

М.В. ВАНЧАКОВ, А.А. ГАУЗЕ, И.Ю. МАРЧЕНКО

**ОСНОВЫ МЕХАНИЗАЦИИ
РАБОТ В ЦБП**

Учебное пособие

**Санкт-Петербург
2017**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

М.В. Ванчаков, А.А. Гаузе, И.Ю. Марченко

Основы механизации работ в ЦБП

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2017

УДК 676:621.86 (075)

В 176

ББК 35.77

Ванчаков М.В., Гаузе А.А., Марченко И.Ю. Основы механизации работ в ЦБП: учебное пособие/ ВШТЭ СПбГУПТД.- СПб., 2017.- 162 с. - ISBN 978-5-91646-131-2

Приводятся общие понятия и организационные принципы механизации трудоемких работ. Отдельные разделы посвящены механизации работ с насыпными, наливными, древесными грузами, а также механизации работ с готовой продукцией предприятий ЦБП. Отражены характеристики грузов, устройство приемных узлов и механизированных складов. Рассмотрены вопросы выбора и предварительного расчета грузоподъемного и транспортного оборудования.

Пособие предназначено для студентов (бакалавров и магистров) по направлению 15.03.02 и 15.04.02 «Технологические машины и оборудование». Может быть использовано в системах послевузовского образования.

Рецензенты:

директор ООО «Р-Центр» Б.Е. Борилкевич;
канд. техн. наук, доцент кафедры «Основы конструирования машин»
ВШТЭ СПбГУПТД А.Б. Коновалов.

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве учебного пособия.

Редактор и корректор Н.П. Новикова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2017 г., поз.18

Подп.к печати 18.04.17. Формат 60x84/16. Бумага тип.№ 1.

Печать офсетная. 10,25 уч.-изд.л.; 10,25 печ.л. Тираж 50 экз. Изд. № 18.

Цена «С». Заказ

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

ISBN 978-5-91646-131-2

© Ванчаков М.В., Гаузе А.А.,
Марченко И.Ю., 2017

© Высшая школа технологии
и энергетики СПбГУПТД, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Механизация – это комплекс мер и средств, обеспечивающих перемещение различных объектов, необходимых для функционирования промышленного производства.

Механизация, как предмет изучения, представляет собой область преимущественно практических знаний об оптимальных способах организации и возможных технических средствах реализации процессов перемещения материалов в системе промышленного предприятия.

В данном контексте любое промышленное предприятие рассматривается, прежде всего как объект, где происходят разнообразные перемещения материалов, необходимых для осуществления процессов производства. В связи с этим, любые перемещаемые в системе производства материалы и предметы называют грузами. К ним относятся различные виды сырья и полуфабрикатов, химикаты, топливо, горюче-смазочные материалы, детали и узлы, комплектующие изделия, оборудование, все виды промежуточной и конечной продукции, тара, отходы производства, строительные материалы и т.д. Все перечисленные и другие материалы и предметы производства подлежат приёму и (или) отправке (выгрузке-погрузке), подаче (транспортировке) и хранению (складированию). Учитывая все это, основными объектами механизации на производстве являются погрузочно-разгрузочные и транспортно-складские работы (ПРТСР) с различными грузами.

Режим и производительность технологических процессов, осуществляемых на производствах, требуют обеспечения определённого ритма и производительности подачи в производство сырья и вспомогательных материалов, а также – приёма и подготовки к отправке готовой продукции. Без механизации указанных процессов невозможно осуществление выпуска продукции в масштабах и объёмах, характерных для современных промышленных предприятий.

Таким образом, основная цель механизации заключается в решении проблем оптимального обеспечения перемещений грузов в технологических производственных системах.

Главные задачи механизации ПРТСР, обеспечивающие выполнение основной цели:

- повышение производительности труда как при выполнении ПРТСР, так и в целом на производстве;

- снижение доли затрат на выполнение ПРТСР в общей сумме себестоимости продукции;

- обеспечение надёжной планируемости и управляемости (логистика) производством;

- улучшение условий и повышение культурно-технического уровня труда человека;

—обеспечение сохранности качества и снижение количества потерь грузов при выполнении ПРТСР;

—создание предпосылок для автоматизации производственно-технологических процессов.

В зависимости от способа выполнения ПРТСР и полноты охвата их средствами механизации и автоматизации, различают ручные, механизированные, комплексно-механизированные и автоматизированные работы.

Ручными называются работы, выполняемые человеком вручную или с помощью простейших механизмов с ручным приводом. К таким механизмам относятся блоки, ручные тали, лебёдки, тележки, домкраты и т.п. Группу этих устройств называют средствами малой механизации. Они служат не ликвидации, а облегчению ручного труда и увеличению его производительности. Малую механизацию следует использовать в тех случаях, когда количество перемещаемых грузов незначительно и операции с ними не носят систематического характера.

