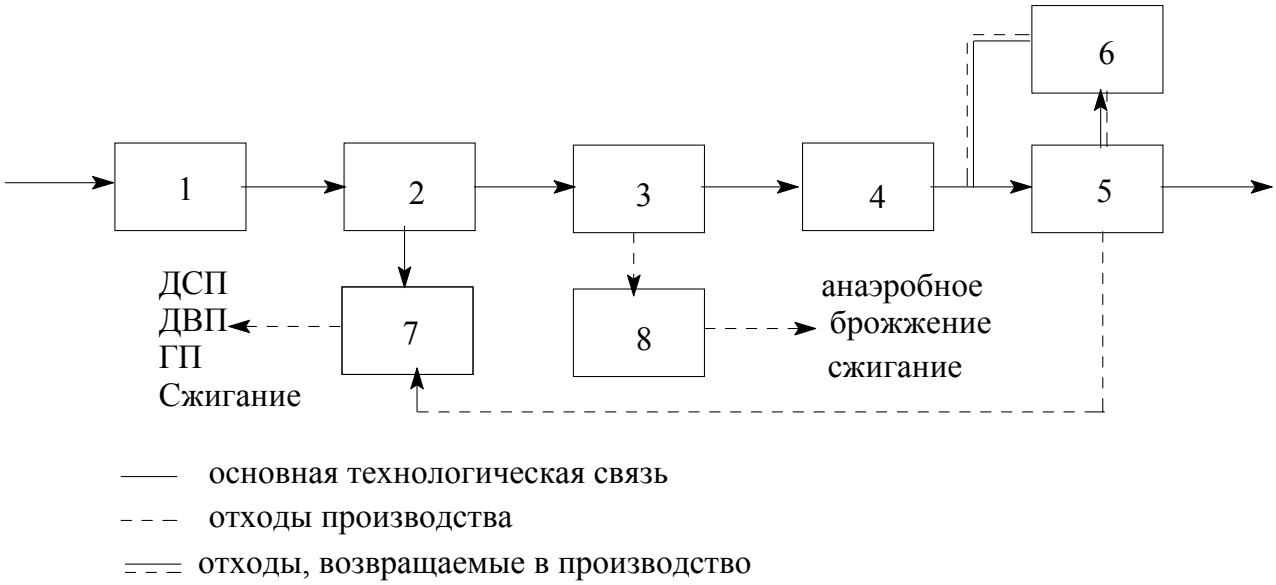

Рис. 1.2. Структурная схема ДПП:
1 – лесной склад; 2 – участок распиловки на заданные размеры;
3 – участок освобождения балансов от коры; 4 – участок рубки балансов в щепу;
5 – сортирование щепы; 6 – измельчение крупной щепы;
7 – сбор отходов (опилок); 8 – сбор отходов (коры) [1]

Основные подготовительные операции включают в себя прием балансов, складирование, транспортирование, отделение коры (окорка древесины) и измельчение древесины (распиловка до требуемой длины баланса и получение щепы необходимых размеров).

1.2. Классификация балансов по технологической пригодности

Под *балансами* понимают хвойную и лиственную древесину из стволов толщиной в верхнем отрубе 60…240 мм, что отвечает приблизительному возрасту дерева 50…200 лет. Согласно действующим стандартам, существует классификация балансов для выработки целлюлозы и древесной массы (табл. 1.1) [2, 3, 4].

Существует четыре метода хранения древесного сырья: в штабелях; в кучах; водный; открытый. В штабелях, согласно СНиП 21–03–2003 [5], могут храниться неокоренные и окоренные балансы в виде долготья (длина бревен 4,5÷6 м) и коротья (1,25÷1,5 м).

Для выгрузки древесины из воды или железнодорожных вагонов, укладки пучков древесины в штабеля и их разборки широко применяются различные грузоподъемные механизмы. Древесину, прибывающую сплавом в плотах в виде крупных пучков объемом 25÷30 м^3, направляют на лесной рейд, где производятся ее приемка, роспуск плотов и подача пучков к подъемным механизмам. Пучки балансов поднимают из воды и складывают в штабеля. Таким же путем выгружают древесину из барж и платформ, которые подаются под краны по железнодорожным путям.

Таблица 1.1. Классификация балансов [2, 3]

Назначение балансов	Породы древесины	Длина, м	Толщина, см	Сорт
Для вискозной целлюлозы	Ель, сосна	1,2; 1,5; 2,0 и кратные им	12…24	II и бессортные*
Для сульфитной целлюлозы	Ель, пихта	0,75; 1,0; 1,1; 1,2; 1,25; 2,0; 2,2; 2,5 и кратные им	6…18	II, III и бессортные
	Осина, тополь, ольха, бук, береза	0,75; 1,1; 1,2; 1,25 и кратные им	8…24	II, III и бессортные
Для сульфатной целлюлозы, полуцеллюлозы и химической древесной массы	Все хвойные породы	0,75; 1,0; 1,1; 1,2; 1,25; 2,0; 2,2; 2,5 и кратные им	6…18	II, III, IV и бессортные
	Осина, тополь, ольха, бук, береза	0,75; 1,1; 1,2; 1,25 и кратные им	8…24	III, IV и бессортные

* Бессортные – мелкие балансы (толщиной 5…13 см); по качественным признакам приравниваются ко II–III сорту.

Организации хранения балансов и технологических дров в кучах отдают предпочтение при строительстве современных целлюлозно-бумажных предприятий, так как этот метод обеспечивает лучшее использование складских помещений и высокую степень механизации. Балансы хранятся только в окоренном виде в свободно насыпаемых кучах высотой до 30 м и шириной в основании до 100 м [6].

При водном методе хранения древесины в зимнее время осуществляют в специально устроенных незамерзающих рейдах.

На открытых складах хранятся технологическая щепа (в кучах большой вместимости) и щепа собственного изготовления. Этот метод значительно меньших капитальных и эксплуатационных затрат, чем хранение балансов в штабелях и кучах, поэтому является более экономически выгодным [6].

Вопросы для самопроверки

1. Назначение ДПП.
2. Что понимают под термином «баланс»?
3. Каковы основные подготовительные операции балансов для производства целлюлозы?
4. Классификация балансов.
5. Каковы основные методы хранения древесного сырья?
6. Каковы достоинства и недостатки хранения балансов в кучах и штабелях?

ГЛАВА 2
ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСНОГО СКЛАДА

Хранение древесного сырья осуществляется на *лесном складе*, представляющем собой открытую сухую (незатопляемую), по возможности ровную площадку, расположенную на невысоком берегу реки с прямой береговой линией и примыкающей тихой акваторией. Лесной склад оснащается механизмами для выгрузки, транспортировки и укладки древесного сырья, подачи его в производство, а в некоторых случаях – распиловочным и окорочным оборудованием.

Механизмы для выгрузки балансов:

– поперечные и продольные лесотранспортеры (производительностью (Q) соответственно 100…200 и 30…60 м^3/ч) – для подъема и выгрузки из воды долготья и коротья отдельными бревнами;

– рельсовые выгружатели (бремсберги) – для подъема крупных пучков (25…30 м^3) из воды (производительностью Q = 250…300 м^3/ч).

Универсальными механизмами, широко используемыми на биржах балансов и дров при погрузке и разгрузке барж, вагонов, автотранспорта, подъеме пучков из воды, выкладке и разборке штабелей и куч, являются различные типы стреловых и мостовых кранов. Для выгрузки, перемещения и укладки в штабеля, преимущественно долготья, на крупных предприятиях служат мостовые и кабельные краны. Для беспорядочной укладки коротких балансов (длиной 1,25…1,5 м) в кучи при кучевом методе хранения древесины применяют кучеукладчики (стаккеры).

2.1. Лесотранспортеры

Сортировка круглых бревен выполняется по породам, сортаментам, качеству, диаметрам. Таким образом, дробность сортировки получается значительной. Для сортировки древесины могут применяться продольные и поперечные транспортеры. Наибольшее распространение получили продольные транспортеры, которые в целях снижения трудозатрат на процессе сортировки оборудуются бревносбрасывателями, управляемыми командными аппаратами.

2.1.1. Продольные цепные транспортеры

Продольные транспортеры для круглых лесоматериалов (бревнотаски) применяют для выгрузки круглых лесоматериалов из воды, их сортировки и перемещения по складу, подачи в цех (рис. 2.1). Эстакада бревнотаски может иметь горизонтальный и наклонный под углом к горизонту до 22° участки. В месте перехода от наклонного участка к горизонтальному используется шина. Скорость транспортеров составляет 0,6…1,2 м/с, длина достигает 100…150 м.

Продольные транспортеры выпускаются с цепным и тросовым тяговыми органами. Все продольные транспортеры, несмотря на некоторое различие в конструкции и размерах элементов, имеют следующую общую схему: приводная станция приводит в движение тяговый орган (цепь, канат), который связан с

устройствами – траверсами, несущими на себе лесоматериалы; концевая станция транспортера имеет винтовое, рычажное или грузовое натяжное приспособление. В некоторых случаях применяют промежуточные натяжные грузовые устройства. Натяжение может также осуществляться за счет провеса холостой ветви тягового органа или его части.

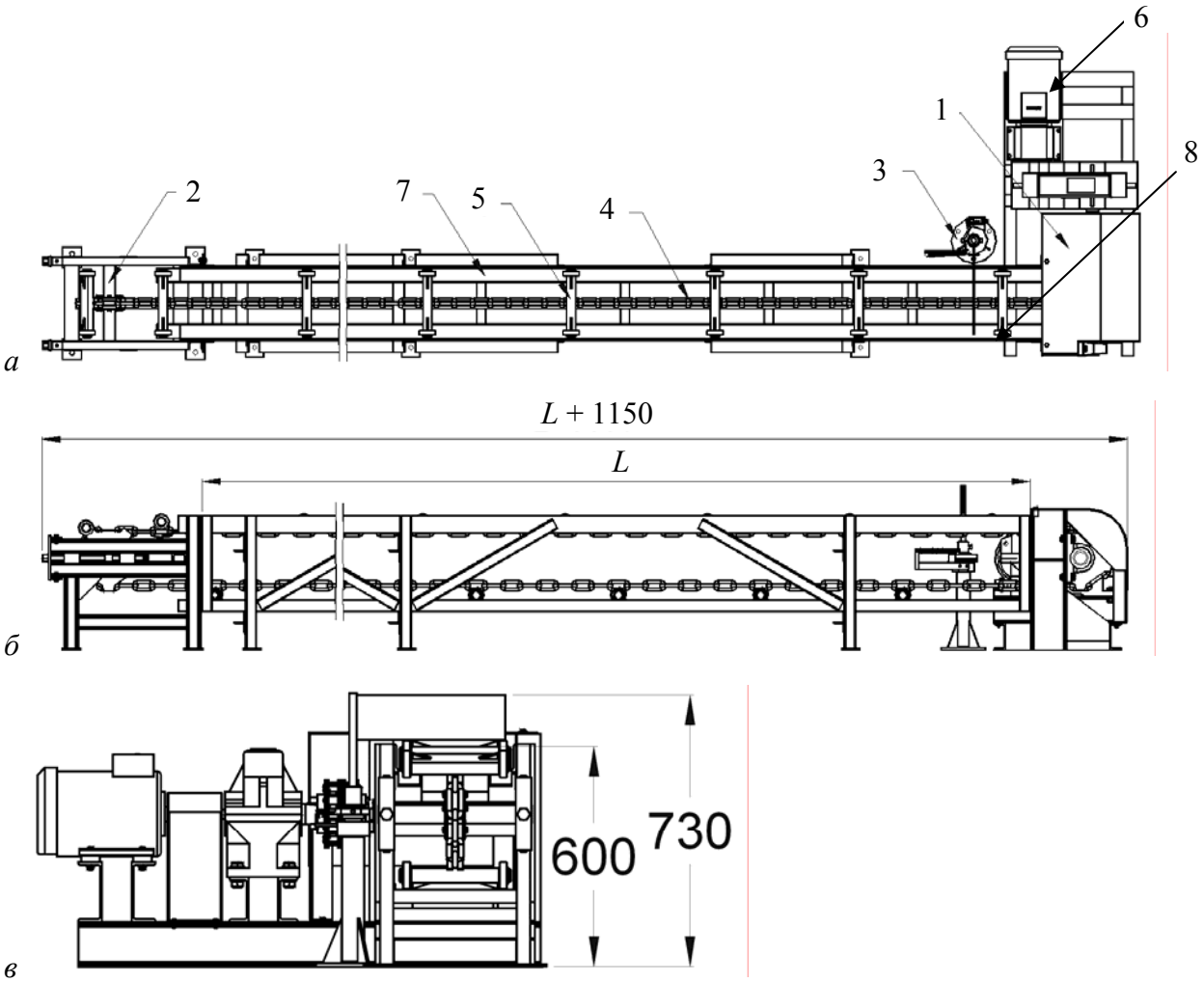

Рис. 2.1. Общий вид продольного транспортера [6]:
а – вид сверху, *б* – вид сбоку, *в* – виз сзади;
1 – станция приводная; 2 – станция натяжная; 3 – механизм автоматического останова;
4 – цепь тяговая (якорная); 5 – траверса качения; 6 – электрооборудование;
7 – секция лотка; 8 – останов аварийный; *L* – длина, мм

Принцип работы транспортера. Круглый лесоматериал, уложенный поштучно на траверсы качения тяговой цепи, продвигается до механизма автоматического останова, расположенного вблизи от приводной станции. Круглый лесоматериал, подойдя к приводной станции, упирается торцом в «упор – флажок» механизма автоматического останова, который с помощью конечного выключателя размыкает электрическую цепь управления электродвигателя, в результате чего транспортер останавливается. После того как бревно сброшено с транспортера, «упор – флажок» возвращается в исходное положение, цепь управления замыкается и транспортер продолжает движение. Данный цикл повторяется при нажатии каждого бревна на «упор – флажок».

Краткое описание основных узлов транспортера [7]. Станция приводная (1) состоит из электродвигателя, редуктора подшипниковых узлов, туера ведущего с валом, смонтированных на единой раме (рис. 2.1). Передача вращения на приводной вал осуществляется цепной муфтой. Станция натяжная (2) состоит из туера холостого с валом, который при помощи натяжных устройств осуществляет натяжение цепного контура. Цепь тяговая круглозвенная 14 × 80 (4) [8] с приваренными к ней траверсами (5) служит для транспортирования круглых лесоматериалов. Механизм автоматического останова (3) предназначен для отключения привода, когда бревно доходит до упора и представляет из себя «упор – флажок», закрепленный на вертикальной оси и взаимодействующий с конечным выключателем. Аварийный останов позволяет производить экстренную остановку транспортера с любого места по длине транспортера; основные конструктивные элементы – конечный выключатель, пружина и трос, протянутый по всей длине лотка (7) транспортера (на трос рекомендовано прикреплять таблички с надписью «СТОП»).

В качестве тягового элемента продольного транспортера используется круглозвенная сварная цепь (рис. 2.2, табл. 2.1, 2.2).

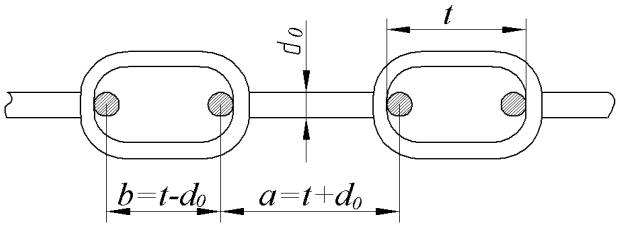

Рис. 2.2. Круглозвенная сварная цепь [7], мм: d_0 – диаметр цепной стали; t – длина звена в свету, a – шаг длинного звена; b – шаг короткого звена

Таблица 2.1. Цепи длиннозвездные тяговые повышенной прочности, класс 5 [8]

ТУ ВКФР. 303613.003-96	Вес 1 м цепи, кг
Цепь 14 × 80	3,40
Цепь 19 × 102	6,40
Цепь 19 × 116	6,10

Таблица 2.2. Параметры круглозвенной цепи [7]

Наименование показателя	Диаметр цепной стали d_0, мм		
	19	22	25
Длина звена в свету, t, мм	102	116	150
Масса 1 м цепи, кг	6,32	8,43	11,0
Масса траверсы, кг: - скользящей	5,4	7	9
- роликовой	18	20	22
Наибольшая рабочая нагрузка цепи, Н	22 000	30 000	40 000

На цепи транспортера с шагом 1,6 м закреплены траверсы с шипами. Траверсы бывают скользящие или на роликовых опорах. Траверсы с роликовыми опорами конструктивно более сложны, чем скользящие, но они медленнее изнашиваются, более надежны в работе и применяются на длинных цепных транспортерах. Коэффициент трения траверс при скольжении по металлическим направляющим (сталь по стали) равен 0,15…0,20, при скольжении по дереву – 0,3…0,35, коэффициент трения для роликовых траверс равен 0,08…0,1. Если груз перемещается скольжением, то для определения силы трения используют коэффициент трения

скольжения. Если траверсы, поддерживающие груз, снабжены катками, то силу трения находят с помощью приведенного коэффициента трения:

$$f_{\text{пр}} = \frac{2K + fd}{D},$$

где K – коэффициент трения качения, имеющий размерность длины, мм (табл. 2.3); f – коэффициент трения скольжения цапфы в подшипнике: в подшипниках скольжения $f = 0{,}15\ldots0{,}20$, в подшипниках качения $f = 0{,}05$; d – диаметр цапфы, мм; D – диаметр ролика, мм.

Таблица 2.3. Значения коэффициентов трения качения гладких роликов по древесине K, мм [7]

Порода древесины	Влажность, %	
	12	65
Сосна	$K = 0{,}36 + 0{,}00165D$	$K = 0{,}45 + 0{,}0022D$
Береза	$K = 0{,}5 + 0{,}00135D$	$K = 0{,}54 + 0{,}0018D$
Дуб	$K = 0{,}168 + 0{,}00096D$	$K = 0{,}25 + 0{,}0014D$

Примечание. Для рифленых вальцов $K_{\text{риф}} = 1{,}15K$; для обрезиненных – $K_{\text{р}} = 1{,}3K$.

Ведущие звездочки транспортеров выполняются литыми с плоскими ячейками для размещения горизонтальных звеньев и круговой канавкой для размещения вертикальных звеньев. Холостые звездочки-блоки не имеют ячеек (рис. 2.3).

Диаметр начальной окружности холостой звездочки определяется из соотношения $D' \geq 20d_0$ (d_0 – диаметр цепной стали, мм).

Диаметр начальной окружности ведущей звездочки:

$$D_0 = \frac{1}{\sin\frac{2\pi}{Z}}\sqrt{a^2 + b^2 + 2ab\cos\frac{2\pi}{Z_0}},$$

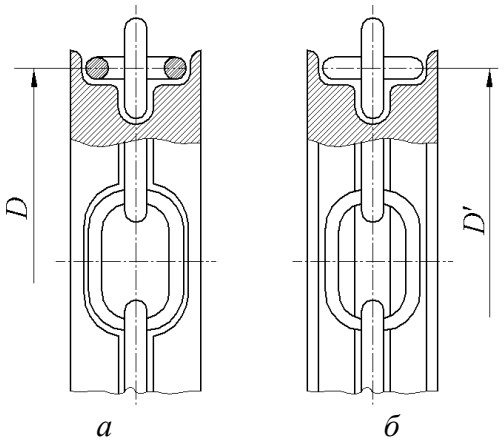

Рис. 2.3. Фрагменты звездочек [7]: *а* – ведущей; *б* – ведомой

где a – шаг длинного звена цепи, мм; b – шаг короткого звена цепи, мм; Z_0 – число граней звездочки.

2.1.2. Расчет продольного цепного транспортера

Задача. Проектируется бревнотаска для выгрузки сосновых бревен из воды (рис. 2.4). Средняя длина бревен $l_{\text{б}} = 6$ м; средний объем бревна $v_{\text{ср}} = 0{,}25$ м^3, часовая производительность $Q = 60$ м^3/ч. Определить основные параметры и мощность привода транспортера.

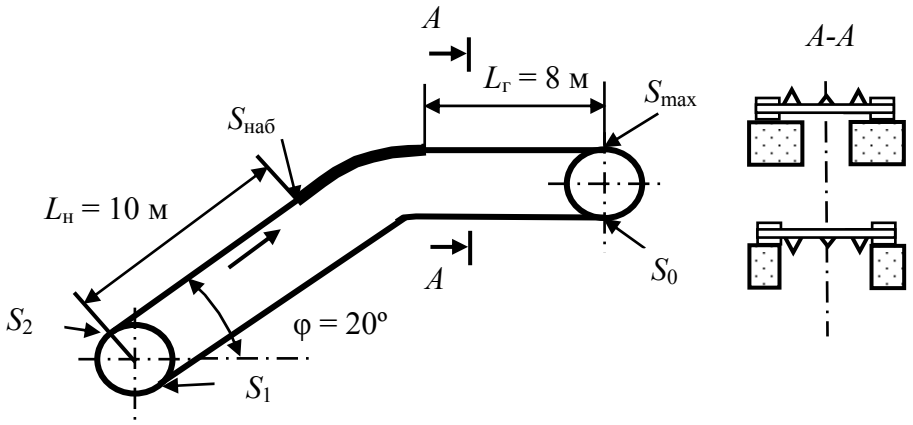

Рис. 2.4. Расчетная схема транспортера [7]:
$L_н$ – длина наклоннойветви транспортера, м; $L_г$ – длина горизонтальной ветви транспортера, м; S_0, S_1, S_2, $S_{наб}$, S_{max} – натяжение цепи соответственно минимальное, в точке набегания на ведомую звездочку, в точке сбегания с ведомой звездочки, в точке набегания на шину, максимальное тяговое усилие, Н; φ – угол охвата шины, рад

Решение.

1. Уточним размеры эстакады (надземного или надводного сооружения мостового типа для прокладки транспортера).

Рабочая ветвь: $L_н$ = 10 м, $L_г$ = 8 м, φ = 20º.

Шина: задавшись величиной подъема конца бревна над цепью Δ = 0,4 м, радиус шины:

$$R = \frac{\frac{l_б}{2}\sin\frac{\varphi}{2} - \Delta}{1 - \cos\frac{\varphi}{2}} = \frac{\frac{6}{2}\sin\frac{20^\circ}{2} - 0{,}4}{1 - \cos\frac{20^\circ}{2}} = 7{,}9 \text{ м}.$$

Длина шины: $L_ш = R\varphi$ = 7,9 · 20º · 3,14/180º = 2,8 м.

Порожняя ветвь: $L_{нп}$ = 11,8 м; $L_{гп}$ = 9 м.

2. Находим скорость движения цепи транспортера по заданной производительности. Часовая производительность:

$$Q = \frac{3600V}{l_б} v_{ср} K_р K_{то},$$

где V – скорость цепи транспортера, м/с; $l_б$ – длина бревна, м; $v_{ср}$ – средний объем бревна, м^3; $K_р$ = 0,8…0,9 – коэффициент использования рабочего времени; $K_{то}$ = 0,75…0,85 – коэффициент заполнения цепи.

Отсюда:

$$V = \frac{Ql_б}{3600vK_р K_{то}} = \frac{60 \cdot 6}{3600 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}82 \cdot 0{,}8} = 0{,}61 \text{ м/с}.$$

3. Используя табличные данные (см. табл. 2.3) и приняв диаметр цепной стали d_0 = 22 мм, найдем массу 1 м цепи транспортера с учетом массы траверсы:

$$m_1 = m_ц + \frac{m_т}{l_0} = 8{,}43 + \frac{7}{1{,}6} = 12{,}8 \text{ кг/м},$$

где $m_ц$ – масса 1 м цепи, кг/м; $m_т$ – масса траверсы, кг; l_0 – расстояние между траверсами, l_0 = 1,6 м.

4. Определим массу бревен, приходящуюся на 1 м длины транспортера при плотности древесины сосны γ = 800 кг/м^3:

$$m = \frac{Q\gamma}{3\,600V} = \frac{60 \cdot 800}{3\,600 \cdot 0{,}61} = 21{,}9 \text{ кг/м}.$$

5. Находим сопротивления при прохождении цепи по опорам скольжения:

– для порожней ветви на участках горизонтальном и наклонном:

$$W_{1г} = m_1 gL(\cos\varphi f_0 - \sin\beta) = 12{,}8 \cdot 9{,}81 \cdot 9\ (\cos 0° \cdot 0{,}2 - \sin 0°) = 226{,}1 \text{ Н};$$

$$W_{1н} = m_1 gL(\cos\varphi f_0 - \sin\beta) = 12{,}8 \cdot 9{,}81 \cdot 11{,}8\ (\cos 20° \cdot 0{,}2 - \sin 20°) = -228{,}4 \text{ Н};$$

– для груженой ветви на участках горизонтальном и наклонном:

$$W_{2г} = (m + m_1)\, gL(\cos\varphi f_0 + \sin\varphi) =$$
$$= (21{,}9 + 12{,}8) \cdot 9{,}81 \cdot 8\ (\cos 0° \cdot 0{,}2 + \sin 0°) = 544{,}2 \text{ Н};$$

$$W_{2н} = (m + m_1)\, gL(\cos\varphi f_0 + \sin\varphi) =$$
$$= (21{,}9 + 12{,}8) \cdot 9{,}81 \cdot 10\ (\cos 20° \cdot 0{,}2 + \sin 20°) = 1802{,}5 \text{ Н}.$$

6. Находим усилия натяжения цепи в характерных точках ветви.

6.1. Минимальное натяжение цепи S_0 для продольных транспортеров принимается равным 2 000 Н.

6.2. Натяжение порожней ветви цепи в точке набегания на нижнюю шину:

$$S_{нпш} = S_0 + W_{1г} = 2000 + 226{,}1 = 2226{,}1 \text{ Н},$$

где $S_{нпш}$ – натяжение порожней ветви цепи в точке набегания на нижнюю шину.

Натяжение порожней ветви за нижней шиной:

$$S_ш = S_{нпш} C_ш = S_{нпш} C_ш e^{f_0} = 2226{,}1 \cdot 2{,}72^{0{,}2 \cdot 20 \cdot 3{,}14/180} = 2387{,}2 \text{ Н},$$

где $C_ш$ – натяжение порожней ветви за нижней шиной; e = 2,72 – основание натуральных логарифмов; f_0 – коэффициент трения скольжения тягового элемента по шине; φ – угол охвата шины, рад.

6.4. Натяжение в точке набегания на ведомую звездочку:

$$S_1 = S_ш + W_{1н} = 2387{,}2 + (-228{,}4) = 2158{,}8 \text{ Н},$$

где S_1 – натяжение в точке набегания на ведомую звездочку, Н; $C_ш$ – натяжение порожней ветви за нижней шиной; $W_{1н}$ – сопротивление при прохождении цепи по опорам скольжения для порожней ветви на наклонном участке, Н.

6.5. Натяжение в точке сбегания с ведомой звездочки:

$$S_2 = 1{,}04 S_1 = 1{,}04 \cdot 2158{,}8 = 2245{,}1 \text{ Н}.$$

6.6. Натяжение в точке набегания на шину:

$$S_{наб} = S_2 + W_{2н} = 2245{,}1 + 1802{,}5 = 4047{,}7 \text{ Н}.$$

6.7. Натяжение грузовой ветви за верхней шиной:

$$S_{шв} = S_{наб}C_{ш} = S_{наб}e^{f_0} = 4047{,}7 \cdot 2{,}72^{0{,}2 \cdot 20 \cdot 3{,}14/180} = 4340{,}6 \text{ Н}.$$

6.8. Максимальное тяговое усилие:

$$S_{max} = S_{шв} + W_2 = 4340{,}6 + 544{,}2 = 4884{,}8 \text{ Н}.$$

7. Определяем сопротивление на ведущей звездочке $W_{вз}$:

$$W_{вз} = (S_{max} + S_0)C_0 = (4884{,}8 + 2000) \cdot 0{,}03 = 206{,}5 \text{ Н}.$$

где $C_0 = 0{,}03\ldots0{,}05$ – коэффициент потерь.

Находим мощность привода транспортера:

$$P = \frac{V}{1\,000\eta_{пр}}\left(S_{max} - S_0 + W_{вз}\right) = \frac{0{,}61}{1\,000 \cdot 0{,}92}(4\,884{,}8 - 2\,000 + 206{,}5) = 2{,}0 \text{ кВт},$$

где P – мощность привода транспортера, кВт; V – скорость движения цепи транспортера, м/с; $\eta_{пр}$ – коэффициент полезного действия привода;

9. Проверка цепи на прочность.

9.1. Находим массу цепи M:

– для транспортера, длина которого более 60 м, принимают:

$$M = (m + m_1)L;$$

– при длине транспортера до 60 м:

$$M = (m + 1{,}5m_1)L = (3{,}19 + 1{,}5 \cdot 11{,}3) \cdot 25 = 504{,}8 \text{ кг};$$

9.2. Шаг цепи, м:

$$t_ц = t_{ср} = \frac{a+b}{2\,000} = \frac{180+140}{2\,000} = 0{,}16 \text{ м}.$$

9.3. Динамическая нагрузка при работе цепи:

$$S_g = 1{,}5Mg\left(\frac{\pi V}{z}\right)^2 \frac{1}{t_ц} = 1{,}5 \cdot 504{,}8 \cdot 9{,}81\left(\frac{3{,}14 \cdot 0{,}7}{8}\right)^2 \frac{1}{0{,}16} = 3\,480{,}7 \text{ Н},$$

где g – ускорение свободного падения, м^2/с; z – число зубьев на ведущей звездочке, обычно $z = 6\ldots10$; V – скорость цепи транспортера, м/с.

9.4. Находим расчетную рабочую нагрузку и сравниваем ее с допустимой табличной (табл. 2.4):

$$S_{рас} = S_{max} + S_g = 4334{,}4 + 3480{,}7 = 7815{,}1 \text{ Н}.$$

Расчетное значение меньше табличного 14000 Н, цепь выбрана правильно.

Таблица 2.4. Параметры круглопластинчатой цепи [7]

Наименование показателя	Диаметр цепной стали, мм		
	12	**16**	**19**
Максимальная производительность транспортера, т/ч	< 5	6…8	8…12
Масса 1 пог. м цепи, кг/м	3,8	5,8	7,9
Длина плоского звена, *a*, мм	120	150	180
Длина звена из круглой стали, *b*, мм	90	120	140
Ширина плоского звена, *C*, мм	65	80	90
Длина скребка, *B*, мм	250	350	500
Высота скребка, *h*, мм	80…90	100	120
Масса одного скребка, m_c, кг	0,6	1,2	2,2
Расчетная рабочая нагрузка, Н	5200	10000	14000

10. Определим диаметр делительной окружности ведущей звездочки. Для цепи с неравномерным шагом [6]:

$$D_0 = \frac{1}{\sin\frac{2\pi}{Z_0}}\sqrt{a^2 + b^2 + 2ab\cos\frac{2\pi}{Z_0}},$$

где a – шаг длинного звена, *мм* ($a = t + d_0 = 116 + 22 = 138$ мм ; d_0 – диаметр цепной стали, мм); b – шаг короткого звена, мм ($b = t - d_0 = 116 - 22 = 94$ мм); Z_0 – число граней звездочки, рассчитывается по формуле при ускорении цепи $a_р = 0{,}02…0{,}03$ м/с^2:

$$Z_0 = \frac{V}{\sqrt{ta_р}} = \frac{0{,}61}{\sqrt{116 \cdot 0{,}02}} = 12{,}66.$$

Принимаем $Z_0 = 12$ шт.

Отсюда

$$D_0 = \frac{1}{\sin\frac{2 \cdot 3{,}14}{12}}\sqrt{138^2 + 94^2 + 2 \cdot 138 \cdot 94 \cdot \cos\frac{2 \cdot 3{,}14}{12}} = 448{,}8 \text{ мм}.$$

2.1.3. Поперечные цепные транспортеры

Поперечные цепные транспортеры применяются на складах сырья для выгрузки круглых лесоматериалов из воды, передачи их к другому транспортному средству; в лесопильных цехах для сбора и подачи необрезных пиломатериалов к обрезным станкам, для сортировки пиломатериалов на сортировочных площадках, для надвигания круглых лесоматериалов и заготовок в станках и др. Поперечные лесотранспортеры могут быть стационарными и передвижными. В последнем случае их монтируют на платформе на железнодорожном ходу или пристраивают к подвижной башне кабельного крана, передвигающейся по рельсам вдоль берега (рис. 2.5) [4]. Угол наклона обычно составляет 20…40º. Число цепей зависит от диаметра и длины бревен.

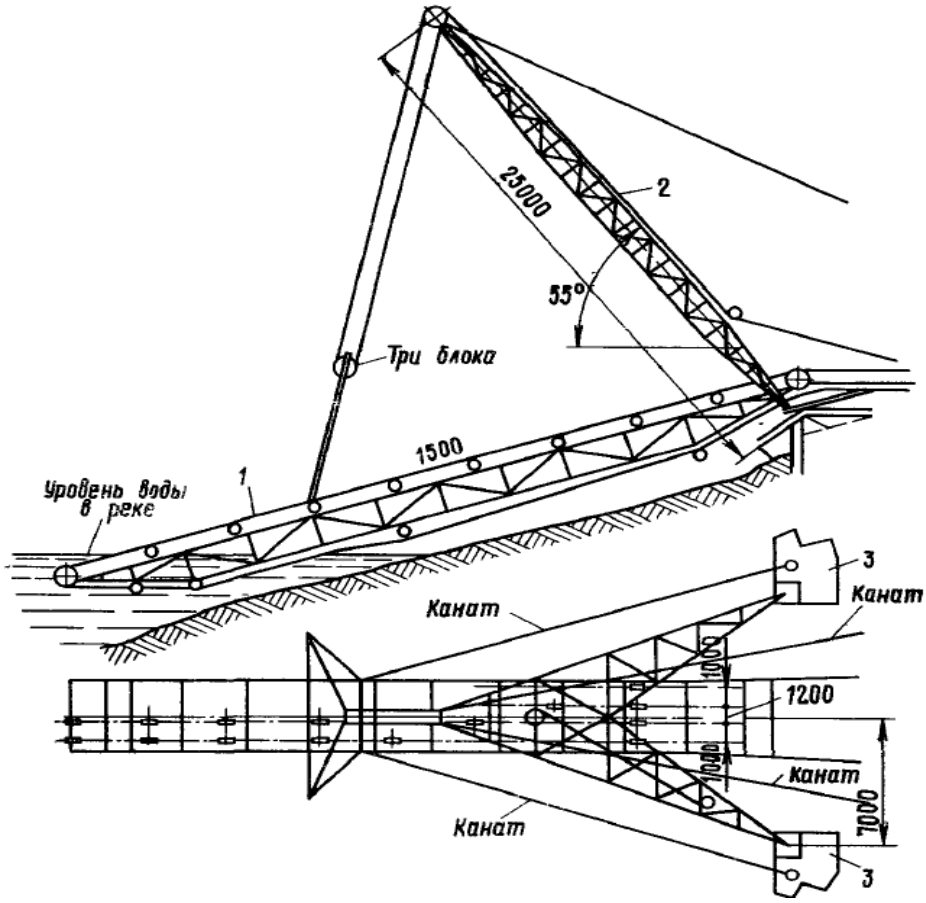

Рис. 2.5. Поперечный лесотранспортер подвесного типа [4]:
1 – ферма; 2 – укосина; 3 – фундаментные опоры

Тяговым органом транспортеров являются круглозвенные или пластинчатые цепи (табл. 2.5).

Таблица 2.5. Характеристика втулочно-пластинчатых цепей [7]

Шаг, *t*, мм/масса, кг/м	Разрывная нагрузка, Н	Ширина пластины, мм	Диаметр втулки, мм	Шаг, *t*, мм/масса, кг/м	Разрывная нагрузка, Н	Ширина пластины, мм	Диаметр втулки, мм
160/4 200/3,7 250/3,7 320/3,4	55 000	30	20	200/9,3 250/8,7 320/8,1 400/7,7	150 000	50	30
200/6,1 250/5,7 320/5,4 400/5,1	100 000	40	24	200/14,2 250/13,8 320/12,8 400/12,1	220 000	60	35

Иногда цепи снабжают упорами или крюками. Транспортеры могут быть горизонтальными, наклонными и вертикальными (элеваторами). Длина транспортеров достигает 2…50 м, а скорость перемещения груза – 0,2…0,5 м/с. Количество параллельных цепей выбирается так, чтобы перемещаемые заготовки опирались как минимум на две цепи. Если длины заготовок одинаковы или $L_{min} > 0{,}6L_{max}$, то количество цепей $z_ц = 2$, при $L_{min} < 0{,}6L_{max}$ – $z_ц > 2$.

Массу груза, отнесенную к 1 м длины тягового органа, кг/м, можно найти так:

$$m = \frac{v\gamma}{l_0},$$

где v – объем одного груза (бревна, доски); для коротких транспортеров берут максимальный объем, для длинных – средний; γ – плотность перемещаемых грузов, кг/м^3; l_0 – расстояние между упорами, м, $l_0 = n_ц t$ ($n_ц$ – число звеньев цепи между рабочими упорами; t – шаг цепи, м).

Массу 1 м цепей с учетом массы рабочих органов, кг/м, находят по формуле

$$m_1 = n\left(m_ц + \frac{m_р}{l_0}\right),$$

где n – количество цепей транспортера; $m_ц$ – масса 1 м цепи, кг; $m_р$ – масса одного рабочего упора, крюка, кг, $m_р$ = 2…7 кг; l_0 – расстояние между рабочими органами, м.

Для учета неравномерности загрузки цепей находят расчетное натяжение одной цепи, H:

$$S_р = \frac{S_{max} K_н}{n},$$

где S_{max} – максимальное натяжение всех цепей, Н; $K_н$ – коэффициент неравномерности, для двух цепей $K_н$ = 1,2; для трех $K_н$ = 1,1.

По величине $S_р$ проверяют цепь на прочность, принимая запас прочности K = 6…8.

Производительность поперечного лесотранспортера, м^3/ч, можно определить по формуле:

$$Q = 3600\frac{\omega v_{бр}}{a}\varphi,$$

где ω = 0,4…0,5 – скорость цепей, м/с; $v_{бр}$ – средний объем бревен, м^3; a = 1,2…1,4 – расстояние между захватами, м; φ = 0,5…0,6 – коэффициент использования.

Производительность лесотранспортера значительна и в зависимости от толщины и длины бревен достигает 100…200 м^3 плотн. древесины в час.

2.1.4. Роликовые транспортеры

Роликовые транспортеры (рольганги) применяются для перемещения бревен, пиломатериалов, пакетов плитных и листовых материалов, упакованных в тару изделий. Роликовый транспортер состоит из набора роликов, смонтированных на раме в подшипниковых опорах. Ролики могут быть соединены с приводом или без него. В приводе может быть использована цепная или коническая зубчатая передача.

Приводные транспортеры с гладкими цилиндрическими роликами (рис. 2.6*а*) применяются для продольного перемещения штучных грузов. Часовая производительность роликового транспортера, шт./ч:

$$Q = 3600\frac{V}{l}\varphi,$$

где V – скорость транспортирования, м/с; l – длина детали, м; φ – коэффициент заполнения транспортера.

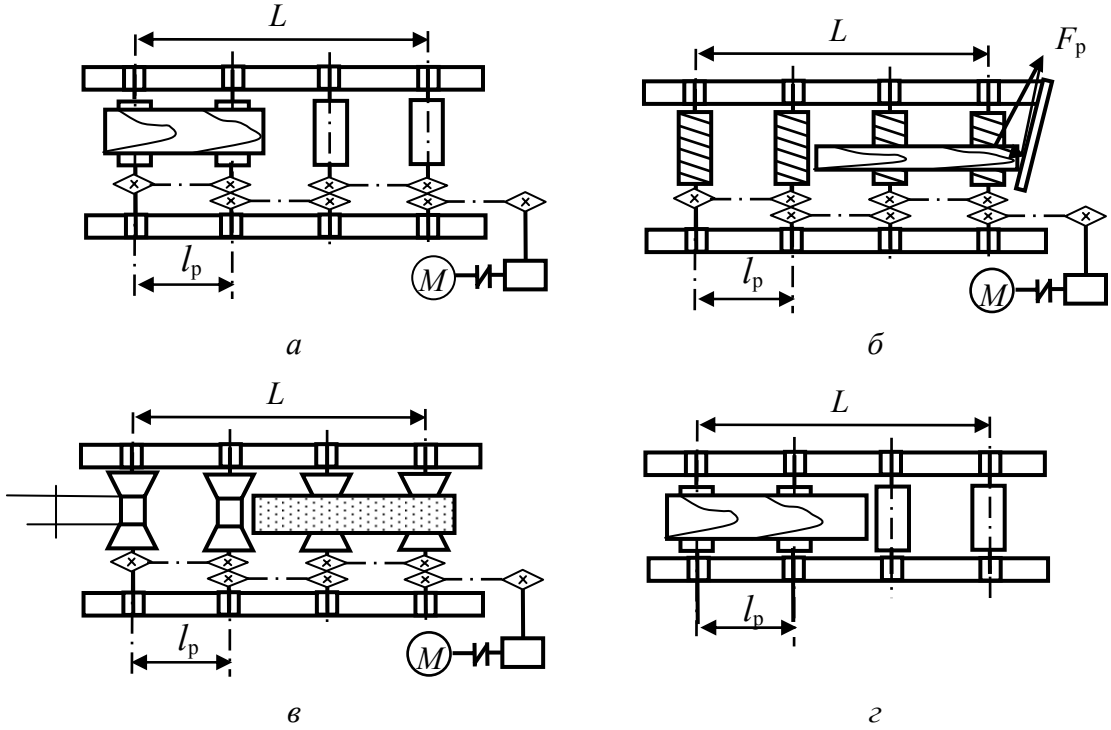

Рис. 2.6. Роликовые транспортеры [7]:
а – с гладкими цилиндрическими роликами; *б* – с винтовыми роликами; *в* – с коническими роликами; *г* – с неприводными роликами; $F_р$ – допустимая нагрузка на ролик, кН; L – длина транспортера, мм; M – крутящий момент на приводе транспортера, кН · м

Мощность двигателя, кВт:

– при непрерывном движении груза по рольгангу:

$$P = \frac{\alpha_з(z_0 G_{гр} W' + nG_р W'')V}{1000\,\eta};$$

– при торможении груза на рольганге, например упором:

$$P = \frac{z_0 G_{гр}\mu V}{1000\,\eta},$$

где $\alpha_з$ – коэффициент запаса, $\alpha_з$ = 1,3…1,5; z_0 – количество деталей на транспортере; $G_{гр}$ – вес одной детали, Н; $W' = \frac{2K + fd_0}{D_р}$ – приведенный коэффициент сопротивления перемещению находящихся на транспортере грузов (K – коэффициент трения качения (табл. 2.2), мм); n – количество роликов; $G_р$ – вес одного ролика, H, $G_р \approx g(20B + 4)$ (B – длина ролика, м); $W'' = \frac{fd_0}{D_р}$ – приведенный коэффи-

циент сопротивления подшипников вращению (f – коэффициент трения в подшипниковых опорах, для подшипников скольжения $f = 0{,}15…0{,}2$ и $f = 0{,}05$ для подшипников качения; d_0 – диаметр оси ролика, принимается из соотношения $d_0 = (1/5…1/6)D_р$, мм); μ – коэффициент сцепления груза с роликами (табл. 2.7); η – общий КПД привода, равный произведению КПД всех кинематических пар.

Транспортер с винтовыми роликами предназначен для продольного и поперечного перемещения груза. Движение грузу передается гребнем винта, расположенного под углом α к продольной оси ролика. Для повышения точности поперечного смещения на пути продольного движения груза ставят упор под углом β ≈ 10° к оси ролика.

Таблица 2.7. Значения коэффициентов сцепления рифленых роликов с древесиной μ [6]

Порода древесины	Влажность, %	
	12	**65**
Сосна	$\mu = 0{,}54 + 0{,}001D_р$	$\mu = 0{,}62 + 0{,}00115D_р$
Береза	$\mu = 0{,}55 + 0{,}001D_р$	$\mu = 0{,}64 + 0{,}0012D_р$
Дуб	$\mu = 0{,}48 + 0{,}00086D_р$	$\mu = 0{,}55 + 0{,}001D_р$

Примечания:
1. Для обрезиненных роликов $\mu_{резин} = 1{,}8\mu$.
2. $D_р$ – диаметр ролика, мм.

Коэффициент трения скольжения груза по упору должен быть не более $f \prec \mathrm{ctg}\alpha$. За один оборот ролика поперечное смещение равно шагу винта, если сопротивление трения груза по упору близко к нолю. Скорость поперечного движения при отсутствии скольжения:

$$V_п = V \cdot \mathrm{tg}\alpha.$$

Окружная скорость принимается $V = 3{,}0…0{,}7$ м/с, поперечная $V_п = 0{,}1…0{,}04$ м/с.

Транспортер с коническими и седлообразными роликами предназначен для перемещения круглых лесоматериалов (рис. 2.6*в*). Длина ролика, состоящего из двух усеченных конусов:

$$B = \frac{D_{max} - D_{min}}{\mathrm{tg}\alpha} - a,$$

где D_{max}, D_{min} – диаметры конусов, мм; α – угол наклона образующих конусов, $\alpha = 15…25^o$; $a = 50…80$ мм – длина средней части ролика.

Транспортер с неприводными роликами (рис. 2.6*г*) применяется перед и за станками для перемещения отдельных деталей и пакетов деталей. Транспортеры могут быть горизонтальными и слегка наклонными (гравитационными). В горизонтальных транспортерах груз перемещается вручную, в гравитационных – под действием силы тяжести груза. Значения углов наклона гравитационных транспортеров принимают в зависимости от типа груза: для деревянных ящиков – 2,5…4º, для досок шероховатых – 4º, для досок гладких – 2,5º, для картонных коробок – 5…7º, для окоренных балансов – 3…5º.

2.1.5. Расчет роликового транспортера

Задача. Проектируется роликовый винтовой рольганг для продольного перемещения и поперечного смещения бруса от выпиливающего брус станка к разваливающему брус на доски станку. В конце рольганга установлен поперечный упор под углом β° к продольной оси роликов. Длина транспортера $L \approx 8$ м, длина брусьев $l = 6{,}5$ м. Двухкантный брус выпиливается из свежесрубленной древесины сосны, его максимальный объем равен $v = 0{,}2$ м^3, плотность $\gamma = 800$ кг/м^3. Часовая производительность транспортера $Q = 100$ шт. брусьев в час. Длина ролика $B = 1000$ мм. КПД привода $\eta = 0{,}85$. Определить основные параметры и мощность привода транспортера.

Решение.

1. По заданной производительности находим скорость продольного перемещения брусьев при коэффициенте заполнения $\varphi = 0{,}3$:

$$V = \frac{Ql}{3\,600\varphi} = \frac{100 \cdot 6{,}5}{3\,600 \cdot 0{,}3} = 0{,}6 \text{ м/с}.$$

2. Угол подъема винтовой линии ролика при диаметре гребня $D_г = 160$ мм и шаге винта $t = 70$ мм:

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{tn_0}{\pi D_г}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{70 \cdot 1}{3{,}14 \cdot 160}\right) = 7{,}93^\circ,$$

где n_0 – число заходов винта, $n_0 = 1$.

3. Количество роликов при $l_р = 1\,400$ мм, $L \approx 8$ м:

$$n_р = \frac{L}{l_р} + 1 = \frac{8}{1{,}4} + 1 = 6{,}7 \text{ шт}.$$

Принимаем $n_р = 7$ шт. Уточненная длина транспортера $L = 8{,}4$ м.

4. Скорость поперечной подачи:

$$V_п = V \cdot \operatorname{tg}\alpha = 0{,}6 \cdot \operatorname{tg}7{,}93^\circ = 0{,}08 \text{ м/с}.$$

5. Определим вес бруса:

$$G = gvy = 9{,}81 \cdot 0{,}2 \cdot 800 = 1570 \text{ Н}.$$

6. Вес ролика:

$$G_р = g(20B + 4) \approx 9{,}81 \cdot (20 \cdot 1 + 4) = 235{,}4 \text{ Н}.$$

7. Находим значения коэффициентов сцепления, трения качения, трения скольжения в подшипниковой опоре и диаметра оси ролика:

$$\mu = 0{,}62 + 0{,}00115D = 0{,}62 + 0{,}00115 \cdot 160 = 0{,}8;$$

$$K = 0{,}45 + 0{,}0022D_р = 0{,}45 + 0{,}0022 \cdot 160 = 0{,}9 \text{ мм};$$

$$f = 0{,}05 \text{ – для подшипников качения};$$

$$d_0 = (1/5\ldots1/6)D_р = (0{,}2\ldots0{,}166) \cdot 160 = 32\ldots26{,}67 \text{ мм}.$$

8. Находим максимальное тяговое усилие рольганга при остановке бруса упором:

$$F_m = G\mu = 1570 \cdot 0{,}8 = 1256{,}0 \text{ Н}.$$

9. Сопротивление трения при движении бруса:

$$F_{\text{тр}} = \alpha_{\text{з}}\left(z_0 G_{\text{гр}} \frac{2K + fd_0}{D_{\text{р}}} + nG_{\text{р}} \frac{fd_0}{D_{\text{р}}} \right) =$$

$$= 1{,}5\left(1 \cdot 1570 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}9 + 0{,}05 \cdot 32}{160} + 7 \cdot 235{,}4 \cdot \frac{0{,}05 \cdot 32}{160} \right) = 75{,}4 \text{ Н}.$$

10. Находим мощность электродвигателя рольганга:

$$P = \frac{F_m V}{1\,000\eta} = \frac{1\,256{,}0 \cdot 0{,}6}{1\,000 \cdot 0{,}85} = 0{,}9 \text{ кВт}.$$

2.1.6. Винтовые транспортеры

Винтовые (шнековые) транспортеры применяют для транспортирования влажной и сухой древесной стружки, щепы, опилок, пыли. В деревообрабатывающей промышленности они применяются главным образом для загрузки и разгрузки бункеров, в которых хранятся измельченные древесные частицы. Часто шнековые транспортеры используют в качестве объемных дозаторов. Производительность шнековых транспортеров достигает 240 м^3/ч и более; частота вращения дозировочного шнека изменяется от 1 до 120 мин$^{-1}$.

Винтовой транспортер, применяемый для разгрузки бункера (4) (рис. 2.7), состоит из винта (3), смонтированного в подшипниковых опорах в полуцилиндрическом днище сверху закрытым крышкой. В днище имеется разгрузочный люк (1). Винт с одной стороны соединен с мотором-редуктором (2), а с другой – с редуктором (6), на выходном валу которого насажен лопастной разрушитель сводов. Насыпной груз подается в желоб транспортера через окно в его крышке. При вращении винта груз скользит к разгрузочному люку (1).

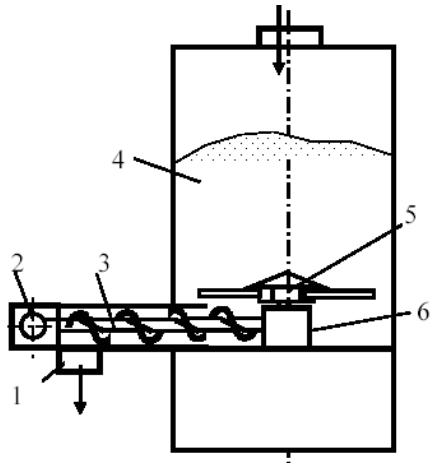

Рис. 2.7. Схема установки УВП-СЦ [7]

Расстояние между подшипниковыми опорами должно быть не более 3,5 м. Наружный диаметр винта D по ГОСТ 2037-82 принимается из стандартного ряда диаметров: 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630 мм. Диаметр винта должен быть в 4…12 раз больше самой крупной частицы перемещаемого материала. Шаг винта принимают: $t = (0{,}8\ldots1)D$. Частоту вращения винта назначают в пределах $n = 50\ldots120$ мин$^{-1}$. Лучше работать с меньшей частотой вращения. При больших частотах вращения транспортируемый материал под действием центробежных сил перебрасывается через винт, и производительность снижается.

Производительность винтового транспортера, м^3/ч:

$$Q = 60 \cdot \frac{\pi D^2}{4} nt\varphi C = 47{,}1 \cdot D^2 nt\varphi C,$$

где φ – коэффициент заполнения транспортера, φ = 0,4…0,5; C – поправочный коэффициент, зависящий от угла β наклона транспортера [7]:

β, град	0	5	10	15	20
C	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Скорость транспортирования:

$$V = \frac{tn}{60000}.$$

Мощность привода горизонтального винтового транспортера, кВт, рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{Qg\gamma L\omega}{3{,}6 \cdot 10^6 \eta},$$

где Q – производительность транспортера, м^3/ч; g – ускорение свободного падения; g = 9,81 м/с^2; γ – плотность измельченной древесины, кг/м^3; L – длина транспортирующего винта, м; ω – коэффициент сопротивления материала при его движении по желобу конвейера, для опилок и щепы, ω = 1,3; η – КПД привода и винта, η = 0,25.

2.1.7. Расчет винтового транспортера

Задача. Проектируется винтовой транспортер для разгрузки бункера с сухой станочной стружкой и опилками (рис. 2.7). Длина винта транспортера L = 3,5 м, производительность транспортера Q = 5 м^3/ч [6]. Определить основные параметры транспортера и мощность электродвигателя привода.

Решение.

1. Принимаем наружный диаметр винта D = 250 мм = 0,25 м, шаг винта t = (0,8…1)D = 200…250 мм = 0,20…0,25 м.

2. По значению заданной производительности находим частоту вращения винта шнека:

$$Q = 47{,}1 \cdot D^2 nt\varphi C.$$

Отсюда:

$$n = \frac{Q}{47{,}1 D^2 t\varphi C} = \frac{5}{47{,}1 \cdot 0{,}25^2 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}4 \cdot 1} = 81{,}5 \text{ мин}^{-1}.$$

3. Находим плотность станочной стружки и опилок:

$$y = K_y \gamma_\partial = (0{,}20 \ldots 0{,}25)510 = 102{,}0 \ldots 127{,}5 \text{ кг/м}^3,$$

где K_y – объемный коэффициент; γ_∂ – плотность древесины, кг/м^3.

4. Находим мощность, затрачиваемую на привод винта:

$$P_{в} = \frac{Qg\gamma L\omega}{3{,}6 \cdot 10^6 \eta} = \frac{5 \cdot 9{,}81 \cdot 127{,}5 \cdot 3{,}5 \cdot 1{,}3}{3{,}6 \cdot 10^6 \cdot 0{,}25} = 0{,}2 \text{ кВт}.$$

5. Конец винта соединим с разрушителем сводов в бункере, состоящим из червячного редуктора РЧУ-125-80 (межосевое расстояние – 125, передаточное число – 80) и лопастей длиной l = 1,5 м.

Частота вращения лопастей:

$$n_{л} = \frac{n}{u} = \frac{81{,}5}{80} = 1{,}02 \text{ мин}^{-1}.$$

где n – частота вращения винта шнека, мин$^{-1}$; u – передаточное число.

Крутящий момент на валу лопастей:

$$M = kg\gamma l^2 bhf = 3 \cdot 9{,}81 \cdot 127{,}5 \cdot 1{,}5^2 \cdot 0{,}045 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}6 = 57 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где k – количество лопастей, шт.; b – ширина лопасти, b = 0,045 м; h – высота деформируемого столба стружки, h = 0,25 м; f – коэффициент трения, f = 0,6.

Мощность на лопастном валу:

$$P_{л} = \frac{M\omega}{1000} = \frac{M\pi n_{л}}{30000} = \frac{57 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}02}{30000} = 0{,}006 \text{ кВт}.$$

7. Мощность привода:

$$P = P_{в} + P_{л} = 0{,}2 + 0{,}006 = 0{,}21 \text{ кВт}$$

2.1.8. Рельсовый выгружатель (бремсберг)

Для выгрузки пучков древесины из воды на предприятиях большой производительности применяют рельсовые выгружатели, или так называемые *бремсберги*. Рельсовый выгружатель (рис. 2.8) представляет собой наклонный подъемник с канатной тягой, перемещающий пучки бревен на тележках по рельсовым путям [4].

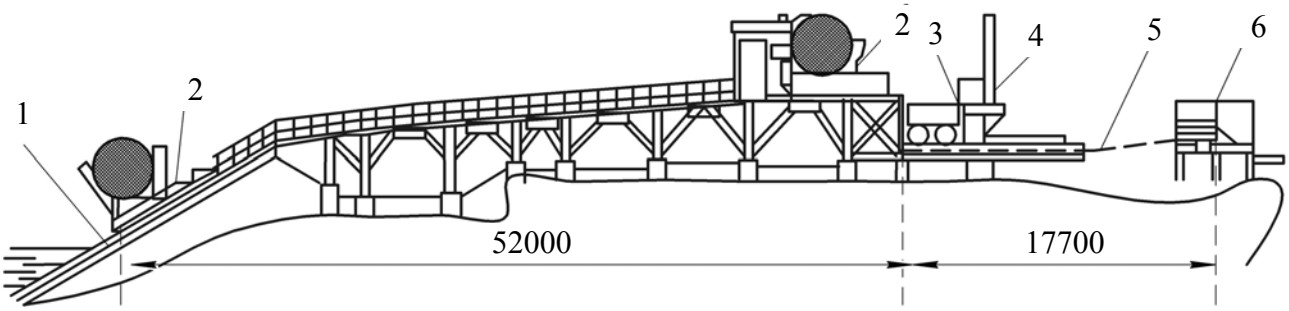

Рис. 2.8. Рельсовый выгружатель для выгрузки древесины из воды в виде пучков [4]:
1 – рельсовый путь; 2 – тележка; 3 – откатка; 4 – пружинные упоры;
5 – тяговый канат; 6 – лебедка

Тележку по наклонным путям спускают под воду и сбоку заводят в нее пучок бревен. При подъеме тележки пучок захватывается задней ее стенкой и удерживается на шарнирной платформе, опирающейся на раму тележки. Когда тележка достигает верхнего конечного положения, привод лебедки, наматы-

вающей на себя тяговый канат, автоматически переключается на минимальную скорость. Натяжением медленно движущегося каната платформа тележки поворачивается вокруг горизонтального шарнира и становится в наклонное положение, при котором пучок бревен сползает с тележки в приемную воронку подведенной рельсовой откатки. Тележки бремсбергов снабжаются ловителями, автоматически останавливающими тележку при обрыве каната.

При достаточно оперативном обслуживании тележка рельсового выгружателя может совершить 9…10 поездок в час. Типовые выгружатели в настоящее время строятся для крупных пучков древесины объемом 25…30 м^3. Производительность их достигает 250…300 м^3 плотн. древесины в час.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите механизмы, используемые на биржевых площадках для транспортировки балансов и лесного сырья.
2. Назначение продольных транспортеров.
3. Опишите основные узлы продольного транспортера.
4. Назовите тяговый элемент продольного транспортера.
5. Расскажите принцип работы продольного цепного транспортера.
6. Приведите основной принцип расчета продольного цепного транспортера.
7. Приведите классификацию поперечных цепных транспортеров.
8. Назовите тяговый элемент поперечного транспортера.
9. Расскажите о принципе работы поперечного цепного транспортера.
10. Приведите формулу для расчета производительности поперечного транспортера.
11. Назначение роликовых транспортеров.
12. Назовите основные узлы роликовых транспортеров.
13. Приведите классификацию роликовых транспортеров.
14. Приведите формулу для расчета часовой производительности роликового транспортера.
15. Назначение винтового транспортера.
16. Устройство и принцип действия винтового транспортера.
17. Приведите формулу для расчета производительности винтового транспортера.
18. Назначение бремсберга.
19. Расскажите об устройстве и принципе действия рельсового выгружателя.

2.2. Механизмы для выгрузки, транспортирования и укладки балансов

В зависимости от способа поставки древесного сырья и методов его хранения на складе лесоматериалов применяют различное подъемно-транспортное оборудование. Так, круглые лесоматериалы из полувагонов, автомашин и судов выгружаются мостовыми электрическими кранами, портальным краном и складируются в виде штабелей или дозируются на тракты подачи древесины в ДПЦ. Кроме этого оборудования, на складах лесоматериалов широко применяются стреловые, козловые, кабельные краны и погрузчики.

Итак, краны по конструкции можно условно разделить на краны мостового и стрелового типов [7, 8]. К специальным кранам мостового типа относят мостовые, козловые, полукозловые, с несущими канатами, кабельные и мостокабельные краны, краны-штабелеры, мостовые перегружатели. К специальным кранам стрелового типа относят стреловые, башенные, портальные, полупортальные, мачтовые, вантовые, жестконогие, консольные и плавучие краны.

По конструкции грузозахватного устройства и назначению различают крюковые, грейферные, магнитные, магнитно-грейферные, траверсные, с лапами, мульдомагнитные, мульдогрейферные, мульдозавалочные, штыревые, копровые, закалочные, литейные, посадочные, для раздевания слитков, колодцевые, ковочные и контейнерные краны.

По виду перемещения краны бывают стационарными, приставными, самоподъемными, радиальными, передвижными, самоходными и прицепными [8, 9]. У стационарных кранов обе опорные башни неподвижны; их применяют главным образом для перегрузочных работ. У радиальных кранов одна опора неподвижная, а вторая перемещается по круговому пути. Стационарный кран перекрывает лишь узкую полосу, расположенную непосредственно под ним, между башнями и может выложить лишь один штабель. Радиальный кран обслуживает площадку, заключенную внутри сектора, описываемого подвижной башней, выкладываемые им штабеля должны располагаться своими осями радиально. У параллельных кранов обе башни передвигаются по подкрановым путям параллельно одна другой. Параллельный кран обслуживает четырехугольную площадку, размеры которой определяются пролетом крана и длиной подкрановых путей. Штабеля в этом случае располагаются перпендикулярно подкрановым путям.

2.2.1. Мостовые электрические краны

Краном мостового типа называется грузоподъемное сооружение для подъема и горизонтального перемещения различных грузов на небольшие расстояния. Данный тип крана перемещается на поднятой системе рельс вдоль территории и обеспечивает три оси движения крюка. Одиночные и двойные конструкции моста балки крана предоставляют большую гибкость в позиционировании крюка и могут быть расположены очень точно для мягкого и плавного размещения груза [9]. Грузозахватное устройство такого типа крана подвешено к грузовой тележке или тали, которые перемещаются по подвижной стальной конструкции (мосту). Различают краны общего назначения (с крюком), а также специальные (с грейфером, магнитом, захватами для контейнеров) и металлургические. Краны мостовые применяются в основном при работе на длиннике (баланс длиной 6–8 м) [4, 10, 11].

По конструкции к кранам мостового типа относятся:

– опорные краны – мостовые краны, мост которых непосредственно опирается на надземный рельсовый путь сверху (рис. 2.9*а*);

– подвесные краны – подвешивается к нижним полкам рельсового пути (рис. 2.9*б*);

– козловые краны – с мостом, установленным на наземный рельсовый путь посредством двух опор (рис. 2.9*в*).

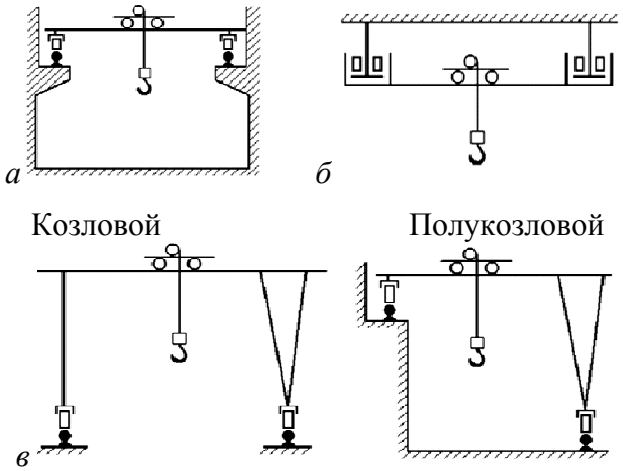

Рис. 2.9. Конструкции кранов мостового типа

Мостовые краны по типу привода делятся на ручные и электрические.

По грузоподъемности краны условно разделены на три группы [11]: первая – до 5 т; вторая – от 5 до 50 т; третья – от 50 до 320 т. При грузоподъемности более 12,5 т у крана могут быть два механизма подъема – главный и вспомогательный.

Мостовой кран представляет собой металлическую ферму, опирающуюся на две или три опорные башни. Пролет крана, как правило, не превышает 100…150 м. При больших размерах площадки устраивают двух- и трехпролетные краны. На рис. 2.10 представлена принципиальная схема мостового электрического крана общего назначения [5, 10].

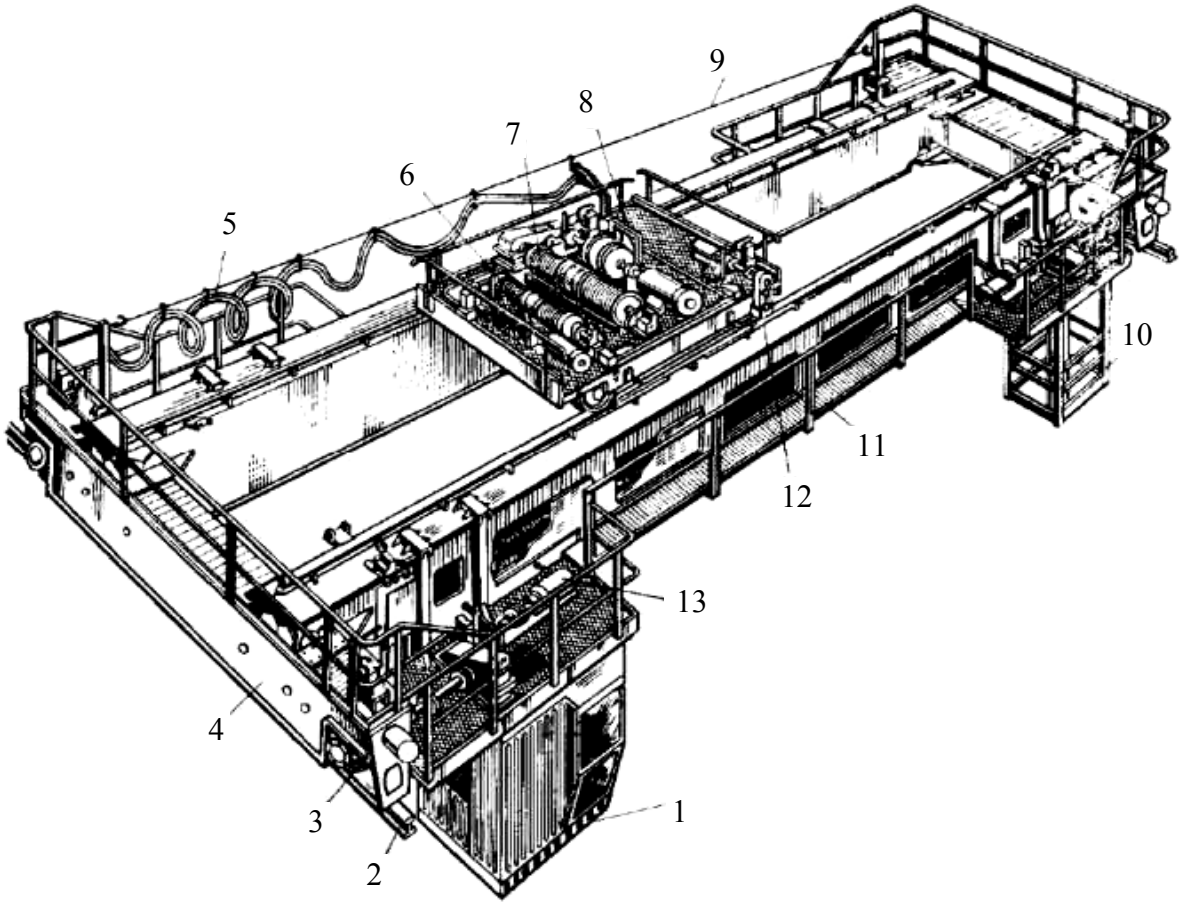

Рис. 2.10. Принципиальная схема мостового электрического крана общего назначения [10]: 1 – кабина; 2 – подкрановые пути; 3 – ходовые колеса; 4 – концевые балки; 5 – гибкий кабель; 6 – вспомогательный механизм подъема; 7 – главный механизм подъема; 8 – крановая тележка; 9 – проволока; 10 – площадка для обслуживания; 11 – мост; 12 – механизм передвижения тележки; 13 – механизм передвижения крана

По рабочей полке мостовой фермы передвигается тележка, снабженная подъемным блоком с грейфером или, чаще, траверсой. Грузовая тележка состоит из рамы, на которой из унифицированных узлов собраны механизмы подъема груза и передвижения тележки. Рама выполнена из опирающихся на ходовые колеса двух продольных балок, соединенных поперечными балками и покрытых сверху листом настила. На тележке предусмотрены ограничители высоты подъема крюковой обоймы, линейка для выключателей ее крайних положений на мосту крана, буфера и перила ограждения. Масса тележки составляет 0,3…0,4Q (Q – грузоподъемность, т).

У легких кранов (группы режима 1К, 2К, 3К) в качестве механизмов подъема применяют электротали, стационарно закрепленные на раме тележки. Масса таких тележек 0,2…0,25Q. Иногда кран снабжен поворотным стреловым краном, передвигающимся по ферме.

Преимущества мостового крана: наибольшая гибкость управления крюком и перемещением груза; наименьшее количество преград при перемещении груза.

Недостаток мостового крана: значительная масса и высокая стоимость.

На рис. 2.11 показан технический чертеж мостового крана.

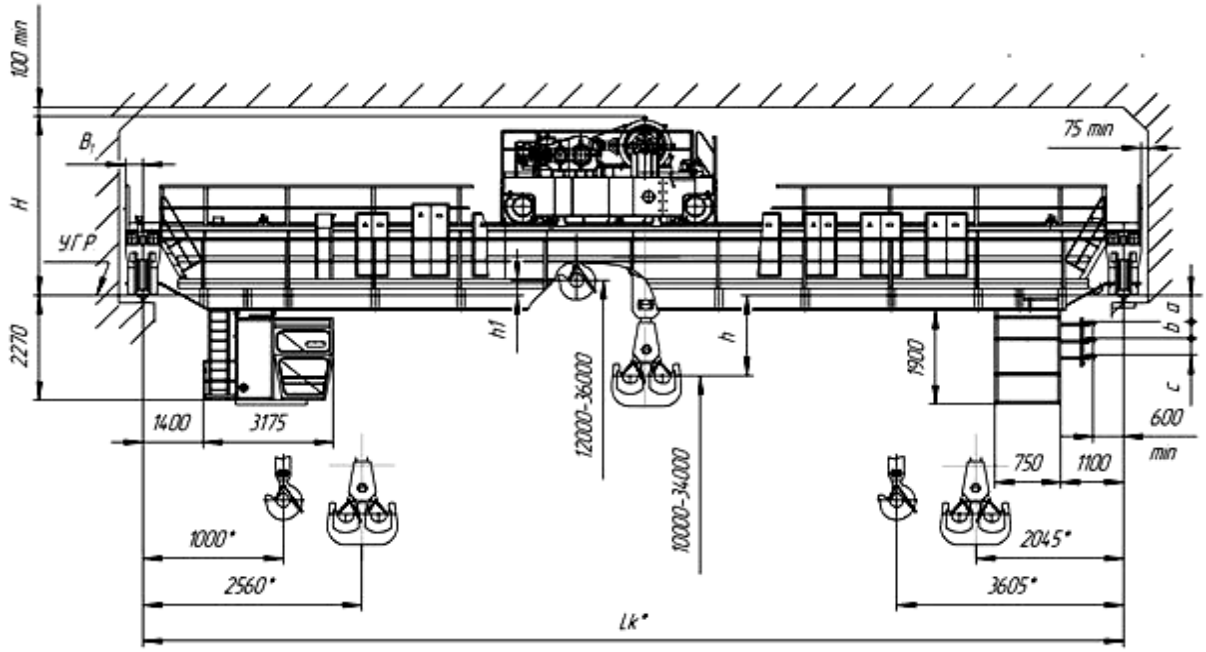

Рис. 2.11. Технический чертеж [12]

В табл. 2.8 представлена техническая характеристика крана мостового электрического.

Таблица 2.8. Технические характеристики
крана мостового электрического КМ 200/32/5 т [12]

Группа классификации по ИСО 4301/1		А2
Грузоподъемность крюка, т:	главного	200
	вспомогательного	32
	тали	5
Скорость подъема, м/с:	главного	0,03
	вспомогательного	0,124
	тали	0,133
Скорость передвижения, м/с:	крана	0,5
	тележки	0,48
	тали	0,33
Напряжение питающей сети, В		380
Тип подкранового рельса ГОСТ 4121-76 (рекомендуемый)		КР120
Суммарная мощность устанавливаемых электродвигателей, max, кВт		160
Частота тока, Гц		50
Нагрузка ходового колеса на рельс, max, кН		585
Масса крана, т		230

2.2.2. Кран-балка

На рис. 2.12 представлена однобалочная подвесная кран-балка.

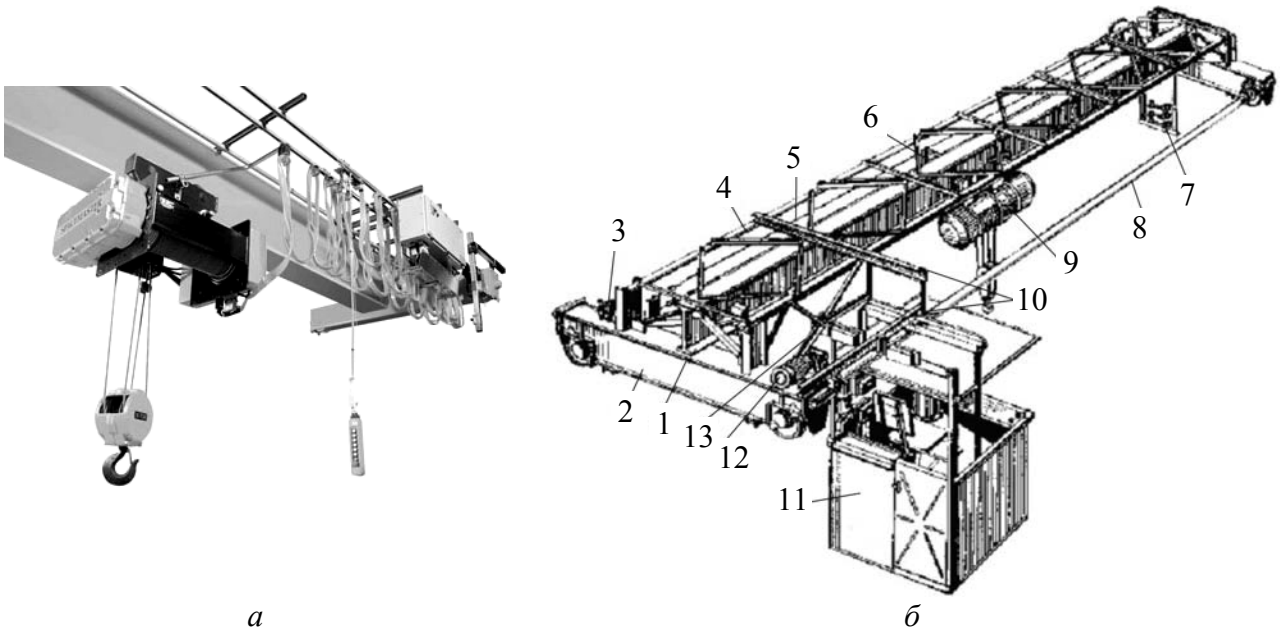

Рис. 2.12. Схема мостового однобалочного опорного крана (кран-балка) [12]:
а – общий вид; *б* – технический чертеж; 1 – двутавровая балка; 2 – концевая балка; 3 – конечный выключатель механизма передвижения; 4 – горизонтальная вспомогательная ферма; 5 – троллеи; 6 – токоприемники; 7 – токоприемники цеховых троллей; 8 – трансмиссионный вал; 9 – электроталь; 10 – швеллеры для подвески кабины; 11 – кабина; 12 – привод механизма передвижения; 13 – вертикальная ферма-кронштейн

Кран-балки (однобалочные мостовые краны) применяют при небольших пролетах (5...17 м) малой грузоподъемности (1...5 т) и легких условиях работы. Мост крана – двутавровая балка, по которой перемещается таль (электрическая или ручная). Для придания жесткости при малых пролетах устраивают ферму в горизонтальной плоскости, а при больших пролетах – устанавливается ферма и в вертикальной плоскости. Двутавровая балка соединена с двумя концевыми балками, на которых расположены ходовые колеса. Для кранов, управляемых с пола, масса ниже на 10…25 %. Для повышения жесткости концевые балки соединяются с мостом подкосами (при пролетах 7…9 м).

Кран (рис. 2.12) представляет собой двутавровую ездовую балку (1), которая опирается на поперечные концевые балки (2). В качестве подъемного механизма и перемещения вдоль балки служит электроталь (тельфер) или таль (9). Ходовые колеса концевых балок приводятся в движение от общего вала, центрального привода, если пролет до 11 м, или имеют раздельные приводы при больших пролетах. Управление кранами может осуществляться из кабины или дистанционно.

Тельфер состоит из самоходной тележки, передвигающейся по ездовой двутавровой балке, и электротали, служащей грузоподъемным механизмом. Тележка имеет самостоятельный привод. Электродвигатель вращает барабан, на который наматываются две ветви канатов с обоймой и грузозахватным крюком.

Механизм передвижения тельфера оборудован тормозом. Соотношение между длиной базы крана K и пролетом крана $L_к$:

$$K = L_к(^1/_6 \ldots ^1/_5).$$

Ручные подвесные краны (табл. 2.9, рис. 2.12), как правило, комплектуются червячными или шестеренчатыми ручными талями.

Таблица 2.9. Техническая характеристика ручного крана-балки [12]

Наименование	Показатель
Грузоподъемность, т	1…5
Пролет, м	4,5…28,5
Высота подъема, м	6, 12, 18
Скорость, м/с: - подъема груза - передвижения тали	 0,13 0,33 и 0,53
Скорость передвижения крана, м/с: - управление с пола - управление с кабины	 0,4 и 0,63 0,63 и 1,0

Технический чертеж: кран-балка ручная (L = 4…11 м) (рис. 2.13).

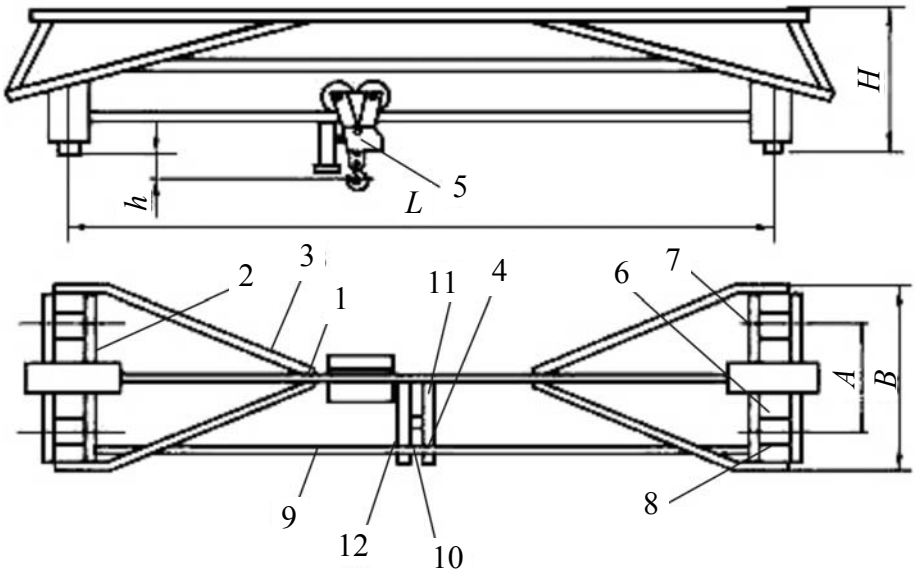

Рис. 2.13. Кран-балка ручная [12]:
1 – несущая и ездовая балка; 2 – концевые балки; 3 – раскосы;
4 – тяговая звездочка для цепи; 5 – червячная таль; 6 – приводные колеса;
7 – холостые колеса; 8 – концевая шестерня; 9 – трансмиссионный вал;
10 – подшипники; 11 – кронштейны для подшипников; 12 – соединительные полумуфты

Однобалочные мостовые краны (рис. 2.14, табл. 2.10) обеспечивают снижение металлоемкости, особенно при больших пролетах (25…30 м). Используются при ограниченной интенсивности использования.

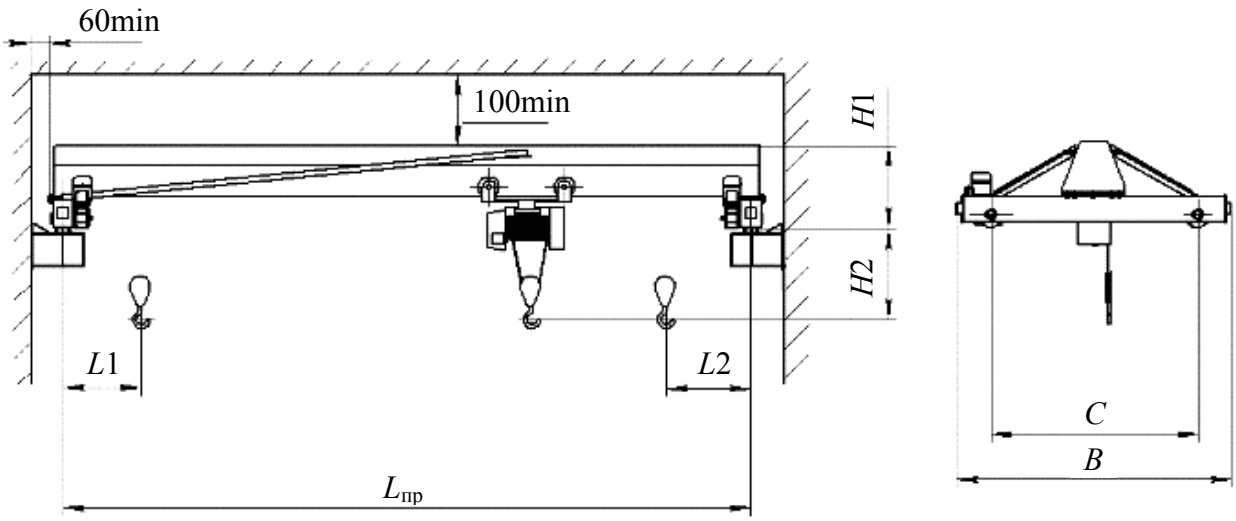

Рис. 2.14. Схема однобалочного мостового крана [10]

Таблица 2.10. Техническая характеристика однобалочного опорного мостового крана грузоподъемностью 1; 2; 3,2; 5 т [10]

Пролет крана *L*, м	Высота подъема *H*, м	Скорость, м/мин			Параметры грузоподъемности						
		подъема	передвижения тали	передвижения крана	*C*, мм	*B*, мм	*B*1, мм	*H*1, мм	*L*1, *L*2, мм	давления колес на рельс	масса кран-балки, т
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
Грузоподъемность 1 т											
4,5										7,8	1,26
7,5					1 500	2 150		970		8,5	1,41
10,5	6				2 000	2 650	180			9,4	1,85
13,5	12	8	20	20						10,5	2,27
16,5	18					2 600	3 300		1 580		11,6
19,5										18,5	4,03
22,5					4 000	4 650	230			19,5	4,3
Грузоподъемность 2 т											
4,5										7,8	1,26
7,5			1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	8,5	1,41
10,5	6		2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	9,4	1,85
13,5	12	8								10,5	2,27
16,5	18		2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68		11,6
19,5										18,5	4,03
22,5			4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	19,5	4,3
Грузоподъемность 3,2 т											
4,5										7,8	1,26
7,5			1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	8,5	1,41
10,5	6		2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	9,4	1,85
13,5	12	8								10,5	2,27
16,5	18		2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88		11,6
19,5										18,5	4,03
22,5			4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	19,5	4,3

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
Грузоподъемность 5 т											
4,5										7,8	1,26
7,5			1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	8,5	1,41
10,5	6		2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	9,4	1,85
13,5	12	8								10,5	2,27
16,5	18		2 600	2 600	2 600	2 600	2 600	2 600	2 600		11,6
19,5										18,5	4,03
22,5			4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	19,5	4,3

2.2.3. Башенные краны

Башенный кран (рис. 2.15) – это подъемный кран, имеющий высокую башню, поворотную стрелу и подъемную лебедку. Краны бывают стационарными и передвижными. Башня передвижного крана опирается на ходовые колесные тележки, которые перемещаются по рельсовому пути. Грузоподъемность передвижных башенных кранов достигает 100 т, стационарных – 400 т, высота подъема меняется до 150 м, вылет стрелы – до 50 м [13].

Рис. 2.15. Башенный кран [13]

Башенные краны выпускают с поворотной и неповоротной башней, с подъемной стрелой и горизонтальной балочной стрелой, а также портальными. На лесопромышленных предприятиях нашли широкое применение краны с неповоротной башней, в верхней части которой на опорно-поворотном устройстве смонтированы горизонтальная (неподъемная) стрела и консоль противовеса с контргрузом на конце – это краны типа БКСМ-14 (рис. 2.16, табл. 2.11) и типа КБ-572. Они отличаются от обычных строительных кранов тем, что их башня имеет одну постоянную вертикальную секцию, установленную на портале. Наверху укороченной башни устанавливают стрелу. Вылет стрелы как в строительных, так и в лесопогрузочных кранах остается постоянным и одинаковым по длине (35 м). Питание крана производят от электросети переменного тока напряжением 220/380 В. Подвод электроэнергии к крану осуществляется гибким кабелем, навитым на барабан. Все механизмы крана имеют

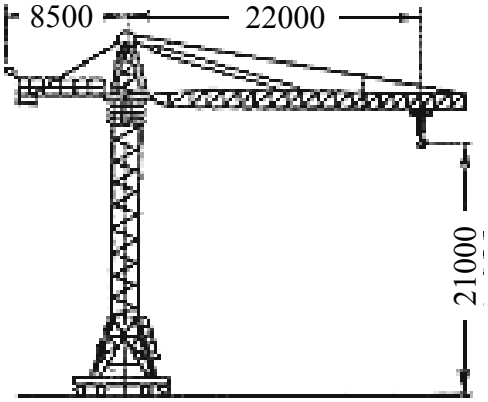

Рис. 2.16. Башенный кран БКСМ-14ПМ2 [7]

самостоятельные приводы, работающие от индивидуальных электродвигателей. Управление всеми двигателями осуществляется контроллерами из кабины крановщика, установленной на поворотной части крана. Пуск электродвигателей осуществляется при помощи пусковых реостатов, что обеспечивает плавный разгон механизмов крана. Основными узлами конструкции крана являются ходовые тележки, портал, башня, поворотная часть, стрела, удерживаемая канатом, грузовая тележка, противовес. Рабочие устройства управления краном сосредоточены в кабине.

Таблица 2.11. Технические характеристики кранов [7]

Наименование параметра	Марка крана	
	КБ-572	**БКСМ-14П**
Грузоподъемность, т	10	5
Высота подъема груза, м	13,5	13,8
Скорость подъема груза, м/мин	40	30
Установленная мощность, кВт	94	44,7
Масса, т	122	72

Портальный кран – подъемный кран, у которого стрела и поворотная платформа смонтированы на высоком портале, перемещающемся по рельсовому пути. Портал – это П-образная часть конструкции основания машины шириною 6 000 мм, через который проходит железнодорожный путь. Портальные краны – полноповоротные стреловые краны, поворотная часть которых установлена на портале, передвигающемся по рельсам, проложенным на земле или эстакаде. Различают перегрузочные (грейферные и крюковые) и монтажные (строительные и судостроительные и др.) краны. Грузоподъемность кранов – до 300 т. Ветровую нагрузку определяют по ГОСТ 1451-77 и учитывают при выборе двигателей (Ветровая нагрузка рабочего состояния крана). В правилах технической эксплуатации перегрузочных машин морских портов запрещена работа береговых кранов при скорости ветра 15 м/с и более [8].

2.2.4. Козловые краны

Козловые краны (рис. 2.17) – краны мостового типа, мост (пролетные строения) которых установлен на опоры, перемещающиеся по рельсам, установленным на бетонные фундаменты [8, 9, 14]. Козловые краны применяют для выполнения погрузочно-разгрузочных и транспортных работ на складских территориях заводов и комбинатов (рис. 2.18). К основным параметрам козловых кранов относятся грузоподъемность (Q) как основного,

Рис. 2.17. Козловые краны [14]

так и вспомогательного механизмов подъема груза, пролет крана (S) (или колея крана, т. е. расстояние между вертикальными осями ходовых колес, расположенных на различных рельсах), длина хода грузовой тележки ($L = S + 2L_к$), высота подъема крюка (H) и база крана (B) – расстояние между шарнирами ходовых тележек, установленных на одном рельсе (рис. 2.18) [7].