Механизированными называются работы, при которых основные операции выполняются машинами, имеющими механизированный (не ручной) привод. Ручными остаются управление машинами, а также различные вспомогательные и промежуточные операции, например: открытие и закрытие люков, застропка и отстропка грузов, очистка транспорта и помещений от остатков груза и т.п. Механизация требует значительных первоначальных затрат, но при рационально выбранной схеме обеспечивает более низкую стоимость работ и освобождает большее число рабочих, чем при использовании средств малой механизации.

Комплексно-механизированной называют такую последовательность рабочих операций, для выполнения которых используются системы машин, механизмов и других технических средств, увязанных между собой и обеспечивающих выполнение всех операций процесса обработки грузов без применения ручного труда. Ручными остаются управление машинами, их регулирование и наладка. Комплексная механизация создаёт условия, необходимые для перехода к автоматизации производства, при которой роль рабочих сводится к контролю за ходом процессов, работой оборудования и средств автоматизации.

Используют различные классификации грузов.

1. Согласно транспортной классификации различают:

— насыпные грузы - это однородная масса частиц, обладающих взаимной подвижностью (сыпучие химикаты, строительные сухие смеси, технологическая щепа);

— навалочные грузы перемещают без счета мест (древесные материалы, известковый камень, руда, твердое топливо);

— наливные грузы - это жидкие грузы, перевозимые наливом в цистернах и бункерных полувагонах (жидкое топливо, жидкие химикаты, волокнистые суспензии и др.);

— генеральные грузы - это штучные грузы и контейнеры (рулоны и кипы бумаги и картона, полуфабрикаты и др.).

2. Классификация по специфическим свойствам и условиям перемещения грузов.

3. Классификация по условиям хранения грузов.

4. Существует единая тарифно-статистическая номенклатура грузов (ЕТСНГ).

1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕХАНИЗАЦИИ ТРУДОЁМККИХ РАБОТ

1.1. Основные термины и понятия механизации

Совокупность зданий, сооружений и средств технического и технологического оснащения, обеспечивающих выполнение ПРТСР по всему производственному циклу, называют транспортно-складским хозяйством предприятия. Функционирование этого хозяйства обеспечивается обслуживающим персоналом, численность и структура которого зависит от объёмов ПРТСР, их форм организации и состояния механизации работ. Базой для определения объёмов ПРТСР являются грузопотоки – внешние, межцеховые, межучастковые, межоперационные и внутрискладские.

Грузопоток (Q_r) – это количество однородных грузов, измеряемых в тоннах, штуках или кубических метрах, перемещаемых по заданному маршруту или через данный пункт за определённый промежуток времени (час, смену, месяц, год). Маршрут – путь перемещения грузов с указанием пунктов отправления и прибытия.

Сумма прибывающих, отправляемых и проходящих транзитом грузов на объекте называется **грузооборотом**. Грузооборот – один из интегральных показателей, характеризующий промышленный объект или транспортный узел. **Внешний грузооборот предприятия** ($B_{вн}$) - это сумма внешних грузопотоков поступления ($B_{п}$) и отправления ($B_{о}$). Величина внешнего грузооборота предприятия зависит от вида, материалоемкости производимой продукции и программы её выпуска. По внешнему грузообороту предприятия различают как крупные (свыше 500000 т/год), средние (от 500000 до 100000 т/год) и мелкие (менее 100000 т/год).

При определении **внутренних (межцеховых) грузопотоков** ($B_{мц}$) учитываются только грузопотоки отправления. На объём межцеховых грузопотоков существенное влияние оказывают сложность производственной структуры и планировки предприятия и организация межцеховых перемещений. Суммарно они почти всегда превышают величину внешнего грузооборота.

Отдельный грузопоток зачастую состоит из ряда последовательных законченных операций перемещения, называемых перевалками. Количество

перевалок отражает технологию переработки груза, принятую на данном грузопотоке, а точнее - кратность переработки груза. Произведение величины грузопотока на количество перевалок называют **грузопереработкой**.

Рассмотрим, в качестве примера, грузопоток пиловочника на лесопильном заводе, перерабатывающем 200 тыс.м³/год пиловочника. Грузопоток начинается с выгрузки пиловочника на приёмную площадку склада. Затем пиловочник поступает на склад. Далее пиловочник со склада перемещается на заготовительную площадку разделочного цеха. Наконец, с площадки пиловочник подают к технологическому оборудованию для разделки на брус, доски и т.п. В данном примере фигурируют 4 операции перемещения (перевалки) пиловочника. В итоге суммарная грузопереработка составит $200 \cdot 4 = 800$ тыс.м³/год при величине грузопотока от поступления до разделки 200 тыс.м³/год.

Величина грузопереработки идентична **объёму работ на данном грузопотоке**($A_{гр}$) и измеряется, например, в тонно-перевалках. Количество перевалок отражает эффективность организации (логистику) перемещений груза на грузопотоках. Объем работ уменьшается при улучшении организации или снижении количества перевалок при перемещениях грузов.

Уровень механизации работ (U_m) по грузопотоку определяется отношением объёма механизированных работ A_m к общему их объёму $A_{гр}$ на грузопотоке и измеряется в процентах:

$$U_m = (A_m/A_{гр}) \cdot 100, \% .$$

Уровень механизации работ - это интегральный показатель состояния механизации на данном грузопотоке. Он может определяться как для внешних, так и для межцеховых грузопотоков.

1.2. Анализ использования трудовых ресурсов и производственных фондов при выполнении ПРТСР

Рациональность использования **трудовых ресурсов** при выполнении ПРТСР анализируется с помощью многих показателей, важнейшие из которых – это показатели трудозатрат, степень механизации труда и его производительность.

Весь персонал, занятый на ПРТСР, делится на две группы: персонал, непосредственно выполняющий перемещение грузов (водители, грузчики, крановщики, стропальщики и частично привлекаемые в процессе своей деятельности рабочие), и персонал, связанный с обслуживанием ПРТСР (ремонтники, дорожные и путевые рабочие, аккумуляторщики и т.п.).

Численность рабочих, непосредственно связанных с выполнением ПРТСР (P_c), определяется как сумма числа рабочих, постоянно занятых на

ПРТСР (P_{Π}), и временно привлекаемых ($P_{\text{Т}}$) с учётом их коэффициента участия (K_y):

$$P_c = P_{\Pi} + P_{\text{Т}} \cdot K_y, \text{ чел.}$$

Для укрупнённого анализа учитывают численность рабочих, занятых обслуживанием ПРТСР (P_o). К ним относят наладчиков и ремонтников средств механизации, строительных и дорожных рабочих и т.д. Соответственно, общая численность рабочих, выполняющих ПРТСР и их обслуживание (P), рассчитывается по формуле:

$$P = P_c + P_o, \text{ чел.}$$

Весьма важно знать качественный состав труда транспортно-складских рабочих, называемый **степенью механизации их труда** (C_m). Этот показатель определяется отношением численности рабочих, занятых механизированным трудом (P_{cm}), к общему числу рабочих, непосредственно выполняющих ПРТСР (P_c), и измеряется в процентах:

$$C_m = (P_{cm}/P_c) \cdot 100, \%$$

Степень механизации труда зависит от количества применяемых подъёмно-транспортных машин, их производительности и структуры парка. Повышение степени механизации труда не является самоцелью, оно должно приводить к сокращению затрат труда на выполнение ПРТСР. Показатель, отражающий этот процесс – **производительность** труда. Один из важнейших результатов улучшения организации труда – более рациональное использование рабочей силы и оборудования. Очевидно, что улучшение использования оборудования и трудовых ресурсов является важным резервом повышения производительности труда.

Величина выработки на отдельных операциях и перевалках грузопотока влияет на производительность ПРТСР в целом. Этот факт можно проследить по изменению величины средней выработки на грузопотоке

$$V_{\text{Гр}} = A_{\text{Гр}}/T_{\text{Гр}}, \text{ т/(чел}\cdot\text{ч)},$$

где $A_{\text{Гр}}$ – объём механизированных и ручных работ на грузопотоке, т;

$T_{\text{Гр}}$ – трудозатраты на выполнение всех работ на грузопотоке, чел·ч.

При отсутствии точных данных, вместо общей трудоёмкости ($T_{\text{Гр}}$) используют показатель численности рабочих, выполняющих ПРТСР и операции по их обслуживанию (P).

Производственные фонды, используемые для ПРТСР, состоят из двух групп: подъёмно-транспортные машины и механизмы (активная часть) с одной стороны и специальные складские здания, производственные

помещения и площади, отведённые под складирование грузов, погрузочно-разгрузочные площадки, дороги и пр. – с другой (пассивная часть).

Величина парка подъёмно-транспортных машин, их качественный состав и методы использования оказывают самое непосредственное влияние на эффективность механизации ПРТСР. Недостаточная загруженность этого парка объясняется, в основном, тем, что он выполняет функции обслуживания производственных процессов и его производительность определяется и ограничивается требованиями этих процессов. Кроме того, сказывается неправильный выбор типов или технических параметров оборудования, а также рациональность управление процессами перемещения.

Складские здания, сооружения и площади, отведённые под хранение грузов, оцениваются величиной занимаемой площади и их стоимостью, а также коэффициентами использования площади и объёма склада. С помощью этих показателей оцениваются компоновочные решения складов и совершенство применяемого оборудования. Максимальная величина этих показателей обеспечивается за счет высоты складирования и максимальной плотности укладки грузов при минимальной величине проходов и проездов.

Удельный вес складских помещений и их стоимость в общем количестве производственных площадей показывают степень обеспеченности предприятия складскими помещениями. При соблюдении минимально необходимых запасов и нормальных условий хранения грузов величины этих показателей должны быть минимальными, что является следствием хорошего организационно-технического уровня транспортно-складского хозяйства на предприятии.

Запасы грузов на общезаводских и производственных складах, на всех видах накопителей входят в оборотные фонды предприятия. Одна из основных задач транспортно-складской системы предприятия – сокращение величины запасов. Величина складского запаса (M) определяется по формуле:

$$M = (B_{\Pi}/365) \cdot t_{\text{хр}} , \text{ т}, \quad (1)$$

где B_{Π} – годовые грузопотоки поступления, т;

$t_{\text{хр}}$ – нормативный срок хранения грузов на складе, дн.