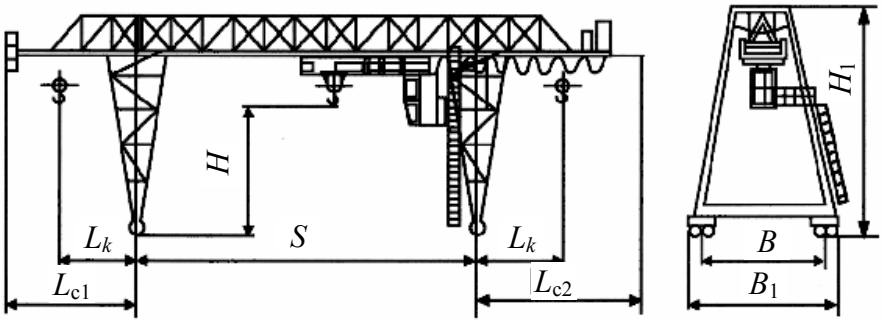

Рис. 2.18. Кран козловой [7]:
S – пролет крана, м; H – высота подъема крюка, м; $L_к$ – длина консоли, м;
L_{c1}, L_{c2} – расстояние от осей ходовых колес до плоскости крепления, м;
B – база крана (расстояние между шарнирами ходовых тележек, установленных на одном рельсе, м; B_1 – длина основания крана, м; H_1 – высота крана, м

Козловой кран (рис. 2.19 *а*, *б*) состоит из моста, установленного на двух опорах, одна из которых (пространственная) жестко соединена с мостом крана, а другая (плоская) крепится к нему шарнирно. Опоры крана посредством тележек соединены с ходовыми колесами. По мосту крана перемещается грузовая тележка (рис. 2.19*а*) или электроталь (рис. 2.19*б*). В верхней части одной из опор или к ферме моста крепится кабина управления.

Козловые краны выполняют бесконсольными и с одной или двумя консолями, позволяющими перемещать груз за пределы площади, ограниченной подкрановыми путями. Мост козлового крана состоит из одной или двух решетчатых ферм трех- или четырехугольного сечения с постоянным или переменным сечением на консолях. В перегрузочных кранах обе опоры могут иметь пространственную форму из уголкового профиля. В последние годы козловые краны выпускаются из сплошностенчатых металлоконструкций с применением специальных профилей.

В зависимости от грузоподъемности на козловых кранах устанавливают одну или две реверсивные грузовые лебедки, которые располагаются или внутри фермы моста, или на грузовой тележке. Грузовой полиспаст при этом может иметь до 5 ветвей каната, на которых висит поднимаемый груз. В соответствии с конструктивными особенностями кранов грузовая тележка передвигается по верхнему или нижнему поясу моста козлового крана. Если грузовая тележка передвигается по верхнему поясу моста крана, то в этом случае крюк крепится к траверсе (рис. 2.19*в*), которая удерживается двумя полиспастами, расположенными с обеих сторон тележек и проходящими снаружи моста крана. Перемещение грузовой тележки осуществляется с помощью канатной тяги от лебедки передвижения тележки (рис. 2.19*г*) или от механизма передвижения, установленного непосредственно на тележке. Грузовые тележки имеют от 4 до 8 колес, некоторые являются приводными.

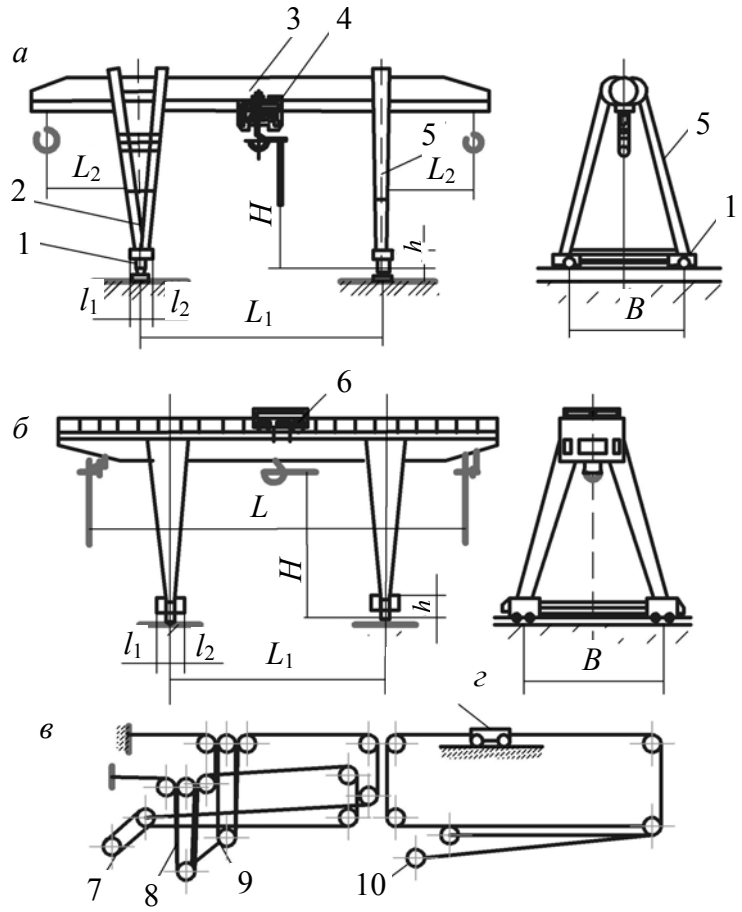

Рис. 2.19. Схема козлового крана [14]

В табл. 2.12, 2.13 представлена техническая характеристика крана козлового типа КК и ККД соответственно.

Таблица 2.12. Техническая характеристика крана козлового типа КК [15]

Грузоподъемность, т		Q_h	10; 12,5; 16; 20	
Высота подъема, м		H	9,5	До 11,20
Рабочие скорости, м/с	подъема	$V_п$	0,125; 0,2	
	крана	$V_к$	0,66; 1,0	
	тележки	$V_т$	0,83	
Пролет, м		S	16; 18; 20; 25; 32	
Вылет консолей, м		$Lk1/Lk2$	6,3/6,3	8,0/8,0 (кроме 16 и 20 т)
		$Lc1/Lc2$	14,50/9,40	16,30/11,20
База крана, м		B	10,66	15,08
Габариты крана, м	высота	$H1$	14,50	16,25
	ширина	$B1$	12,50	17,03
	длина	$L1$	До 59,50	
Нагрузка на ходовое колесо, кН		P	До 250	
Тип кабины		–	СК; ПК	
Тип токоподвода		–	Кабельный барабан, кабельный карабин, троллеи (спец. заказ)	
Режим работы		ИСО 4301/1	А3-А5	
Масса крана, т		M	До 50	
Тип подкранового рельса		–	Р50, Р65	Р50

Таблица 2.13. Техническая характеристика крана козлового типа ККД [15]

Грузоподъемность, т		Q_h	16; 20; 25; 32; 36	16
Высота подъема, м		H	10	14
Рабочие скорости, м/с	подъема	$V_п$	0,1; 0,2	0,2
	крана	$V_к$	0,8; 1,0	
	тележки	$V_т$	0,8	
Пролет, м		S	16; 18; 20; 25; 32	25; 32
Вылет консолей, м		$Lk1/Lk2$	8,0/8,0	
		$Lc1/Lc2$	15,80/10,50	
База крана, м		B	13,0	15,5
Габариты крана, м	высота	$H1$	16,0	20,0
	ширина	$B1$	14,7	17,2
	длина	$L1$	До 58,3	
Нагрузка на ходовое колесо, кН		P	До 220	
Тип кабины		–	ПК	
Тип токоподвода		–	Кабельный барабан, кабельный карабин, троллеи (спец. заказ)	
Режим работы		ИСО 4301/1	А5	
Масса крана, т		M	До 85,0	До 80,0
Тип подкранового рельса		–	Р43, Р50, Р65	Р43, Р50

Механизм передвижения козловых кранов устанавливают на ходовой раме портала. Краны обычно имеют от 8 до 24 ходовых колес, половина из которых – приводные. Электроэнергия (переменный ток напряжением 380 В) к крану подается через гибкий кабель. Для сохранения кабеля применяют кабельные барабаны, собирающие на свою поверхность кабель или расстилающие его (при движении крана) по деревянному коробу, расположенному между рельсами или сбоку от него.

В конструкциях некоторых кранов на грузовой тележке, перемещающейся по верхнему поясу моста, устанавливают шевры (двухопорные стреловые краны, имеющие возможность изменять вылет), имеющие грузоподъемность до Юти вылет крюка до 10 м. Кабины управления (одна или две) устанавливаются в опоре крана или подвешиваются к грузовым тележкам и перемещаются вместе с ними вдоль нижнего пояса моста крана. Все козловые краны оборудованы приборами безопасности. В зависимости от параметров, места установки и продолжительности работы козловых кранов применяют подкрановые пути, состоящие из деревянных шпал, железобетонных блоков (плит) с песчаным или щебеночным основанием, а также из деревянных шпал, замоноличенных в бетоне.

Козловые краны просты по конструкции, изготовлению и надежны в эксплуатации. П-образная конструкция кранов позволяет иметь постоянную грузоподъемность на всем пролете крана. Имеются конструкции козловых кранов, у которых мост может быть полностью использован для мостового крана (с установкой на нем унифицированных ходовых тележек с механизмом передвижения). Современные козловые краны отличаются универсальностью исполнения, что позволяет иметь до 40 схем сборок кранов, различающихся между собой по высоте подъема крюка, пролету и грузоподъемности. При этом тяжелые краны имеют от одного до четырех основных и один-два вспомогательных грузоподъемных крюков. Грузоподъемность современных козловых кранов составляет от

3 до 200 т, высота подъема крюка – до 52 м, пролет – до 75 м, длина консоли – до 12 м. Диапазон рабочих температур: от –40 до +40 ºС. Допускаемая скорость ветра: рабочее состояние – 14 м/с; нерабочее состояние – 27 м/с. Сейсмичность района установки: до 8 баллов (по СниП 11-7-81). Исполнение кабины: подвижное или стационарное.

2.2.5. Кабельные краны

Круглый лес поступает на лесные склады чаще всего сплавом. Эти склады шириной до 500 м и длиной вдоль берега до 1 км обычно оборудуют параллельно-подвижными кабельными кранами с пролетами 300…500 м и грузоподъемностью 50…200 кН (5…20 т), производящими прием круглого леса с воды, подъем, перемещение и укладку его в штабеля, а в случаях необходимости – и последующую погрузку на железнодорожные платформы (рис. 2.20).

Рис. 2.20. Работа кабель-крана на нижнем складе [16]

По способу подъема леса с воды наиболее характерны три разновидности кабельных кранов:

а) с продольными бревнотасками, подающими лес из воды под пролеты параллельно-подвижных кабельных кранов, расположенных параллельно берегу (рис. 2.21);

б) с поперечными бревнотасками, связанными с машинными башнями параллельно-передвижных кранов, расположенных перпендикулярно к берегу (рис. 2.22);

в) с береговыми башнями, свисающими над водой и иногда имеющими консоли (рис. 2.23).

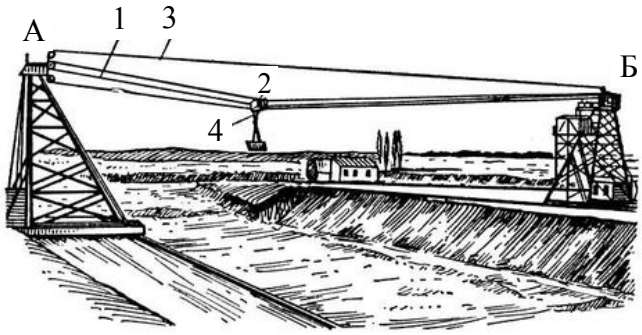

Рис. 2.21. Кабельный кран [16]:
А, Б – точки опоры; 1 – несущий канат;
2 – тележка; 3 – тяговый канат;
4 – подъемный канат

Для захватывания пачек леса используют специальные грейферы или применяют стропы.

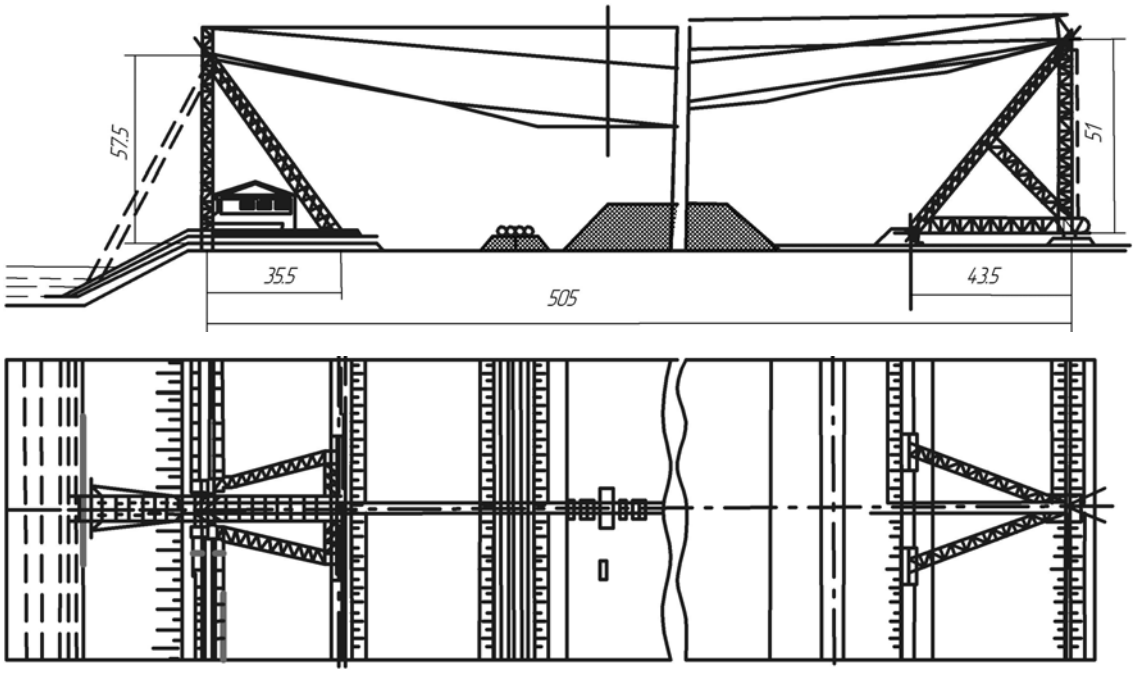

Рис. 2.22. Параллельно-подвижной кабельный кран с поперечной бревнотаской на лесном складе (размеры указаны в метрах) [17]

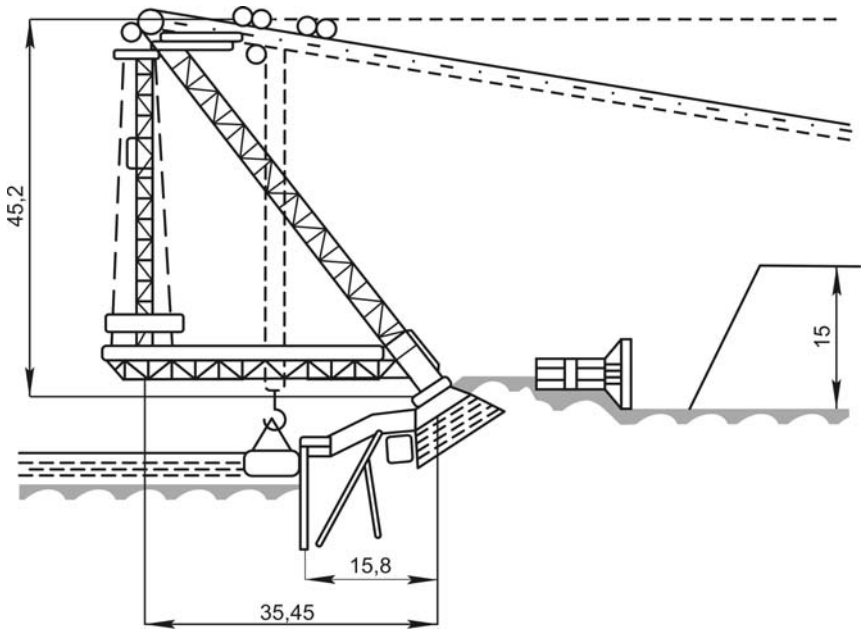

Рис. 2.23. Кабельный кран с качающейся башней над водой на лесном складе (размеры указаны в метрах) [17]

На рис. 2.22 показан параллельно-подвижной кабельный кран с поперечной бревнотаской, принимающей бревна с воды. Пролет этого крана, обслуживающего крупный лесосклад целлюлозно-бумажного комбината, равен 505 м, полезная грузоподъемность 200 кН (20 т), скорость передвижения крановой грузовой тележки 300 м/мин, скорость подъема груза 60 м/мин, скорость передвижения башен 7,5 м/мин. Бревна поднимаются из воды лесотаской, встроенной в машинную башню крана, и передаются на приемное устройство, где формируются в пачки. Пачки бревен подвешиваются затем к траверсе, прикрепленной к нижнему блоку грузовой тележки (рис. 2.21) и подаются на штабель.

Способ приема бревен кабельным краном непосредственно с воды без бревнотаски показан на рис. 2.23. Кран этот, также обслуживающий крупный лесной склад, имеет качающуюся машинную башню, расположенную со стороны причального фронта и наклоненную над водой. Пачки бревен формируются на воде, подвешиваются к траверсе грузовой тележки и поднимаются сквозь металлоконструкцию башни. Пролет крана 500 м, полезная грузоподъемность 80 кН (8 т), скорость подъема груза 60 м/мин, скорость передвижения тележки 320 м/мин, скорость передвижения башен 6 м/мин. Кран по проекту в среднем делает 11 циклов в час.

Кабельный край с береговой консольной башней: грузовая тележка крана снабжена специальным челюстным захватом, работающим аналогично двухканатному челюстному грейферу для насыпных грузов. Пачки круглого леса, поступающие к причалам склада в баржах, захватываются челюстями захвата и затем подаются к местам укладки в штабеля.

Для перегрузки длинномерных бревен применяют кабельные краны с двумя грузовыми тележками, каждая из которых передвигается по отдельному несущему канату. Грузоподъемность таких кранов 150…200 кН (15…20 т). Расстояние между тележками 4…5 м. Каждая тележка имеет свои рабочие канаты: подъемный и тяговый.

2.2.6. Грузоподъемные механизмы

Лебедки. Лебедка – это машина для вертикального, горизонтального и наклонного передвижения груза при помощи каната, навиваемого на барабан. Лебедки бывают с ручным или электрическим приводом и являются составной частью подъемных кранов, подъемников. Используя в работе с лебедкой полиспаст, ее грузоподъемность (тяговое усилие) можно увеличить. Общий вид ручной лебедки ЛР-1 приведен на рис. 2.24, техническая характеристика – в табл. 2.14.

Рис. 2.24. Лебедка ручная ЛР-1[7]

Таблица 2.14. Лебедки ручные ТЛ [17]

Параметры	Лебедки ручные		
	ТЛ-2А	**ТЛ-3А**	**ТЛ-5А**
Тяговое усилие, кН	1,25	3,2	5
Канатоемкость, м	50	50	75
Диаметр каната, мм	11	16,5	22
Габаритные размеры, мм	655 × 500 × 720	805 × 640 × 860	930 × 900 × 860
Масса лебедки без каната, кг	150	230	470
Усилие на рычаг рукоятки, Н	100	120	120

Лебедки с ручным приводом применяются на строительно-монтажных и ремонтных работах. Лебедки с электродвигательным приводом используются в грузоподъемных машинах.

Тали. Таль – грузоподъемное устройство в виде зубчатой или червячной передачи с полиспастом, предназначенное для вертикального подъема и опускания груза. Тали классифицируют по нескольким признакам. По виду привода различают тали с ручным и с электродвигательным приводом. По возможности горизонтального перемещения поднятого груза выделяют стационарные и передвижные тали. Подвижная таль имеет роликовую тележку, смонтированную на монорельсе или пролетной балке.

Простейшая ручная таль (рис. 2.25) выполнена в виде червячного редуктора (3), на валах червяка и червячного колеса которого закреплены звездочки (5) и (4) соответственно. На звездочку (4) червячного колеса надета цепь (2) с полиспастом и грузовым крюком (1). На звездочку (5) надета замкнутая цепь (6), свисающая до пола. Для подъема-опускания груза, подвешенного на крюке (1), рабочий с помощью цепи (6) вращает червяк редуктора в ту или иную сторону. Грузоподъемность талей – 0,5…5,0 т. Таль подвижную с электродвигательным приводом иногда называются тельфером (нерекомендуемое название).

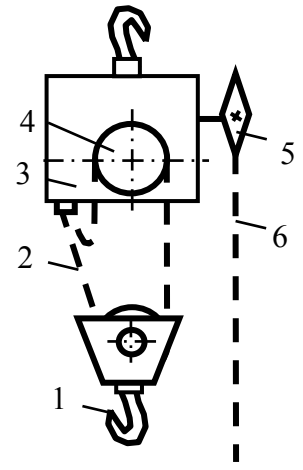

Рис. 2.25. Схема тали ручной [7]

Современная электроталь (рис. 2.26), оснащена электродвигателем (8) с лебедкой смонтированными в корпусе (3), канатным полиспастом и крюком для груза (1). Лебедка снабжена канатоукладчиком (7). Грузовая тележка (4) опирается катками на направляющие монорельса (5) и может перемещаться в горизонтальном направлении с помощью электродвигателя (6) и редуктора. Управление электродвигателями выполняется с помощью кнопочного пульта (2). Часто тали снабжаются радиопультами. Пользоваться им удобно с любого безопасного для крановщика места. При работе крановщик может повесить радиопульт на шею.

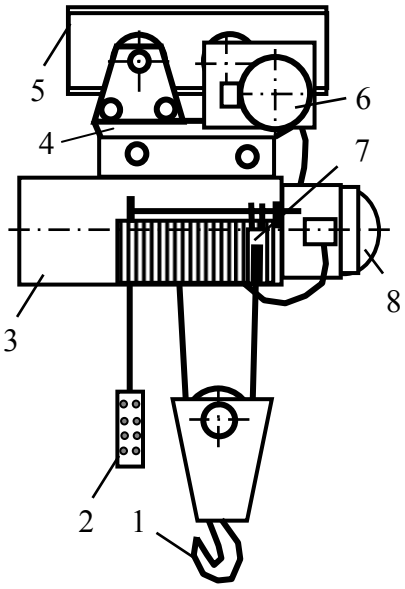

Рис. 2.26. Таль электрическая [17]

Российский рынок предлагает много различных электроталей, например: ТЭ 025-511; МД 0,5/6; МД 0,5/9; МД 0,5/12; МД 1,0/6; МД 1,0/9. Первая цифра модели указывает на грузоподъемность, т, вторая в талях серии МД – высоту подъема, м.

Грейфер. При погрузке и разгрузке штабелей коротья пользуются автоматическим захватным приспособлением типа грейфера (рис. 2.27). При разгрузке куч балансового коротья применяют иногда грейфер типа «полип» с четырьмя захватными щупальцами, стягиваемыми при помощи канатного полиспаста.

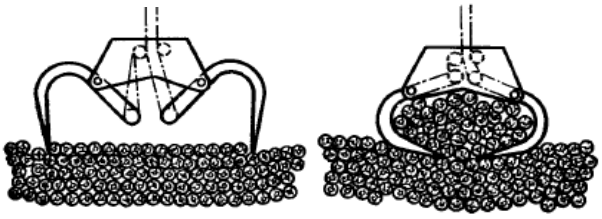

Рис. 2.27. Грейфер для захвата коротья [4]

2.2.7. Стреловые колесные погрузчики

Для погрузочно-разгрузочных работ используют стреловые колесные погрузчики, например М320МН (рис. 2.28). Погрузчик можно использовать для разгрузки (погрузки), как полувагонов, так и автомобильного подвижного состава или водного транспорта. Мощность двигателя погрузчика 130 л. с., высота подъема кабины от уровня платформы 2 м, скорость движения до 20 км/ч, масса с грейферным захватом 23 500 кг, площадь сечения захвата 0,63 м^2, максимальная высота подъема лесоматериалов 10 м, грузоподъемность на максимальном вылете в продольном направлении 18600 Н, максимальный вылет стрелы 11,5 м.

Рис. 2.28. Стрелочный колесный погрузчик М320МН [23]

2.2.8. Механизмы для укладки лесоматериалов в штабель

Для укладки лесоматериалов в штабель применяют различные лесоштабелеры (рис. 2.29, 2.30). Лесоштабелер ЛТ-163 может производить набор пачки круглых лесоматериалов из накопителя или плотного штабеля высотой 3…4 м, транспортировку этой пачки и ее укладку. Высота штабеля круглых лесоматериалов не должна превышать полуторократную длину бревен, укладываемых в штабель. При штабелевке вручную высота штабеля должна быть не более 1,8 м, при укладке челюстным погрузчиком – 3 м.

Рис. 2.29. Лесоштабелер ЛТ-163[28]

Рис. 2.30. Работа челюстного автопогрузчика [28]

2.2.9. Портальные автолесовозы

Портальные автолесовозы предназначены для перевозки по территории деревообрабатывающего предприятия пакетов пиломатериалов, древесностружечных и древесноволокнистых плит шириной до 1 800 мм и высотой до 1 300 мм. Выпускает портальные автолесовозы Соломбаевский машиностроительный завод – единственное предприятие на территории России и СНГ.

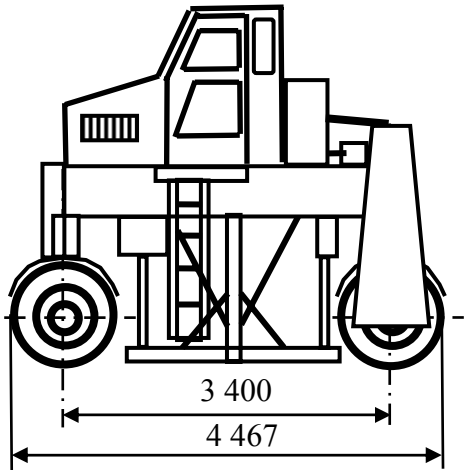

Рис. 2.31. Портальный автолесовоз Т-140М2 [6]

Автолесовоз (рис. 2.31) выполнен из унифицированных узлов, используемых в автомобилях ГАЗ, ЗИЛ, МАЗ, может перемещаться вперед и назад с одинаковой скоростью. Соломбаевский МЗ выпускает автолесовозы Т-140М2, Т-140М2 (уширенный, с шириной портала 2000 мм), Т-210А2. Автолесовоз Т-210А2 предназначен не только для перевозки пакетов пиломатериалов, но и для погружения их в ванну с раствором антисептика на глубину 1 750 мм от уровня дороги. Для этого машина снабжена утапливающим устройством. Пакет транспортируемого материала формируется на брусках, которые расположены над поверхностью дороги на расстоянии 150 мм. Автолесовоз наезжает на пакет (пакет оказывается в портале), захваты опускаются до поверхности дороги, смыкаются, захватывая бруски, затем захваты поднимают пакет и автолесовоз транспортирует его к месту назначения. Технические характеристики автолесовозов приведены в табл. 2.15.

Таблица 2.15. Технические характеристики портальных автолесовозов [6]

Наименование параметра	Марка автолесовоза	
	Т-140М2	**Т-150**
Грузоподъемность, кг	6 300	6 300
Наибольшие размеры транспортируемого пакета, мм:		
- ширина	1 800	1 300
- высота	1 300	1 300
- длина	6 500	6 500
Высота подъема груза, мм	500	500
Скорость движения с грузом, км/ч	40	40
Скорость подъема груза, м/с	0,14	0,1
Количество ведущих колес, шт.	2	2
Габаритные размеры, м	4,46 × 3,6 × 3,1	–
Масса, кг	5 920	5 200
Мощность двигателя, кВт	92,0	–

2.2.10. Штабелеры

Штабелер – грузоподъемное устройство, используемое для выполнения складских работ, погрузки, разгрузки автомобильного транспорта, формирова-

ния и разборки сушильных штабелей. Данная техника предназначена в основном для подъема и спуска груза. Высота подъема груза от 1,5 до 12 м.

Гидравлические штабелеры. Ручной гидравлический штабелер – самый простой и недорогой тип штабелера. Гидравлика может быть как с ручным, так и с ножным приводом (рис. 2.32). Грузоподъемность таких штабелеров от 500 кг до 2 т. Высота подъема относительно небольшая, хотя есть модели с высотой подъема до 3 м. Наиболее востребованы модели с подъемом около 1,6 м. Очень удобно использовать данный тип штабелера при разгрузке-погрузке транспорта.

Самоходные штабелеры. Самоходные штабелеры используются при интенсивных грузопотоках. Перемещение штабелеров и подъем вил осуществляется от аккумуляторной батареи.

Рис. 2.32. Штабелер [6]

2.2.11. Кучеукладчики (стаккеры)

Кучеукладчик, или стаккер (рис. 2.33, табл. 2.17), в противоположность описанным механизмам, укладывающим балансы в правильные штабеля, служит для беспорядочной укладки коротких чураков (длиной 1…2 м) в кучи и применяется при кучевом методе хранения древесины [4].

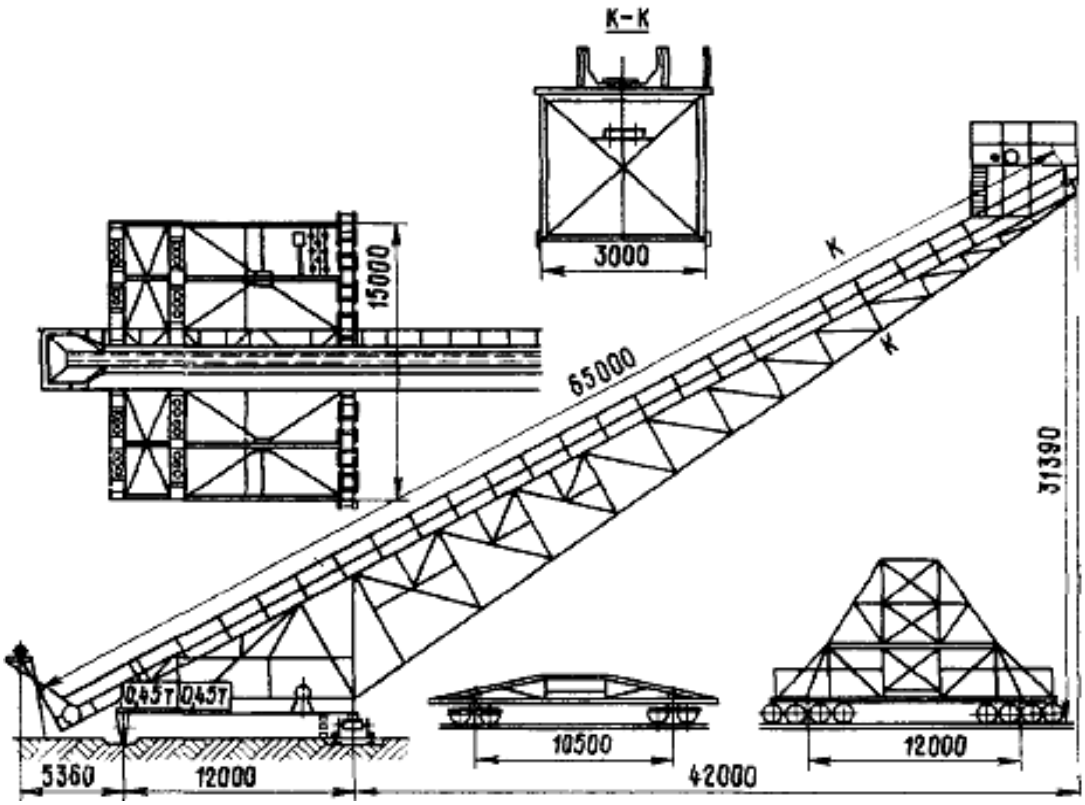

Рис. 2.33. Кучеукладчик с неподвижной стрелой для укладки коротья в кучи высотой 30 м [4]

Таблица 2.17. Техническая характеристика кучеукладчиков [4, 7]

Наименование показателей	Технические характеристики кучеукладчиков			
	одностороннего с неподвижной стрелой	одностороннего с подъемной стрелой		сдвоенного с подъемной стрелой типа ПМ-100
		типа ПС-200	типа ПС-200-2	
Высота отсыпаемой кучи, м	28	28	28	14
Высота разгрузочного конца стрелы, м	31,4	31	31	16
Длина стрелы, м	65	55	65,1	31,1
Производительность, $м^3$ плотной древесины в час	200	200	200	100
Скорость транспортера кучеукладчика, м/с	1,0	1,0	1,0	1,0
Скорость передвижения, м/с	0,33	0,33	0,4	0,4
Мощность электродвигателя, кВт: - транспортера кучеукладчика - подъема стрелы - передвижения кучеукладчика	 66,0 – 38,0	 55 36 37,2	 55 и 40 36 37,2	 28 26,5 18,6
Число опорных колес: - на передней раме - на задней раме	 16 4	 16 4	 16 4	 4 4
Масса кучеукладчика без противовеса, т	143	140	160	130
Масса противовеса, т	140	86	90	–

Кучеукладчик представляет собой наклонную металлическую ферму с углом наклона к горизонту около 30º, на верхней полке которой монтируется пластинчатый цепной транспортер, имеющий от одной до трех цепей. Чураки, поданные к кучеукладчику кабельным конвейером, падают в приемный карман, откуда их захватывает наклонный транспортер кучеукладчика и поднимает на высоту 25…30 м. Достигнув вершины кучеукладчика, чураки падают вниз и образуют конусообразную кучу, угол наклона которой соответствует углу естественного откоса материала, составляющему для окоренных балансов около 30…32º, а для дров в коре – 35…40º. Производительность кучеукладчика подсчитывается как для продольного транспортера и зависит от скорости, а также числа цепей (ширины желоба); она весьма значительна и может достигать 300 $м^3$ плотной древесины в час. В большинстве случаев кучеукладчики делают передвижными, для чего их монтируют на тележке, перемещаемой по трехрельсовому пути. Чтобы ферма не опрокинулась, на платформу тележки укладывают противовес.

Передвижение тележки позволяет получать кучи той длины, которая определяется заданным ее объемом и протяжением подстаккерных путей. Ширина, а следовательно, и объем кучи могут быть существенно увеличены устройством на конце стрелы наклонного лотка или транспортера, являющегося как бы продолжением транспортера, расположенного на стаккерной ферме. Иногда применяют сдвоенные кучеукладчики, служащие для засыпки одновременно двух куч по обе стороны рельсового пути. В этом случае отпадает необходимость в устройстве противовеса на платформе кучеукладчика, так как обе фермы взаимно уравновешивают друг друга. Установочная мощность двигателя для

транспортера при высоте подъема 20 м равна 37 кВт, при высоте 27 м – 45 кВт и при высоте 37 м – 55 кВт.

Односторонний кучеукладчик описанного типа работает на одном из наших целлюлозно-бумажных комбинатов. Кучеукладчик имеет восемь пар передних и четыре пары задних колес и перемещается по трехрельсовому пути. Масса его вместе с балластным грузом составляет около 300 т; поэтому для подстаккерных путей взяты рельсы большой прочности (типа I-A). Угол наклона фермы 28º. Для передвижения кучеукладчика служит электродвигатель мощностью 14,5 кВт. Длина транспортера 65 м; ширина лотка 1 м; цепей пластинчатого типа – две; скорость их движения 1 м/с; мощность электродвигателя 55 кВт. Нормальная производительность 250 м^3 плотной древесины в час; высота кучи – 28…30 м, ширина ее основания 80…85 м, длина – до 350 м.

Падая с большой высоты, особенно в первый период формирования кучи, чураки часто разбиваются, что увеличивает потери древесины и загрязняет ее. Для устранения этого недостатка кучеукладчики в последнее время строят так, что ферма может изменять наклон к горизонту. Для этого на опорном конце ее снабжают шарниром, вращаясь вокруг которого она может подниматься и опускаться с помощью полиспастной лебедки и тросов, перекинутых через блоки, укрепленные наверху башни или мачты (рис. 2.34).

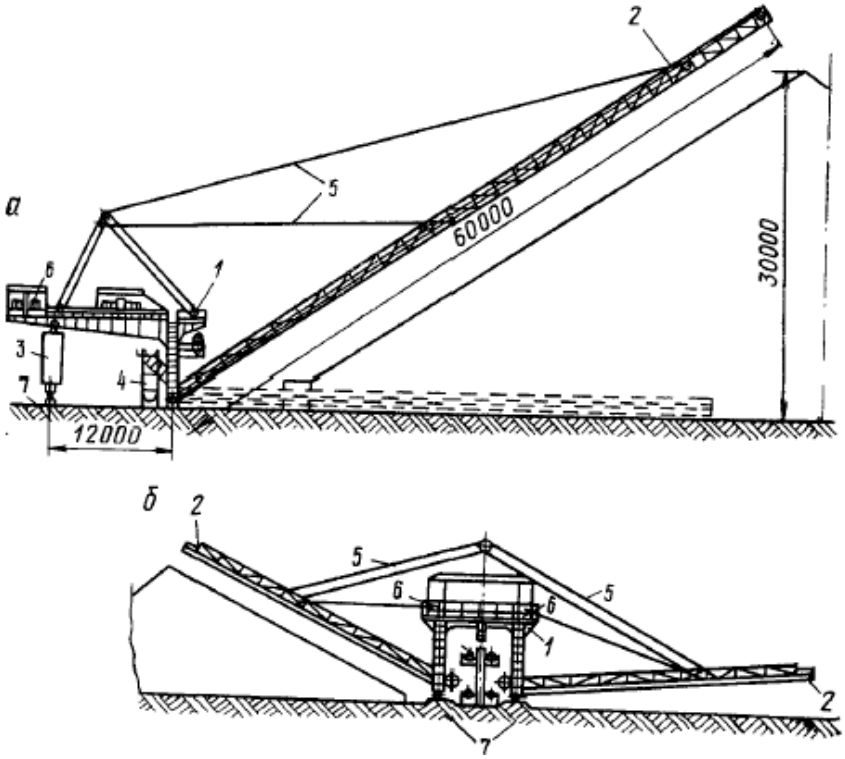

Рис. 2.34. Передвижные кучеукладчики с подъемной стрелой [4]:
а – односторонний; *б* – сдвоенный: 1 – портал; 2 – стрела; 3 – противовес;
4 – конвейер для подачи коротья к кучеукладчику; 5 – подъемные тросы;
6 – полиспастные лебедки; 7 – подстаккерные пути.

Возможность изменять угол наклона фермы к горизонту позволяет в начальный период насыпания кучи держать ферму опущенной и поднимать ее постепенно, по мере роста кучи. Такое устройство дает возможность пользоваться обратной

ветвью стаккерного транспортера при разгрузке куч. К кучеукладчику древесину подают канатным транспортером, проходящим внутри портала между рельсами, служащими для его передвижения.

2.2.12. Транспортирующие устройства для передвижения древесины по бирже

Для передвижения древесины по бирже от выгрузочных механизмов к штабелям или кучам и от штабелей и куч в производство служат разные транспортирующие устройства: рельсовые пути узкой или широкой колеи с вагонетками, продольные и поперечные транспортеры, водяные лотки. Механические транспортеры применяют разных типов. Это поперечные, продольные, канатные и цепные транспортеры. Цепи также весьма разнообразны. Широко применяются обыкновенные сварные цепи со звеньями из круглого железа и фасонные шарнирные со звеньями из ковкого чугуна или пластинок [4]. Оборудованию биржи механическими транспортерами благоприятствуют короткие расстояния (до 400…500 м), прямолинейность путей и высокая производительность механизмов. Особым достоинством механических цепных транспортеров является при рациональной их конструкции небольшой расход энергии. Например, поперечный четырехцепной транспортер на роликах с цепями легкой конструкции из полосового железа расходует около 4 кВт на 100 м длины при весьма большой производительности, достигающей 150 м^3 плотной древесины в час.

Типовым транспортером для перемещения коротких чураков на большие расстояния при кучевом методе хранения является канатно-дисковый, рабочим органом которого служит стальной трос диаметром 25…32 мм с закрепленными на нем через 1,2…1,8 м муфтами. Производительность транспортера этого типа достигает 250 м^3 древесины в час при скорости движения каната до 1,4 м/с. К недостаткам его нужно отнести весьма значительный расход энергии (около 22 кВт на 100 м длины) вследствие сильного трения муфт о дно лотка и балансовых чураков о его стенки. Чтобы уменьшить трение, в лоток транспортера подают воду, сообщая лотку небольшой уклон.

Кроме транспортеров и конвейеров, для транспорта древесины применяют водяные лотки [4]. Лотки изготовляют из дерева или бетона в виде желоба трапецеидального сечения и располагают в земле или на стойках. Лотку придают небольшой уклон, обеспечивающий необходимую скорость течения воды. Для питания лотка наиболее целесообразно использовать дешевую и несколько подогретую в процессе производства сточную воду, особенно в тех случаях, когда по местным условиям сточные воды могут быть поданы к лотку самотеком, без перекачки. Расчет и опыт показывают, что опасаться замерзания воды в лотке зимой нет основания, так как максимальное понижение температуры воды, даже при больших морозах, не превышает нескольких градусов при длине лотка свыше 1…1,5 км. К числу часто наблюдаемых недостатков этого вида транспорта относится образование заторов, обычной причиной которых является местная потеря скорости из-за просадки лотка. Неприятным следствием неплотности лотка является также возникновение под лотком ледяных наростов зимой и сырости летом.

2.2.13. Технологический расчет специального крана

Расчет производительности крана. Техническая производительность кранов (П) определяется по формуле

$$П = Q_{ср}Z,$$

где $Q_{ср}$ – масса груза, перемещаемого за один цикл; Z – число циклов в час.

Число циклов работы машины в час:

$$Z = \frac{3\,600}{T_ц},$$

где $T_ц = it$ – цикл работы машины, определяемый среднесуточной затратой времени (t, c) на отдельные элементы подъемно-транспортных операций (i), связанных с захватом груза, подъемом, перемещением его к месту разгрузки и возвращением рабочего органа машины обратно.

Число машин, требующихся для осуществления подъемно-транспортной операции на j-м участке завода, определяется отношением грузопотока A_j и расчетной производительности выбранной грузоподъемной машины $П_{Пj}$ на этом участке. Если кран обслуживает несколько участков, то общая потребность в машинах этого типа составит:

$$K = \sum(A_i/П_{Пi}).$$

Расчетная производительность подъемно-транспортной машины:

$$П_П = П_{ки},$$

где $П_{ки} = k_{гр}k_в$ – коэффициент использования машины по грузоподъемности $k_{гр}$ и по времени $k_в$.

Полный коэффициент использования машины во времени определяется произведением:

$$K_в = k_с k_г,$$

где $k_с$ – коэффициент суточного использования (учитываются потери на профилактические осмотры, сдачу смен); $k_г$ – коэффициент годового использования с учетом нормативных простоев в ремонте, нерабочих дней, аварийных простоев и простоев технологического оборудования.

Фактическое использование машины оценивается коэффициентом $k_ф$, который определяется отношением фактической продолжительности работы $T_ф$ к календарному фонду T и связан с коэффициентом использования по времени зависимостью:

$$k_ф = \frac{T_ф}{T} = k_в k_п,$$

где коэффициент $k_п$ характеризует особенности или недостатки в организации производственного процесса, в том числе подъемно-транспортных работ и может быть получен сопоставлением расчетной и практической производительности машин.

Коэффициенты использования машин по времени $k_в$ и грузоподъемности $k_{гр}$ связаны с режимом работы и заданной долговечностью. В зависимости от

продолжительности включения (ПВ), которая определяется по отношению продолжительности работы $T_{раб}$ механизма в течение цикла ко всей продолжительности цикла $T_ц$, %:

$$ПВ = \left(\frac{T_{раб}}{T_ц}\right) \cdot 100\ \%,$$

установлены режимы работы [2] и соответствующие им значения коэффициентов $k_р$, $k_с$ и расчетные рабочие фонды времени, используемые в экономических расчетах (табл. 2.16).

Таблица 2.16. Характеристика режимов работы [7]

Группы режимов работы		Показатели			
по ГОСТ 25835-83	**по Ростехнадзору**	**ПВ, %**	$k_г$	$k_с$	$T_ф$, ч
1М, 2М, 3М	Легкий	15	–	0,40	1 160
4М	Средний	25	0,50	0,45	1 970
5М	Тяжелый	40	0,75	0,50	3 270
6М	Весьма тяжелый	40	0,80	0,65	4 540

Расчет обслуживаемой специальным краном площади [9]. При расчете обслуживаемой площади мостовым радиальным краном, вращающимся относительно одной из опор, следует учесть, что она будет менее площади кольца радиусом R, где R – расстояние от оси вращения до ходового колеса крана. Это уменьшение определяется расстоянием, на которое грузовая тележка не может подходить к кольцевому рельсу и к центральной опоре. Мостовой хордовый кран, как и радиальный, перемещается так же по одному кольцевому рельсу, однако площадь обслуживания у него меньше, чем у радиального из-за большей «мертвой зоны» у кольцевого рельса. Бóльшую площадь обслуживания можно получить при использовании поворотного мостового крана за счет активной рабочей зоны в центре рабочей площадки. Больше всего отличается расчет площади обслуживания и производительности мостового (кольцевого) крана, перемещаемого по двум кольцевым рельсам с радиусами R_{min} и R_{max}.

Площадь, обслуживаемая краном (рис. 2.35):

$$F = \pi(R_{max} - b - R_{min} - a),$$

где R_{max} и R_{min} – радиусы ездовых путей кольцевого крана; a и b – расстояние грузозахватного устройства в крайних положениях.

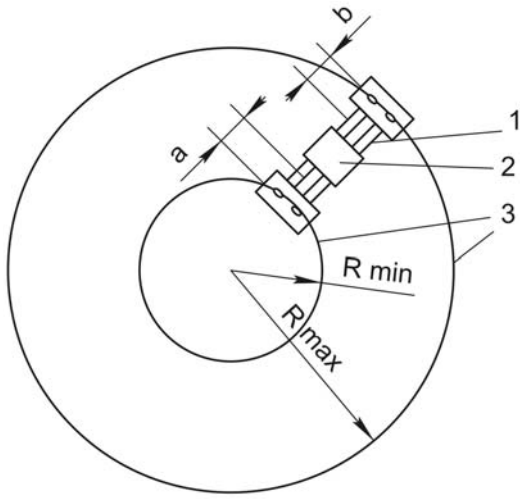

Рис. 2.35. Схема к расчету обслуживаемой площади мостовым (кольцевым) краном [9]: 1 – мостовой (кольцевой кран); 2 – тележка; 3 – ездовые пути

Вопросы для самопроверки

1. Какое оборудование необходимо иметь на складе сырья для приема и укладки материала?
2. Классификация кранов.
3. Классификация мостовых кранов.
4. Классификация стреловых кранов.
5. Классификация кранов по конструкции грузозахватывающего устройства.
6. Классификация кранов по виду перемещения: их достоинства и недостатки.
7. Мостовой кран: назначение, основные конструктивные узлы, принцип работы.
8. Кран-балка: назначение, основные конструктивные узлы, принцип работы.
9. Дайте характеристику однобалочному мостовому опорному крану.
10. Портальный кран: назначение, характеристика.
11. Козловой кран: назначение, основные конструктивные узлы, принцип работы.
12. Грузоподъемные механизмы: назначение, классификация.
13. Виды транспортирующих устройств для перемещения древесины по бирже.

ГЛАВА 3
ОБОРУДОВАНИЕ ДРЕВЕСНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ЦЕХА

Хранение древесной породы на лесных складах является одной из основных операций по подготовке древесины к переработке. Последующие операции по подготовке балансов и дров к процессу варки целлюлозы либо полуцеллюлозы сводятся к распиловке, окорке, рубке балансов в щепу, сортировке щепы и дополнительному измельчению большой щепы. Эти операции производятся в древесно-подготовительном цехе (ДПЦ).

3.1. Оборудование для приема и распиловки длинного баланса

Оборудование для приема и распиловки длинномерной древесины включает в себя раскатный стол, слешер, установку пересыпа балансов и транспортер отходов.

3.1.1. Раскатный стол

Устройство поштучной выдачи пиловочника КСП-10 (рис. 3.1, табл. 3.1) предназначено для механизации и автоматизации процесса поштучной подачи пиловочника на автоматизированный сортировочный транспортер с двух- или односторонней сброской (ЛТ-182, ЛТ-182-01, ЛТ-86Б и др.) на лесопильных и деревообрабатывающих предприятиях. Возможно применение устройства для поштучной подачи пиловочника на высокопроизводительное распиловочное оборудование (R200 и др.) [18].

Рис. 3.1. Устройство поштучной выдачи пиловочника КСП-10 [18]: внешний вид

Таблица 3.1. Технические характеристики раскатного стола [4]

Наибольший объем обрабатываемой пачки бревен, $м^3$	30
Производительность по чистому времени работы при среднем объеме бревна 0,17 $м^3$/ч, не менее	88
Минимальный цикл выдачи бревна, с	5 (3 с для подачи на R200)
Диаметр обрабатываемых лесоматериалов, см	10…60
Длина обрабатываемых лесоматериалов, м	3,2…6,5
Режим работы при температурах, ºС	от + 40 до –40
Габаритные размеры, м: - длина - высота - ширина	19,78 3,9 10,2
Мощность установленных двигателей, кВт, не более	27,5
Конструктивная масса не более, кг	32 300

Состав устройства:

– грузовой стол – создание оперативного запаса бревен и их порционная подача на раскатной стол. Тип – цепной, пятиконтурный; длина – 8 м; грузоподъемность – до 30 $м^3$ бревен; привод – электрогидравлический, с помощью гидроцилиндра и храповой передачи;

– раскатной стол – раскатка в шесть бревен, поступивших с грузового стола, и их равномерная подача на питатель. Тип – цепной, пятиконтурный; длина – 4 м; привод – электрогидравлический (гидромотор и редуктор);

– питатель – цикличная поштучная подача бревен на загрузочный транспортер. Тип – ступенчатый с возвратно-поступательным прямолинейным движением; привод – электрогидравлический, с помощью двух гидроцилиндров;

– загрузочный транспортер – разгон бревна и его подача на сортировочный транспортер. Тип – одноцепной с траверсами; привод – электромеханический;

– транспортер уборки отходов – удаление мусора из под грузового и раскатного столов, питателя и загрузочного транспортера. Тип – двухцепной с одной траверсой; привод – электрогидравлический (гидромотор и редуктор);

– гидрооборудование – трехконтурный гидропривод грузового и раскатного столов, питателя, транспортера уборки отходов. Вместимость гидробака – 250 л;

– электрооборудование, состоящее из силового электрошкафа, пульта управления, контроллера, индукционных и оптических датчиков, обеспечивающих автоматизацию работы устройства;

– борта, площадки, лестницы и перила.

Устройство поштучной выдачи пиловочника КСП-10 имеет возможность работы в автоматическом и ручном режиме (поэлементно: грузовой стол, раскатной стол, питатель, транспортер отходов, загрузочный транспортер). По заявке заказчика КСП-10 может быть изготовлен правого или левого исполнения.

3.1.2. Балансирные пилы, многопильные установки (слешеры)

На небольших целлюлозно-бумажных предприятиях для распиловки бревен используют дисковые пилы. Рабочим органом пильного станка является стальной диск с нарезанными по окружности зубьями, заточенными под углом около 60° к плоскости диска; диск насажен на вал. Диаметр диска определяется толщиной бревна и обычно колеблется от 1 до 1,5 м. Толщина пилы составляет 1/250…1/300 ее диаметра, а ширина пропила превышает толщину диска приблизительно в 1,5 раза. Частоту вращения дисковой пилы выбирают с таким расчетом, чтобы окружная скорость составляла около 50…60 м/с.

Распространены в основном балансирные, качающиеся или маятниковые пилы. В станках этого типа распиливаемое бревно в момент разреза неподвижно, и распил производится надвиганием диска пилы, укрепленной на качающейся раме. Бревно подают к пиле по роликовому транспортеру и в момент распила удерживают на месте рычагом. Пилу обслуживают двое рабочих: один регулирует подачу бревен, а другой надвигает диск пилы на бревно. Рама снабжена противовесом, подвешенным через блок на стальном тросе. Диаметр диска балансирной пилы марки ЦБ-100-3 1000 мм, частота вращения диска

980 об/мин; пила снабжена электродвигателем мощностью 10,5 кВт и предназначена для распиловки бревен диаметром до 300 мм. Производительность пилы колеблется в пределах от 10 до 15 м^3 древесины в час [19].

По принципу надвигания распиливаемых бревен на вращающийся диск пилы работают многопильные станки непрерывного действия, или так называемые слешеры. Выгружаемые из воды или железнодорожных платформ пучки древесины поступают на раскатный стол и далее на лесотранспортер многопильного станка (слешера), где распиливаются на чураки длиной 1,25…1,5 м. На рис. 3.2 показано устройство и принцип действия многопильного станка (слешера), получившего наибольшее распространение для распиловки балансов.

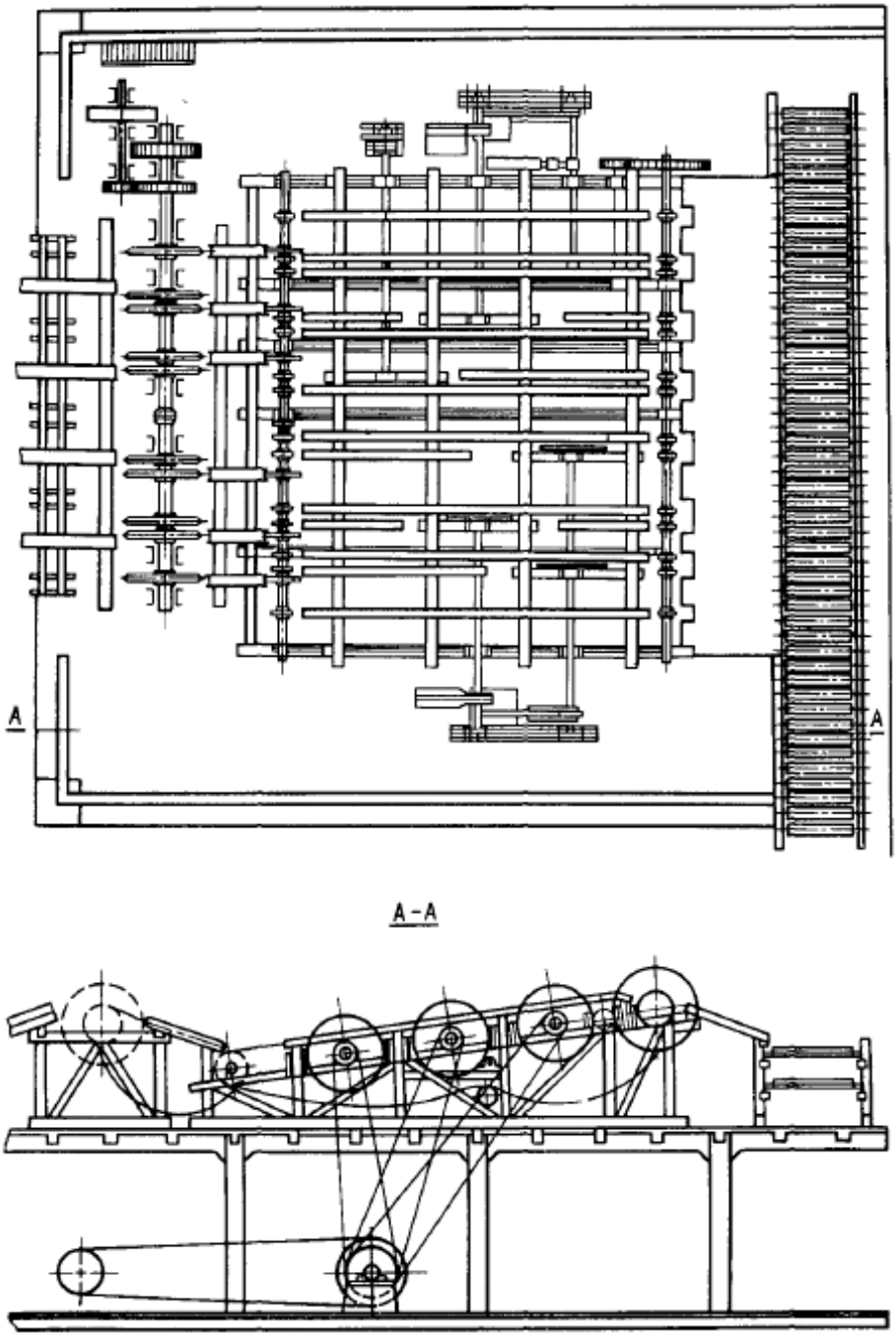

Рис. 3.2. Многопильный станок (слешер) [4]

Слешер состоит из смонтированного на наклонной деревянной или металлической раме многоцепного транспортера. Цепи транспортера шарнирного типа снабжены мощными захватами и приводятся в движение от привода, расположенного под рамой, через звездочки, закрепленные на валу. Балансы поступают к слешеру лесотранспортером, с которого автоматически сбрасываются на движущийся транспортер. Захваченные балансы с постоянной скоростью (около 0,2 м/с) поочередно надвигаются на вращающиеся дисковые пилы, распиливаются на отрезки определенной длины и поступают на продольный транспортер, которым подаются к окорочным устройствам. Число пил на слешере определяется необходимым числом резов. В целлюлозном производстве 6…7-мет-ровые балансы обычно распиливаются на отрезки длиной 2…2,5 м. В этом случае достаточно двух пил. При распиловке балансов на более короткие отрезки для древесномассного производства число пил на слешере увеличивается до шести-семи. Диаметр пил равен 1 500 мм, толщина 6 мм, производительность слешера 150…250 пл. м^3 древесины в час. Потери древесины на опилки при распиловке не велики (0,3 %) и определяются по ширине пропила, который составляет около 1,5 толщины пилы. Например, для пилы диаметром 1 500 мм, толщиной 6 мм ширина пропила будет 9 мм. Следовательно, при распиловке шестиметрового бревна на три части, т. е. при двух резах, потери древесины на опилки составят:

$$П = \frac{b \cdot n}{l} \cdot 100 = \frac{9 \cdot 2}{6\,000} \cdot 100 = 0{,}3\ \%,$$

где b – ширина пропила, мм; n – количество резов, шт.: $n = s - l$ (s – количество частей баланса при распиловке, шт.); l – длина баланса, мм.

При распиловке балансов для производства древесной массы эти потери больше (до 2…3 %), так как часть древесины теряется в виде отпиливаемых торцов бревен [6]. Распиленные балансы направляются на окорку.

Вопросы для самопроверки

1. Какие основные технологические операции необходимы для подготовки балансов и дров к процессу варки целлюлозы?
2. Какое оборудование необходимо для приемки и распиловки длинномерной древесины?
3. Опишите конструкционную характеристику и принцип действия КСП-10.
4. Дайте классификацию распиловочных станков.
5. Опишите принцип действия распиловочного станка.
6. Опишите конструкционную особенность и принцип действия многопильной установки (слешера).
7. Какие потери древесины наблюдаются в процессе распилоки?
8. От чего зависит процент потерь древесины в процессе распиловки?
9. Рассчитайте процент потерь древесины для пилы диаметром 1 500 мм, толщиной 5 мм при распиловке девятиметрового бревна на пять частей.

3.2. Оборудование для окорки древесины

Существуют различные способы окорки. Производительность окорочного оборудования зависит от вида древесины, места ее произрастания, от характера ее подготовки, способа и продолжительности хранения, а также от способа, интенсивности и продолжительности увлажнения (замочка, пропарка).

3.2.1. Физико-механические характеристики процесса

Рис. 3.3. Вид сортового баланса [6]

При подготовке древесины к переработке, ее поверхность должна быть тщательно освобождена от коры. После окорки древесина измельчается в щепу и сортируется [1]. При отделении коры используется разница в физико-механических характеристиках древесины и коры. На этот процесс сильно влияет влажность коры. Вместе с корой в процессе окорки снимается более или менее толстый слой древесины. Данные о потерях древесины, приведенные во многих литературных источниках, противоречивы. При окорке происходит потеря древесины (в барабанах до 1,5…8 %, в роторных станках – до 0,5…7 %). Потери древесины, в первую очередь, зависят от породы и качества балансов и способа окорки. Так, например, окорочные барабаны могут быть для мокрой, полусухой и сухой окорки. При мокрой окорке потери древесины обычно не превышают 1,5 %, тогда как при сухой окорке эти потери увеличиваются в два раза и более. Однако при мокрой окорке потребление воды, а соответственно, и объем стоков, порядка 10 $м^3/м^3$ древесины. Сточные воды после окорки древесины загрязнены мелкими твердыми частицами и растворенными веществами, главным образом, фенольной природы, что требует энергоемкой очистки. При полусухой окорке удельный расход воды можно сократить до 2…3 $м^3$ и менее. Сухая окорка не дает мокрых отходов. Используемое при этом небольшое количество воды в виде пара (0,025…0,055 $м^3/м^3$ древесины) лишь на 1…1,5 % повышает влажность коры, что не затрудняет последующую утилизацию отходов окорки.

Существуют методы подготовки древесины к переработке в волокнистые полуфабрикаты, исключающие окорку [1], с последующим повышением эффективности очистки полученного полуфабриката. Обоснованием такого технологического приема является большое количество потерь древесины во время окорки. Однако целесообразность такой технологии не была доказана, т. к. очистка древесного сырья способствует удалению малоценных компонентов, на варку которых расходуется тепло и химикаты [1]. На долю коры приходиться значительная часть объема ствола:

Вид баланса	Содержание коры, %
Еловый	11
Сосновый	15
Осиновый	14
Березовый	13
Лиственничный	16

Определяющее значение в процессах отделения коры от древесины принадлежит силам сцепления коры с древесиной, зависящим от влажности и тем-

пературы. Подсушивание древесины увеличивает силы сцепления коры с древесиной в 2…3 раза, а промораживание в 8…10 раз.

На потери древесины также влияет требуемая степень удаления коры. Полное удаление коры приводит к значительным экономически неоправданным потерям древесины, поэтому в древесине, идущей на переработку допускается некоторое количество коры, содержание которой регламентируется в зависимости от конечного продукта [1]. Так, содержание коры в балансах для производства дефибрерной древесной массы не должно превышать 2…5 %, а в технологической щепе для производства механической массы для бумаг с механической сорностью – уже не более 1,0 %. Технологическая щепа для сульфитной варки должна содержать не более 1,0 % коры, для сульфатной и бисульфитной – 1,5 %, для полуцеллюлозы – 3,0 %. В гидролизных производствах при получении этанола, дрожжей, фурфурола и глюкозы допускается содержание коры в технологической щепе до 11 %. В технологической щепе, идущей на производство древесноволокнистых и древесностружечных плит, может содержаться до 15 % коры.

С целью интенсификации процесса окорки предусматривают предварительное выдерживание древесины в воде и тепловую обработку перед окоркой [20]. Полная окорка баланса производиться с использованием высокопроизводительного окорочного оборудования. Процесс окорки может производиться сухим, полусухим и мокрым способом.

3.2.2. Классификация корообдирочного оборудования

В зависимости от способа отделения коры от ствола (в результате срезания ножами, трения бревен друг о друга, сдирания по слою камбия, смывания струей воды высокого давления) машины, служащие для окорки древесины, классифицируются по принципу действия (рис. 3.4) [4, 21].

Механический метод окорки основан на удалении с древесины коры при помощи специального коросъемочного инструмента (кулачков, ножей, фрез, цепей) или за счет трения балансов друг о друга и о специальные поверхности окорочных машин (фрикционный метод). Кулачковые, ножевые, фрезерные и цепные корообдирки предназначены для поштучной окорки балансов. Рабочий орган – стальной диск, закрепленный на вертикальном или горизонтальном валу. С задней стороны вала к диску прикреплены ножи, режущая кромка которых наступает на рабочую сторону диска через предусмотренные для этого прорези. Обрабатываемый чурак прижимается боковой поверхностью к диску, и ножи срезают покрывающую его кору.

Струйный метод основан на действии струи воды или воздуха высокого давления на поверхность неокоренной древесины. Его применение экономически выгодно лишь при окорке балансов диаметром более 0,6 м.

Существует широкая классификация дисковых корообдирок, однако принцип действия всех модификаций одинаков. Бревно продвигается вдоль диска по роликовому столу, обычно с принудительным вращением роликов, а вокруг оси поворачивается с помощью ролика, снабженного шипами («ерша»). Работа корообдирки регулируется изменением скорости подачи бревна. Частота вращения вала – 600…1500 мин$^{-1}$. Вместе с корой в процессе окорки снимается более

или менее толстый слой древесины, вследствие чего окорка сопровождается большими потерями древесины. Корообдирки трения, или фрикционные, работают по принципу трения одного бревна о другой и о стенки аппарата. Классифицируются на три группы: корообдирочные (окорочные) барабаны; бункерные корообдирки; туннельные корообдирки. Бункерные корообдирки могут быть однокамерные и многокамерные. В качестве примера на рис. 3.5 представлены корообдирки бункерные (карманные) систем Ваплан и Финжиттан. В обоих случаях балансам сообщается колебательное движение, а эффект окорки достигается путем трения одного баланса о другой.

Рис. 3.4. Классификация машин для окорки древесины [21]

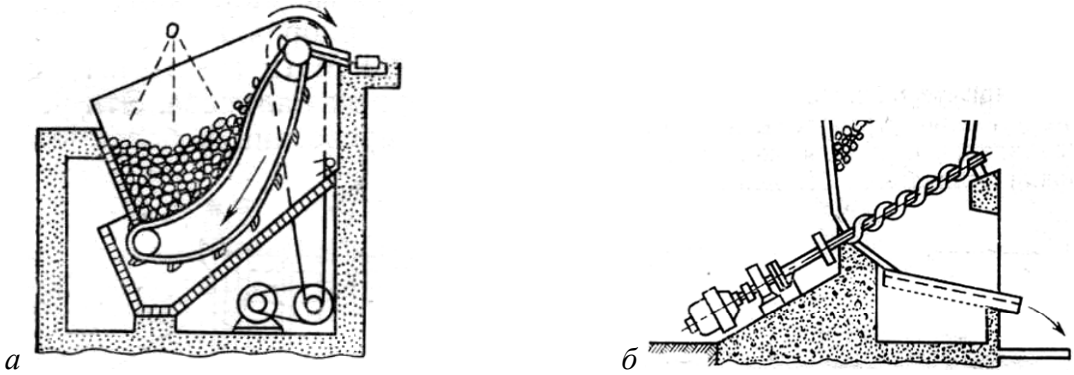

Рис. 3.5. Однокамерные корообдирки [1]:
а – Ваплан; *б* – Финжиттан

Многокамерная корообдирка представлена на рис. 3.6.

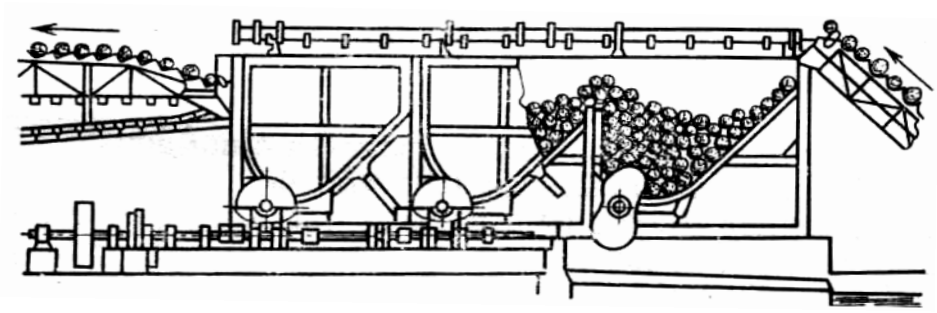

Рис. 3.6. Окорочная установка Торне [1]

Бункерные корообдирки хорошо зарекомендовали себя при окорке равномерных по форме балансов. Поверхность древесины в этих установках повреждается меньше, чем в окорочных барабанах. Это оборудование характеризуется меньшим расходом энергии, чем корообдирочные барабаны. Применяются для окорки балансов длиной до 5 м.

Из всего многообразия окорочных механизмов – ножевых, фрезерных, кулачковых, фрикционных барабанных, фрикционных бункерных, гидравлических, пневматических с наполнителем – для подготовки древесного сырья при изготовлении волокнистых полуфабрикатов наибольшее распространение получили корообдирочные барабаны, а в этой группе – барабаны с беспорядочной укладкой сырья [21]. Корообдирочные барабаны с беспорядочной укладкой сырья, обеспечивая за счет групповой обработки бревен высокую производительность, позволяют производить окорку короткомерного сырья любого диаметра при сравнительно небольших потерях древесины, а также окорку колотых лесоматериалов с одновременным удалением деструктивной гнили. Достоинство этих барабанов – на качество окорки не влияют погрешности формы окоряемого сырья.

Корообдирочный барабан представляет собой полый вращающийся цилиндр с загрузочным лотком и выпускным устройством, выполненным в виде регулируемого затвора, перекрывающего поперечное сечение барабана. Барабан работает непрерывно, но возможен периодический режим работы барабана, осуществляемый неполным закрытием затвора на необходимое для окорки время. При вращении барабана каждый из находящихся в нем балансов претерпевает ряд последовательных циклов подъема – обрушения, в процессе которых подвергается разнообразным динамическим воздействиям, приводящим к отделению коры, при этом основное значение имеют взаимные контакты балансов, особенно в фазе обрушения. В барабанах непрерывного действия поверхность обрушения наклонена не только к плоскости поперечного, но и продольного сечения барабана за счет разности уровней окоряемого сырья на входе и выходе из барабана. Уровень на входе определяется интенсивностью загрузки, а на выходе – степенью закрытия затвора. Наклон поверхности обрушения в плоскости продольного сечения обеспечивает продвижение балансов вдоль барабана с определенной средней скоростью.

Корообдирочные барабаны относятся к фрикционным устройствам групповой обработки, в которых отделение коры происходит по камбиальному

слою за счет трения балансов друг о друга и о стенки барабана. На процесс окорки решающее влияние оказывают силы сцепления (адгезии) коры с древесиной, которые зависят от состояния камбиального слоя и обусловлены породой и временем заготовки древесины, способом ее транспортировки, способом и длительностью хранения, температурой в момент подачи на окорку. Сокращение необходимой продолжительности обработки сырья в барабане достигается путем интенсификации окорки. По способу интенсификации корообдирочные барабаны подразделяются на четыре типа: барабаны мокрой, полусухой, сухой окорки и комбинированные барабаны.

В барабанах мокрой окорки в качестве интенсификатора используется горячая вода. Водой заполняется корпус барабана, в некоторых конструкциях перфорированный барабан вращается в ванне, заполненной водой. Кора удаляется вместе с потоком воды и выходящими из барабана балансами.

Барабаны полусухой окорки разделены на две равные части. В первой (со стороны загрузки) части (глухой) окорка осуществляется в водной среде, как и в барабанах мокрой окорки, а во второй (перфорированной) части – без применения воды. Барабаны полусухой окорки вследствие меньшего расхода воды и более высокой производительности практически вытеснили барабаны мокрой окорки. Отечественным машиностроением барабаны мокрой окорки не выпускаются.

В барабанах сухой окорки используют механические интенсификаторы в виде ножей для предварительного разрушения коры, насыщенный пар или газовый теплоноситель. Барабаны с механическими интенсификаторами получили распространение в лесной промышленности для окорки низкокачественного сырья. Ножи, установленные на внутренней поверхности корпуса барабана, способствуют разрушению и лучшему отделению гнили. В целлюлозно-бумажной промышленности применяются также барабаны сухой окорки с использованием пара. Преимущество этих барабанов – исключение из технологического процесса операций по обезвоживанию коры, меньшее загрязнение сточных вод. Недостаток этих барабанов – несколько ограниченная область использования: их применение экономически нецелесообразно (из-за резкого снижения производительности) при обработке сырья с сухим (влажностью менее 40 %) камбиальным слоем, так как пар почти не повышает влажность коры.

В комбинированных барабанах в зависимости от влажности сырья может осуществляться как сухая окорка с использованием пара, так и полусухая окорка. В первой секции барабана, составляющей одну треть его длины, обеспечивается увлажнение сырья, достаточное для осуществления эффективной окорки в перфорированных секциях. Корпус барабана имеет цилиндрическую форму и изготовляется из полос профильного железа, соединенных кольцами, в промежутки между которыми проваливается отвалившаяся кора. У выхода из барабана окоренные балансы окончательно очищаются от остатков коры струей воды. Недостаточно окоренные балансы возвращаются в барабан.

Качество окорки характеризуется степенью удаления коры с поверхности балансов (%) и определяется по формуле:

$$O = \frac{S - S_1}{S} \cdot 100,$$

где O – степень окорки, %; S – площадь всей боковой поверхности баланса, м^2; S_1 – неокоренная площадь боковой поверхности баланса, м^2.

В корообдирочных барабанах начальная стадия окорки протекает медленно, затем, по мере повреждения коры, окорка ускоряется, но при достижении степени окорки 80…90 % снова резко замедляется. Основными технологическими факторами, регулируемыми с целью достижения заданной степени окорки, являются расход и параметры теплоносителя (воды и пара) и продолжительность пребывания балансов в барабане.

3.2.3. Односекционный корообдирочный барабан КБ и КБП

Корообдирочные барабаны предназначены для групповой (сухой или мокрой) окорки древесины хвойных и лиственных пород с использованием в качестве интенсификатора окорки пара или подогретой воды. Область применения – целлюлозно-бумажные и лесозаготовительные предприятия.

Рис. 3.7. Односекционный корообдирочный барабан [27]

Односекционные корообдирочные барабаны (рис. 3.7, 3.8) включают перфорированную цельносварную секцию (4) с опорными бандажами (6), приводную и опорно-упорные станции (7), выпускное устройство с гидроприводом (8), загрузочную стенку (1), лотки (5) для отвода отходов окорки и отсоса парпылевыделений и электрооборудование. Секция устанавливается с уклоном 1 : 150 на две опорно-упорные станции и приводится во вращение от двухсторонней приводной станции через зубчатый венец.

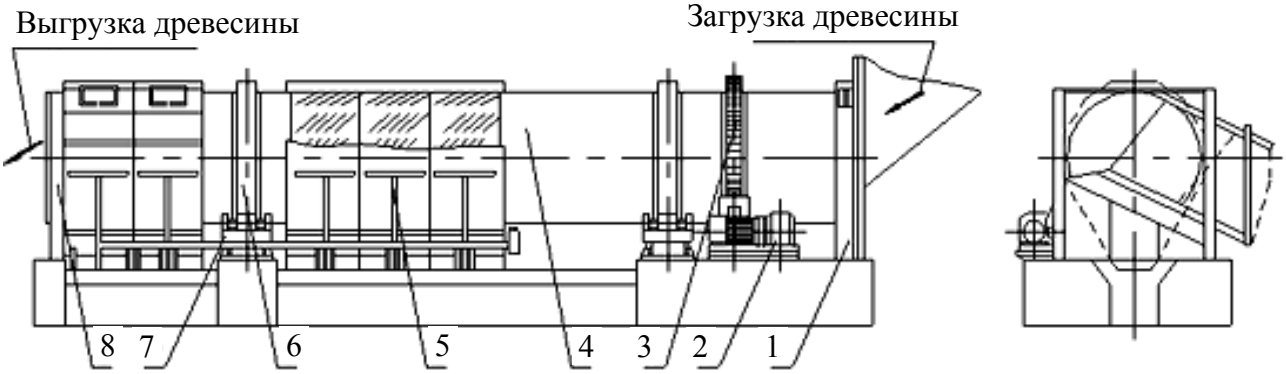

Рис. 3.8. Односекционный корообдирочный барабан [27]:
1 – стенка загрузочная; 2 – станция приводная; 3 – установка зубчатого венца; 4 – секция; 5 – установка лотков отвода отходов окорки; 6 – установка бандажа; 7 – станция опорная; 8 – устройство выпускное

По требованию заказчика, корообдирочные барабаны могут поставляться с постоянной или с регулируемой частотой вращения секции. В зависимости от направления вращения секции – по часовой или против часовой стрелки – бара-

баны могут изготавливаться левого (КБ) и правого (КБП) исполнений. Выпускное устройство с диагональным затвором обеспечивает регулирование степени заполнения секции и полное ее опорожнение при обслуживании и ремонте. Перфорированные зоны секции ограждены лотками закрытого типа.

Конструкции и габариты узлов корообдирочных барабанов обеспечивают их транспортирование железнодорожным транспортом.

Технические характеристики барабанов приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Технические характеристики барабанов КБ и КБП [27]

Параметр	КБ-410Б КБП-410Б	КБ-412Б КБП-412Б	КБ-420Б КБП-420Б	КБ-425Б КБП-425Б	КБ-525Б КБП-525Б
Размер окариваемой древесины, мм: - длина *l* - диаметр *d*	700…2 000 60…800	700…2 000 60…800	700…2 000 60…800	700…2 000 60…800	700…2 000 60…800
Диаметр секции, мм	3 836	3 836	3 900	3 900	5 000
Длина секции, мм	10 000	12 000	20 600	24 100	24 100
Частота вращения секций, мин$^{-1}$	9…6	9…6	9…6	9…6	8…5
Установленная мощность, кВт	183	223	323	423	503
Габаритные размеры, мм: - длина *l* - ширина *b* - высота *h*	 11 200 6 800 6 650	 13 200 6 800 6 650	 21 700 6 800 6 650	 25 200 6 800 6 650	 25 200 8 000 7 850
Масса комплекта поставки, кг	111 000	118 000	210 000	220 000	310 000

3.2.4. Двухсекционные корообдирочные барабаны КБ-420А, КБП-420А, КБ-425А, КБП-425А, КБ-530 и КБП-530

Двухсекционные корообдирочные барабаны (рис.3.8) включают одну полностью перфорированную (открытую) и одну частично перфорированную (глухую) секции, две опорные и две опорно-упорные станции, два привода, устройство выпускное с гидроприводом или пневмоприводом затвора, стенку загрузочную, лотки для отвода отходов окорки и отсоса паропылевыделений и электрооборудование.

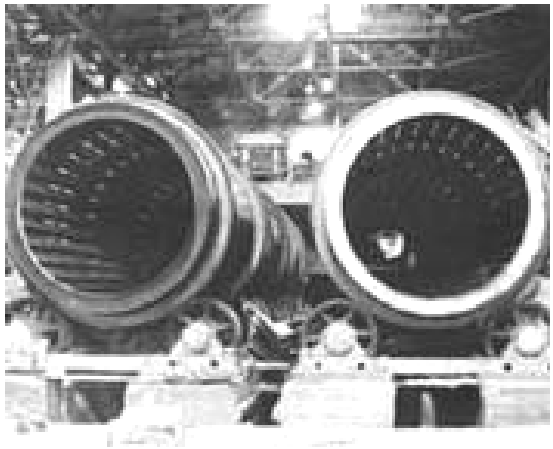

Рис. 3.8. Двухсекционный корообдирочный барабан [27]

На рис. 3.9 представлена схема двухсекционного корообдирочного барабана. Секции (2), (3) соосно устанавливаются на опорную и на опорно-упорную станции (4) и приводятся во вращение от автономных приводов (8) через зубчатый венец (7). В зависимости от направления вращения секции, по часовой стрелки или против часовой стрелки, барабаны могут изготавливаться левого (КБ) и правого (КБП) исполнений. Привод обеспечивает вращение секций с частотой 6 или 9 мин$^{-1}$, в зависимости от требования. Выпускное устройство (6) с горизонталь-

ным затвором обеспечивает регулирование степени заполнения секции и может обеспечить полное прекращение выгрузки древесины. Перфорированные зоны секций ограждены лотками закрытого типа (9).

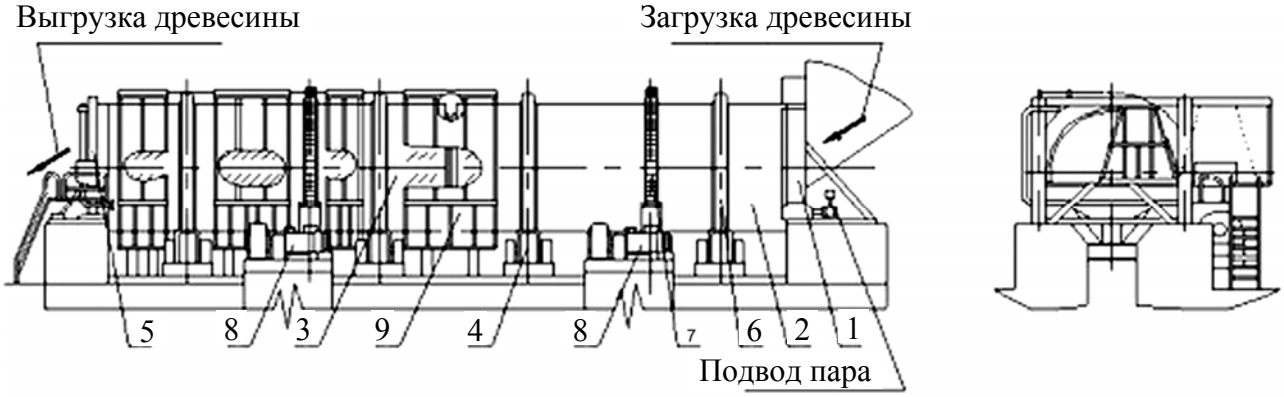

Рис. 3.9. Двухсекционный корообдирочный барабан [27]:
1 – стенка загрузочная; 2 – секция открытая; 3 – секция глухая; 4 – станция опорная; 5 – устройство выпускное; 6 – установка бандажа; 7 – установка зубчатого венца; 8 – станция приводная; 9 – установка лотков отвода отходов окорки

Барабан работает непрерывно, но полным закрытием затвора на необходимое для окорки время может быть обеспечен периодический режим работы барабана. При вращении барабана каждый из находящихся в нем балансов претерпевает ряд последовательных подъема – обрушения, в процессе которых подвергается разнообразным динамическим воздействиям. В барабанах непрерывного действия поверхность обрушения наклонена не только в плоскости поперечного, но и продольного сечения барабана за счет разностей уровней окоряемого сырья на входе и выходе из барабана. Уровень на входе определяется интенсивностью загрузки, а на выходе – степенью открытия затвора. Наклон поверхности обрушения в плоскости продольного сечения обеспечивает продвижение балансов вдоль барабана с определенной скоростью. В табл. 3.3 представлена техническая характеристика двухсекционных корообдирочных барабанов.

Таблица 3.3. Техническая характеристика двухсекционных корообдирочных барабанов [27]

Параметр		**КБ-420А КБП-420А**		**КБ-425А КБП-425А**		**КБ-530 КБП-530**
Производительность, $м^3$/ч (в пл. мере)		50…90		60…105		150…200
Размеры окариваемой древесины, мм:	- длина *l*	700…4 000		700…4 000		700…6 000
	- диаметр *d*	60…800		60…800		60…800
Диаметр секций, мм		3 900		3 900		5 000
Частота вращения секций, $мин^{-1}$		6	9	6	9	6
Установленная мощность, кВт		269	325	269	365	625
Габаритные размеры, мм:	- длина *l*	25 800		29 400		36 500
	- ширина *b*	6 550		6 550		8 050
	- высота *h*	5 600		5 600		7 000
Масса комплекта поставки, кг		205 000		220 000		360 000

3.2.5. Расчет производительности и мощности привода корообдирочного барабана

Различают транспортную и технологическую производительность корообдирочных барабанов.

Транспортная производительность ($Q_т$, м^3/ч) определяется средней скоростью продвижения балансов или эквивалентным углом наклона плоскости обрушения и задается интенсивностью загрузки барабана:

$$Q_т = \frac{k \cdot 300 D^3 \omega \sin\alpha \cdot \sin\varphi \left(1 - \frac{180 \sin 2\alpha}{\pi 2\alpha}\right)}{\left(\frac{180\omega}{\pi 2\alpha}\sqrt{\frac{4D \cdot \sin\alpha}{3g(\sin\beta - v\cos\beta)}} + 1\right)\mathrm{tg}\beta} 100,$$

где k – коэффициент полнодревесности укладки балансов в барабане (табл. 3.4); D – внутренний диаметр барабана, м; ω – угловая скорость вращения барабана, с$^{-1}$; α – половина центрального угла сегмента заполнения, град; φ – угол наклона поверхности обрушения в продольной плоскости сечения барабана, град; g – ускорение свободного падения (9,81 м/с^2); β – угол динамического обрушения, град; v – усредненный коэффициент взаимодействия (трения) балансов, равный 0,4.

Таблица 3.4. Значения коэффициента полнодревесности k^* [21]

Значение параметра d^{**}/D	**Значение параметра l^{**}/D**			
	0,13	**0,26**	**0,39**	**0,52**
0,035	0,46	0,44	0,36	0,33
0,057	0,48	0,45	0,38	0,35
0,077	0,50	0,47	0,41	0,37

* Для барабанов с механическими интенсификаторами значение k принимаются с коэффициентом 0,85.

** d и l – диаметр и длина окариваемых балансов.

Технологическая производительность барабанов непрерывного действия определяется средней продолжительностью пребывания балансов в барабане, необходимой для обеспечения средней степени окорки. Ввиду высокой изменчивости сырьевых факторов (породы, размеров, состояния древесины) и вероятностного характера процесса перемещения балансов в барабане технологическая производительность колеблется в широких пределах и не поддается теоретическому расчету. Для ориентировочных расчетов технологической производительности барабанов непрерывного действия может быть использована эмпирическая формула, значения коэффициентов которой установлены на основе анализа результатов исследования барабанов, приемочных и контрольных испытаний и обобщения опыта эксплуатации барабанов на лучших предприятиях страны [21, 22]:

$$Q_Т = k_\omega k_l k_s k_n Q_0 L,$$

где Q_0 – удельная базовая производительность, м^3/(ч · м) (табл. 3.5, 3.6); L – длина барабана, м; k_ω, k_l, k_s – эмпирические коэффициенты, учитывающие соответст-

венно состояние древесины, ее размеры и требуемую степень окорки (табл. 3.7, 3.8, 3.9); k_n – коэффициент, учитывающий частоту вращения барабана:

$$k_n = \frac{\psi}{\psi_0}.$$

Здесь ψ – относительная частота вращения барабана: $\psi = n/n_{кр}$ (n – частота вращения барабана, мин$^{-1}$; $n_{кр}$ – критическая частота вращения барабана, мин$^{-1}$: $n_{кр} = \frac{60}{2\pi}\sqrt{\frac{2g}{D}} \approx \frac{42{,}5}{\sqrt{D}}$), $\psi_0 = 0{,}3$ – базовая относительная частота вращения барабана).

Таблица 3.5. Удельная базовая производительность Q_0 барабанов с механическими интенсификаторами окорки, м^3/(ч · м) [22]

Диаметр барабана, м	Порода древесины	Период заготовки древесины		
		Весна, лето	Осень	Зима
3	Ель, сосна, осина	1,5	1,1	0,3
3	Береза, лиственница	1,4	1,1	0,5
4	Ель, сосна, осина	2,0	1,4	0,4
4	Береза, лиственница	1,8	1,5	0,7

Таблица 3.6. Удельная базовая производительность Q_0 барабанов с интенсификацией окорки водой и паром, м^3/(ч · м) [22]

Диаметр барабана, м	Теплоноситель		Порода древесины		
	вид	температура, ºС	ель, пихта	сосна, осина	береза, лиственница
4	Вода	20	3,5	3,6	2,3
4	Вода	40	3,8	4,1	2,5
4	Вода	60	4,1	4,4	2,8
4	Пар	140	3,6	4,0	2,4
5	Вода	20	6,7	6,8	4,4
5	Вода	40	7,2	7,8	4,8
5	Вода	60	7,8	8,4	5,3
5	Пар	140	7,0	8,0	5,0

Таблица 3.7. Значение коэффициента k_ω [22]

Температура коры	Относительная влажность, %		
	75…90	45…70	30…40
Положительная	1,3	1,1	0,6*
Отрицательная	0,7	1,0	0,5*

* Для полусухой окорки.

Таблица 3.8. Значение коэффициента k_s [22]

Степень окорки, %	Порода древесины		
	ель, пихта	сосна, осина	береза, лиственница
98	0,88	0,80	0,85
95	1,00	1,00	1,00
90	1,12	1,15	1,20
80	1,25	1,25	1,53

Таблица 3.9. Значение коэффициента k_l [22]

Средний диаметр барабана, м	Диаметр барабана, м		k_l	Средний диаметр барабана, м	Диаметр барабана, м		k_l
	4	5			4	5	
	Средняя длина балансов, м				Средняя длина балансов, м		
0,14	1,0	1,5	1,07	0,22	2,0	2,5	0,86
0,14	1,5	2,0	0,86	0,30	1,0	1,5	1,14
0,14	2,0	2,5	0,81	0,30	1,5	2,0	1,00
0,22	1,0	1,5	1,10	0,30	2,0	2,5	0,95
0,22	1,5	2,0	0,93				

Наилучший результат эксплуатации барабанов непрерывного действия достигается тогда, когда транспортная и технологическая производительность совпадают. Превышение транспортной производительности над технологической влечет за собой снижение степени окорки, а занижение ее значения увеличивает потери древесины и, соответственно, уменьшает объем окоренного баланса.

Мощность привода корообдирочного барабана складывается из мощности, расходуемой на преодоление трения в опорно-приводных устройствах ($N_{тр}$), и полезной мощности, расходуемой на окорку и перемещение балансов ($N_{пол}$). Полезная мощность определяется работой сил динамического взаимодействия балансов и практически мало зависит от их состояния и продолжительности пребывания в барабане, т. е. с производительностью барабана связана лишь косвенно:

$$N_{уст} \succ N = \frac{1}{\eta}\left(N_{тр} + N_{пол}\right),$$

где $N_{уст}$ – установленная мощность привода, кВт; N – потребляемая мощность, кВт; η – КПД привода; $N_{тр}$ – мощность, расходуемая на преодоление сил трения, кВт; $N_{пол}$ – полезная мощность, кВт. Здесь

$$N_{тр} = \frac{n\nu\Sigma G}{9{,}81 \cdot 975 D_р \cos\delta}\left[\left(D_б + D_р\right)\mu + fD_б\frac{d_ц}{2}\right],$$

где n – частота вращения барабана, мин$^{-1}$; ν – коэффициент, учитывающий точность сборки и монтажа барабана, ν = 1,05; $\sum G$ – общий вес корпуса секций и древесины, Н; $D_б$, $D_р$ и $d_ц$ – диаметры соответственно бандажа, опорного ролика и цапфы оси опорного ролика, м; μ – коэффициент трения качения бандажа по опорным роликам, м, $\mu = 0{,}0015$ м; f – коэффициент трения в подшипниках опорных роликов, f = 0,0125; δ – угол между вертикальной осью сечения барабана и осью опорного ролика, град.