Показателем, характеризующим интенсивность оборачиваемости складских запасов, является коэффициент оборачиваемости ($K_{\text{об}}$), отражающий связь производительности и вместимости склада:

$$K_{\text{об}} = B_{\Pi}/M . \quad (2)$$

Подставляя в формулу (2) значение M из формулы (1), получаем:

$$K_{\text{об}} = 365/t_{\text{хр}} .$$

Таким образом, коэффициент оборачиваемости показывает, сколько раз в течение года оборачивается складской запас.

Обобщающими, характеризующими состояние и эффективность механизации ПРТСР являются стоимостные показатели. Они дают возможность оценить затраты труда на выполнение ПРТСР и соизмерить их с общими затратами на изготовление продукции. Эти показатели определяются на основе полной балансовой стоимости зданий, сооружений, машин и оборудования, обеспечивающих выполнение ПРТСР, и текущих затрат – эксплуатационных расходов на их содержание, работу и заработную плату персонала.

Для анализа состояния ПРТСР важное значение имеет показатель себестоимости единицы работ, определяемый отношением затрат к объёму работ. Так, себестоимость единицы работы на грузопотоке ($S_{гр}$) выражается отношением затрат (эксплуатационных расходов) на его реализацию ($\mathcal{E}_{гр}$) к его величине ($Q_{г}$):

$$S_{гр} = \mathcal{E}_{гр} / Q_{г} , \text{ руб/т.}$$

Поскольку повышение организационно-технического уровня ПРТСР имеет целью снизить общие затраты на производство продукции, важное значение имеет показатель удельного веса затрат на ПРТСР (β) в себестоимости товарной продукции предприятия. Он выражается отношением приведенных эксплуатационных затрат на ПРТСР по предприятию ($\mathcal{E}_{пр}$) к заводской себестоимости товарной продукции (\mathcal{Z}):

$$\beta = (\mathcal{E}_{пр} / \mathcal{Z}) \cdot 100, \text{ \%}.$$

Чем ниже этот показатель, тем эффективнее принятая система механизации ПРТСР на предприятии.

1.3. Структура систем комплексной механизации ПРТСР

Независимо от масштаба и сложности любой системы комплексной механизации ПРТСР, её структуру можно представить в виде обобщённой схемы, построенной из обязательных структурных элементов. Таким элементами являются:

- точки или линии фронтов погрузки, выгрузки или перегрузки;
- площади и объёмы, необходимые для выполнения операций перемещения и размещения груза;
- тракты (пути) и средства перемещения груза.

1.3.1. Фронты погрузочно-разгрузочных работ

Вид и оборудование фронтов погрузочно-разгрузочных работ зависят от вида обслуживаемого транспорта, а в условиях производства – связаны с

технологическим оборудованием. Погрузочно-разгрузочные работы могут осуществляться на точечном или развёрнутом в линию фронте.

Точечным фронтом называют фронт, на котором одновременно обрабатывается только одна транспортная единица. В тех случаях, когда пропускной способности одной точки погрузки-разгрузки недостаточно, используют развёрнутый фронт, где может обрабатываться одновременно не менее двух транспортных единиц, размещаемых по длине фронта. Такие фронты находят применение как на внешних грузопотоках, так и внутри промышленных предприятий или цехов при обслуживании установленного в линию ряда однотипного технологического оборудования.

При обработке железнодорожных составов для методической чёткости и удобства расчётов различают следующие понятия.

Фронт (длина) железнодорожного пути (L_1), необходимого для подачи, установки и необходимых маневровых перемещений одной группы (ставки) вагонов в процессе ее обработки. Он включает длину ставки плюс длину пути подхода к месту обработки, а в отдельных случаях и отхода от места обработки. Длина дополнительных путей может быть значительной, например, при подаче целого состава на разгрузочную эстакаду.

Фронт (длина) железнодорожного пути, равный длине ставки вагонов, подаваемых одновременно под разгрузку (погрузку):

$$L_2 = n_c \cdot l, \text{ м,}$$

где n_c – число вагонов в составе;

l – длина одного вагона по осям сцепок, м.

Фронт (длина) погрузочно-разгрузочных работ - это длина железнодорожного пути, занятого одновременно обрабатываемыми вагонами:

$$L_3 = n_{од} \cdot l, \text{ м,}$$

где $n_{од}$ – число одновременно обрабатываемых вагонов.

Соотношение длин указанных фронтов обычно составляет: $L_1 \geq L_2 \geq L_3$. При расчёте длины фронта погрузочно-разгрузочных работ для обработки автомобилей исходят из их количества, одновременно устанавливаемых на подъездах к складу. Автомобили могут размещаться боком, торцом или под углом к приёмным устройствам.