Для расчета полезной мощности барабана рекомендуется формула:

$$N_{пол} = 0{,}88 \cdot 10^{-2} k\gamma n D^3 L \cdot \sin^3\alpha \cdot \sin\beta,$$

где γ – удельный вес древесины, Н/м^3.

Для перфорированных секций с относительной скоростью вращения 0,3…0,4 можно пользоваться следующей эмпирической формулой:

$$N_{пол} = 0{,}75 \cdot 10^{-2} k\gamma n D^{2,6} L.$$

3.2.6. Утилизация коры

Использование коры после окорки древесины является предметом многочисленных исследований и конструкторских разработок [22]. Одним из направлений использования коры является ее измельчение и применение для производства изоляционных и древесноволокнистых плит и других подобных изделий. Предложен способ переработки коры в гумус. Разработаны технологии экстрагирования коры водой, щелочами или растворами солей с целью получения производных фенола, которые могут использоваться в качестве дубителей или связующих. Наиболее распространенным способом использования отходов окорки является их сжигание. В связи с тем, что теплота сгорания коры очень низкая, перед сжиганием ее обезвоживают. Для обезвоживания применяется два вида оборудования – дренирующие конвейеры и водоотделительные барабаны. Выбор того или другого оборудования определяется в основном компоновочными решениями древесно-подготовительного цеха. Дренирующий конвейер представляет собой скребковый конвейер, установленный в перфорированном металлическом желобе. Желоб имеет горизонтальный и наклонный участки и заканчивается выгрузочным бункером. Горизонтальный участок размещают в проеме фундамента корообдирочного барабана. Тяговый орган конвейера состоит из двух пластинчатых цепей, связанных траверсами из уголкового проката, к которым прикреплены резиновые шаберы. Рабочая нижняя ветвь скользит по металлическому перфорированному (диаметр отверстий 5 мм) дну желоба, под которым проходит канал для стока воды. Смесь коры и воды поступает на дренирующий конвейер по защитным листам корообдирочного барабана. Вода уходит в сточный канал через перфорацию дна желоба, а кора скребками транспортируется к выгрузочному бункеру. Технические характеристики дренирующих конвейеров марки КД представлены в табл. 3.10.

Таблица 3.10. Технические характеристики дренирующих конвейеров [22]

Наименование параметра	**КД-35***	**КД-09****	**КД-11*****
Рабочая длина конвейера, м	22,19	33,27	53,07
Рабочая длина желоба, м	880	800	1 300
Длина перфорированного участка, м	13,0	22,0	40,0
Коэффициент перфорации, %	13,0	13,0	11,7
Скорость цепи, м/с	0,3	0,3	0,3
Установленная мощность, кВт	7,5	7,5	13,0
Производительность: - по коре при влажности 80 %, т/ч	35	15	70
- по воде, $м^3$/ч	500	350	1000
Масса, т	7,8	7,6	21,4
Габаритные размеры, м: - длина	23,6	34,5	55,9
- ширина	2,4	3,4	7,3
- высота	2,6	4,1	3,8

* Конвейер КД-35 предназначен для отвода коры от барабанов мокрой окорки.

** Параметры конвейера КД-09 согласованы с параметрами корообдирочных барабанов полусухой окорки типоразмеров КБ-420 и КБ-425.

*** Параметры конвейера КД-11 согласованы с параметрами комбинированного барабана КБ-530М.

На рис. 3.10 представлен барабан водоотделительный. Рабочим органом водоотделительного барабана является сварной перфорированный барабан (1). К рубашке барабана изнутри приварены винтовые лопасти, образующие внутренний конвейер (2). Для ускорения разгрузки винтовой конвейер выполнен с переменным шагом, увеличивающимся к разгрузочной стороне барабана. С выходной стороны барабан открыт, с входной имеет коническую горловину, на которой закреплено зубчатое колесо привода. Барабан бандажами опирается на четыре ролика, установленные на балках, перекрывающих канал для стока воды. Привод барабана осуществляется от асинхронного электродвигателя через редуктор и открытую зубчатую передачу. Короводяная смесь из короотводного лотка по переходу и патрубку, входящему в горловину барабана, поступает внутрь барабана. Вода удаляется через отверстия перфорации, а кора перемещается винтовым конвейером и выгружается на ленточный конвейер. На выходной стороне под барабаном расположена воронка для сбора воды из части барабана, выступающей за пределы сточного канала. Для промывки перфорационных отверстий барабана установлены спрыски.

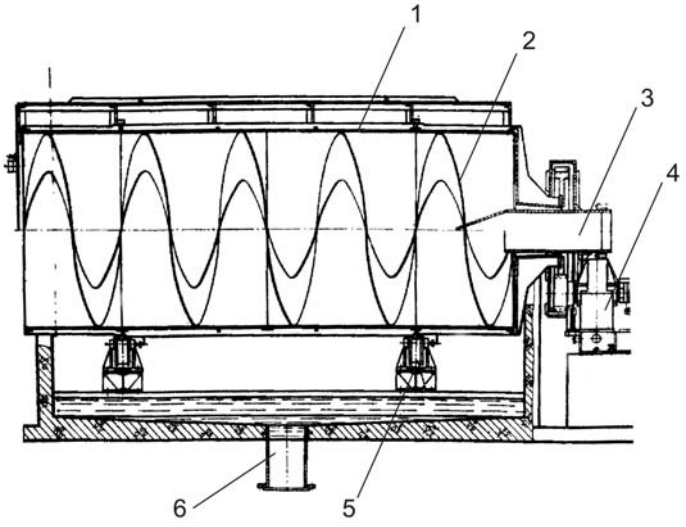

Рис. 3.10. Барабан водоотделительный 184-3 [4]: 1 – перфорированный барабан; 2 – конвейер; 3 – патрубок; 4 – приводная станция; 5 – опорная станция; 6 – канал для стока воды

Водоотделительные барабаны используют в древесно-подготовительных цехах также для осветления корусодержащих вод после операции обезвоживания и отжима коры и для сгущения отходов сортирования древесной массы, полуцеллюлозы и других волокнистых материалов. Отличительные особенности этих барабанов – меньший диаметр перфорации и ступенчатое регулирование частоты вращения. В табл. 3.11 представлены технические характеристики водоотделительных барабанов.

Таблица 3.11. Технические характеристики водоотделительных барабанов [22]

Наименование параметра	Марка барабана		
	184-3	**184-4**	**184-5**
1	*2*	*3*	*4*
Диаметр барабана, м	1,25	1,25	2,0
Длина барабана, м	4,0	4,0	5,0
Диаметр отверстий перфорации, мм	8,0	2,4	2,4
Коэффициент перфорации, %	40	33	33
Частота вращения, мин$^{-1}$	18	11; 14; 17; 21	5; 7; 10
Установленная мощность, кВт	4,0	4,0	5,5
Производительность по воде, м^3/ч	800	300	600
Содержание извести в воде, г/л	–	1…5	1…5

1	*2*	*3*	*4*
Содержание извести в фильтрате, г/л	–	0,2…1,0	0,2…1,0
Масса, т	2,1	2,1	5,5
Габаритные размеры, м: - длина	5,2	5,4	6,9
- ширина	2,2	2,2	2,9
- высота	1,7	2,0	3,3

Первой стадией обезвоживания коры является естественное стекание воды сквозь перфорированную поверхность под действием силы тяжести. Отжим – вторая стадия обезвоживания коры с целью снижения ее относительной влажности до 50…55 %. Короотжимные прессы устанавливают либо после водоотделительного барабана (первая стадия обезвоживания) или дренирующего конвейера, либо после корорубки. Второй вариант менее энергоемок и обеспечивает более надежную работу корорубок и короотжимных прессов и установленных за ними рыхлителей коры.

Выпускается два типа короотжимных прессов:

– цепные ДО-318М непрерывного действия (рис. 3.11) [4];

– поршневые ПКП-11 циклического действия (рис. 3.12).

Наибольшее распространение получают пресса циклического действия.

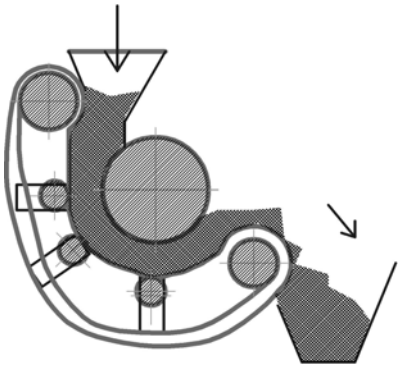

Рис. 3.11. Короотжимной пресс непрерывного действия [1]

Поршневой пресс (рис. 3.12) состоит из двух секций – подающей (4) и прессующей (2). Подающая секция представляет собой прямоугольный желоб с расположенным в нем толкателем (5), который перемещается в направляющих под действие усилия горизонтального гидроцилиндра (6).

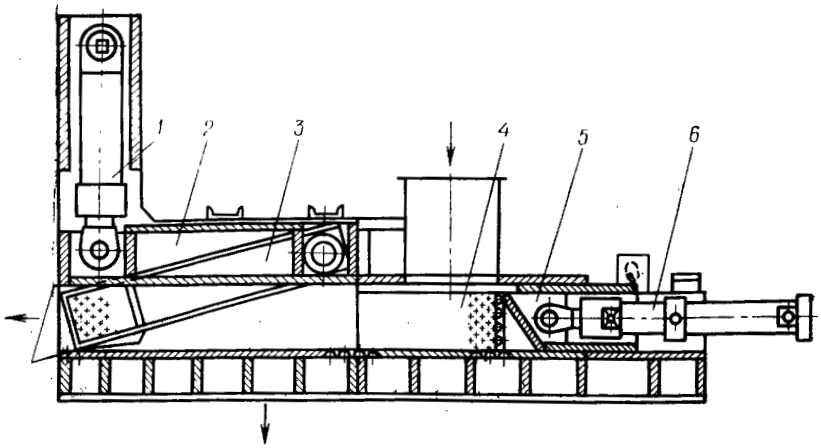

Рис. 3.12. Короотжимной пресс циклического действия [22]:
1 – гидроцилиндр прессовой балки; 2 – прессующая секция; 3 – прессовая балка;
4 – подающая секция; 5 – толкатель; 6 – гидроцилиндр толкателя

Сверху к желобу примыкает загрузочный люк, нижний фланец которого снабжен ножевым устройством для отсекания коры. Люк верхним фланцем со-

единяется с коропроводом. Желоб стыкуется с прессовой камерой, дно и стенки которой перфорированы для удаления отжимаемой воды. Потолок камеры составляет подвижная прессующая балка (3), перекрывающая при повороте разгрузочное отверстие и образующая с днищем камеры клиновое пространство. Поворот балки осуществляется вертикальным гидроцилиндром (1). В начале рабочего цикла толкатель находиться в крайнем правом положении, прессующая балка опущена, а в клиновом пространстве находится пробка из отжатой коры. Через люк в желоб поступает новая порция влажной коры. При рабочем ходе толкателя прессующая балка поднимается, пробка отжатой коры выталкивается наружу и камеру заполняет частично отжатая кора, подаваемая толкателем. При дальнейшем движении толкатель включает контакт, дающий сигнал к опусканию прессующей балки. При опускании балки срабатывают блокировки, обеспечивающие возврат толкателя в исходное положение. Прессующая балка, опускаясь, завершает процесс отжима коры и вновь образует клиновую пробку. В желоб снова поступает порция влажной коры, цикл повторяется. Управление работой пресса осуществляется системой автоматики с программным устройством.

Гидростанция пресса состоит из масляного бака, двух насосов, приводимых в действие электродвигателями, маслоохладителя и гидроаппаратуры управления. Для сглаживания гидравлических ударов в системе установлен гидроаккумулятор. Техническая характеристика короотжимного пресса ПКП-11 приведена в табл. 3.12.

Таблица 3.12. Техническая характеристика ПКП-11[21]

Наименование параметра	Показатель
Диаметр горизонтального гидроцилиндра, мм	200
Диаметр вертикального гидроцилиндра, мм	240
Объем прессовой камеры, $м^3$	7
Рабочее давление, МПа	До 14
Объем масляного бака, л	1200
Расход охлаждающей воды, $м^3$/ч	8…10
Продолжительность цикла прессования, с	12…120
Установленная мощность, кВт	63,5
Производительность по насыпному объему коры, $м^3$/ч	25
Масса, т	14,2
Габаритные размеры, м	5,0 × 1,2 × 2,5

Для разбивания спрессованной коры применяют разрыхлители РШ-1 и РШ-2. РШ-2 используется, если в технологической линии установлен один пресс, а РШ-1 – в случае двух прессов. Разрыхлитель коры представляет собой два параллельных, расположенных с небольшим (около 40 мм) зазором винтовых конвейера, вращающихся навстречу друг другу и приводимых в движение от одного двигателя-редуктора. Конвейеры помещены в сварной корпус, в днище которого имеется выгрузочный люк.

На рис. 3.13 представлен чертеж корорубки КР-4. Рабочий орган корорубки – ножевой ротор, расположенный в центре сварного цилиндрического корпуса. Ротор насажен на вал, установленный в опоре на подшипниках качения. Опора ротора крепится болтами к основанию корпуса. Сверху на корпусе уста-

новлена загрузочная воронка, а сбоку имеется окно для выброса измельченной коры. Вращение ротора осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу. Электродвигатель и корпус крепятся на общей раме. Механизм резания включает четыре ножа и три контрножа. Ножи установлены на роторе шарнирно с помощью пальцев и прижимных планок и располагаются радиально при вращении ротора за счет центробежных сил. Контрножи установлены снаружи корпуса также шарнирно и снабжены специальными резиновыми пружинами, удерживающими их в рабочем положении. Режущая часть контрножа заходит внутрь корпуса и располагается ниже ножей на 3…8 мм. Режущие кромки ножей и контрножей наплавлены твердым сплавом. Зазор между ножами и контрножами регулируется перемещением ротора в осевом направлении при помощи болтов и прокладок. Мелкие частицы коры измельчают преимущественно на лету, а крупные частицы – в зоне контрножей. Измельченная кора проваливается вниз, попадает на нижний диск ротора, снабженный лопатками, и выбрасывается через окно на конвейер отбора коры. Корорубка способна измельчать отщепы древесины площадью поперечного сечения до 6 см^2 и длиной до 0,8 м при содержании их в отходах окорки до 20 %.

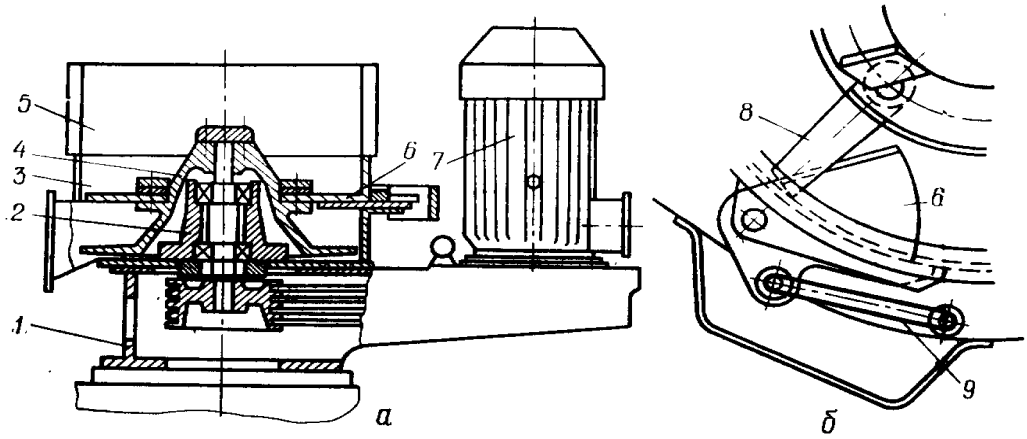

Рис. 3.13. Корорубка КР-4[22]:
а – разрез; *б* – узел резания коры; 1 – рама; 2 – опора ротора; 3 – корпус; 4 – ножевой ротор; 5 – загрузочная воронка; 6 – контрнож; 7 – электродвигатель; 8 – нож; 9 – резиновое кольцо

Недробимые отходы благодаря шарнирному креплению ножей и контрножей опускаются вниз и выбрасываются из корорубки. Выпускаются корорубки двух типоразмеров с вертикальным ротором и шарнирно закрепленными контрножами – КР-4 и КР-5 (табл. 3.13).

Корорубки КР-4 и КР-5 характеризуются высокой производительностью, Эксплуатационной надежностью и ремонтнопригодностью, а также компактностью.

Вопросы для самопроверки

1. Какой основной способ снятия коры с древесины используется в ЦБП?
2. Основные части корообдирочных барабанов. Характер и причины движения балансов в барабане.
3. Конструкция глухой и открытой секции барабанов Удаление коры из секции.
4. Механизм отделения коры от древесины при различных способах окорки.
5. Расчет производительности и мощности на привод секций корообдирочных барабанов.
6. Утилизация коры: способы, применяемое оборудование.

Таблица 3.13. Техническая характеристика корорубок [22]

Наименование показателей	КР-4	КР-5
Диаметр ножевого ротора, мм	1300	1500
Частота вращения ротора, мин$^{-1}$	1160	830
Диаметр загрузочной воронки, мм	1250	1480
Размеры выпускного окна, мм	360 × 850	400 × 850
Установленная мощность, кВт	110	200
Производительность, т/ч	25	50
Масса, т	5,1	6,5
Габаритные размеры, м: - длина	2,9	3,0
- ширина	2,0	2,3
- высота	1,7	2,0

3.3. Измельчение древесины в щепу

После удаления коры балансы измельчают до размеров технологической щепы на дисковых рубительных машинах (рис. 3.14, 3.15). При рубке балансов на существующих рубительных машинах геометрические размеры щепы варьируются в широких пределах:

– длина от 50 до 1 мм;
– толщина от 10…12 до 0,1 мм;
– ширина от 60 до 0,5 мм.

Рис. 3.14. Технологическая щепа (общий вид) [23]

Рис. 3.15. Работа автопогрузчика. Операция: транспортировка окоренных балансов [23]

В зависимости от назначения щепа может быть классифицирована следующим образом (рис. 3.16).

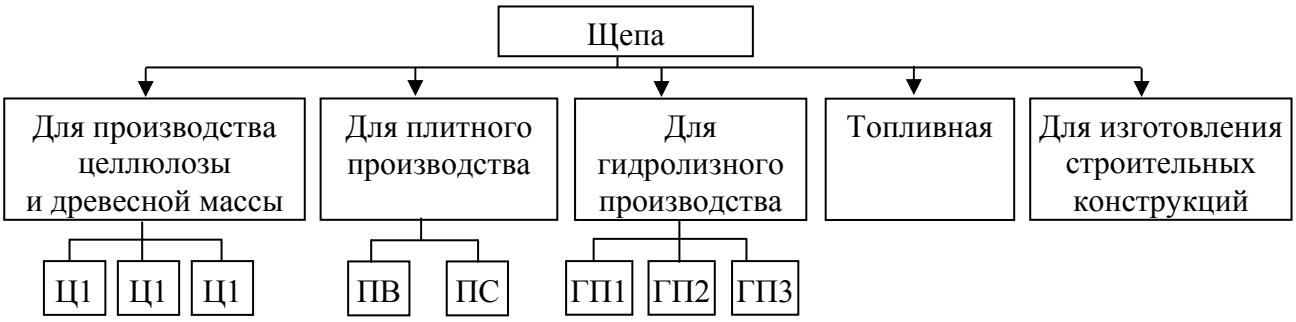

Рис. 3.16. Классификация щепы по назначению [24]

Щепа марок Ц1, Ц2 и Ц3 предназначена для использования в целлюлозно-бумажной промышленности для производства сульфатной, сульфитной и бисульфитной целлюлозы, различных видов полуцеллюлозы и древесной массы, направляемых на изготовление различных видов бумаги и картона:

– марки Ц1 – для производства сульфатной целлюлозы и древесной массы, направляемой на изготовление бумаги с регламентируемой сорностью;

– марки Ц2 – для производства сульфитной целлюлозы и древесной массы, направляемой на изготовление бумаги и картона с нерегламентируемой сорностью, а также сульфатной и бисульфатной целлюлозы, направляемой на изготовление бумаги и картона с регламентируемой сорностью;

– марки Ц3 – для производства сульфатной целлюлозы и различных видов полуцеллюлозы, предназначенных для изготовления бумаги и картона с нерегламентируемой сорностью.

Щепа марок ПВ и ПС предназначена для использования в плитных производствах:

– марки ПВ – для производства древесноволокнистых плит;

– марки ПС – для производства древесностружечных плит.

Щепа марок ГП1, ГП2, ГП3 предназначена соответственно для производства:

– марки ГП1 – спирта, дрожжей, глюкозы и фурфурола;

– марки ГП2 – пищевого кристаллического ксилита;

– марки ГП3 – фурфурола и дрожжей при двухфазном гидролизе.

Требования к щепе для целлюлозно-бумажного и гидролизных производств, изготовления древесностружечных и древесноволокнистых плит регламентируются ГОСТ 15815-83 «Щепа технологическая. Технические условия» [24]. Размеры щепы в зависимости от марок приведены в табл. 3.14, требования к щепе по содержанию в ней коры, гнили и минеральных включений изложены в табл. 3.15.

Таблица 3.14. Геометрические размеры щепы [24]

Марка щепы	Длина щепы, мм	Толщина щепы, мм, не более	Марка щепы	Длина щепы, мм	Толщина щепы, мм, не более
Ц1, Ц2, Ц3	12–15	5	ПВ	10–35	5
ГП1, ГП2, ГП3	5–35	5	ПС	10–60	30

Таблица 3.15. Доля включений в щепе [24]

Марка щепы	Массовая доля, %, не более			Марка щепы	Массовая доля, %, не более		
	коры	гнили	минер. примесей		коры	гнили	минер. примесей
Ц1	1,0	1,0	Не допускаются	ПС	15,0	5,0	0,5
Ц2	1,5	3,0	0,3	ГП1	11,0	2,5	0,5
Ц3	3,0	7,0	0,3	ГП2	3,0	1,0	Не допускаются
ПВ	15,0	5,0	1,0	ГП3	3,0	1,0	0,3

Щепа для целлюлозного производства и производства древесноволокнистых плит должна быть без мятых кромок, угол среза равен 30…60º, количество щепы, не соответствующей этим требованиям, не должно превышать 30 % от объема партии. Требования к щепе по массовой доле остатков на ситах анализатора приведены в табл. 3.16.

Таблица 3.16. Требования к щепе по массовой доле остатков на ситах анализатора [24]

Массовая доля остатков на ситах с отверстиями диаметром	Установленный норматив (%) для марок щепы							
	Ц1	Ц2	Ц3	ГП1	ГП2	ГП3	ПВ	ПС
30 мм, не более	3,0	5,0	6,0	5,0	5,0	5,0	10,0	5,0
20 и 10 мм, не менее	86,0	84,0	81,0	90,0	90,0	94,0	79,0	85,0
5 мм, не более	10,0	10,0	10,0	90,0	90,0	94,0	10,0	85,0
На поддоне, не более	1,0	1,0	3,0	5,0	5,0	1,0	1,0	10,0

Породы древесины, используемые для производства щепы, и требования к щепе различного назначения по содержанию в ней доли хвойных и лиственных пород приведены в табл. 3.17, 3.18.

Таблица 3.17. Содержание хвойных и лиственных пород в щепе для производства целлюлозы, полуцеллюлозы и древесной массы [24]

Продукция, изготавливаемая из щепы	Массовая доля (%) пород древесины в щепе			
	хвойных 100	лиственных 100	в смеси	
			хвойных	лиственных
Сульфитная и бисульфитная целлюлоза	Ель, пихта	–	Не менее 90	Не более 10
	–	Береза, осина, тополь, ольха, бук, граб	Не более 10	Не менее 90
Сульфатная целлюлоза	Все породы, лиственница отдельно	–	Не менее 90	Не более 10
	–	Все породы	Не более 10	Не менее 90
Нейтрально-сульфитная целлюлоза	Не допускается	Все породы	Не допускается	
Полуцеллюлоза	Все породы	–	Не менее 90	Не более 10
	–	Все породы	Не более 10	Не менее 90
Древесная масса	Ель, пихта	Не допускается	Не допускается	

Таблица 3.18. Содержание хвойных и лиственных пород в щепе для гидролизного и плитного производств [24]

Продукция, изготавливаемая из щепы	Массовая доля (%) пород древесины в щепе			
	хвойных 100	лиственных 100	в смеси	
			хвойных	лиственных
Дрожжи	Все породы	Все породы	Допускается в любом соотношении	
Спирт	Все породы	–	Не менее 70	Не более 30
	–	Все породы	Не более 30	Не менее 70
Глюкоза	Все породы	Не допускается	Не допускается	
Фурфурол	Не допускается	Все породы	Не более 5	Не менее 95
Ксилит	Не допускается	Береза, примесь осины не более 10	Не допускается	
Производство фурфурола и дрожжей при двухфазном гидролизе	Не допускается	Береза, бук, клен, дуб, граб, примесь осины не более 10	Не допускается	
Производство ДВП и ДСтП	Все породы	Все породы	Допускается по согласованию с потребителем	

В щепе для производства древесностружечных плит и гидролиза качество кромок и угол среза не учитывают. Общих требований к топливной щепе не существует. Такое положение объясняется тем, что фракционный состав щепы, предназначенной для сжигания, определяется в основном конструкцией топки. К щепе, используемой в качестве органического заполнителя в арболите, предъявляются следующие требования:

– размеры древесных частиц не должны превышать по длине 40 мм, по ширине – 10 мм, по толщине – 5 мм;

– содержание коры в измельченной древесине не должно превышать 10 %;

– содержание хвои и листьев в измельченной древесине не должно превышать 5 %.

Фракционный состав щепы, используемой в качестве органического заполнителя, должен находиться в пределах, указанных в табл. 3.19.

Таблица 3.19. Требования к щепе, используемой в качестве органического заполнителя по массовой доле остатков на ситах анализатора [22]

Диаметр отверстий перфорации сит анализатора, мм	**Массовая доля остатка на сите анализатора, %**
20,0	Не более 5
10,0	От 20 до 40
5,0	От 40 до 75
2,5	От 90 до 100
Менее 2,5	До 10

Наибольший размер – длина щепы в направлении волокон, наименьший – толщина щепы в тангенциальном или радиальном, промежуточном между ними направлении. Толщина щепы измеряется в направлении, перпендикулярном направлению волокон. Оптимальные размеры щепы следующие: длина вдоль волокон от 15 до 20 мм, толщина 3…5 мм, ширина щепы не имеет существенной роли, но устанавливается в пределах от 2 до 20 мм по условиям сортирования. Деформация щепы характеризует ее повреждение в процессе измельчения.

3.3.1. Классификация рубительных машин

Классификация рубительных машин (рис. 3.17, 3.18).

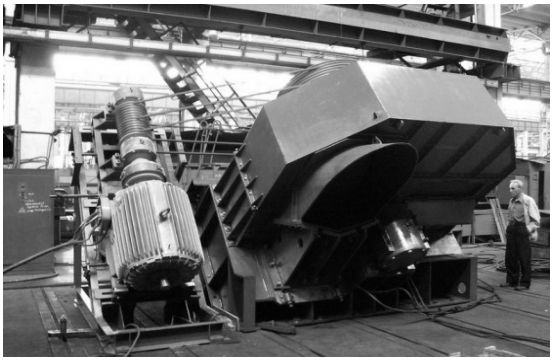

Рис. 3.17. Дисковая резцовая рубительная машина MPP850 [27]

Рис. 3.18. Дисковая ножевая рубительная машина MP7-300A [27]

По конструктивным признакам:

– барабанные – режущие ножи размещены на поверхности вращающегося барабана:

– машины с рабочим органом в виде цилиндра;

– машины с рабочим органом в виде конуса;

– машины с рабочим органом в виде двух конусов, расположенных на одной оси и соединенных друг с другом вершинами;

– дисковые – режущие ножи расположены на вращающемся в вертикальной, горизонтальной и наклонной плоскости диска.

По мобильности:

– передвижные (прицепные, полуприцепные, смонтированные на раме базового трактора);

– стационарные.

По способу загрузки древесины:

– с горизонтально расположенным питающим патроном, древесину в который подают цепным или ленточным транспортером, рольгангом или шнеками;

– с питающим патроном, наклоненным в вертикальной плоскости, древесина в котором перемещается за счет гравитационных сил;

– с комбинированной загрузкой, оснащенные двумя патронами;

По способу удаления щепы из машины:

– удаление щепы вверх по щепопроводу с помощью воздушного потока;

– удаление щепы вниз на транспортер;

– «безударное» удаление щепы, происходящее примерно по направлению подачи сырья в машину.

В основе процесса работы рубительных машин лежит рубка древесины в торцово-продольно-поперечном направлении.

Барабанные машины предназначены для измельчения на щепу сучьев, вершин, горбылей и реек и снабжены рабочим органом в виде барабана с ножевыми впадинами (рис. 3.19*а*) или подножевыми прорезями (рис. 3.19*б*), в последнем случае барабан делают пустотелым.

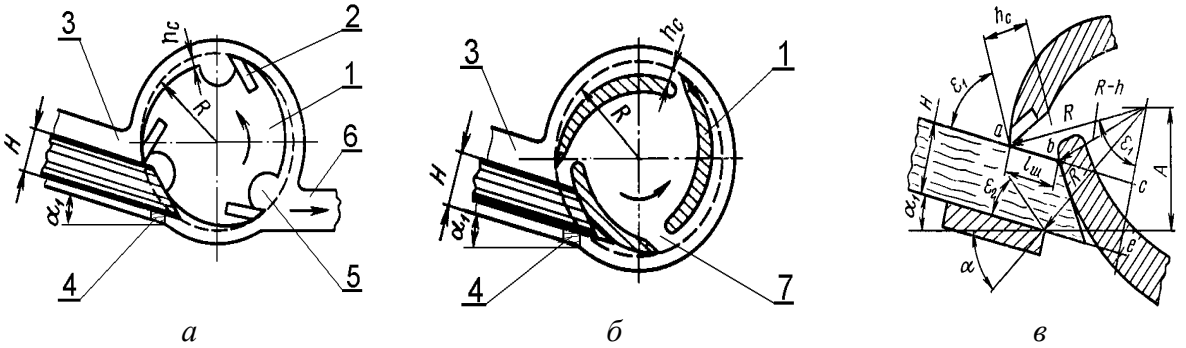

Рис. 3.19. Схемы рубки древесины в барабанных рубительных машинах [22]:
а – щепа поступает в ножевые впадины; *б* – щепа поступает в барабан;
в – схема для расчета барабанной машины; 1 – барабан; 2 – нож; 3 – загрузочный патрон;
4 – подножевая впадина; 5 – контрнож; 6 – щепоотводящий патрубок; 7 – подножевая щель

Барабан снабжают 2…8 ножами, диаметр барабана 0,6…1 м, угловая скорость 60…120 рад/с.

Подача древесины к ротору машины обеспечивается:

– при наклонном патроне – под действием силы тяжести;

– при горизонтальном – при помощи горизонтальных и вертикальных вальцов или гусеничного механизма (горизонтальный патрон размещают ниже оси вращения барабана перпендикулярно к ней или под углом 30…35°).

У машин с барабанами, имеющими ножевые впадины, щепа подается вниз на транспортер. Если барабан имеет ножевые прорези, то щепа поступает внутрь его и вентилятором выносится в циклон по трубопроводу. На рис. 3.19*а* режущие ножи (2) размещены на поверхности вращающегося барабана (1). Измельчаемая древесина подается по загрузочному патрону (3), положение которого характеризуется величинами углов примыкания: в вертикальной плоскости (a_1) и в горизонтальной плоскости (a_2). Контрнож (4), закрепленный на дне патрона, стабилизирует процесс резания и предохраняет элементы конструкции машины от преждевременного износа и деформации.

Типичным представителем барабанных рубительных машин может служить резцовая машина с загрузочным патроном, имеющим проходное сечение размером 80 см и производительность 15 м^3/ч, марки МРБР8-15Н, представленная на рис. 3.20.

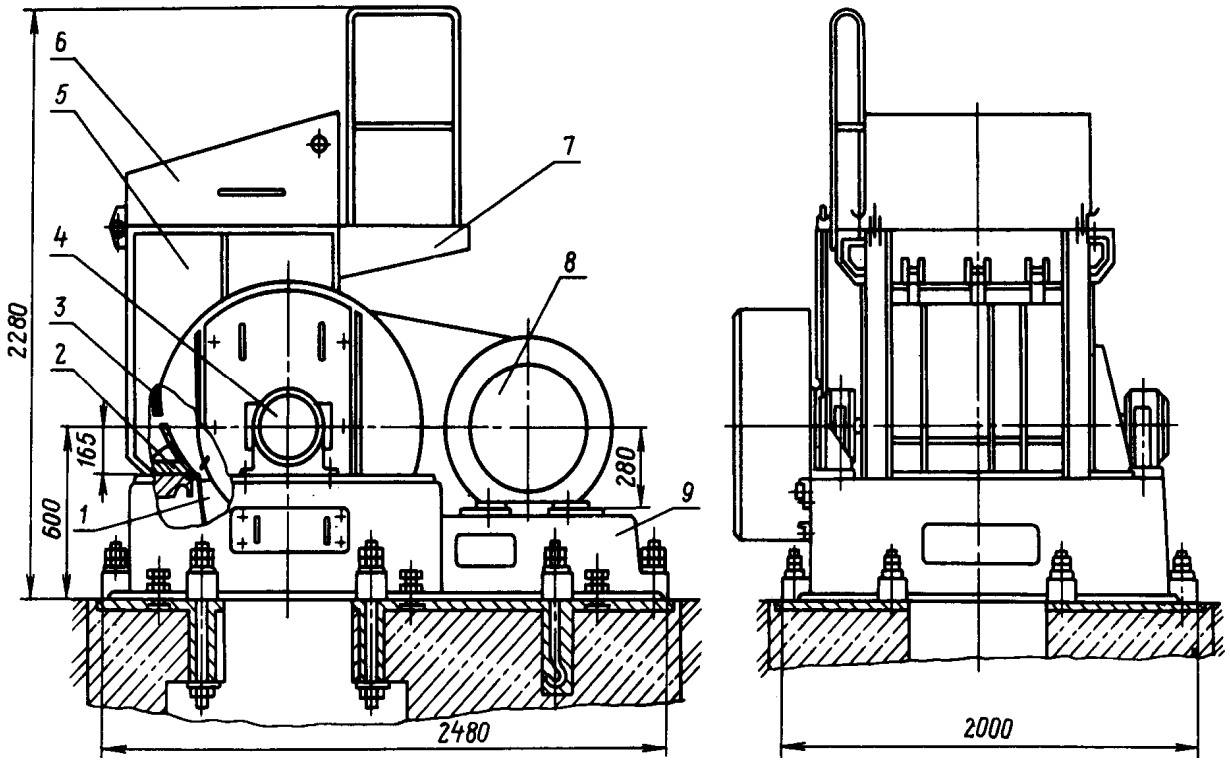

Рис. 3.20. Рубительная машина МРБР8-15Н [22]:
1 – лоток; 2 – контрнож; 3 – крышка контрножа; 4 – ротор; 5 – кожух;
6 – экран; 7 – загрузочный лоток; 8 – двигатель; 9 – станина

Приоритет на целлюлозных заводах получили дисковые рубительные машины, рабочим органом которых является массивный стальной диск с ножами (рис. 3.21). Диск закреплен на стальном валу, вращающемся обычно в трех подшипниках, из которых один – упорный, гребенчатый или шариковый, другие два – иногда роликовые, иногда скользящие, с кольцевой смазкой. В зависимости от

величины и производительности машины, диаметр диска может изменяться от 2 000 до 4 000 мм, частота его вращения – от 150 до 650 об/мин. Число рубящих ножей, которые крепятся на диске, в старых конструкциях составляет 3…5 (малоножевые машины), в новых – 8…16 (многоножевые машины).

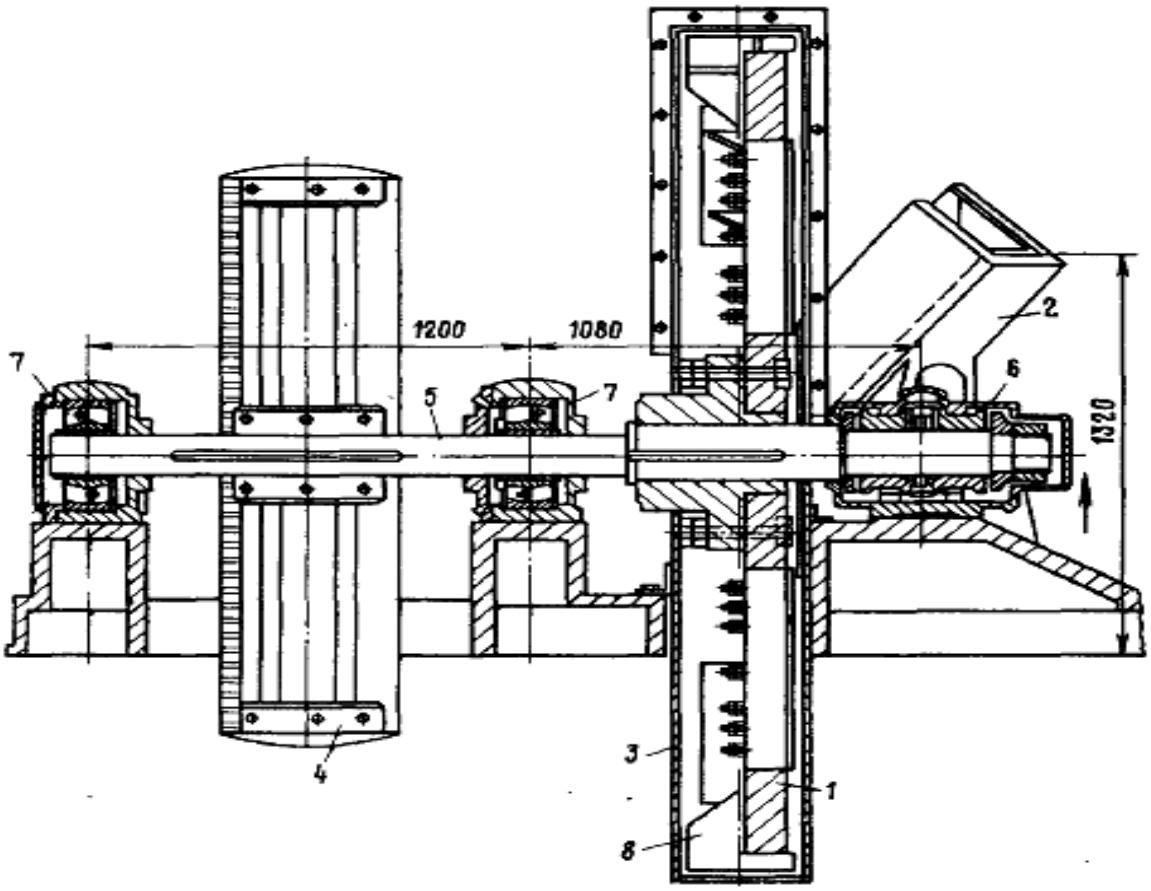

Рис. 3.21. Поперечный разрез дисковой рубительной машины [4]:
1 – диск с ножами; 2 – патрон; 3 – кожух; 4 – шкив; 5 – вал; 6 – подшипник упорный; 7 – роликовые подшипники; 8 – лопатки для выброса щепы

3.3.2. Малоножевые рубительные машины

В малоножевых машинах (рис. 3.22) в направлении близком к радиальному (под углом 8…11°) в диске (1) по числу ножей расположены сквозные прорези (2) шириной около 100 мм и длиной, соответствующей длине ножа. По обе стороны от прорези в теле диска на лицевой его стороне устроены впадины или гнезда со сквозными отверстиями для болтов (3). Большее по размерам гнездо служит для закрепления в нем ножа (4) размером 600÷700 × 200 × 20÷25 мм и имеющего форму четырехугольной пластины из закаленной стали. Одна из кромок ножа заточена в виде лезвия под углом 35…40°, причем чаще всего нож затачивают на две фаски: сначала снимают острую фаску под углом 25…30°, а затем затачивают острие под менее острым углом. Нож укладывают в гнездо и крепят сквозными болтами, утопленными на лицевой стороне заподлицо с диском. С помощью клиновидной подкладки нож закрепляют в гнезде так, чтобы лезвие его выступало на 10…12 мм над поверхностью диска. Чтобы создать твердую опору для ножа, за тыльной кромкой ножа укладывают стальную про-

кладку (6). Ширина ее должна изменяться по мере износа ножа и уменьшения его ширины, вследствие чего приходится иметь набор прокладок. Чтобы этого избежать, прокладку делают в виде клина, скользящего в направляющих и одной своей стороной упирающегося в тыльную сторону ножа (рис. 3.22). Положение клина, а следовательно, и ножа устанавливается с помощью винта (7), квадратная головка которого выведена в гнездо на ободе диска. В расположенное по другую сторону прорези меньшее гнездо закладывают заподлицо с диском и закрепляют в нем болтами стальную планку (8), предохраняющую кромку прорези диска от износа.

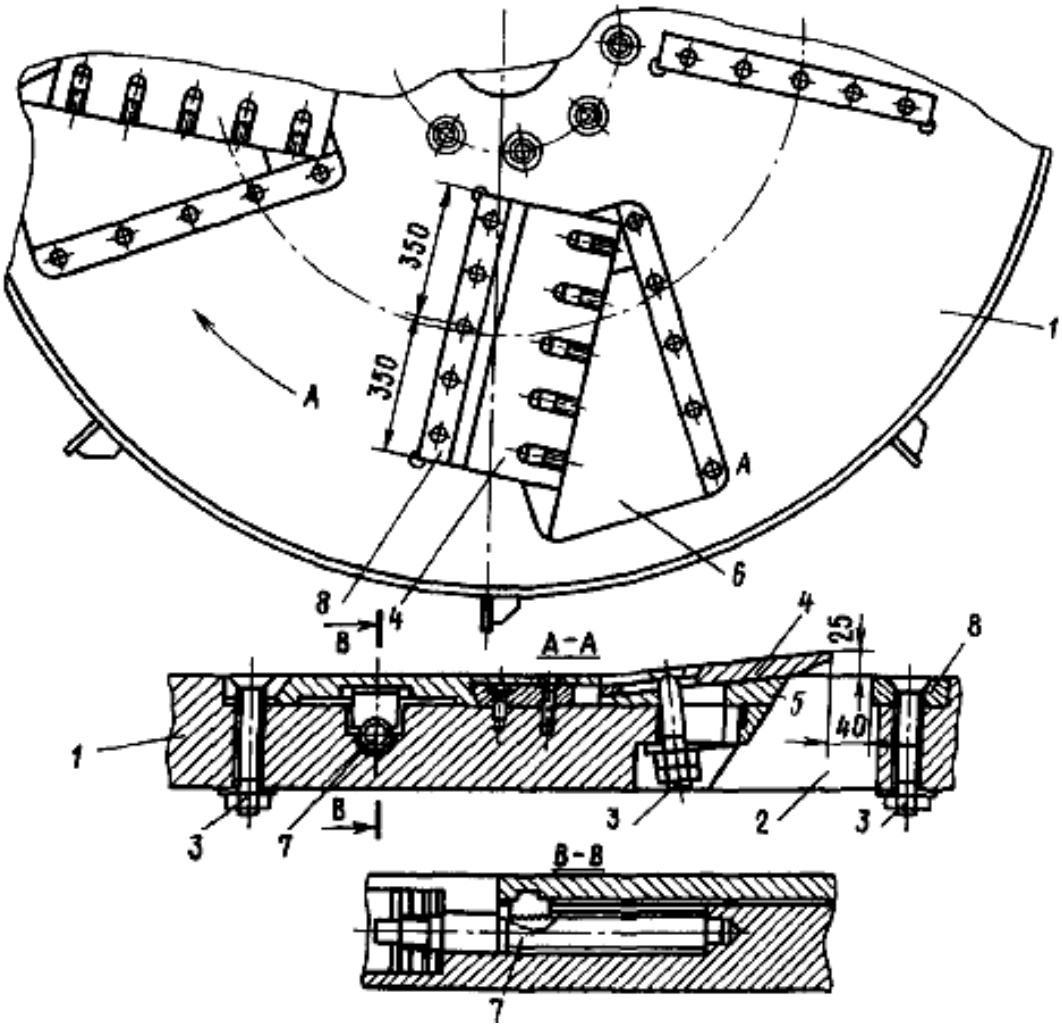

Рис. 3.22. Крепление ножа к диску с прокладкой в форме клина [4]:
1 – диск; 2 – прорезь в диске; 3 – болты; 4 – дисковый нож;
5 – клиновидная подкладка; 6 – прокладка в форме клина;
7 – винт с квадратной головкой; 8 – сменная планка

Для подведения бревна под ножи диска служит наклонный патрон в виде желоба четырехугольного, овального или круглого сечения (рис. 3.21). Патрон устанавливают так, чтобы ось его составляла с горизонтальной плоскостью угол 45…50°, а горизонтальная проекция его оси – некоторый угол к оси вала (в разных конструкциях машин угол изменяется от 0 до 45°). Косое направление подачи бревна значительно облегчает отруб, уменьшая расход энергии на рубку.