Длина фронта погрузочно-разгрузочных работ со стороны расположения автотранспорта определяется по формуле:

$$L = n \cdot l_1 + (n - 1) \cdot l_2, \text{ м,}$$

где l_1 – длина или ширина автомобиля, м;

l_2 – расстояние между соседними автомобилями, м;

n – количество одновременно обрабатываемых автомобилей.

Расчётный суточный грузооборот фронта погрузочно-разгрузочных работ ($Q_{\text{сут}}$) определяется исходя из годового складского грузооборота ($Q_{\text{год}}$):

$$Q_{\text{сут}} = (Q_{\text{год}}/n_{\text{дн}}) \cdot k, \text{ т/сут},$$

где $n_{\text{дн}}$ – число дней работы склада в год;

k – коэффициент неравномерности (сгущения) подачи подвижного состава при поступлении ($k=1,1\div 1,5$) и при отправке ($k=1,1\div 1,3$) груза со склада.

Пропускная способность фронта - это максимальное количество единиц транспорта (или объёма груза в тоннах), которое может быть обработано в единицу времени. Она зависит от количества пунктов одновременной обработки транспортных единиц, размеров (длины) складских помещений, развития подъездных путей, состояния механизации работ и производительности погрузочно-разгрузочных машин.

Требуемая производительность погрузочно-разгрузочных работ для обработки ставки вагонов:

$$P_{\text{тр}} = m_c / (T_n - t_{\text{пр}}), \text{ т/ч},$$

где m_c – полезная (фактическая) загрузка состава, т;

T_n – нормативная (договорная) продолжительность обработки ставки, ч;

$t_{\text{пр}}$ – продолжительность технологических перерывов в работе машин, ч,

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{подг}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{закл}}, \text{ ч},$$

где $t_{\text{подг}}$ – продолжительность операций по подготовке к обработке вагона (снятие пломб, разборка обвязки, открывание дверей или люков, снятие заграждений, установка мостков и т.п.);

$t_{\text{всп}}$ – продолжительность вспомогательных операций (перемещения вагонов, сцепка-отцепка локомотива, установка мостков и т.п.);

$t_{\text{закл}}$ – продолжительность заключительных операций (пломбирование, закрытие дверей или люков, крепление груза, зачистка вагонов, снятие мостков и т. п.).

1.3.2. Складские комплексы и склады

Складской комплекс и склады являются составной частью систем механизации ПРТСР. Основными элементами структуры складского комплекса являются площади и объёмы, обеспечивающие требуемую вместимость (запас), а также выполнение предусмотренных технологией внутрискладских операций. Складской комплекс может также включать фронт приёма грузов с внешнего (по отношению к складу) транспорта, устройства для подачи груза

на основную площадь (объём) хранения, а также устройства подачи груза для отправления непосредственно от мест хранения.

Необходимость в накоплении и хранении материальных ценностей обуславливается следующими целями:

- создание резервов груза (текущих, буферных и стратегических);
- накопление соответствующей партии груза для приема и отправки;
- создание запасов грузов, поставляемых сезонно;
- создание запасов в определённых местах, в связи с климатическими, географическими и транспортными условиями.

В связи с большим разнообразием схем складских комплексов целесообразно рассматривать их различные классификации. В табл. 1.1 приводится классификационное разделение типов складов по наиболее характерным показателям.

Основным (базовым) параметром склада является его ёмкость, или максимальная вместимость. Этот параметр определяется, прежде всего, производственной необходимостью, но может быть уменьшен при возможности переключения части общего грузооборота на так называемую «прямую подачу» (работу с «колёс»), минуя склад.

Для штабельных и тарно-штучных складов определение площади начинают с расчёта её полезной составляющей. Эта часть площади склада ($F_{\text{пол}}$) определяется величиной допускаемой нагрузки (e) на пол (основание) склада по формуле:

$$F_{\text{пол}} = M/e, \text{ м}^2,$$

где M – максимальная вместимость склада, т;

e – допускаемая нагрузка на пол (основание), т/м².

Общая площадь склада выражается формулой:

$$F_{\text{общ}} = (1 + k_{\text{пр}}) \cdot M/e, \text{ м}^2,$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий площадь проходов и проездов: для крытых складов $k_{\text{пр}}=0,55, 0,75$, для площадок контейнеров и тяжеловесных грузов $k_{\text{пр}}=0,6, 0,75$, для навалочных площадок $k_{\text{пр}}=0,7, 0,8$.

Строительный объём склада в м³ зависит от площади и высоты складского помещения. Высота помещения принимается в зависимости от габаритных возможностей подъёма груза средствами механизации и, кроме того, ограничивается допускаемой высотой укладки, прочностью тары и нагрузкой на пол склада.

Вопросы совершенствования складских комплексов могут успешно решаться при помощи методов теории массового обслуживания. С помощью

методов этой теории могут быть решены задачи управления запасами, эффективного использования площадей и оборудования складов.