Днищу прямоугольного патрона поворотом его вокруг оси в сторону вращения часто придают дополнительный наклон. Благодаря этому бревно при рубке скатывается в нижний угол патрона и меньше подпрыгивает при ударах ножей. Для предохранения стенок патрона от износа днище и стенку его футеруют стальными съемными пластинами. Под нижнюю кромку патрона устанавливают направленный перпендикулярно плоскости диска упорный нож или контрнож (рис. 3.21) в виде стальной пластины с гранью, заточенной под прямым углом. Диск машины заключен в кожух из листовой стали с закрываемыми во время работы окнами, которыми пользуются для смены ножей. В верхней части к кожуху присоединяется рукав прямоугольного или круглого сечения с небольшим циклоном на конце. Через этот рукав выбрасывается щепа прикрепленными к ободу диска лопатками и струей воздуха, засасываемого лопатками в машину. Высота выброса щепы, считая от оси машины, не должна превышать 3…4 м. В некоторых конструкциях кожухом закрывается только верхняя половина диска, выходной рукав отсутствует, и щепа из машины падает вниз на расположенный под нею транспортер. Машина приводится во вращение от двигателя через ременную или клиноременную передачу. Применяется также привод непосредственно от асинхронного электродвигателя, располагаемого на одном фундаменте с машиной [3].

На рис. 3.23 показан механизм рубки. Дисковый нож и контрнож образуют «ножницы», расстояние между лезвиями которых, во избежание сминания щепы и образования лучин, должно быть 0,5…1 мм. Дисковый нож отрезает от бревна шайбу, толщина которой зависит от выступа ножа над поверхностью диска. Шайба в процессе рубки раскалывается на отдельные щепочки, которые проскакивают сквозь прорезь диска, ударяются о стенки кожуха и дробятся. Бревно движется в патроне по направлению к диску в процессе самого отруба, под влиянием затягивающего действия ножа. Торцовая поверхность бревна при этом не остается параллельной поверхности диска, а располагается к ней под некоторым острым углом у. который называется углом затягивания (рис. 3.23). Сойдя с ножа, бревно упирается своим концом в диск и скользит по нему далее, до встречи со следующим ножом. Поверхность отруба при этом приобретает некоторую вогнутость. Толчок бревна о диск сопровождается отскакиванием бревна и, как следствие этого, нарушением длины отруба. Одновременно с этим наблюдается приподнимание заднего конца полена как результат давления ножа, стремящегося опрокинуть его через кромку упорного

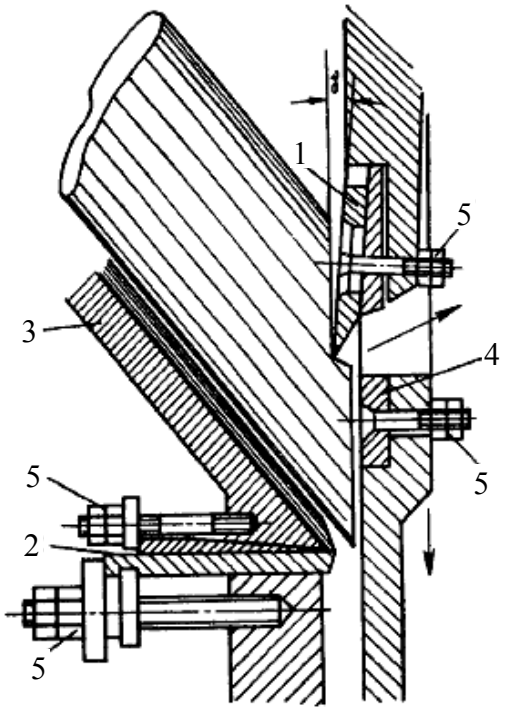

Рис. 3.23. Механизм рубки [23]:
1 – дисковый нож; 2 – контрнож;
3 – патрон; 4 – планка;
5 – установочные болты

ножа. Диаметр ножевого диска ($D_д$) в зависимости от производительности машины и сечения измельчаемых лесоматериалов составляет от 1 до 3 м, угловая скорость – от 16 до 52 $с^{-1}$, количество ножей на диске – от 3 до 16 шт. В связи с тем, что количество ножей влияет на качество получаемой щепы, рекомендуется принимать количество ножей, равным 8…16.

3.3.3. Многоножевые рубительные машины

Развитие конструкции рубильной машины для увеличения ее производительности и улучшения качества щепы направлено в сторону создания многоножевых машин с числом ножей от 8 до 16 [4]. Принципиальное отличие многоножевой машины от малоножевой заключается в том, что бревно при рубке находится одновременно под действием двух соседних ножей, как это показано на рис. 3.24. В результате процесс рубки бревна протекает непрерывно и устраняется подскакивание его в патроне.

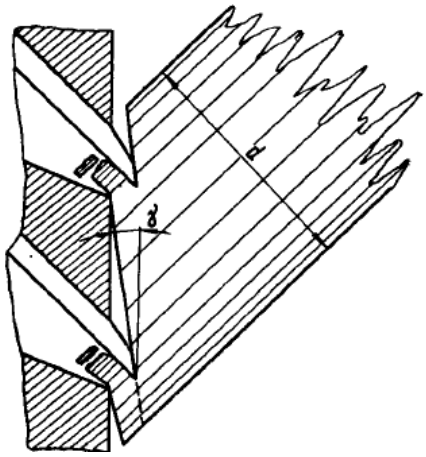

Рис. 3.24. Непрерывное резание древесины в многоножевой машине [4]

Условие непрерывности резания выражается следующей формулой [3]:

$$R_р = \frac{d}{2\cos\alpha_1 \sin\frac{180^\circ}{z}},$$

где $R_р$ – радиус реза, равный расстоянию от центра диска до оси бревна; d – диаметр бревна; α_1 – угол наклона патрона к горизонтальной плоскости (обычно 45…52°); z – число ножей.

Отсюда следует, что для соблюдения принципа непрерывности резания радиус должен быть возможно малым, т. е. патрон, а следовательно, и ножи должны быть расположены как можно ближе к центру диска. Следствием этого является необходимость при большом числе ножей весьма тесно располагать их на диске; нож приходится крепить в прорези диска, в верхней ее грани, срезанной под углом около 45° к поверхности диска.

Диск многоножевой машины изготовляют из катаной стали или в виде стальной отливки. Иногда диск выполняется из двух дисков, скрепленных заклепками [3]. Для предохранения от износа к диску крепятся секторные сменные листы (1) (рис. 3.25). Для ножей в диске имеются небольшие гнезда, в которые вставляются заподлицо с диском держатели (2). Контрнож (3) располагается в днище патрона и затачивается под углом 135°. Дисковый нож (4) лежит на опоре (5), вставленной в гнездо под держатели, и прижимается болтом (6), конец которого вставлен в держатель, а головка выведена на тыльную сторону диска. Для получения равномерной щепы необходимо выдерживать одинако-

вый выпуск всех дисковых ножей. Для этого вновь заточенный нож помещают в мерительную коробку (7) и при помощи регулировочных винтов (8) выбирают зазор по всей длине ножа. Зазор между контрножом и дисковыми ножами не должен превышать 0,8…1 мм; его устанавливают с помощью регулировочного винта в подшипниках на конце вала диска.

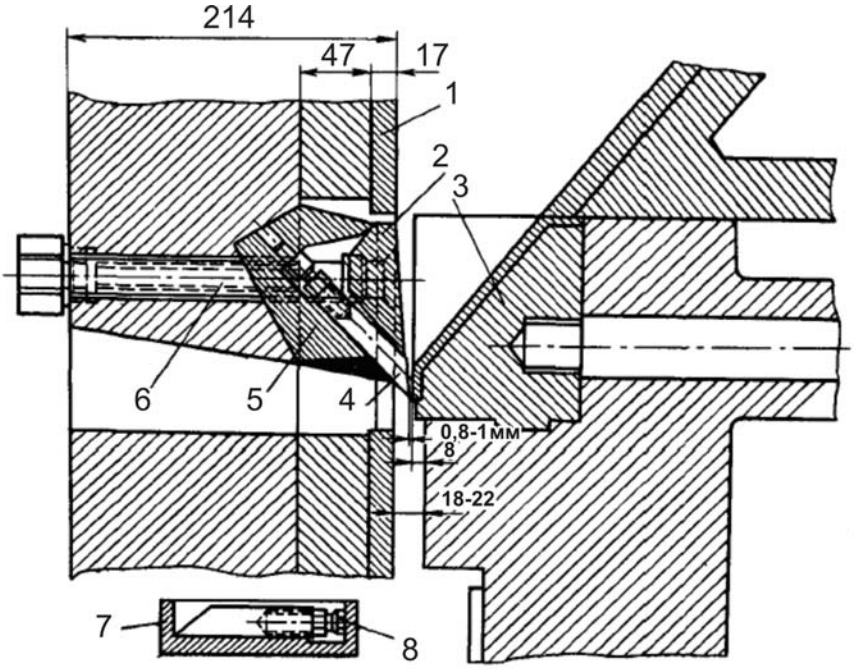

Рис. 3.25. Крепление дискового ножа в многоножевых машинах [4]:
1 – секторный защитный лист; 2 – держатель; 3 – контрнож;
4 – дисковый нож; 5 – фасонная опора; 6 – болт;
7 – измерительная коробка; 8 – регулировочный винт

У некоторых конструкций многоножевых машин на валу насажен дополнительный холостой диск-маховик и имеется тормозное устройство, позволяющее быстро остановить диск после выключения двигателя. Привод многоножевых машин большей частью осуществляется непосредственно от асинхронного электродвигателя или через клиноременную передачу. Угол заточки ножей (β) обычно находится в пределах от 30 до 45° (рис. 3.26). Загрузочный патрон (5) дисковых машин может располагаться наклонно или горизонтально. Машины с наклонным патроном применяют для измельчения коротких лесоматериалов, поступающих к диску под действием силы тяжести.

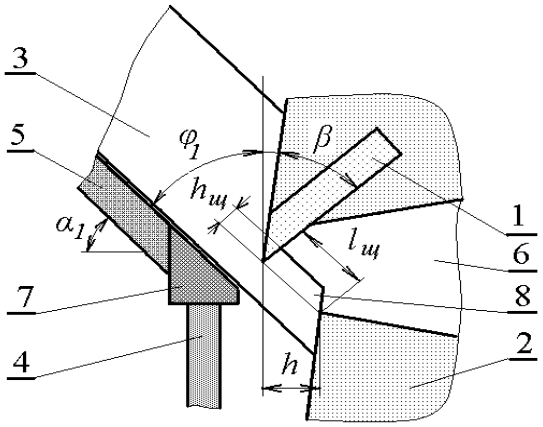

Рис. 3.26. Схема образования элементов щепы в рубительной машине [23]:
1 – нож; 2 – ножевой диск; 3 – измельчаемый материал; 4 – кожух; 5 – загрузочный патрон; 6 – подножевая впадина; 7 – контрнож; 8 – щепа

Машины с наклонным патроном применяют для измельчения коротких лесоматериалов, поступающих к диску под действием силы тяжести. Наклонный патрон составляет с горизонтом угол $\alpha_1 = 45°$, а с плоскостью диска в плане – $\alpha_2 = 45…75°$. Горизонтальные патроны (в этом случае назначают $\alpha_2 = 35…40°$) применяют для измельчения длинных лесоматериалов, которые подают в машину горизонтальными транспортерами различных типов.

Дисковые ножи тупятся довольно быстро, и их приходится менять не менее одного раза, а при неблагоприятных условиях и два раза в смену. Значительно дольше служит упорный нож, сменять который приходится через 10…12 дней, причем в качестве рабочей могут быть использованы по очереди обе грани ножа.

На рис. 3.27 показан общий вид широко распространенной дисковой рубительной машины марки МР2-20. При работе машины МР2-20 древесина через загрузочный патрон (2) подается к ротору (4) и измельчается установленными на нем ножами. Образовавшаяся щепа эвакуируется из кожуха (3) с помощью воздушного потока, создаваемого лопатками, прикрепленными к периферии диска ротора.

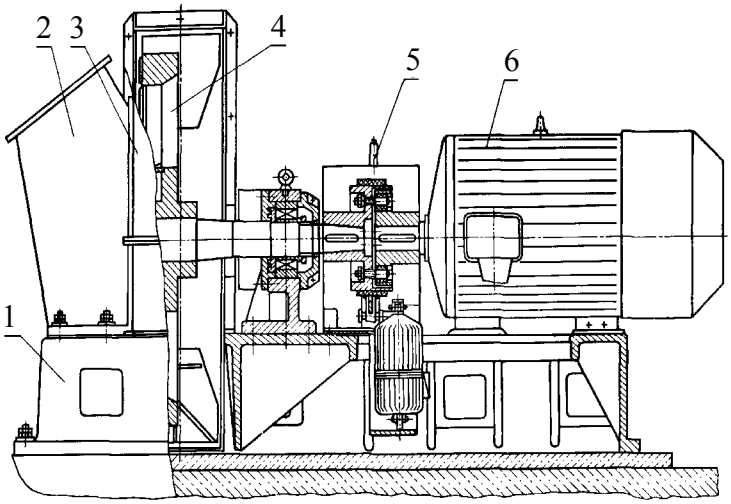

Рис. 3.27. Общий вид дисковой рубительной машины МР2-20 [22]:
1 – станина; 2 – загрузочный патрон; 3 – кожух;
4 – ротор; 5 – тормоз; 6 – электродвигатель

Производственным объединением «ПетрозаводскМаш» предлагается широкий спектр рубительных машин различной конструкции и производительности. Основным оборудованием для производства технологической щепы являются дисковые рубительные машины производительностью от 10 до 300 пл. м^3/ч. Дисковые резцовые рубительные машины используются для переработки длинника диаметром до 1 100 мм в топливную и технологическую щепу, а также в щепу для плитного и гидролизного производства. Отличительная особенность этих машин – «секционный» способ резания древесины, позволяющий, при сравнительно малой установленной мощности приводного электродвигателя, перерабатывать древесину больших диаметров. Барабанные ножевые и резцовые рубительные машины перерабатывают обрезки древесины, отходы деревообработки и лесозаготовок (машина МРБ4-30ГН в состоянии перерабатывать целые деревья с кроной). Продуктом переработки является топливная и технологическая щепа для плитного и гидролизного производства. Для доизмельчения крупной фракции щепы, отсортированной на верхнем сите сортировок, а также отходов переработки древесины используется дезинтегратор. Основные характеристики рубительных машин приведены в табл. 3.20.

К числу несомненных преимуществ многоножевой машины, кроме ее большой производительности, следует отнести повышение равномерности щепы, что подтверждается многочисленными практическими данными.

Таблица 3.20. Технические характеристики рубительных машин, являющихся инженерным продуктом объединения «ПетрозаводскМаш» [27]

Тип машины	Марка машины	Вид перерабатываемой древесины	Размеры круглой древесины, мм		Производительность, пл. м^3/ч
			длина	диаметр	
Дисковая ножевая	МР-40	Круглая, отходы лесопиления	До 3000	60…400	40…50
	МР-150	Круглая	800…3000	60…600	150…180
	МР7-300А	Круглая	1000…3000	60…700	250…300
	МР7-300Б	Круглая	1000…3000	60…700	300…350
Дисковая резцовая	МРР-500	Круглая, низкокачественная в хлыстах и сортиментах (с формированием в пачки)	min 1000	100…480	15…20
	МРР-500-1		min 1000	100…480	15…20
	МРР850		min 1000	200…800	40…60
	МРР12-70ГН		min 1500	400…1100	70…100
Барабанная резцовая	МРБР-800	Отрезки древесины (откомлевка, оттор-цовка)	До 750	До 800	15
Барабанная ножевая	МРБ4-30ГН	Отходы лесозаготовок, лесопиления и деревообработки	900 × 500 (размеры слоя сучьев, ветвей в свободном состоянии)		25…30
Барабанная ножевая	Дезинтегратор ДЗН-04Б	Крупная фракция щепы с сортировок, отходы переработки древесины	250 × 600 × 50 (размеры отходов переработки древесины)		25…30

3.3.4. Рубительные машины дисковые ножевые МР-10, МР-10Г, МР-20, МР-20Г, МР-40, МР-40Г

Назначение. Рубительные машины дисковые ножевые (рис. 3.28) предназначены для измельчения круглой и колотой древесины, отходов лесопиления и деревообработки (горбыль, рейка) на технологическую щепу для целлюлозно-бумажного, плитного и гидролизного производства, топливную щепу. Рубительные машины применяются в лесозаготовительных, лесопильных и деревообрабатывающих предприятиях.

Рис. 3.28. Рубительная машина дисковая [27]

Описание. Рубительные машины (рис. 3.29, 3.30, табл. 3.21) дискового типа, ножевые, с геликоидальной поверхностью межножевых секторов. Направление подачи сырья в рубительные машины МР-10, МР-20 и МР-40 – наклонное, в рубительные машины МР-10Г, МР-20Г и МР-40Г – горизонтальное. Выброс щепы – вверх, в циклон или вниз на конвейер.

Основные узлы рубительных машин – ротор, кожух, муфта с тормозом и приводной электродвигатель, установленный на общей станине, щит и пульт управления. Привод ротора – от электродвигателя асинхронного типа через втулочно-пальцевую муфту, одна полумуфта которой служит тормозным шкивом.

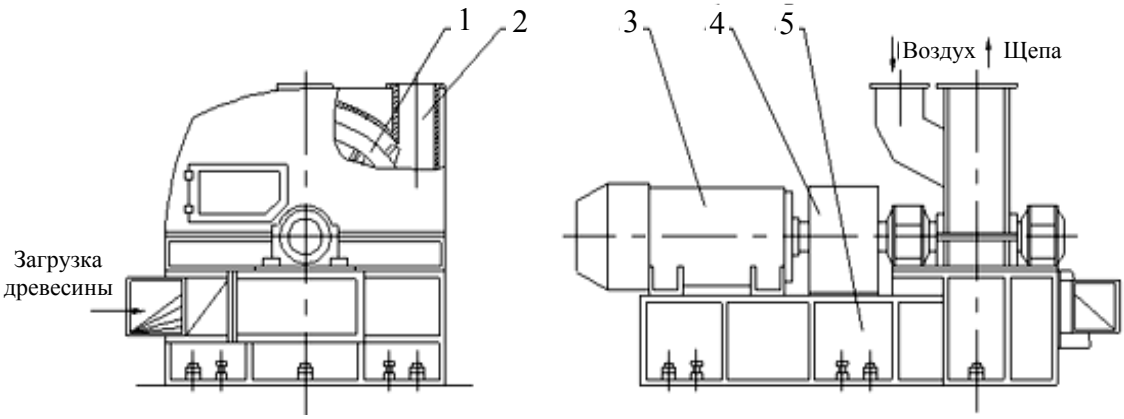

Рис. 3.29. Рубительные машины МР-10Г, МР-20Г, МР-40Г [27]:
1 – ротор; 2 – кожух; 3 – приводной электродвигатель;
4 – муфта с тормозом; 5 – рама с загрузочным патроном

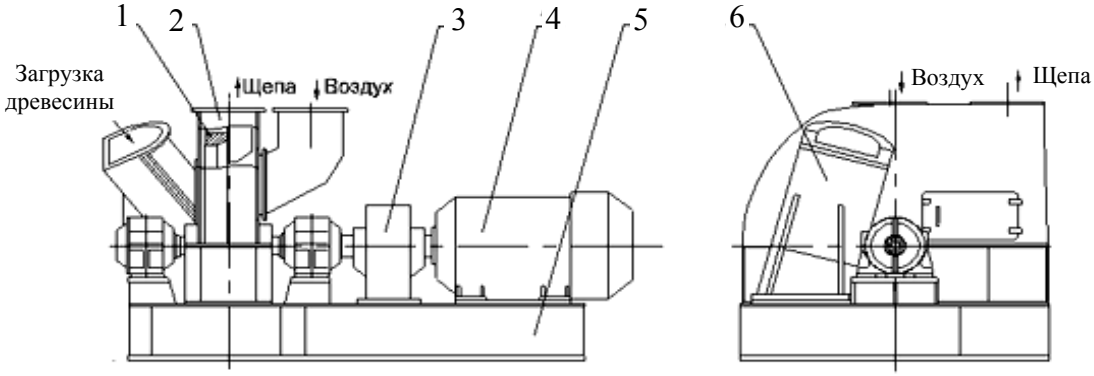

Рис. 3.30. Рубительные машины МР-10, МР-20, МР-40 [27]:
1 – ротор; 2 – кожух; 3 – муфта с тормозом; 4 – приводной электродвигатель;
5 – рама; 6 – загрузочный патрон

Таблица 3.21. Технические характеристики рубительных машин дисковых ножевых [27]

Параметр	**МР-10**	**МР-10Г**	**МР-20**	**МР-20Г**	**МР-40**	**МР-40Г**
1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***
Производительность, $м^3$/ч (в плотной мере)	10…15		20…25		40…50	
Проходное сечение загрузочного патрона, мм *	250	220 × 420	250	220 × 420	420	350 × 500
Параметры перерабатываемого сырья						
Диаметр круглой древесины, мм	60…220	60…220	60…250	60…220	60…400	60…315
Максимальные размеры горбыля, мм: - толщина	50			100		
- ширина	250	400	250	400	400	500
- длина	До 3 000	До 6 000	До 3 000	До 6 000	До 3 000	До 6 000
Характеристика вырабатываемой щепы						
Длина (расчетная), мм	18		18		20	
Массовая доля крупной фракции, %	3…5		3…5		4…6	
Массовая доля опилочной фракции, %	1,5…2,5		1,5…2,5		2…3	

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Параметры ножевого диска						
Диаметр, мм	1 300		1 300		1 700	
Число ножей, шт.	16		16		15	
Частота вращения, мин$^{-1}$	600					
Мощность приводного электродвигателя, кВт	55		75		160	
Габаритные размеры (без циклона)						
Длина, мм	2 810	2 980	2 810	2 980	3 120	3 300
Ширина, мм	1 640	1 760	1 640	1 760	2 000	2 120
Высота, мм	1 520	1 520	1 520	1 520	1 900	1 900
Масса комплекта поставки, кг	6 000	5 600	6 300	5 900	15 000	

* Для машин с наклонной подачей сырья – диаметр вписанной окружности.

3.3.5. Машина рубительная дисковая ножевая МР-10Т

Назначение. Машина рубительная МР-10Т (рис. 3.31, 3.32) предназначена для переработки круглой и колотой дровяной, отходов лесозаготовок (вершинки, ветви, сучья), отходов лесопиления и деревообработки (горбыль, обрезки досок, рейки) на топливную щепу. МР-10Т применяется в котельных лесопильных, деревообрабатывающих, лесозаготовительных предприятий, а также котельных МЖКХ, работающих на древесном топливе.

Рис. 3.31. Машина рубительная МР-10Т [27]

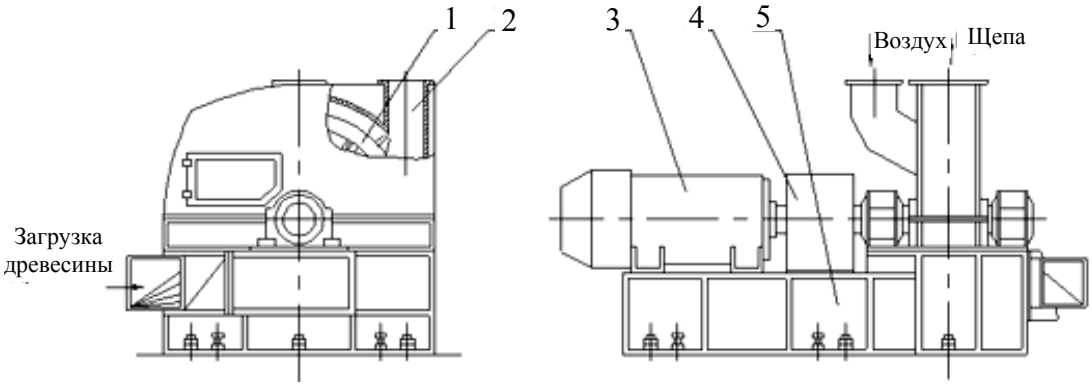

Рис. 3.32. Машина рубительная МР-10Т [27]:
1 – ротор; 2 – кожух; 3 – приводной электродвигатель;
4 – муфта с тормозом; 5 – рама с загрузочным патроном

Описание. Рубительная машина дискового типа, ножевая (табл. 3.22). В качестве режущего элемента используются серийно выпускаемые рубительные ножи. Направление подачи сырья – горизонтальное, ленточным конвейером. Выброс щепы – вверх, в циклон, или вниз, на конвейер. Привод ножевого ротора от асинхронного электродвигателя через втулочно-пальцевую муфту. Основные узлы ру-

бительной машины – ножевой ротор, кожух, муфта, приводной электродвигатель установлены на общей станине. Одна из полумуфт служит тормозным шкивом. Щит и пульт управления устанавливаются отдельно, по месту.

Таблица 3.22. Техническая характеристика рубительной машины МР-10Т [27]

Параметр	Величина
Производительность, в плотной мере, $м^3$/ч	8…12
Проходное сечение загрузочного патрона (ширина × высота), мм	420 × 220
Размеры перерабатываемого сырья, мм: - диаметр - длина	До 200 До 3 000
Максимальные размеры горбыля, мм: - толщина - ширина - длина	50 400 6 000
Диаметр диска, мм	1 300
Мощность приводного электродвигателя, кВт	55
Способ загрузки сырья	Горизонтальная подача ленточным транспортером
Выгрузка древесины из машины	Вверх, в циклон
Размеры щепы, мм: - длина (расчетная) - толщина	20…22 До 15
Габаритные размеры (без циклона), мм: - длина - ширина - высота	2 980 1 760 1 520
Комплект поставки	Машина рубительная, циклон, щепопровод
Масса комплекта поставки, кг	4 700

3.3.6. Рубительные машины дисковые ножевые МР5-150, МР7-300А, МР7-300Б

Назначение. Рубительные машины дисковые ножевые МР5-150, МР7-300А, МР7-300Б (рис. 3.36) предназначены для измельчения круглой древесины хвойных и лиственных пород на технологическую щепу для целлюлозно-бумажного, плитного и гидролизного производства (рис. 3.37,). Применяются в цехах по производству щепы целлюлозно-бумажных предприятий.

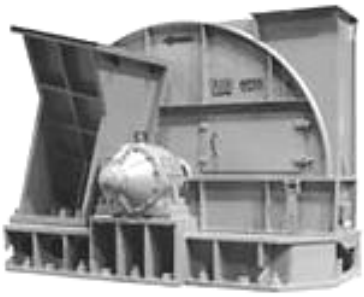

Рис. 3.36. Рубительная машина дисковая ножевая [27]

Описание. Рубительные машины – дискового типа, ножевые, с плоской поверхностью межножевых секторов (табл. 3.23). Направление подачи сырья в рубительные машины наклонное. Выброс щепы – вверх, в циклон.

Основные узлы рубительных машин – механизм рубки, приводной электродвигатель, муфта зубчатого типа, ленточный тормоз. Механизм рубки включает – ротор с подшипниковыми опорами, загрузочный патрон и кожух, установленные на общей раме сварной конструкции. Механизм рубки собирается на предприятии изготовителе и поставляется заказчику одним поставочным блоком. Привод ротора рубительной машины МР5-150 – от асинхронного

электродвигателя с фазным ротором, а рубительных машин МР7-300А и МР7-300Б – от синхронного электродвигателя. Исполнение машин по расположению (левое, правое) и наклону (прямой, развернутый) загрузочного патрона обеспечивает возможность выбора рубительной машины в зависимости от типа заменяемой машины с наименьшими затратами на доработку фундаментов и трактов подачи сырья в машину.

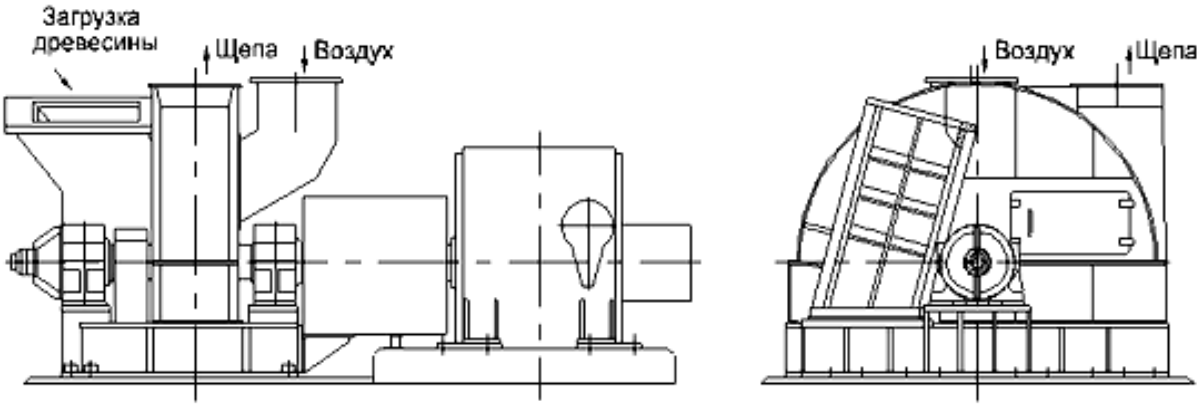

Рис. 3.37. Рубительные машины МР5-150, МР7-300А, МР7-300Б [27]

Таблица 3.23. Технические характеристики
дисковых ножевых рубительных машин МР5-150, МР7-300А, МР7-300Б [27]

Параметр	**МР5-150**	**МР7-300А**	**МР7-300Б**
Производительность, в плотной мере, $м^3$/ч	150…180	250…300	300…350
Проходное сечение загрузочного патрона – диаметр вписанной окружности, мм	625	750	750
Параметры перерабатываемого сырья			
Диаметр, мм	60…600	60…700	
Длина, мм: - при наклонной подаче сырья - при горизонтальной подаче сырья	800…4 000 800…6 000	1 000…4 000 1 000…6 000	
Характеристика вырабатываемой щепы			
Длина (расчетная), мм	20	20	20
Пределы регулирования длины щепы, мм	От 18 до 25		
Массовая доля крупной фракции, %	4…6	6…8	5…7
Массовая доля опилочной фракции, %	2…3	1,2…2,5	2… 3
Параметры ножевого диска			
Диаметр, мм	2 500	3 000	3 000
Число ножей, шт.	15	15	15
Частота вращения, $мин^{-1}$	365	300	300
Параметры приводного электродвигателя			
Мощность, кВт	630	1 600	1 600
Частота вращения, $мин^{-1}$	375	300	300
Напряжение, В	3 000 или 6 000	6 000 или 10 000	6 000 или 10 000
Габаритные размеры (без циклона)			
Длина, мм	7 530	10 130	10 200
Ширина, мм	3 200	4 650	4 650
Высота от подошвы рамы механизма рубки, мм	6 082	6 082	6 082
Масса комплекта поставки, кг	45 000	77 000	77 000

3.3.7. Рубительная машина барабанная ножевая МРБ4-30ГН

Рис. 3.38. Рубительная машина барабанная ножевая МРБ4-30ГН [27]

Назначение. Рубительная машина барабанная ножевая МРБ4-30ГН (рис. 3.38) предназначена для измельчения отходов лесозаготовок (веток, вершинок, древесного лома и целых деревьев с кроной), отходов лесопиления и деревообработки (горбыль, рейки) на технологическую щепу для производства плит ДВП, ДСП, гидролизного производства, и топливную щепу. Применяется в лесозаготовительных, деревообрабатывающих, мебельных предприятиях, предприятиях для производства плит ДВП, ДСП, котельных, работающих на древесных отходах.

Описание. Рубительная машина (рис. 3.39, табл. 3.24) – барабанного типа, ножевая с горизонтальной принудительной загрузкой сырья и нижним выбросом щепы.

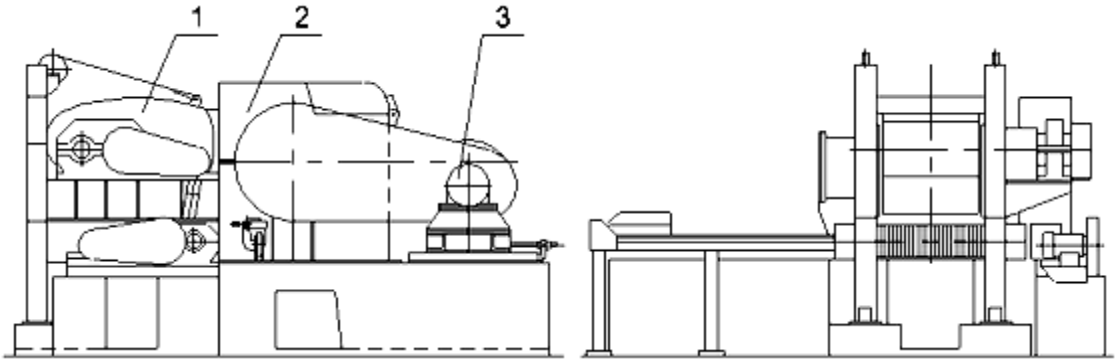

Рис. 3.39. Рубительная машина МРБ4-30ГН [27]:
1 – рольганг; 2 – механизм рубки; 3 – привод

Таблица 3.24. Техническая характеристика машины рубительной МРБ4-30ГН [27]

Параметр	**МРБ4-30ГН**
1	***2***
Производительность, в плотной мере, $м^3$/ч	25…30
Проходное сечение загрузочного окна механизма подачи, мм: - ширина - высота	 900 400
Характеристика перерабатываемого сырья: - вид сырья - размеры слоя в свободном состоянии (ширина × высота), мм: сучьев, ветвей горбылей, реек - максимальный диаметр древесины, мм	Сучья, ветви, вершинки, обломки хлыстов, деревья с кроной, горбыли, рейки 900 × 500 800 × 500 300
Характеристики вырабатываемой щепы: - длина (расчетная), мм - массовая доля крупной фракции, % - массовая доля опилочной фракции, %	 25 8…12 4…7

Окончание таблицы 3.24

1	*2*
Параметры режущего органа механизма рубки: - диаметр барабана, мм - число ножей, шт. - частота вращения, мин$^{-1}$	 1270 4 368
Установленная мощность приводных электродвигателей, кВт	178
Габаритные размеры, мм: - длина - ширина - высота	5165 4430 2630
Масса комплекта поставки, кг	17500

Основные узлы рубительной машины – механизм рубки с приводным электродвигателем и механизм подачи. Механизм рубки включает в себя ножевой барабанный ротор, привод ротора, клиноременную передачу, контрнож и перфорированную решетку, смонтированных на общей сварной станине. Механизм подачи состоит из приводного рольганга с рифлеными роликами и прижимного механизма, состоящего из ролика и прижимного барабана, смонтированных на качающейся раме. Рольганг и прижимной барабан имеют автономные приводы.

3.3.8. Рубительная машина барабанная резцовая МРБР-800

Назначение. Рубительная машина барабанная резцовая МРБР-800 предназначена для измельчения отрезков древесины (откомлевки, отторцовки) на технологическую щепу для плитного и гидролизного производства и топливную щепу. Применяется в предприятиях для производства плит ДВП, ДСП и котельных, работающих на древесном топливе.

Описание. Рубительная машина (рис. 3.40, табл. 3.25) – барабанного типа, резцовая с наклонной загрузкой сырья и выбросом щепы вниз на конвейер. Основные узлы рубительной машины – ротор с резцами для поперечного резания древесины, сварные станины ротора и привода, соединенные между собой крепежом, лоток приемный. Ротор представляет собой литой полый барабан, на наружной поверхности которого по винтовой линии расположены резцы. Вращение ротора осуществляется от приводного электродвигателя через клиноременную передачу.

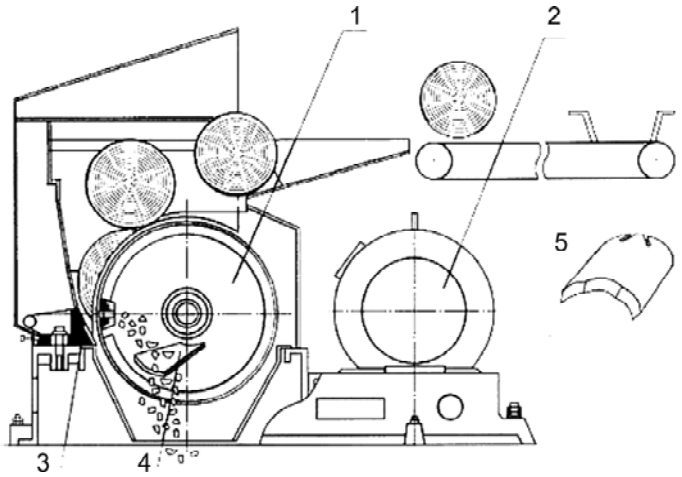

Рис. 3.40. Машина рубительная МРБР-800 [27]:
1 – многорезцовый ротор; 2 – привод; 3 – контрнож;
4 – лоток для выгрузки щепы; 5 – резец

Таблица 3.25. Техническая характеристика машины рубительной МРБР-800 [27]

Параметр	Величина
Производительность, в плотной мере, $м^3$/ч	10…15
Размеры приемного окна для загрузки сырья, мм: - ширина (вдоль оси ротора) - высота	 820 840
Параметры перерабатываемого сырья, мм, не более: - диаметр - длина	830 780
Характеристики вырабатываемой щепы, мм: - длина - толщина	22 ± 1 5
Параметры режущего органа: - диаметр барабана, мм - число резцов, шт. - частота вращения, $мин^{-1}$	965 37 370
Мощность приводного электродвигателя, кВт	75
Габаритные размеры, мм: - длина - ширина - высота	2 600 1 850 2 290
Масса комплекта поставки, (ориентировочно), кг	5 920

3.3.9. Рубительные машины дисковые резцовые МРР-300, МРР-500А, МРР-500А-1, МРР-650, МРР-850, МРР12-70ГН

Назначение. Рубительные машины дисковые резцовые МРР-300, МРР-500А, МРР-500А-1, МРР-650, МРР-850, МРР12-70ГН (рис. 3.41) предназначены для измельчения древесины, в том числе и низкокачественной в хлыстах и сортиментах на технологическую щепу для целлюлозно-бумажного, плитного и гидролизного производства и топливную щепу. Применяются в лесопильных, деревообрабатывающих и лесозаготовительных предприятиях.

Рис. 3.41. Рубительные машины дисковые резцовые [27]

Описание. Рубительные машины МРР-300, МРР-500А, МРР-500А-1, МРР-650, МРР-850, МРР12-70ГН (рис. 3.42, табл. 3.26) – дискового типа, резцовые, с горизонтальной подачей сырья.

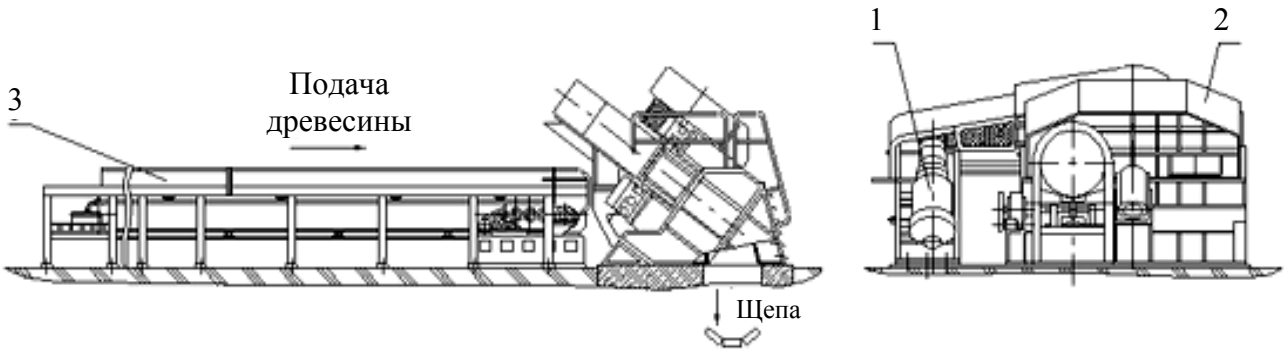

Рис. 3.42. Рубительные машины [27]:
1 – привод; 2 – механизм рубки; 3 – механизм подачи

Таблица 3.26. Технические характеристики рубительных машин [27]

Параметр	МРР-300	МРР-500А	МРР-500А-1	МРР-650	МРР-850	МРР 12-70ГН
Производительность, в плотной мере, $м^3$/ч	2…4	10…15	10…15	20…30	40…60	70…100
Проходное сечение загрузочного патрона (диаметр вписанной окружности), мм	350	500	500	650	850	1 180
Направление выброса щепы	Вверх	Вверх	Вниз	Вверх	Вниз	Вниз
Характеристика перерабатываемой древесины:						
- диаметр, мм	До 300	50…450	50…450	50…600	100…800	200…1 100
- длина, мм, не менее	1000					1 500
Характеристики вырабатываемой щепы:						
- длина (расчетная), мм	15	20	20	20	20	20
- массовая доля крупной фракции, %	–	3…5	3…5	3…5	4…6	5…7
- массовая доля опилочной фракции, %	–	2…3	2…3	2…3	2…3	3…4
Установленная мощность приводных электродвигателей (привод ротора, механизма подачи), кВт	32,2	79	79	94	164	204
Габаритные размеры машины с механизмом подачи, мм:						
- длина	4 000	10 765	10 765	11 500	13 090	26 980
- ширина	1 600	3 032*	2 796	3 400*	5 240	6 920
- высота	1 800	3 640*	1 900	4 000*	3 420	3 610
Масса комплекта поставки, кг	6 000	10 800	10 300	15 100	32 400	55 950

* Габариты по ширине и высоте с учетом установки щепопровода в рабочее положение.

Отличительная особенность машин – «секционный» способ резания древесины, позволяющий, при сравнительно малой установленной мощности приводного электродвигателя, перерабатывать древесину больших диаметров. Основные узлы машин – механизм рубки, привод и механизм подачи. Механизм рубки состоит из ротора, диск которого установлен под углом к горизонтальной плоскости, кожуха и загрузочного патрона V-образной формы. Привод ротора механизма рубки – от асинхронного электродвигателя через клиноременную передачу. Для уменьшения времени выбега, при остановке ротора, привод оснащен тормозом ленточного типа с ручным приводом.

3.3.10. Дезинтеграторы ДЗН-1, ДЗН-2, ДЗН-04Б

Назначение. Дезинтеграторы ДЗН-1, ДЗН-2, ДЗН-04Б (рис. 3.43) предназначены для доизмельчения крупной фракции щепы, отсортированной на верхнем сите сортировок, а также отходов переработки древесины. Полученная в

дезинтеграторах щепа может быть использована в качестве добавки к технологической щепе для целлюлозно-бумажного, плитного и гидролизного производства. Применяются в целлюлозно-бумажных, лесопильных и деревообрабатывающих предприятиях.

Рис. 3.43. Дезинтеграторы [27]

Описание. Дезинтеграторы (рис. 3.44, табл. 3.27) – барабанного типа с наклонной подачей сырья и выбросом щепы вниз на конвейер. Основные узлы дезинтеграторов– ротор, станина, кожух, решетки и приводной электродвигатель. Ротор состоит из отдельных ножевых секций, установленных на валу. Количество секций зависит от типоразмера дезинтегратора. Дезинтеграторы имеют две зоны измельчения: на основном контрноже, расположенном в загрузочном проеме верхнего кожуха, и на специальной решетке, установленной под барабаном ротора. Для исключения тяжелых последствий при попадании в дезинтегратор труднодробимых предметов, конструкцией предусмотрено отбрасывание контрножа. Привод ротора – от электродвигателя асинхронного типа через клиноременную передачу.