Табл. 1.1. Классификационное разделение складов по характерным показателям, влияющим на схему комплексной механизации работ

| Показатели классификации | Разновидности складов |
|---|---|
| Род груза | Склады насыпных, штучных и наливных грузов. |
| Способы хранения грузов | Склады закрытые, полуоткрытые, открытые, подземные, полуподземные, наземные. Склады штабельные, полубункерные, бункерные, шатрово-силосные, закромные, на поддонах, в стеллажах, поштучно, в резервуарах (баках) и др. |
| Величина грузооборота | Склады с малым, средним и большим грузооборотом. |
| Величина запасов груза | Склады краткосрочного (до 5 сут), среднесрочного (до 30 сут) и долгосрочного (свыше 30 сут) хранения. |
| Вид транспорта доставки и отправки груза | Склады для приёма (отправки) груза с железной дороги, автотранспорта, водного транспорта и механического транспорта. |
| Связь с производством | Склады, непосредственно связанные с производством: внутрицеховые, межцеховые, кладовые. Склады, опосредованно связанные с производством через промежуточные: базисные, общезаводские, участковые. |
| Дополнительные требования технологии производства | Склады, обеспечивающие сортировку, взвешивание, дозировку, подачу груза в определённое место в определённом режиме во времени и по интенсивности. Склады, обеспечивающие, одновременно с хранением и перемещением груза, выполнение заданных технологических операций с ним. |

1.3.3. Тракты и средства перемещения грузов

Трактами связываются между собой точечные или развернутые фронты, площади и объёмы различных складов в системе комплексной механизации. Каждый тракт обычно начинается и завершается точечным или развернутым фронтом погрузки и разгрузки. Одновременно тракты связывают между собой фронты складов, цехов и других участков промышленного предприятия, а также данного предприятия с другими. Кроме того, внутри каждо-

го склада и цеха имеются свои межоперационные перемещения грузов со своими фронтами, площадями и объёмами, связанными между собой теми или иными трактами.

Основными видами устройств для перемещения грузов по трактам являются рельсовый наземный (железнодорожный нормальной и узкой колеи), безрельсовый (автомобильный, авто- и электропогрузчики), подвесной рельсовый и канатный, конвейерный, трубопроводный (пневматический и гидравлический), гравитационный и другой транспорт.

Комплекс ПРТСР, выполняемых на промышленных предприятиях, на транспорте, в строительстве и на других объектах, связан с самыми разнообразными по виду, характеру и схеме перемещения операциями с различными грузами в различных условиях их переработки. Многообразие этих работ отвечает широкий спектр средств механизации.

Для ориентирования в этом множестве средств механизации при выборе наиболее пригодных машин и устройств в конкретных условиях выполнения ПРТСР с конкретными грузами определенную помощь может оказать классификация этих средств, включающих широкую номенклатуру типов и конструкций грузоподъёмных, погрузочно-разгрузочных и транспортирующих машин, устройств и приспособлений. Классифицировать машины, применяемые для данных работ, можно по различным признакам: по конструкции, направлению перемещения груза, назначению и пр. В частности, по характеру выполнения рабочих движений все машины для ПРТСР разделяются на два класса: периодического (циклического) и непрерывного действия.

Рассматривая средства комплексной механизации, предназначенные для основных и вспомогательных операций, следует различать и соответствующие им задачи. Средства механизации вспомогательных операций - это приспособления в виде навесных и накладных устройств (навесные и накладные электровибраторы), подвесные передвижные и стационарные установки для открывания (закрывания) люков, для рыхления, взвешивания, сортирования и дозирования грузов, устройства для маневрового перемещения подвижного состава и др.

С развитием методов пакетизации и контейнеризации для хранения и перевозки грузов создаются не только новые конструкции поддонов и контейнеров, но и специальные установки для формирования и расформирования пакетов. Разработаны и используются различные устройства для затаривания и извлечения грузов при транспортировке их в таре, упаковочные линии для готовой продукции и др. Для механизации работ с поддонами, контейнерами и штучными грузами, а также для стеллажного хранения штучных грузов на складах все шире применяются специальные роботы и манипуляторы. На складах штучных грузов используются такие средства механизированного складирования, как стеллажные устройства, что способствует более эффективному использованию средств механизации ПРТСР. Эти устройства позволяют обеспечить чёткий порядок размещения грузов на складе, удобст-

во адресации и поиска грузов, благоприятные условия для автоматического управления оборудованием на механизированных складах.

Системы комплексной механизации ПРТСР строятся на основе целесообразного сочетания типовых структурных элементов во взаимной связи с технологическими требованиями и местными условиями выполнения всего комплекса работ.

1.3.4. Принципы определения производительности и количества средств в системах комплексной механизации ПРТСР

Величина производительности погрузочно-разгрузочных и транспортирующих машин не является абсолютной, а зависит от характеристики перерабатываемого груза, технологической схемы работ и условий их выполнения. Различают техническую и эксплуатационную производительности.

Техническая (паспортная) производительность – это количество груза (в тоннах, кубометрах или штуках), которое может быть переработано машиной за час непрерывной работы с максимальной загрузкой в условиях, полностью отвечающих её назначению. Техническая производительность машин периодического (циклического) действия определяется формулой:

$$P_T = 3600 \cdot m / T_{\text{ц}}, \text{ т/ч,}$$

где m – наибольшая полезная грузоподъёмность, т. е. наибольшее количество груза, которое может быть перемещено машиной за один цикл, т;

$T_{\text{ц}}$ – продолжительность одного цикла работы, с.