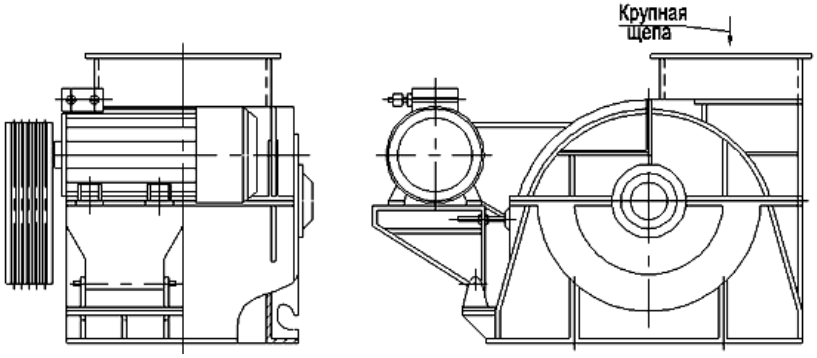

Рис. 3.44. Дезинтеграторы ДЗН-1, ДЗН-2, ДЗН-04Б [27]

Таблица 3.27. Технические характеристики дезинтеграторов ДЗН-1, ДЗН-2, ДЗН-04Б [27]

Параметр	**ДЗН-1**	**ДЗН-2**	**ДЗН-04Б**
1	*2*	*3*	*4*
Производительность, $м^3$/ч: - в плотной мере	3…6	10…15	25…30
- в насыпной мере	10…18	30…45	75…90
Размеры приемного окна для загрузки сырья, мм:			
- длина (вдоль оси ротора)	550	550	950
- ширина	300	400	500
Размеры отходов переработки древесины, мм:			
- ширина	50	100	250
- толщина	50	50	50
- длина	500	500	600
Эффективность доизмельчения, %	65	65	70
Параметры барабана ротора: - диаметр, мм	600	800	1 000
- число секций, шт.	3	3	5
- частота вращения, $мин^{-1}$	600	450	400
Мощность приводного электродвигателя, кВт	30	75	132

1	*2*	*3*	*4*
Габаритные размеры, мм: - длина	2 150	2 500	2 830
- ширина	1 350	1 700	1 975
- высота	1 200	1 400	1 635
Масса комплекта поставки, кг	3 000	5 000	8 250

3.3.11. Рубительная машина МРГС-5

Рубительная машина МРГС-5 предназначена для измельчения отходов лесозаготовок и рубок ухода в свежесрубленном состоянии в технологическую щепу для производства древесностружечных и древесноволокнистых плит на предприятиях лесного комплекса (табл. 3.28).

Таблица 3.28. Техническая характеристика рубительной машины МРГС-5 [27]

Параметр	**Величина**
Объемная производительность, м^3/ ч (не менее):	
- при рубке с одновременной загрузкой в два патрона и коэффициенте полнодревесности, равном 1	5
- при рубке ветвей, сучьев и вершин в дополнительном патроне	1,5…2
Параметры (расчетные) вырабатываемой щепы, мм: - длина	20
- толщина	3
Ножевой диск: - диаметр, мм	1000
- количество ножей:	
на торцовой поверхности	4
на ободе	4
Размеры проходного сечения загрузочного патрона, мм: - основного	250 × 220
- дополнительного	250 × 180

Основным оборудованием для производства щепы на лесосеке является передвижная рубительная машина. Вариант разработанной ЦНИИМЭ, НИИЦмашем и АО «Петрозаводскмаш» машины показан на рис. 3.45.

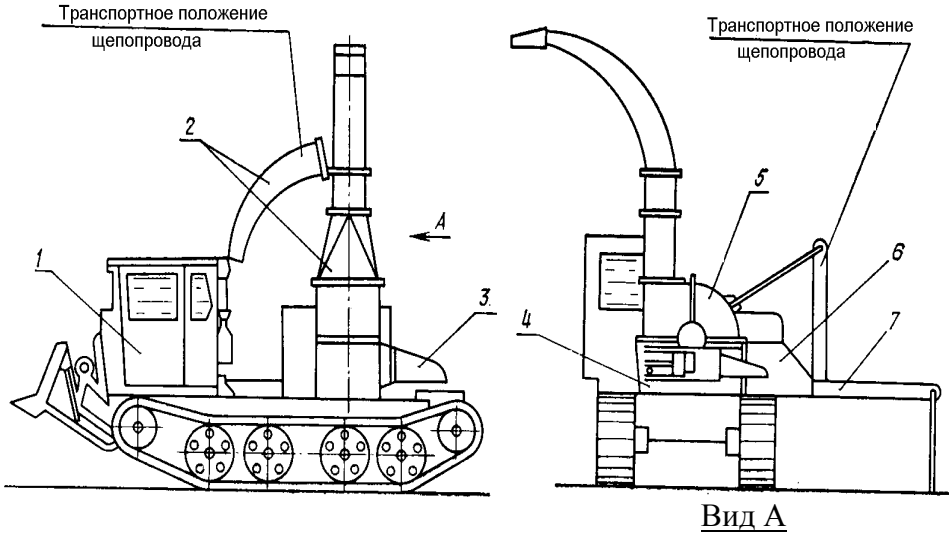

Рис. 3.45. Специальная рубительная машина МРГС-5 [27]: 1 – трактор ТДТ-55А; 2 – щепопровод; 3 – лоток; 4 – рама; 5 – кожух; 6 – механизм подачи; 7 – транспортер загрузки сырья

3.3.12. Расчет производительности и расхода энергии рубительных машин

Производительность рубительных машин в основном зависит от размеров балансов, частоты вращения диска, числа режущих ножей, длины щепы (выступа ножей над плоскостью диска), углов наклона патрона и способа загрузки.

Производительность рубительной машины (м^3/ч) может быть определена по формуле:

$$П_э = 60 \cdot nzl_щ FK_п,$$

где n – частота вращения ножевого диска, мин$^{-1}$; z – число режущих ножей на диске; $l_щ$ – длина щепы (по волокну), м; F – площадь резания, м; $K_п$ – коэффициент загрузки, или подачи (для тихоходных малоножевых машин $K_п = 0{,}7…1{,}0$, для быстроходных многоножевых $K_п = 0{,}3…0{,}6$, а для машин с геликондальной поверхностью диска, т. е. при $z = 12…16$ и $n = 700…900$ мин$^{-1}$ $K_п = 0{,}1…0{,}3$).

При рубке круглых лесоматериалов производительность машины (м^3/ч) определяется по следующей формуле:

$$П_э = 60 \cdot \frac{\pi d^2 l_щ}{4} - nzK_п = 60 \cdot \frac{\pi d^2 h}{4\cos\alpha_1 \cos\alpha_2} - nzK_п,$$

где d – средний (эквивалентный) диаметр балансов, м; h – выступ ножей над поверхностью диска, м; α_1 – угол наклона патрона к горизонтальной плоскости; α_2 – угол разворота патрона в горизонтальной плоскости.

Производительность рубительной машины, в зависимости от различных факторов, можно определить при помощи номограммы, изображенной на рис. 3.46. По горизонтальной оси номограммы нанесены значения диаметров бревен в функции их квадратов $d = f(d^2)$, а на вертикальной оси – производительности машин при начальных значениях, соответствующих $z = 4$, $n = 175$ мин$^{-1}$; $l_щ = 12$ мм и $K_п = 0{,}9$. В первом квадрате нанесены переходные прямые линии, определяющие изменение производительности для различного числа режущих ножей (z). В четвертом квадрате расположены переходные прямые линии, учитывающие влияние на производительность машины длины щепы $l_щ$ и частоты вращения (n) ножевого диска. Во втором квадрате нанесены прямые линии, служащие для определения производительности при различных значениях коэффициентов подачи $K_п$.

Принцип использования номограммы поясним на примерах (рис. 3.46).

Пример 1. Требуется определить производительность рубительной машины при $d = 300$ мм; $K_п = 0{,}9$; $n = 175$ мин$^{-1}$; $l_щ = 12$ мм и разном числе ножей: $z = 4$, $z = 6$; $z = 12$.

Из точки D_0 (300^2) проводим прямые линии до точек K, F_0 и F'_0, лежащих на прямых $z = 4$, $z = 6$; $z = 12$. Этим точкам на вертикальной оси соответствуют точки M, A_0 и A'_0, искомые производительности П равны 30,4; 45,6 и 91,2 м^3/ч.

Пример 2. Будем менять длину щепы, принимая ее последовательно равной 16, 20, 25 мм. Определим производительность машины при d = 300 мм; n = 175 мин$^{-1}$; $K_п$ = 0,9 и z = 12. Для этого из точки D_0 проведем линии вниз до пересечения их с переходными линиями $l_щ$ = 16 мм; $l_щ$ = 20 мм; $l_щ$ = 25 мм, и получим точки E_1, E_2 и E_3. В этих точках восстановим перпендикуляры к указанным переходным линиям, доводя их в горизонтальной оси в точках D_1, D_2 и D_3. Из этих точек проведем линии вверх до пересечения с переходной линией z = 12. Получим точки F_1, F_2 и F_3, которым на вертикальной оси соответствуют точки A_1, A_2 и A_3. Искомые производительности машин равны 121, 151 и 189 м^3/ч.

Пример 3. Изменим значения всех параметров, влияющих на производительность, по сравнению с начальными. Определим производительность машины при d = 300 мм; $K_п$ = 0,9 и $K_п$ = 0,6; n = 500 мин$^{-1}$; $l_щ$ = 16 мм; z = 12.

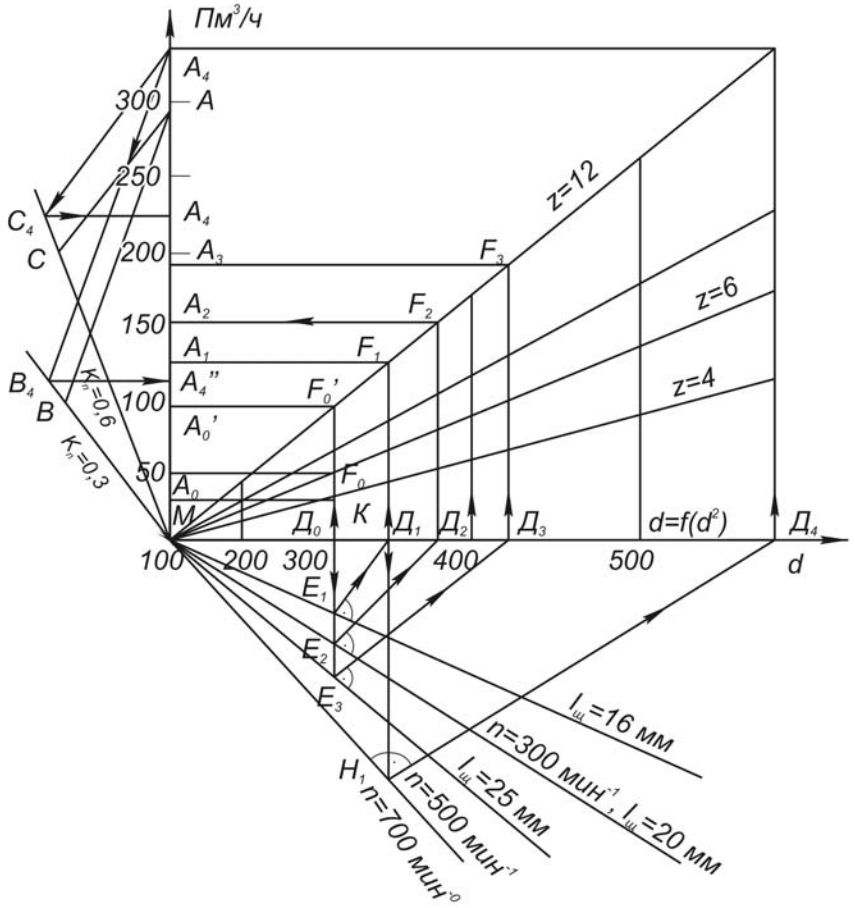

Рис. 3.46. Номограмма производительности дисковых рубительных машин [21]

Из точки D_0 опустим линию вниз до точки E_1, по линиям E_1D_1, D_1F_1, F_1A_1 попадаем в точку A_1. Из точки D_1 проведем линию вниз до пересечения с переходной линией n = 500 мин$^{-1}$ и получим точку H_1. Восстановим перпендикуляр H_1D_4 к указанной переходной линии до пересечения горизонтальной оси d в точку D_4. Далее из этой точки проведем перпендикуляр до линии z = 12 и получим точку F_4, которой на вертикальной оси соответствует точка A_4, искомая производительность машины П = 340 м^3/ч при $K_п$ = 0,9.

Из точки A_4 проведем линию A_4C_4, параллельную AC, получим точку C_4. Этой точку на вертикальной оси соответствует точка A'_4, т. е производительность машины П = 225 м^3/ч при $K_п$ = 0,6.

Если требуется узнать производительность машины при $K_п$ = 0,3,то из точки A_4 следует провести линию A_4B_4, параллельную AB. Точке B_4 на вертикальной оси соответствует точка A''_4. Искомая производительность машины П = 112,5 м^3/ч.

Номограмма охватывает влияние всех пяти факторов (n, z, d, $l_щ$, $K_п$), входящих в расчетную формулу производительности. Эта номограмма позволяет быстро находить производительность машины при различных сочетаниях всех указанных факторов. При заданной производительности этой номограммой можно также пользоваться для определения любого из пяти факторов, задаваясь поочередно другими четырьмя факторами в различном их сочетании.

При практических расчетах для определения производительности необходимо иметь сведения о количественном распределении по толщине балансов, поступающих на предприятие. Эти сведения позволяют определить расчетный, или эквивалентный, диаметр бревна, входящего в формулу для определения производительности. Мощность привода рубительной машины складывается из мощности холостого хода и полезной мощности. Мощность холостого хода расходуется на преодоление трения качения в роликоподшипниках, а в машинах с верхним выбросом щепы и на создание вентиляционного напора. Полезная мощность расходуется на рубку древесины, а в машинах с верхним выбросом щепы и на механическое выбрасывание щепы:

$$N = \frac{M_с n_н}{9554} = \frac{(M_х + M_{пол}) \cdot n_н}{9554} = \frac{\left[(M_{тр} + M_в) + (M_р + M_м)\right] \cdot n_н}{9554},$$

где N – мощность привода рубительной машины, кВт; $M_с$ – полный момент сопротивления, Н · м; $n_н$ – номинальная частота вращения диска, мин$^{-1}$; $M_х$ – момент холостого хода, Н · м; $M_{пол}$ – суммарный полезный момент сопротивления, Н · м; $M_{тр}$ – крутящий момент на преодоление сил трения в опорах, Н · м: $M_{тр} = fG\frac{d_k}{2}$ (f – коэффициент трения качения, f = 0,02; G – вес ротора рубительной машины, Н; d_k – диаметр окружности катания роликов, м); $M_в$ – крутящий момент на создание вентиляционного напора, Н · м; $M_р$ – крутящий момент на преодоление сил сопротивления резанию, Н · м; $M_м$ – крутящий момент, затрачиваемый на механический выброс щепы, Н · м.

Крутящий момент на создание вентиляционного напора рассчитывается по следующей эмпирической формуле:

$$M_в = 1{,}8 z_л F_л D_л^3 \left(\frac{n_н}{100}\right)^2 \chi,$$

где $z_л$ – количество лопаток на ободке диска, шт.; $F_л$ – площадь одной лопатки, м^2; $D_л$ – диаметр центра лопаток, м; χ – коэффициент сопротивления, учитывающий радиальное расположение лопаток, χ = 0,7.

Крутящий момент на преодоление сил сопротивления резанию:

$$M_{\text{ррасч}} = \frac{d^2_{\text{расч}} zp}{8\cos\alpha_1 \cos\alpha_2},$$

где $d_{\text{расч}}$ – расчетный диаметр измельчаемого бревна, м; z – число ножей; p – удельное усилие рубки (для твердых пород древесины 130 000…160 000, для мягких пород 90 000…120 000), Н/м; α_1 – угол наклона патрона к горизонту в вертикальной плоскости, град.; α_2 – угол разворота патрона в горизонтальной плоскости, град.

Крутящий момент, затрачиваемый на механический выброс щепы, рассчитывают по формуле:

$$M_{\text{мрасч}} = 0{,}00027 d^2_{\text{расч}} l_{\text{щ}} z \rho_{\text{щ}} D^2_{\text{л}} n^2_{\text{н}} \frac{1}{\cos\alpha_1 \cos\alpha_2},$$

где $l_{\text{щ}}$ – длина щепы расчетная, м; $\rho_{\text{щ}}$ – плотность щепы, кг/м^3.

Мощность рубки пропорциональна квадрату диаметра измельчаемых балансов. Однако количество балансов максимального диаметра в общей массе измельчаемого сырья относительно невелико, поэтому оснащение рубительной машины приводным электродвигателем из расчета непрерывной рубки балансов максимального диаметра экономически нецелесообразно вследствие низкого коэффициента его использования по мощности.

Выбор электродвигателя и расчета регламента его эксплуатации для организации защиты от перегрузок осуществляют в следующей последовательности:

– Предварительно выбирают двигатель на основе расчета потребного крутящего момента из условий рубки балансов расчетных (наиболее часто встречающихся) диаметра и длины.

– Проверяют двигатель на динамическую устойчивость из условия рубки балансов максимальных размеров.

– Проверяют двигатель на нагрев из условия обеспечения требуемой производительности при рубке балансов расчетных размеров.

– Рассчитывают технически возможную производительность рубительной машины во всем диапазоне диаметров измельчаемых балансов.

– Рассчитывают регламент эксплуатации рубительной машины (электродвигателя) на сырье, параметры которого превышают расчетные.

Привод рубительной машины работает с резко выраженной переменной нагрузкой. Поэтому для асинхронного привода целесообразно выбирать электродвигатели с большим искусственным скольжением и мягкой механической характеристикой, допускающие значительное снижение частоты вращения. В этом отношении наиболее предпочтительными являются асинхронные двигатели с фазным ротором.

Проверяют электродвигатели на динамическую устойчивость и нагрев по специальным методикам. После окончательного выбора электродвигателя устанавливают номинальный диаметр бревна $d_{\text{н}}$, при котором полностью используется мощность привода и возможна непрерывная (без пауз) рубка:

$$d_{\text{н}} = \sqrt{\frac{8\cos\alpha_1 \cos\alpha_2 \left(M_{\text{н}} - M_{\text{х}}\right)}{pzk_{\text{м}}}} \geq d_{\text{расч}},$$

где $M_{\text{н}}$ – номинальный момент электродвигателя; $M_{\text{х}}$ – момент холостого хода, расходуемый на преодоление трения в опорах и создание вентиляционного напора; $k_{\text{м}}$ – коэффициент, учитывающий механический выброс щепы, с некоторым приближением может быть определен по формуле:

$$k_{\text{м}} = \frac{M_{\text{ррасч}} + M_{\text{мрасч}}}{M_{\text{ррасч}}}.$$

При значениях диаметра древесины меньших номинального часовую технически возможную производительность машины во всем диапазоне изменения диаметров балансов определяют по формуле:

$$Q_{\text{н}} = 47{,}1 d_{\text{н}}^2 \cdot l_{\text{щ}} \cdot z \cdot n_{\text{Н}}.$$

При измельчении балансов, диаметр которых d_i превышает номинальный, часовую технически возможную производительность определяют для каждого его значения по формуле:

$$Q = \frac{0{,}25\pi d_i^2 z l_{\text{щ}} \left(n_{\text{н}} + n_{\text{к}}\right) \sum t_{\text{р}}}{120},$$

где $n_{\text{к}}$ – конечная частота вращения диска после рубки балансов i-го диаметра, мин$^{-1}$:

$$n_{\text{к}} = y - \frac{\left(A + 3C\right) n_{\text{к}}}{3\left(A + C\right)}.$$

Здесь:

$$y = \sqrt[3]{-\frac{E}{2} + \sqrt{\frac{E^2}{4} + \frac{H^3}{27}}} + \sqrt{-\frac{E}{2} - \sqrt{\frac{E^2}{4} + \frac{H^3}{27}}};$$

$$E = \frac{2ABn_{\text{н}}}{3(A+C)^2} - \frac{4n_{\text{н}}^3\left(4A^3 + 9C^3\right)}{27(A+C)^3} - \frac{K}{A+C};$$

$$H = \frac{B}{(A+C)} - \frac{4A^2 n_{\text{н}}^2}{3(A+C)^2};$$

$$A = 0{,}5\pi^2 m D^2 l_{\text{щ}} z \cos\alpha_1 \cos\alpha_2;$$

$$B = 900\pi d_i^2 L_i z p;$$

$$C = 1{,}53 d_i^2 L_i l_{\text{щ}} \rho_{\text{щ}} z D_{\text{л}}^2;$$

$$K = 432 \cdot 10^6 \eta\lambda N L_i \cos\alpha_1 \cos\alpha_2,$$

где mD^2 – суммарный маховой момент машины, кг · м^2; η – коэффициент полезного действия двигателя; λ – коэффициент перегрузочной способности электродвигателя; L_i – длина измельчаемого баланса, м; $\sum t_р$ – суммарная допускаемая в течение 1 ч продолжительность рубки балансов i-го диаметра, с:

$$\sum t_р = \frac{3600\left(M_н^2 - M_х^2\right)}{M_с^2 - M_х^2}.$$

С увеличением диаметра балансов от $d_н$ до d_{max} технически возможная производительность машины уменьшается, так как возрастает момент сопротивления рубки и после рубки каждого баланса требуется большая продолжительность паузы $t_п$ на охлаждение двигателя, а в случае асинхронного привода и на восстановление частоты вращения ротора:

$$t_п = \frac{120\, L_i (3600 - \sum t_р)}{z l_щ (n_н + n_к) \sum t_р}.$$

Вопросы для самопроверки

1. Какие направления использования технологической щепы вы знаете?
2. Как классифицируют технологическую щепу в зависимости от назначения?
3. Какие геометрические параметры имеет щепа марок Ц1, Ц2, Ц3, ГП1, ГП2, ГП3, ПВ, ПС?
4. Какая массовая доля коры допускается в щепе марок Ц1, Ц2, Ц3?
5. Какая массовая доля гнили допускается в щепе марок ГП1, ГП2, ГП3?
6. Какая массовая доля минеральных примесей допускается в щепе марок ПВ, ПС?
7. Классификация корообдирочных барабанов.
8. По каким классификационным признакам принято подразделять рубильные машины?
9. Как классифицируют рубильные машины в зависимости от типа рабочего органа (механизма резания)?
10. Опишите принцип устройства рубильной машины дискового типа.
11. Какие схемы переработки древесины используются в конструкциях рубильных машин барабанного типа?
12. Какие основные параметры имеют диски рубильных машин и их ножи?
13. Какие основные параметры имеют барабаны рубильных машин?
14. Для каких видов сырья используют рубильные машины с наклонным патроном?
15. Принципиальное устройство дисковой рубительной машины МР2-20.
16. Принципиальное устройство дисковой рубительной машины МРГС-5.
17. Принципиальное устройство дисковой рубительной машины МРБР8-15Н.

3.4. Сортирование щепы

Механические классификаторы, больше известные в настоящее время под названием «сортировки», широко используются для сортировки щепы на фракции. Термин «сортировка» имеет два определения:

1 – установка для разделения материалов по размерно-качественным, весовым, объемным и другим признакам (наиболее известны механические, пневматические, гидравлические и магнитные сортировки);

2 – процесс разделения материалов по размерно-качественным, весовым, объемным и другим признакам.

В задачу сортировки входит фракционирование щепы – разделение ее на фракции, т. е. на части различных размеров. При производстве технологической щепы наряду со щепой нормальных размеров неизбежно образуется некоторое количество мелочи и крупных кусков. Различают следующие фракции: пыль и опилки; мелкая щепа; нормальная щепа; крупная щепа. Пыль и мелкие опилки проходят через сито с отверстиями диаметром 5…6 мм. Тщательное отделение этой фракции чрезвычайно важно, так как в ней содержатся частицы коры, обломки здоровых и больных сучков, частицы смолы и другие загрязнения, засоряющие целлюлозу. Мелкая щепа или щепа второго сорта составляет фракцию, проходящую через сито с отверстиями от 10 × 10 до 12 × 12 мм. Нормальная щепа, проходящая через квадратные отверстия размером 30 × 30 мм или через продолговатые отверстия размером от 15 × 75 до 20 × 90 мм, представляет собой основную фракцию. Во избежание усложнения производственной схемы фракции мелкой и нормальной щепы в большинстве случаев смешивают. Крупная щепа в виде обрубков, широких щепок, выпавших сучков и прочего, задерживающаяся на сите с указанными выше крупными отверстиями, подлежит дополнительному измельчению.

Содержание опилок в щепе после малоножевых машин составляет 2…3 %, после многоножевых – около 1 %, но может значительно возрастать при мерзлых и гнилых балансах, рубке тупыми ножами и пр. Непосредственной причиной образования мелочи и опилок при рубке являются сильные удары щепы о стенки кожуха машины, так как щепа вылетает из-под ножей с очень большой скоростью. Количество крупных отходов в щепе после малоножевых машин обычно не превышает 4…5 %, но может достигать 10…12 %, причем 80…90 % этого отхода представляют собой вполне доброкачественную древесину, дополнительно измельчаемую в дезинтеграторах и присоединяемую после сортирования к нормальной щепе. После многоножевых машин количество крупной фракции, как уже указывалось, весьма невелико, в связи с чем надобность в установке дезинтегратора иногда отпадает.

3.4.1. Классификация сортирования

Разработаны различные методы сортирования щепы: пневматический, обеспечивающий фракционирование щепы по объемному весу частиц, гидровакуумный – по плотности древесины, механический – по геометрическим размерам частиц. Механические сортировки подразделяются на барабанные и плоские. Плоские, в свою очередь, – на вибрационные (с колебаниями сит в вертикальной плоскости) и гирационные (с колебаниями сит в горизонтальной плоскости). Общая схема сортирования представлена на рис. 3.47.

3.4.2. Барабанные сортировки щепы

Барабанная сортировка представляет собой слегка конический барабан, состоящий из легкого каркаса, обтянутого плетеной сеткой или перфорированными железными листами. Барабан снабжается либо сквозным валом со спицами, опирающимся на подшипники, либо поддерживается приводными роликами;

барабан вращается через передачу со скоростью 10…15 об/мин. Барабанные сортировки бывают однокорпусные и двухкорпусные. Однокорпусная барабанная сортировка состоит из трех секций (рис. 3.48*а*). Щепа поступает в барабан с узкого его конца в первую секцию, обтянутую мелкой сеткой с ячейками 5…6 мм, через которые отделяются мелкие опилки и пыль. Следующие секции покрыты сеткой с крупными ячейками, обычно продолговатой формы размером (15…30) × (60…80) мм; через эту сетку проходит нормальная щепа и на ней задерживаются крупные отходы. Для экономии места барабанную сортировку иногда делают из двух сетчатых барабанов, концентрически вставленных один в другой. Отсортированные мелкие опилки и пыль удаляются механическим или пневматическим способом. В двухкорпусных барабанных сортировках (рис. 3.48*б*) мелкие опилки и нормальная проходят через корпус внутреннего барабана, на котором задерживаются только крупные отходы. Пройдя сквозь корпус внутреннего барабана, щепа продолжает сортироваться на поверхности наружного барабана, причем мелкие опилки проходят сквозь отверстия, а нормальная щепа задерживается на поверхности наружного барабана, откуда и поступает на дальнейшую переработку. Преимуществом двухкорпусных барабанных сортировок (рис. 3.48*б*) является то, что они менее громоздки, так как барабаны вставляются концентрически один в другой, а однокорпусных конструкций (рис. 3.48*а*) в том, что они исключают деформацию щепы в процессе сортирования.

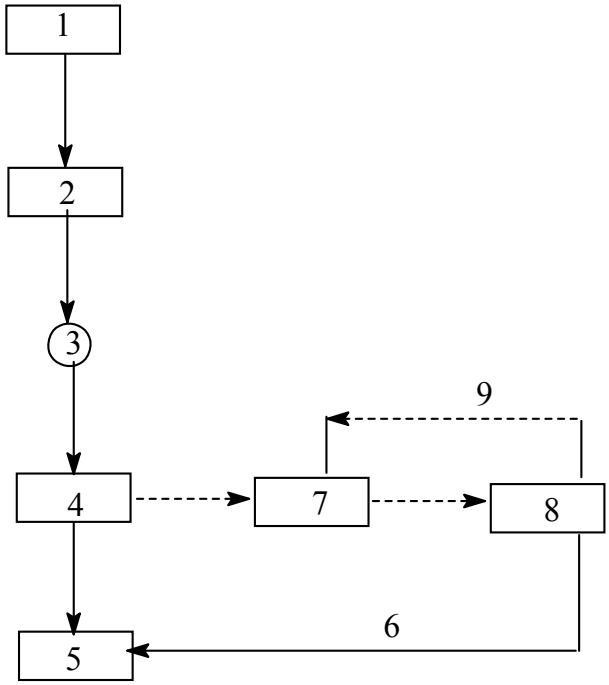

Рис. 3.47. Схема процесса рубки и сортирования щепы:
1 – балансы; 2 – рубительная машина; 3 – циклон; 4 – грубое сортирование; 5 – нормальная щепа; 6 – отходы; 7 – дезинтегратор; 8 – тонкое сортирование; 9 – отходы

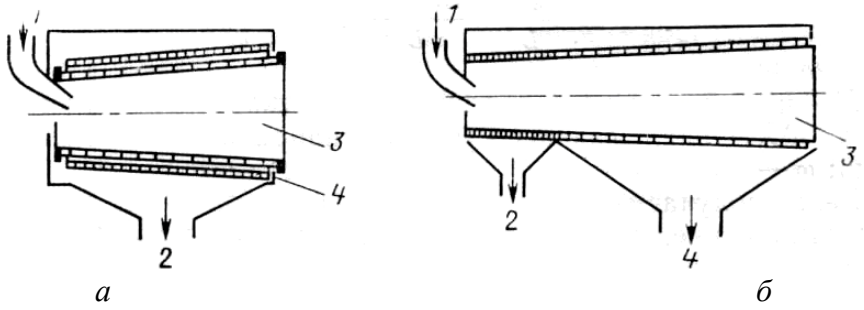

Рис. 3.48. Барабанные сортировки [1]: *а* – однокорпусные; *б* – двухкорпусные; 1 – щепа из циклона; 2 – отходы; 3 – грубая фракция; 4 – нормальная щепа

Из-за громоздкости и малой производительности барабанные сортировки в настоящее время вышли из употребления.

3.4.3. Плоские сортировки щепы

Особым распространением пользуются сейчас плоские сортировки вибрационного и гирационного типа. Вибрационная сортировка представляет собой продолговатой формы ящик, изготовленный из листового железа и установленный под углом около 20º к горизонту. Ящик имеет два сита из железных перфорированных листов толщиной 5 мм; верхнее сито с отверстиями 50 × 50 мм служит для отделения крупных отходов, а нижнее – с круглыми отверстиями диаметром 6 мм – для отсева мелочи. Ящик получает быстрые вибрационные колебания в вертикальном направлении от горизонтального вала, проходящего через середину ящика и соединенного клиноременной передачей с электродвигателем мощностью 5 кВт и частотой вращения 950 об/мин. По обоим концам вала насажены балансирные колеса с противогрузами. Для того чтобы вибрационные колебания не передавались на фундамент, сортировку подвешивают на четырех стальных тросах, прикрепленных по углам ящика. При размерах сит 3,6 × 1,2 м производительность сортировки составляет 70…80 м^3 щепы, или 25…30 м^3 плотной древесины в час. Строят сортировки этого типа и вдвое большей производительности с размером сит 1,8 × 4,2 м. Основное преимущество плоских сортировок перед барабанными заключается в значительно лучшем использовании поверхности сортирующих сит, меньшем расходе энергии и небольшой занимаемой площади.

Кроме вибрационных, получили распространение гирационные плоские сортировки, совершающие колебательное движение в горизонтальной плоскости от короткого вертикального эксцентрикового вала с клиноременным приводом. На валу насажен рычаг с противовесом, передвигая который можно регулировать число колебаний сортировки. Гирационные сортировки либо устанавливаются на опорные шарикоподшипники, либо имеют тросовую подвеску. Во втором случае электродвигатель и шкивы располагаются на опорной раме над сортировкой. На рис. 3.49 изображена трехситная сортировка СЩ-120 производительностью 120 м^3 щепы в час. Сортировка смонтирована на бетонном фундаменте (4). Привод осуществляется от вертикального электродвигателя (5) через клиноременную передачу на эксцентриковый вал в нижнем дне ситового короба сортировки. Вал снабжен перемещаемым противовесом. Ситовой короб (1) сортировки с ситами установлен на сдвоенных шарикоподшипниках. Щепа поступает на верхнее сито через питающий желоб (2). Крупная и нормальная фракции щепы ссыпаются с сит в одну сторону. Мелочь и опилки со дна сортировки через отверстие на отдельный транспортер.

Напольная сортировка СЩ-1М (СЩМ-60) (рис. 3.50) состоит из прямоугольного ситового короба сварной конструкции, опирающегося по углам на четыре круговых подшипника, установленных на раме (2), и привода (5). Ситовой короб включает площадку для приема щепы, три яруса сит с квадратными отверстиями и поддон. Сита расположены под углом таким образом, что крупная фракция щепы и опилки выходят на одну сторону, а технологическая щепа на другую. Колебательные движения ситового короба осуществляются от электродвигателя через клиноременную передачу и вертикально расположенный вал с эксцентриком.

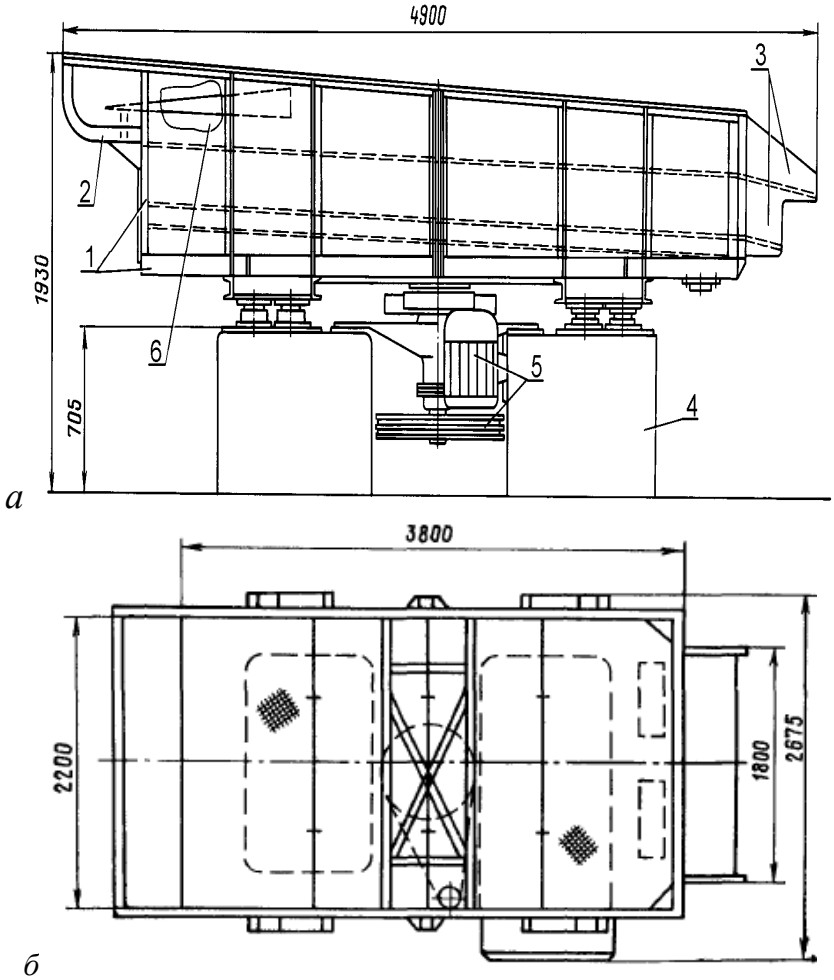

Рис. 3.49. Сортировка щепы плоская СЩ-120 (а) вид сбоку; б) вид сверху) [22]:
1 – ситовой короб; 2 – питающий желоб; 3 – отводящий желоб;
4 – фундамент; 5 – привод; 6 – распределитель.

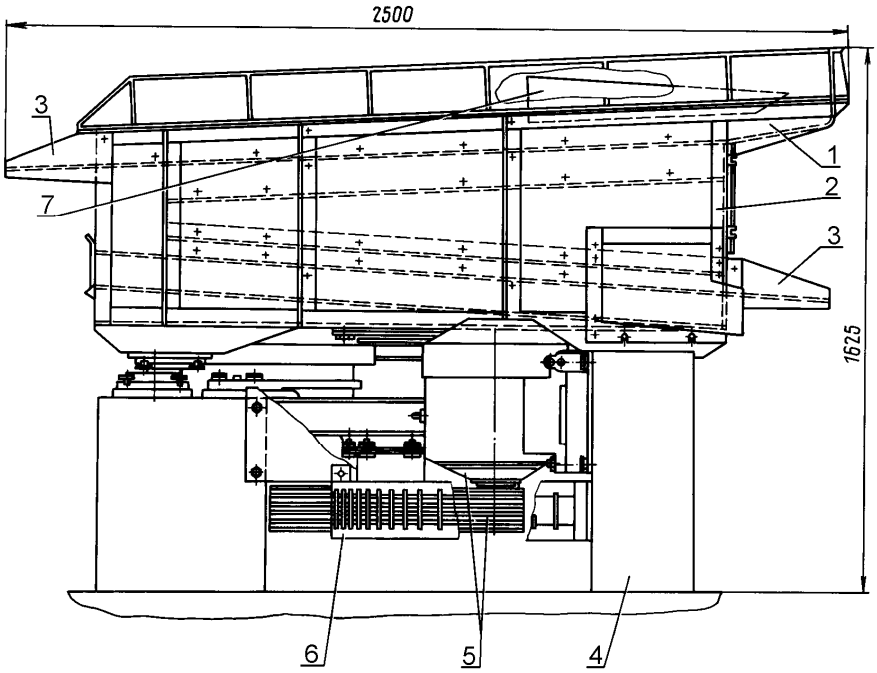

Рис. 3.50. Сортировка щепы плоская СЩ-1М [22]:
1 – питающий желоб; 2 – рама; 3 – отводящий желоб; 4 – фундамент;
5 – привод; 6 – ограждение; 7 – распределитель

Эксцентриситет равен половине диаметра желоба подшипников, т. е. сортировка имеет определенную амплитуду колебаний. Для уравновешивания инерционных сил, возникающих при работе сортировки, на эксцентриковом валу смонтирован регулируемый противовес.

Сортирование на сите происходит следующим образом. Щепа распределяется на сите слоем некоторой толщины. При круговых колебаниях сита элементарные слои скользят относительно друг друга и относительно сита, также совершая круговые колебания. Радиус абсолютной траектории слоев щепы убывает по мере удаления от сита вследствие уменьшения коэффициента сухого трения, который является функцией веса вышележащих слоев. Одновременно элементарные слои движутся в направлении наклона сита, поэтому траектория их движения приобретает петлеобразную форму. Относительные смещения элементарных слоев обеспечивает процесс самосортирования, т. е. опускание частиц в нижние зоны. Скольжение нижнего слоя относительно сита обуславливает процесс непосредственного прохождения мелких частиц через отверстия сит.

На рис. 3.51, 3.52 представлены общие схемы гирационных сортировок подвесного типа, производительность которых достигает 300…900 м^3 щепы в час.

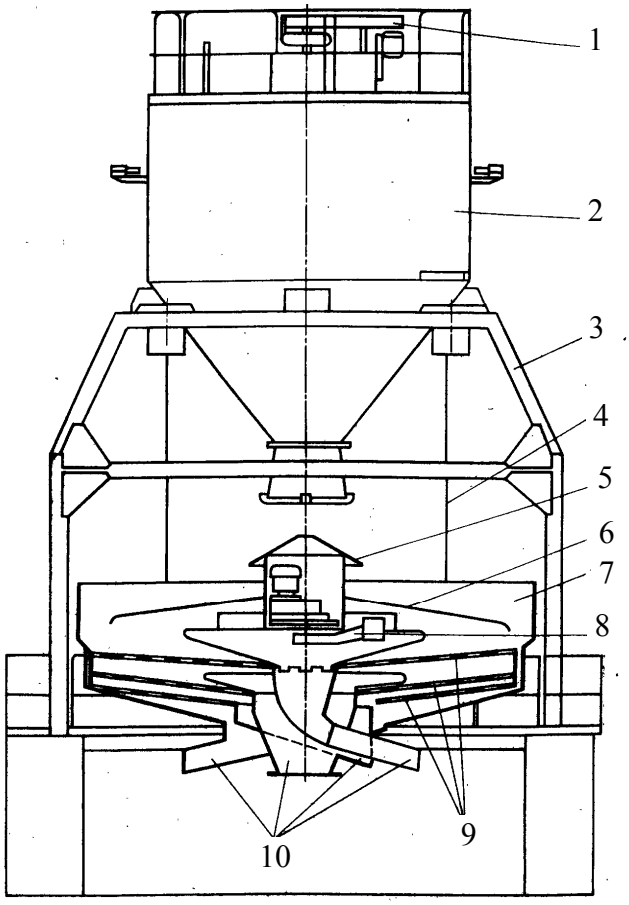

Рис. 3.51. Сортировка щепы СЩ-800 (СЩ-900-1) [22]: 1 – привод винтового конвейера; 2 – циклон; 3 – опора; 4 – трос; 5 – конус; 6 – настил; 7 – ситовой короб; 8 – привод ситового короба; 9 – сита; 10 – выпускные желоба

Подвесные сортировки щепы СЩ-900-1 и СЩ-800 (рис. 3.51) имеют однотипную конструкцию, отличаются только по габариту и количеству ярусов сит. Ситовой короб (7) представляет собой восьмигранную сварную конструкцию с вертикально расположенными несущими ребрами, которые образуют восемь секторов. В каждом секторе ярусами расположены сита трапецеидальной формы, которые устанавливаются в направляющих, закрепленных на несущих ребрах и поджимаются стопорными болтами. Для обеспечения нормированной точности отсева отходовых фракций в зависимости от состава исходной щепы сортировки комплектуются ситами (9) с различным размером отверстий. Сверху на коробке размещено распределительное устройство, состоящее из конуса (5) и настила (6). Конусом щепа равномерно распределяется по секторам. Попадая на настилы секторов, щепа

скользит по ним к периферии короба, образуя равномерно распределенные по ширине секторов слои, и через загрузочные отверстия поступает на сито, по которому перемещается снова к центру короба. Каждое сито имеет свой выгрузочный желоб (10). Ситовой короб подвешивается на тросах (4) регулируемой длины к опорной металлоконструкции (3). На ней же соосно с конусом распределительного устройства (5) установлен циклон (2) с вертикальным разгрузочным винтовым конвейером. Частота вращения конвейера задается в соответствии с производительностью сортировки сменными шкивами. Колебательные движения ситового короба осуществляются от электродвигателя и специального редуктора, на выходном конце тихоходного вала которого закреплен рычаг с дебалансным грузом. Возмущающая сила, определяющая амплитуду колебаний короба, регулируется массой груза. Инерционный привод размещен в центре ситового короба под распределительным устройством.

Щепа из рубительной машины (рис. 3.52) по выкидному рукаву выбрасывается в выравнивающий циклон-питатель, уровень щепы в котором автоматически регулируется с помощью двух указателей, воздействующих на выгрузочное устройство. Из нижней части бункера щепа выгружается приводными лопастями, сидящими на вертикальном валу с приводом от небольшого электродвигателя, установленного сверху циклона. Выходящая из отверстия циклона щепа разбрасывается по периферии верхнего сита сортировки. Сортировка представляет собой шести- или восьмигранный ящик, разделенный радиальными перегородками соответственно на шесть или восемь отделений, с центральным отверстием для удаления щепы, в сторону которого треугольные сита в каждом отделении несколько наклонены. Верхнее сито с крупными отверстиями служит для отделения крупных кусков, нижнее – для нормальной щепы;опилки проваливаются на дно ящика. Вывод всех трех фракций производится через предназначенные для них отверстия внизу у центра сортировки. Ящик сортировки подвешен на стальных тросах диаметром 10…18 мм и совершает вибрационные колебания в горизонтальной плоскости под действием небольшого электродвигателя, насаженного на эксцентриковый вертикальный вал, имеющий рычаг с противовесом. Число колебаний можно регулировать, передвигая противовес.

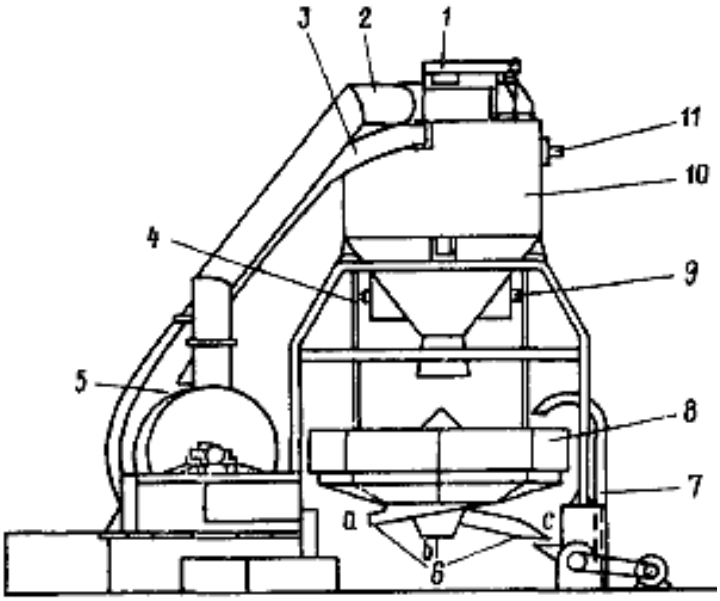

Рис. 3.52. Установка высокопроизводительной плоской сортировки подвесного типа [22]: 1 – двигатель; 2 – обратный отвод воздуха; 3 – выкидной рукав; 4 – тросы; 5 – рубильная машина; 6 – выход опилок (*а*), отсортированной (*б*) и крупной (*с*) щепы; 7 – дезинтегратор; 8 – сортировка; 9 и 11 – указатели уровня; 10 – циклон

В табл. 3.29 приведены технические характеристики напольных сортировок щепы, выпускаемых ЗАО «Петрозаводскмаш», а в табл. 3.30 показаны технические характеристики подвесных сортировок щепы.

Таблица 3.29. Технические характеристики сортировок щепы ЗАО «Петрозаводскмаш» [27]

Параметры	Марка сортировки							
	СЩ-200	**СЩ-140**	**СЩ-120**	**СЩ-100**	**СЩ-70**	**СЩМ-60**	**СЩ-1М**	**СЩ-50**
Производительность (в насыпной мере), $м^3$/ч	200	140	160	100	70	75	75	50
Количество сит, шт.	3	2	3	2	2	3	3	2
Площадь верхнего сита, $м^2$	5,6	4,0	7,5	4,0	2,0	2,71	2,71	2,0
Частота колебаний, кол/мин	180	180	160	160	180	180	180	180
Амплитуда колебаний, мм	50	50	50	50	50	50	50	50
Мощность приводного двигателя, кВт	3,0	5,5	3,0	2,0	2,2	3	3	2,2
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	3 300 × 4 580 × 3 350	3 060 × 3 600 × 2 950	4 900 × 2 675 × 1 930	3 060 × 3 600 × 2 950	3 050 × 2 600 × 2 910	2 760 × 2 500 × 1 640	2 500 × 1 890 × 1 625	3 050 × 2 600 × 2 910
Масса сортировки (с электродвигателем и запасными частями), кг	3 910	2 900	3 500	2 900	2 100	2 370	1 600	2 100
Угол наклона сит, град	5	5	5	5	5	5	5	5

Таблица 3.30. Технические характеристики подвесных сортировок щепы СЩ-500-1 и СЩ-800

Наименование параметров		СЩ-500-1	СЩ-800
Площадь верхнего сита, $м^2$		12,0	18,0
Размер отверстий сит, мм:	- верхнего	39; 55	39; 55
	- среднего	–	14; 14
	- нижнего	6/10; 6/10	6/8; 6/8
Коэффициент перфорации сит, %:	- верхнего	75; 72	75; 72
	- среднего	–	57; 57
	- нижнего	50/48; 50/48	50/41; 50/41
Угол наклона сит, град:	- верхнего	5	5
	- среднего	–	8
	- нижнего	10	10
Частота колебаний, $мин^{-1}$		180	180
Амплитуда колебаний, мм		45…55	40…50
Объем циклона, $м^3$		20	28
Установленная мощность, кВт		15,0	22,5
В том числе винтового конвейера		7,5	7,5
Производительность (по насыпному объему щепы), $м^3$/ч		450; 750	800; 1200
Точность отсева фракций, %:	- крупной (выше 30)	55; 80	55; 80
	- мелочи (–10…+5)	15/25; 12/20	15/20; 12/18
	- опилок (–5…0)	60/70; 55/65	60/70; 55/65
Масса, т		15,5	21,9
Габаритные размеры, м:	- длина	5,3	8,4
	- ширина	6,0	7,1
	- высота	8,7	11,0

При назначении параметров в указанных пределах удельная объемная производительность возрастает в 2…2,5 раза в сравнении, например, с сортировкой СЩ-120 и достигает значений 26…36 нас. $м^3$/ч на 1 $м^2$ площади сита. При этом будет обеспечена требуемая точность отсева. Для повышения технического уровня сортировок типа СЩ-120 при незначительных конструктивных изменениях предлагается следующий режим сортирования: $\beta = 5°$; $r = 50$ мм; $n = 180$ $мин^{-1}$. При содержании в исходном продукте частиц класса (–10…+5, где (–) – точность отсева по замельченности ($\varepsilon_{(-)}$), (+) – точность отсева по закрупненности ($\varepsilon_{(+)}$)) более 6 % вместо используемого в настоящее время сита с отверстиями 6 × 6 мм следует устанавливать сито с отверстиями размером 8 × 8 мм. Толщину сортируемого слоя при расчете сортировок следует принимать не менее 80 мм.

3.4.4. Факторы, влияющие на параметры процесса и определяющие скорость сортирования

Наиболее значимыми факторами, влияющими на оптимизируемые параметры и определяющими скорость и характер движения щепы по ситу, являются: толщина сортируемого слоя; частота и амплитуда колебаний, а также угол наклона сита. Лабораторные исследования и промышленные испытания сортировок щепы позволяют констатировать следующее:

– неравномерная подача щепы на сортировку и неполная загрузка ее по ширине не позволяют достигнуть технически возможной производительности;

– производительность сортировки может быть увеличена за счет установки выравнивающих и дозирующих устройств (не менее чем в 1,3 раза в сравнении с паспортной и почти в два раза в сравнении с достигнутой на предприятиях);

– при значениях угла наклона сит 5° и толщины сортируемого слоя 80 мм зависимость скорости движения щепы по ситу и точности отсева для каждого сита от частоты и амплитуды колебаний может быть описана следующими формулами:

$$v = k_v n^a r^b; \qquad \varepsilon = k_\varepsilon n^{a_1} r^{b_1};$$

– с увеличением угла наклона сита от 2 до 11° производительность сортировки возрастает в два раза, при этом точность отсева изменяется незначительно;

– с увеличением толщины сортируемого слоя щепы от 20 до 80 мм производительность возрастает в восемь раз, при этом точность отсева изменяется незначительно;

– толщина сортируемого слоя 50 мм, применяемая при расчетах сортировок, занижена, т. к. при этой толщине слоя щепы на сите паспортные показатели сортировок не могут быть обеспечены;

– применение сита с отверстиями размером 6 × 6 мм при содержании в исходном продукте класса (–10…+5) более 6 % нецелесообразно, так как оно не обеспечивает точность отсева этого класса – более 25 % – даже при минимальной производительности сортировки;

– точность отсева класса (+30) на сите с отверстиями размером 39 × 39 мм не зависит от первоначального содержания этого класса в исходном продукте;

– задаваемая производительность и точность отсева могут быть достигнуты различными сочетаниями частоты и амплитуды колебаний;

– увеличение частоты колебаний оказывает более существенное влияние на повышение производительности и снижение точности отсева, чем изменение амплитуды.

На основании результатов исследований предлагается:

– для обеспечения равномерной подачи щепы и полной загрузки сита по ширине сортировки щепы необходимо комплектовать специальными дозирующими устройствами;

– для вновь проектируемых и модернизируемых сортировок следует принимать следующие значения механических параметров режима сортирования:

а) амплитуда – 40…60 мм;

б) частота колебаний – 180…260 мин$^{-1}$;

в) угол наклона сит – 5…11°.

3.4.5. Расчет технологических характеристик сортировок

Часовую производительность сортировки в насыпной мере можно определить по формуле:

$$Q = 3600 \cdot BHv,$$

где Q – объемная производительность в насыпной мере, м^3/ч; B – ширина слоя щепы на сортирующей поверхности (сите), м; H – толщина слоя щепы на сортирующей поверхности, м; v – скорость движения щепы по ситу, м/с.

Скорость движения щепы по ситу сортировки рассчитывается по эмпирической формуле, справедливой при углах наклона сит от 0 до 8º:

$$v = 1{,}5 \cdot 10^{-3} n^2 r \cdot \sin\alpha,$$

где n – частота колебаний ситового короба, мин$^{-1}$; r – амплитуда колебаний, м; α – угол наклона сит, град.

Приведенная выше методика позволяет довольно точно определять производительность сортировок щепы по техническим и технологическим параметрам. В то же время предложенные уравнения позволяют решать обратную задачу – определять комплекс конструктивных и технологических параметров, обеспечивающих требуемую производительность. Трудность использования данного метода заключается в том, что величина толщины слоя щепы на сортирующей поверхности (сите), H, пока не поддается вычислению. Известно только, что значение H, обеспечивающее высокую эффективность сортирования, зависит от частоты и амплитуды колебаний ситового короба, угла наклона сит, размеров и формы отверстий сортирующей поверхности, а также фракционного состава подаваемой на сортирование и требуемой для дальнейшего использования в технологическом процессе щепы. Плодотворное использование приведенной выше методики возможно только после проведения исследований, которые позволят установить зависимость для расчета одной из важнейших технических характеристик процесса сортирования щепы на плоских сортировках – толщины слоя щепы на сортирующей поверхности (сите).

Ввиду имеющихся сложностей в настоящее время для определения объемной производительности используется упрощенная методика, позволяющая

приблизительно рассчитывать этот показатель на основе удельных показателей. Для приближенного расчета пропускной способности плоских сортировок пользуются формулой:

$$C = 0{,}4 \cdot Fqk_1k_2,$$

где C – пропускная способность сортировки в насыпной мере, м^3/ч; F – площадь сита, м^2; q – удельная пропускная способность сита в насыпной мере, м^3/ч · м^2 (для сит с отверстиями диаметром 35 мм q = 58, для сит с отверстиями диаметром от 7 до 10 мм q = 22…28); k_1 – коэффициент, учитывающий содержание в щепе, не прошедшей через данное сито, частиц, наибольший размер которых меньше размера отверстий данного сита, т. е. тех частиц, которые должны были пройти через сито, но по тем или иным причинам не прошли (для 10 % содержания k_1 = 0,58, для 30 % содержания k_1 = 0,76); k_2 – коэффициент, учитывающий содержание в щепе, прошедшей через данное сито, частиц, наибольший размер которых менее половины размера отверстий данного сита (для 10 % содержания k_2 = 0,63, для 30 % содержания k_2 = 0,82).

Методика расчета, базирующаяся на уравнениях (выше представленных), в определенной мере учитывает эффективность сортирования с помощью коэффициентов k_1 и k_2. Однако не совсем ясно, что именно характеризует коэффициент k_2, да и значения коэффициентов известны только для двух конкретных случаев, не являющихся наиболее распространенными в практике.

Более корректной для оценки эффективности сортирования считается методика, предложенная В. Я. Зориным и И. А. Васильевым [25]. Согласно этой методике, эффективность сортирования оценивается с помощью следующей формулы:

$$E = \varepsilon_{(-)} - \varepsilon_{(+)},$$

где E – эффективность сортирования, %; $\varepsilon_{(-)}$ – точность отсева по замельченности, %; $\varepsilon_{(+)}$ – точность отсева по закрупненности, %.

Точность отсева по замельченности рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_{(-)} = \frac{x_{(-)}}{X} \cdot 100,$$

где X – объем в исходной щепе фракции, которая должна пройти через сито, м^3; $x_{(-)}$ – объем фракции, которая должна была пройти через сито, в подрешетном продукте сортирования, м^3.

Точность отсева по закрупненности рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_{(+)} = \frac{x_{(+)}}{X} \cdot 100,$$

где $x_{(+)}$ – объем в подрешетном продукте сортирования фракции, которая не должна была пройти через сито, м^3.

Показатель E демонстрирует, насколько эффективно сортирующая поверхность (сито) разделяет подаваемую на нее щепу на фракции. Сито должно пропустить через себя щепу, наибольший размер которой меньше заданного значения, и не пропустить щепу с наибольшим размером более заданного зна-

чения. Процесс сортирования щепы с помощью плоских сортировок организован так, что часть щепы, которая не должна была пройти через сито, все же проходит через него и попадает в подрешетный продукт. В то же время часть древесных частиц, которые по своим размерным характеристикам должны были пройти сквозь сито, могли просто не успеть «добраться» до него через слой щепы, движущейся по сортирующей поверхности. Таким образом, чем эффективнее сортирующая поверхность разделяет подаваемую на нее щепу на фракции по заданному размеру, тем показатель *E* ближе к значению 100 %.

Вопросы для самопроверки

1. Для каких целей производят сортировку технологической щепы?
2. На какие фракции делят технологическую щепу при сортировке?
3. Опишите принципиальное устройство сортировки щепы СЩ-120.
4. Опишите принципиальное устройство сортировки щепы СЩ-1М
5. Какие технические параметры рекомендуются для сортировок типа СЩ-120 и СЩ-1М?

3.4.6. Транспортировка щепы в древесно-подготовительном отделе

Для щепы и отходов в основном используются транспортеры ленточные и скребковые, горизонтальные и наклонные, ковшевые элеваторы ленточные и цепные, а также пневматический транспорт. Рабочим органом ленточного транспортера служит плоская или желобчатая резиновая или балатовая (иногда стальная) лента, движущаяся между двумя шкивами по поддерживающим роликам, укрепленным на раме на расстоянии 1…1,5 м один от другого. Обычная скорость для резиновой или балатовой ленты принимается до 2 м/с, стальной – до 2,5 м/с; желобчатой ленте для уменьшения износа сообщают несколько меньшую скорость. Для сброса щепы с ленточного транспортера применяют косо поставленную к направлению движения деревянную планку, подбитую ремнем, а для желобчатой ленты – сбрасывающую тележку. Тележка перемещается вдоль транспортера по рельсам с помощью ручного привода или электродвигателя. Потребная мощность на перемещение материала ленточным транспортером составляет приблизительно 0,002…0,003 кВт на 1 т/ч и 1 м длины; на скребковый транспортер – приблизительно 0,007 кВт.

Скребковые транспортеры в деревообрабатывающей промышленности применяются для перемещения насыпных грузов (щепы, стружки, опилок и т. д.). Насыпной груз перемещается по деревянному лотку скребками, закрепленными на цепи. Рабочие функции выполняет нижняя ветвь транспортера (рис. 3.53). Длина транспортера достигает 60 м. Преимуществами скребковых транспортеров являются простота конструкции и возможность обеспечения загрузки и разгрузки в любом месте трассы. Угол наклона скребковых транспортеров может изменяться в диапазоне от 0 до 40º. С увеличением угла наклона производительность транспортера снижается. В качестве тягового органа скребкового транспортера часто используется кругло-пластинчатую цепь (рис. 3.54). Скорость движения цепи скребкового транспортера обычно принимают в пределах 0,15…0,8 м/с. При более высоких скоростях цепь быстро изнашиваются.

На цепи с шагом $t = 2(a + b)$ крепятся скребки (деревянные, металлические, резиновые и др). Лоток имеет прямоугольную форму глубиной $h_п = h + 100$ мм и шириной $b_л = B + 30$ мм, где $h_л$ и $b_л$ – высота и длина скребка соответственно.

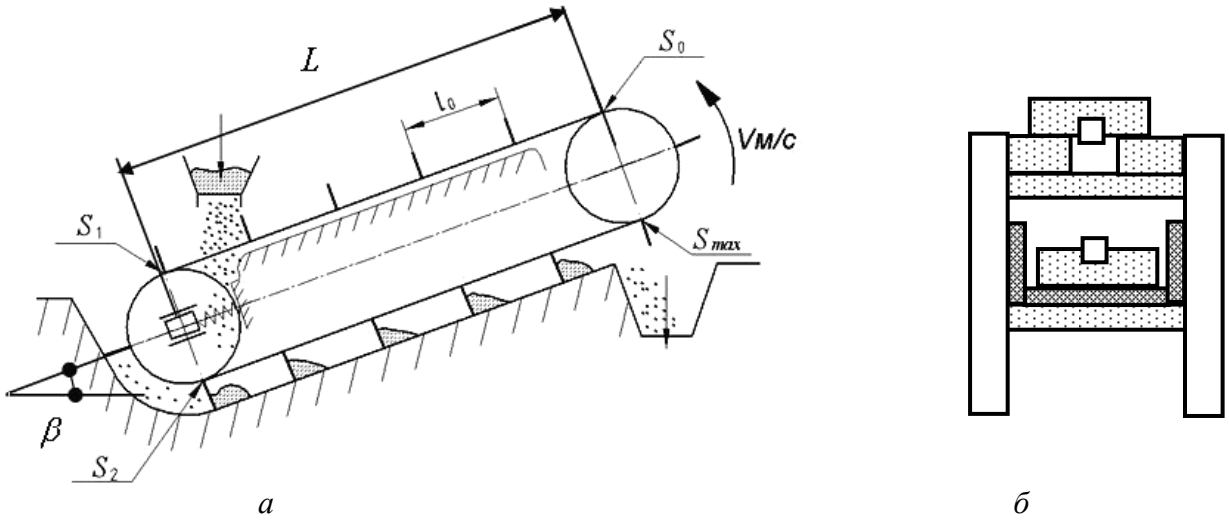

Рис. 3.53. Скребковый транспортер:
а – расчетная схема; *б* – поперечный разрез [7]

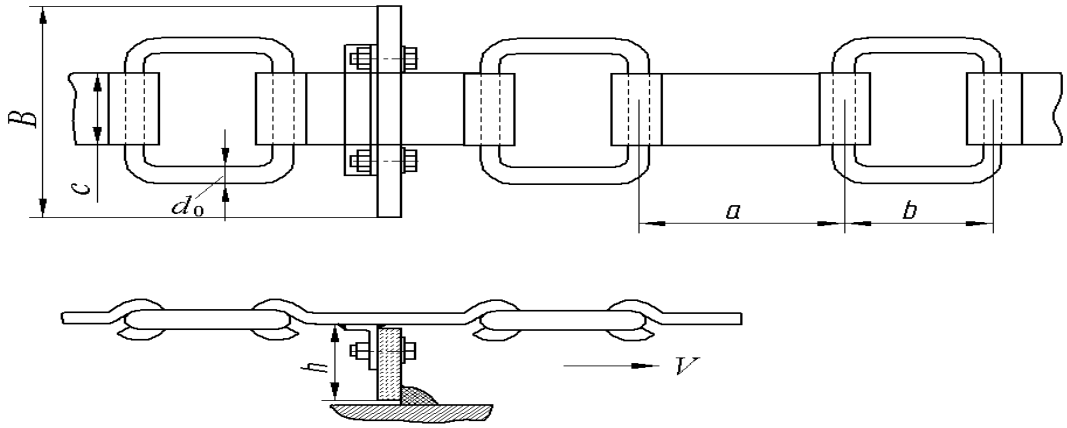

Рис. 3.54. Кругло-пластинчатая цепь [7]

Размеры цепей и скребков рекомендуется брать по табл. 3.31 в зависимости от производительности одноцепного транспортера.

Таблица 3.31. Параметры круглопластинчатой цепи [7]

Наименование показателя	Диаметр цепной стали, мм		
	12	**16**	**19**
Максимальная производительность транспортера, т/ч	< 5	6…8	8…12
Масса 1 пог. м цепи, кг/м	3,8	5,8	7,9
Длина звена из круглой стали *b*, мм	90	120	140
Длина плоского звена *a*, мм	120	150	180
Ширина плоского звена *C*, мм	65	80	90
Длина скребка *B*, мм	250	350	500
Высота скребка *h*, мм	80…90	100	120
Масса одного скребка $m_с$, кг	0,6	1,2	2,2
Расчетная рабочая нагрузка, Н	5 200	10 000	14 000

Скребковые транспортеры встречаются сравнительно редко. Скорость их выбирается в пределах от 0,25 до 0,7 м/с. Транспортеры часто устраивают наклонными; чтобы щепа не скользила, угол наклона не должен быть больше 18…20º для ленточного (для стальной ленты 12…14º) и 40…45º для скребкового. Для подъема щепы в вертикальном направлении пользуются ковшевыми элеваторами. Ковши с полукруглым днищем, клепаные или сварные, прикрепляют через каждые 0,5…1,2 м к двум параллельным цепям или к резиновой ленте. Ленточные элеваторы значительно надежнее цепных.

На заводах с небольшой производительностью для передачи щепы и отходов часто применяют пневматический транспорт. В этом случае транспортируемый материал поступает в трубопровод, по которому вентилятором нагнетается воздух. Для транспорта щепы и древесных отходов обычно применяются вентиляторы низкого давления (от 1…2 до 3…5 кПа). Количество воздуха на единицу массы материала должно быть довольно значительно – от 2 до 3 м^3 на 1 кг щепы. Расход энергии зависит от конфигурации трубопровода. Приблизительно можно считать, что на 1 т/ч расходуется от 0,1 до 0,15 кВт, значительно больше, чем при подаче щепы транспортерами и элеваторами. К недостаткам пневматического транспорта относится также дробление щепы при ударах о стенки труб. Тем не менее этот вид транспорта вследствие простоты устройства довольно широко применяется для передачи щепы из древесного отдела в варочный.

3.4.7. Расчет ленточного транспортера

Задача. Для перемещения сосновой щепы проектируется ленточный горизонтальный транспортер. Длина L = 30 м, часовая производительность Q = 14 т/ч. Верхняя ветвь опирается на плоское дощатое основание, нижняя – на поддерживающие ролики. Определить параметры транспортера и мощность электродвигателя.

Решение.

1. Находим плотность щепы. При плотности массивной древесины сосны $\gamma_д$ = 510 кг/м^3 и коэффициенте полнодревесности K_v = 0,338 получим:

$$\gamma = K_\gamma \cdot \gamma_д = 0{,}338 \cdot 510 = 172{,}4 \text{ кг/м}^2.$$

2. Находим ширину транспортерной ленты. Для насыпных грузов ширину ленты B определяют, исходя из заданной производительности Q и принятой скорости ленты при условии, что $V \leq 2$ м/с. Часовая производительность транспортера, кг/ч:

$$Q = 576 \cdot \text{tg}(0{,}35\rho) \cdot B^2 V \gamma K_n,$$

где ρ – угол естественного откоса насыпного материала для таких древесных материалов, как опилки и щепа, ρ = 40°; B – ширина ленты, м; V – скорость ленты, м/с; $K_п$ – коэффициент потерь, $K_п = \varphi(\beta)$ [6]:

Угол наклона транспортера	β = 12º	β = 14º	β = 16º	β = 18º	β = 20º
$K_п$	0,97	0,95	0,92	0,89	0,85

При $\beta = 0^{\circ}$ $K_{п} = 1$.

Задаваясь стандартным значением ширины ленты, определим ее скорость. При B = 650 мм:

$$V = \frac{Q}{0{,}576\mathrm{tg}(0{,}35\rho)B^2\gamma K_{п}} = \frac{14000}{576\mathrm{tg}(0{,}35\cdot 40^{\circ})\cdot 0{,}65^2\cdot 172{,}4\cdot 1} = 1{,}34 \text{ м/с}.$$

3. Для ленты шириной B = 650 мм минимальное число прокладок i = 2 шт., при этом верхняя резиновая обкладка имеет толщину δ_1 = 3 мм и нижняя δ_2 = 1 мм. Тогда толщина ленты будет равна:

$$\delta = 1{,}25i + \delta_1 + \delta_2 = 1{,}25 \cdot 2 + 3 + 1 = 6{,}5 \text{ мм}.$$

4. Находим массу одного погонного метра ленты:

$$m_1 = 1{,}1 \cdot \mathrm{B} \cdot \delta = 1{,}1 \cdot 0{,}65 \cdot 6{,}5 = 4{,}65 \text{ кг}.$$

где B – в метрах, δ – в миллиметрах.

5. Диаметры барабанов:

– ведущего (определяется в зависимости от числа прокладок ленты):

$D_b = 125i$ при $i = 2\ldots6$;

$D_b = 150i$ при $i \geq 7$;

– ведомого (отклоняющего):

$D_0 = (80\ldots100)i$.

Полученные значения диаметров барабанов округляются до стандартных размеров (мм): 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1250.

$D_b = 125i = 125 \cdot 2 = 250$ мм;

$D_0 = (80\ldots100)i = 100 \cdot 200$ мм.

Принимаем D_0 = 250 мм.

6. Поддерживающие ролики для холостой ветви.

Наружный диаметр роликов принимается так: $D_{п}$ = 108 мм для лент шириной $B \leq 800$ мм и $D_{п}$ = 160 мм при $B > 1000$ мм.

Диаметр оси роликов находится в зависимости от наружного диаметра:

$$d = (1/5...1/6)D_{п} = \frac{108}{5} = 21{,}6 \text{ мм}.$$

Принимаем d = 20 мм.

Масса роликовой опоры находится по эмпирической формуле (кг):

– при $D_{п}$ = 108 мм:

$$m_{р} = 7B + 4;$$

– при $D_{п}$ = 160 мм:

$$m_{р} = 10B + 3;$$

где B – ширина ленты, м.

Масса роликовой опоры при $D_{п}$ = 108 мм:

$$m_{р} = 7B + 4 = 7 \cdot 0{,}65 + 4 = 8{,}55 \text{ кг}.$$

Допускаемое расстояние между поддерживающими роликами для рабочей ветви транспортера берется так:

Ширина ленты, B, мм	400	500	650	800	1 000	1 200
Расстояние, $l_р$, мм	1 500	1 500	1 400	1 400	1 300	1 300

Для холостой ветви расстояние между роликами $l_р$ обычно в два раза больше, чем для рабочей. Для ленты шириной B = 650 мм на холостой ветви $l_р$ = 2 800 мм.

7. Масса перемещаемого груза, приходящаяся на 1 м длины транспортера, кг/м:

$$m = \frac{Q}{3{,}6V} = \frac{14}{3{,}6 \cdot 1{,}34} = 2{,}91 \text{ кг/м},$$

где Q – заданная производительность, т/ч; V – скорость транспортера, м/с.

8. Масса роликов, приходящаяся на 1 м длины рабочей и порожней ветви транспортера, находится по формулам:

$$m_2 = \frac{m_р}{l_р}; \; m_3 = \frac{m_р}{2l_р},$$

где $m_р$ – масса роликовой опоры, кг; $l_р$ – расстояние между роликами, м.

По условию задачи:

$$m_2 = 0; \qquad m_3 = \frac{m_р}{2l_р} = \frac{8{,}55}{2 \cdot 1{,}4} = 3{,}1 \text{ кг/м}.$$

9. Определение значений сопротивлений W_1 и W_2:

– для порожней ветви, перемещающейся по роликовым опорам:

$$W_1 = m_1 g \cos\beta L\left(\frac{2K + fd}{D_п}\right) + m_3 gL\frac{fd}{D_п} - m_1 gL\sin\beta =$$
$$= 30 \cdot 9{,}81 \cdot \cos 0 \cdot 4{,}65 \cdot \left(\frac{2 \cdot 1{,}5 + 0{,}05 \cdot 21{,}6}{108}\right) + 3{,}1 \cdot \frac{0{,}05 \cdot 21{,}6}{108} - 4{,}65\sin 0 = 60{,}7 \text{ Н}.$$

При отрицательном значении W_1 принимают $W_1 = 0$;

– для груженой ветви, перемещающейся по опоре скольжения:

$$W_2 = (m + m_1)gL\cos\beta \cdot f_0 + (m + m_1)gL\sin\beta = (m + m_1)gL(\cos\beta \cdot f_0 + \sin\beta) =$$
$$= (2{,}91 + 4{,}6) \cdot 9{,}81 \cdot 30 \cdot (\cos 0 \cdot 0{,}6 + \sin 0) = 1333{,}6H$$

10. Находим усилия натяжения в характерных точках ветви. В ленточном транспортере тяговое усилие с ведущего барабана на ленту передается только силами трения. Формула Эйлера дает следующую зависимость между натяжением в набегающей ветви ленты S_{max} и натяжением в сбегающей ветви S_0:

$$S_{max} = S_0 e^{f\alpha},$$

где S_0 – натяжение в сбегающей ветви, Н; e = 2,72 – основание натуральных логарифмов; f – коэффициент трения скольжения между барабаном и лентой; α – угол охвата лентой барабана, рад.

При условии, что чаще всего угол охвата лентой барабана составляет $\alpha = 180^o$ и $f = 0{,}3$, величина $e^{f\alpha} = 2{,}56$.

Максимальное натяжение ветви может быть найдено по уравнениям:

$$S_{max} = 1{,}04\ (S_0 + W_1) + W_2; \qquad S_{max} = 2{,}56 S_0.$$

Решая их как систему, получим:

$$S_0 = \frac{1{,}04 W_1 + W_2}{1{,}52} = \frac{1{,}04 \cdot 60{,}7 + 1333{,}7}{1{,}52} = 918{,}9 \text{ Н};$$

$$S_{max} = 1{,}04\ (S_0 + W_1) + W_2 = 1{,}04 \cdot (918{,}9 + 60{,}7) + 1333{,}7 = 2352{,}5 \text{ Н}.$$

11. Находим значение сопротивления на ведущем барабане по формуле:

$$W_{бв} = (S_{max} + S_0) C_0 = (2352{,}5 + 918{,}9) \cdot 0{,}02 = 65{,}4 \text{ Н},$$

где C_0 – коэффициент потерь, равный при огибании барабанов лентой 0,015…0,02, а при огибании звездочек цепью 0,03…0,05.

12. Проверка ленты на прочность выполняется по формуле:

$$K = \frac{Bi\sigma_р}{S_{max}} \geq 10,$$

где $\sigma_р$ – предел прочности на разрыв 1 м ширины одной прокладки, Н/м.

Для прокладок из бельтинга Б-820 $\sigma_р$ = 55000 Н/м (на 1 м ширины ленты).

Запас прочности:

$$K = \frac{Bi\sigma_р}{S_{max}} = \frac{0{,}65 \cdot 2 \cdot 55000}{2352{,}5} = 30{,}4 \geq 10.$$

13. Определением мощность электродвигателя для привода транспортера:

$$P = \frac{V}{1000\eta_{пр}}(S_{max} - S_0 + W_{вз}) = \frac{1{,}34}{1000 \cdot 0{,}95}(2352{,}5 - 918{,}9 + 65{,}4) = 2{,}1 \text{ кВт}.$$

3.4.8. Расчет скребкового транспортера

Задача. Транспортер проектируется для перемещения березовых опилок, часовая производительность Q = 8 т/ч, длина транспортера L = 25 м, угол наклона β = 10º. Скребки, лоток и направляющие для верхней ветви деревянные. КПД привода $\eta_{пр}$ = 0,92. Определить основные параметры транспортера, тяговое усилие и мощность электродвигателя привода.

Решение.

1. В соответствии с заданной производительностью транспортера по табл. 3.31 выбираем типоразмер и параметры кругло-пластинчатой цепи: диаметр цепной стали 19 мм.

Шаг скребков:

$$t = \frac{2(a+b)}{1000} = \frac{2 \cdot (180 + 140)}{1000} = 0{,}64 \text{ м}.$$

Размеры деревянного скребка: $32 \times 120 \times 500$ мм.

Масса 1 пог. м цепи со скребками:

$$m_1 = m_{\text{ц}} + \frac{m_{\text{ск}}}{t} = 7{,}9 + \frac{2{,}2}{0{,}64} = 11{,}3 \text{ кг/м}.$$

2. Находим плотность опилок. При плотности массивной древесины березы 640 кг/м^3 и коэффициенте полнодревесности $K_v = 0{,}25$ получим:

$$\gamma = K_\gamma \gamma_{\text{д}} = 0{,}25 \cdot 640 = 160 \text{ кг/м}^3.$$

3. Определим значение коэффициента снижения производительности от угла наклона транспортера β:

$$K_2 = \frac{100 - 1{,}7\beta}{100} = \frac{100 - 1{,}7 \cdot 10^\circ}{100} = 0{,}83.$$

4. Определяем рабочую скорость транспортера по формуле производительности, т/ч:

$$Q = 3{,}6 \cdot V_{\text{ср}} B h \varphi \gamma K_1 K_2,$$

где $V_{\text{ср}}$ – средняя рабочая скорость цепи, м/с; B – длина скребка, м; h – высота скребка, м; φ – коэффициент заполнения лотка между скребками, φ = 0,5…0,6 для легкосыпучих грузов и φ = 0,7…0,8 для плохосыпучих кусковых грузов; K_1 – коэффициент надежности скребков, $K_1 = 0{,}8$; K_2 – коэффициент снижения производительности.

Скорость транспортера:

$$V_{\text{ср}} = \frac{Q}{3{,}6 B h \varphi \gamma K_1 K_2} = \frac{8}{3{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}5 \cdot 160 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}83} = 0{,}7 \text{ м/с}.$$

5. Находим массу перемещаемого груза, приходящуюся на 1 м длины транспортера, кг/м:

$$m = \frac{Q}{3{,}6V} = \frac{8}{3{,}6 \cdot 0{,}7} = 3{,}19 \text{ кг/м}.$$

6. Определение значений сопротивлений W_1 и W_2:

– для порожней ветви, перемещающейся по деревянным направляющим:

$$W_1 = m_1 g L \cos\beta f_0 - m_1 g L \sin\beta = m_1 g L (\cos\beta f_0 - \sin\beta) =$$
$$= 11{,}3 \cdot 9{,}81 \cdot 25 \cdot (\cos 10^\circ \cdot 0{,}5 - \sin 10^\circ) = 886{,}3 \text{ Н};$$

– для рабочей ветви, опирающейся скребками на дно деревянного лотка:

$$W_2 = (m f_{\text{г}} + m_1 f_0) g L \cdot \cos\beta + (m + m_1) g L \cdot \sin\beta =$$
$$= (3{,}19 \cdot 0{,}5 + 11{,}3 \cdot 0{,}5) \cdot 9{,}81 \cdot 25 \cdot \cos 10^\circ + (3{,}19 + 11{,}3) \cdot 9{,}81 \cdot 25 \cdot \sin 10^\circ = 2372{,}6 \text{ Н}.$$

7. Для скребкового транспортера величина монтажного натяжения S_0 может быть принята в пределах 1000…1500 Н. Принимаем $S_0 = 1000$ Н. Если значение W_1 окажется со знаком минус, а абсолютная величина $W_1 > S_0$, то значение S_0 необходимо как минимум сравнять с величиной W_1.

8. Максимальное тяговое усилие:

$$S_{max} = 1{,}04(S_0 + W_1) + W_2 = 1{,}04 \cdot (1000 + 886{,}3) + 2372{,}6 = 4334{,}4 \text{ Н}.$$

9. Определяем сопротивление на ведущей звездочке $W_{вз}$:

$$W_{вз} = (S_{max} + S_0) \cdot C_0 = (4334{,}4 + 1000) \cdot 0{,}03 = 160{,}3 \text{ Н},$$

где C_0 – коэффициент потерь, равный при огибании звездочек цепью 0,03…0,05.

10. Находим мощность привода транспортера:

$$P = \frac{V}{1000\eta_{пр}}(S_{max} - S_0 + W_{вз}) = \frac{0{,}7}{1000 \cdot 0{,}92}(4334{,}4 - 1000 + 160{,}3) = 2{,}6 \text{ кВт}.$$

11. Проверка цепи на прочность.

11.1. Находим массу цепи M:

– для транспортера, длина которого более 60 м, принимают:

$$M = (m + m_1) \cdot L;$$

– при длине транспортера до 60 м:

$$M = (m + 1{,}5m_1) \cdot L = (3{,}19 + 1{,}5 \cdot 11{,}3) \cdot 25 = 504{,}8 \text{ кг}.$$

11.2. Шаг цепи, м:

$$t_ц = t_{ср} = \frac{a+b}{2000} = \frac{180+140}{2000} = 0{,}16 \text{ м}.$$

11.3. Динамическая нагрузка при работе цепи:

$$S_g = 1{,}5Mg\left(\frac{\pi V}{z}\right)^2 \frac{1}{t_ц} = 1{,}5 \cdot 504{,}8 \cdot 9{,}81\left(\frac{3{,}14 \cdot 0{,}7}{8}\right)^2 \frac{1}{0{,}16} = 3480{,}7 \text{ Н}.$$

где z – число зубьев на ведущей звездочке, обычно $z = 6…10$; V – скорость цепи транспортера, м/с.

11.4. Находим расчетную рабочую нагрузку и сравниваем ее с допустимой табличной:

$$S_{расч} = S_{max} + S_g = 4334{,}4 + 3480{,}7 = 7815{,}1 \text{ Н}.$$

Расчетное значение меньше табличного 14000 Н, цепь выбрана правильно.

12. Определим диаметр делительной окружности ведущей звездочки. Для цепи с неравномерным шагом:

$$D_0 = \frac{1}{\sin\frac{2\pi}{z}}\sqrt{a^2 + b^2 + 2ab\cos\frac{2\pi}{z}} =$$

$$= \frac{1}{\sin\frac{2 \cdot 3{,}14}{8}}\sqrt{180^2 + 140^2 + 2 \cdot 180 \cdot 140 \cdot \cos\frac{2 \cdot 3{,}14}{8}} = 418{,}7 \text{ мм},$$

где z – число зубьев звездочки, берется из ряда 6,7,8,10; a – шаг длинного звена, мм; b – шаг короткого звена, мм.

Вопросы для самопроверки

1. Способ транспортирования щепы и других материалов в древесно-подготовительном отделе.
2. Техническая характеристика ленточного транспортера.
3. Техническая характеристика скребкового транспортера.
4. Принцип расчета ленточного транспортера.
5. Принцип расчета скребкового транспортера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Учебно-методическая литература

1. *Глебов, Т. И.* Подъемно-транспортные машины отрасли. Оборудование и методы решения задач по механическому транспорту деревообрабатывающих предприятий [Текст] : метод. указания для проведения практ. занятий со студ. / Т. И. Глебов. – Екатеринбург, 2008. – 52 с.

2. *Курносов, Н. Е.* Специальные краны [Текст] : метод. указания к курсовому и дипломному проектированию для студ. спец. 190205 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» / Н. Е. Курносов [и др.]. – Пенза, 2009. – 75 с.

3. *Пен, Р. З.* Технология целлюлозы [Текст]. В 2-х т. Т. 1. Подготовка древесины. Производство сульфатной целлюлозы : учеб. пособие для студ. спец. 260300 всех форм обуч. – 2-е изд., доп. – Красноярск : СибГТУ, 2002. – 340 с.

4. *Пен, Р. З.* Технология целлюлозы [Текст]. В 2-х т. Т. 2. Сульфитные способы получения, очистка, отбелка, сушка целлюлозы : учеб. пособие для студ. спец. 260300 всех форм обуч. – 2-е изд., доп. – Красноярск : СибГТУ, 2002. – 358 с.

5. *Непенин, Н. Н.* Технология целлюлозы [Текст]. В 3-х т. Т. 1. Производство сульфитной целлюлозы / Н. Н. Непенин, Ю. Н. Непенин. – 2-е изд., перераб. – Москва : Лесн. пром-сть, 1976. – 624 с.

Использованная литература

1. *Лендьел, П.* Химия и технология целлюлозного производства [Текст] / П. Лендьел, Ш. Морваи. – Москва : Лесн. пром-сть, 1978. – 544 с.

2. ГОСТ 9463-88. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия [Текст] = Round timber of coniferous species. Specifications. – Введ. 2008−01−10. – Москва : Изд-во стандартов, 2008. – 12 с.

3. ГОСТ 9462-88. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия [Текст] = Round timber of broad leaved species. Specifications. – Введ. 2008−01−10. – Москва : Изд-во стандартов, 2008. – 12 с.

4. *Непенин, Н. Н.* Технология целлюлозы [Текст]. В 3-х т. Т. 1. Производство сульфитной целлюлозы / Н. Н. Непенин, Ю. Н. Непенин. – 2-е изд., перераб. – Москва : Лесн. пром-сть, 1976. – 624 с.

5. СНиП 21-03-2003. Склады лесных материалов. Противопожарные нормы [Текст] : утв. Постановлением Госстроя России 21.06.2003 г. № 94. – Введ. в действие с 01.07.2003. – Москва : Госстрой России 2003. – 16 с.

6. Химикаты из древесины. Хранение древесины и ее подготовка для производства волокнистых полуфабрикатов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tehnoinfa.ru. 2009. – Загл. с экрана.

7. *Глебов, Т. И.* Подъемно-транспортные машины отрасли. Оборудование и методы решения задач по механическому транспорту деревообрабатывающих предприятий [Текст] : метод. указания для проведения практ. занятий со студ. / Т. И. Глебов. – Екатеринбург, 2008. – 52 с.

8. *Петухов, П. З.* Специальные краны [Текст] / П. З. Петухов, Г. П. Ксюнин, Л. Г. Стерлин. – Ленинград : Машиностроение, 1971. – 496 с.

9. *Курносов, Н. Е.* Специальные краны [Текст] : метод. указания к курсовому и дипломному проектированию для студ. спец. 190205 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» / Н. Е. Курносов [и др.]. – Пенза, 2009. – 75 с.

10. Мостовой кран [Электронный ресурс] / Производственное объединение «Кранмаш». – Режим доступа: http://www.kranmash.su/Mostovoy-kran. − Загл. с экрана.

11. Грузоподъемное оборудование [Электронный ресурс] / Кран мостовой. – Режим доступа: http://csp-impuls.ru. – Загл. с экрана.

12. Краны мостовые [Электронный ресурс] / Кран мостовой – ЧАО «Зуевский энергомеханический завод». – Режим доступа: http://hardcrane.ru. – Загл. с экрана.

13. Башенные краны КБ-572 и БКСМ-14Н [Электронный ресурс] / Оборудование лесных складов ЗАО «Леспромторг». – Режим доступа: http://www.vlesprom.ru. – Загл. с экрана.

14. Козловые краны [Электронный ресурс] / Строительные машины и оборудование, справочник. – Режим доступа: http://stroy-technics.ru/article/kozlovye-krany. – Загл. с экрана.

15. Кран козловой ККТ [Электронный ресурс] / Бываловский машзавод. – Режим доступа: http://bmz35.ru/produkciya/krany-k.html. – Загл. с экрана.

16. Работа кабель-крана на нижнем складе [Электронный ресурс]: иллюстрация. – Режим доступа: http://sbchf.narod.ru. – Загл. с экрана.

17. Кабельные краны [Электронный ресурс] / информационная система по строительной технике. Строй-Техника.Ру. – Режим доступа: http://stroy-technics.ru. – Загл. с экрана.

18. Раскатный стол [Электронный ресурс] / Екатеринбургские лесные машины. – Режим доступа: http://www.lesmash-ekb.com. – Загл. с экрана.

19. Автоматическая балансирная пила [Электронный ресурс] / Оборудование лесных складов. – Режим доступа: http://www.vlesprom.ru. – Загл. с экрана.

20. *Ковернинский, И. Н.* Основы химической переработки древесины [Текст] : учеб. пособие для вузов / И. Н. Ковернинский. – Москва : Лесн. пром-сть, 1984. – 184 с.

21. *Тимофеев, А. П.* Оборудование предприятий целлюлозно-бумажного производства. Расчет и подбор оборудования [текст] : метод. указ. по курсовому и дипломному проектированию для студентов всех форм обучения спец. 26.03 (0904) / А. П. Тимофеев, Ю. А. Малков. – Ленинград, 1989. – 28 с.

22. *Чичаев, В. А.* Оборудование целлюлозно-бумажного производства [Текст]. В 2-х т. Т. 1. Оборудование для производства волокнистых полуфабрикатов / В. А. Чичаев [и др.]. – Москва : Лесн. пром-сть, 1981. – 368 с.

23. Древесно-подготовительное оборудование [Электронный ресурс] / Целлюлозно-бумажная промышленность. – Режим доступа: http://www.pzm.su. – Загл. с экрана.

24. ГОСТ 15815-83. Щепа технологическая. Технические условия [Текст]. – Введ. 0.1-0.1-1985. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. – 8 с.

25. *Зорин, В. Я.* Критерии и методы оценки качества сортирования щепы [Текст] / В. Я. Зорин, И. А. Васильев // Целлюлоза, бумага, картон. – 1976. – № 8. – С. 10.

26. Цепи круглозвездные [электронный ресурс] / ООО Кировский завод «ПТО» – ГК «Подьемтранссервис». – Режим доступа: http://kz-pto.ru/katalog/rashodnye-materialy/65-tsepi-kruglozvennye.html. – Загл. с экрана.

27. Инженерные продукты [электронный ресурс] / «Петрозаводскмаш». – Режим доступа: http://avto-spec-naz.ru/avtopogruzchiki_vidy_tipy_tehnicheskie_harakteristiki.html. – Заглавие с экрана.

28. Породы древесины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://old.usfeu.ru/general_info/faculties/mtd/Uchebniki/Tehnolog%20do%20to3.pdf. – Заглавие с экрана.