Для расчёта продолжительности одного цикла работы машин ($T_{\text{ц}}$) периодического действия служит формула:

$$T_{\text{ц}} = \varphi \cdot (t_1 + t_2 + \dots + t_n), \text{ с,}$$

где t_i – время затрачиваемое на отдельные операции, с;

φ – коэффициент, учитывающий сокращение цикла при совмещении отдельных операций во времени: для кранов мостового типа $j = 0,8$, для кранов на железнодорожном и гусеничном ходу и др. $j = 0,7$.

Фактическое значение $T_{\text{ц}}$ может быть определено путём непосредственного хронометража на месте работы машины.

Техническая производительность машин непрерывного действия определяется формулой:

$$P_T = 3,6 \cdot q \cdot v, \text{ т/ч,}$$

где q – наибольшая удельная полезная загрузка, т.е. количество груза, приходящегося на 1 погонный метр (например, длины конвейера) при полной его загрузке, кг/м;

v – скорость движения груза, м/с.

Фактически ни одна погрузочно-разгрузочная и транспортирующая машина в реальных условиях не обеспечивает своей технической производительности в течение длительного периода времени из-за ряда эксплуатационных причин, вызывающих неполное использование грузоподъёмности и рабочего времени. В связи с этим, в расчетах используют понятие **эксплуатационной производительности машины** ($P_{\text{экс}}$), которая всегда меньше технической и выражается формулой:

$$P_{\text{экс}} = P_{\text{т}} k_{\text{гр}} k_{\text{вр}}, \text{ т/ч,}$$

где $k_{\text{гр}}$ – коэффициент использования грузоподъёмности;

$k_{\text{вр}}$ – коэффициент использования машины во времени.

Коэффициент использования грузоподъёмности для машин периодического действия выражается отношением:

$$k_{\text{гр}} = m_{\text{факт}}/m,$$

где $m_{\text{факт}}$ – фактическое среднее количество груза (погонная загрузка), захватываемого машиной в конкретных условиях работы в течение 1 цикла.

Величину $k_{\text{гр}}$ для предварительных ориентировочных расчётов принимают 0,7, 0,8.

Коэффициент использования машины во времени выражается отношением:

$$k_{\text{вр}} = T_{\text{маш}}/T_{\text{экс}},$$

где $T_{\text{маш}}$ – фактическое время работы машины;

$T_{\text{экс}}$ – общее рабочее время эксплуатации машины (смена, сутки, год).

В ориентировочных расчётах можно принимать $k_{\text{вр}}=0,7, 0,8$. Вместо отвлечённых значений коэффициентов $k_{\text{гр}}$ и $k_{\text{вр}}$ рекомендуется во всех случаях, когда представляется такая возможность, принимать их значения по фактическим данным в конкретных условиях эксплуатации.

Производительность машины при работе даже с одним и тем же грузом и на одном и том же складе может быть различна на операциях приёма и на операциях отправления груза, а следовательно, может быть различно и количество машин, требуемое для выполнения операций. В общем случае, необходимое количество машин (n_a) определяется как частное от деления тре-

буемой на рассматриваемых операциях производительности на эксплуатационную производительность одной машины в конкретных условиях её работы:

$$n_a = \Pi_T / \Pi_{\text{экс}}, \text{ шт.}$$

Необходимое количество обслуживающих агрегатов периодического принципа действия грузоподъемностью, равной m , может быть представлено выражением

$$n_a = \frac{m_c \cdot T_{\text{ц}}}{3600 \cdot (T_M - t_{\text{пр}}) \cdot m \cdot k_{\text{гр}} \cdot k_{\text{вр}}}, \text{ шт.}$$

Расчётная формула для определения продолжительности механизированной загрузки (или разгрузки) (T_M) железнодорожного состава с полезной загрузкой m_c при работе n_a машин, производительностью $\Pi_{\text{экс}}$ каждая, имеет вид

$$T_M = t_{\text{подг}} + \frac{m_c}{\Pi_{\text{экс}} \cdot n_a} + t_{\text{всп}} + t_{\text{закл}}, \text{ ч,}$$

где $t_{\text{подг}}$, $t_{\text{всп}}$ и $t_{\text{закл}}$ – продолжительность подготовительных, вспомогательных и заключительных операций.

При обработке групп вагонов подготовительные операции со всеми вагонами, кроме первого, и заключительные операции со всеми вагонами, кроме последнего, должны совмещаться во времени с другими операциями загрузки (погрузки) и, следовательно, не должны учитываться при расчёте общего срока T_M . Ориентировочное значение суммы $t_{\text{подг}} + t_{\text{всп}}$, в расчёте на один вагон, составляет от 0,16 до 0,1 ч.

2. МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ С НАСЫПНЫМИ ГРУЗАМИ

К насыпным (сыпучим) грузам относятся материалы с частицами ограниченных размеров, транспортируемые или хранимые насыпью в кучах, штабелях, бункерах и силосах. Как правило, насыпные грузы обладают определенной сыпучестью и поддаются перевалке с помощью различных черпающих приспособлений. К этой категории грузов в лесохимической промышленности относятся технологическая щепка, опилки, измельченная кора, химикаты, используемые для приготовления варочных растворов, клеев, для ведения отбелики волокнистых полуфабрикатов, в качестве наполнителей бумаги, а также различные строительные сыпучие материалы.

По своей структуре эти грузы по большей части относятся к полидисперсным смесям, содержащим в своем составе частицы разных форм и размеров. Исключение составляет сортированная технологическая щепка. Количественное соотношение частиц разных размеров в насыпном грузе характе-

ризуется гранулометрическим составом. Вся эта группа грузов обладает различной насыпной массой единицы объема, изменчивостью форм и влажности.

По своему составу большинство сухих химикатов, потребляемых лесохимической промышленностью, не токсичны, однако многие из них обладают способностью к пылению и неблагоприятно действуют на дыхательные пути и слизистые оболочки обслуживающего персонала. Небольшая группа химикатов может образовывать с воздухом взрывоопасные смеси. Характерные особенности насыпных грузов представляют собой результат сложных явлений, обусловленных физико-механической и химической природой составляющих их частиц и, особенно, их тонкодисперсной части.

2.1. Характеристики насыпных грузов

Гранулометрический состав - это важнейший показатель насыпного груза, определяющий его транспортные свойства, условия хранения на складе, форму и размер рабочих органов машин, применяемых при механизации работ при разгрузке и погрузке подвижного состава и на складах. Грузы одинакового гранулометрического состава по условиям их транспортирования и способам хранения обладают более или менее сходными свойствами.

Размером отдельной частицы груза (a) неправильной формы считают квадратный корень из произведения ее длины, ширины и толщины. Под длиной частицы подразумевается ее наибольший размер, определяющий параметры транспортных устройств и емкостей для насыпных грузов (размеры отверстий бункеров, ширину ленточных и цепных конвейеров, размеры ковшей элеваторов, диаметр трубопроводов и т.д.).

В зависимости от соотношения размеров частиц в массе груза, различают рядовой (несортированный) материал, для которого $a_{max}/a_{min} \geq 2,5$, и сортированный, для которого $a_{max}/a_{min} \leq 2,5$. Для сортированного материала типичными считаются куски с размерами $a = 0,5(a_{max} + a_{min})$, для несортированного материала – куски с размерами $a = 0,8a_{max}$. Группа кусков с размерами от a_{max} до $0,8a_{max}$ называется группой наибольших кусков.

Гранулометрический состав насыпного груза определяют ситовым анализом. Анализатор имеет систему сит с отверстиями различной величины. Результаты ситовых анализов оформляют в виде циклограмм, или графиков, показывающих состав груза по крупности кусков. По гранулометрическому составу насыпные грузы разделяются на следующие категории (по a_{max} , мм):

| | | | |
|-----------------|----------|----------------|------------|
| Крупнокусковые | 150 | Мелкозернистые | 0,5 – 2,0 |
| Среднекусковые | 50 – 150 | Порошковидные | 0,05 – 0,5 |
| Мелкокусковые | 10 – 50 | Пылевидные | 0,05 |
| Крупнозернистые | 2 -10 | | |

Для характеристики состава пылевидных грузов вместо обычного ситового анализа используют методы гидравлического анализа, базирующиеся на величине скорости оседания частиц в воде, измеренной, например, фотометодом.

Некоторые насыпные грузы обладают способностью к коагуляции, что приводит к образованию из мелких частиц крупных кусков и комков материала. Такие куски и комки образуются при длительном хранении груза на складе, когда мелкие частицы под действием вышерасположенных слоев и при уменьшении исходной влажности способны образовывать плотные и прочные конгломераты. При уплотнении груза в результате слежививания повышается также сила его адгезии со стенками бункеров и силосов. Номенклатура и физико-механические свойства массовых насыпных химикатов представлены в табл. 2.1.

Вторым по объёму переработки сырьём для лесохимической промышленности является технологическая щепка, получаемая из низкосортной древесины, отходов лесозаготовок и лесопиления. Из всех видов технологической щепы, предназначенной для переработки, самые строгие требования по размерам предъявляют к щепе, поставляемой для целлюлозно-бумажного производства. Размеры щепы должны быть следующими: длина 15÷25 мм, толщина не более 5 мм. Показатели качества технологической щепы по маркам должны соответствовать значениям, приведённым в табл.2.2.

Плотность и насыпная масса. В массном отношении насыпной груз характеризуется плотностью и насыпной массой. Эти показатели определяют транспортные свойства груза, загрузку емкостей и конструктивные особенности складских помещений, а также оказывают влияние на выбор способов и средств механизации работ с насыпным грузом.

Численно, плотность равна отношению массы твердого вещества груза к его объёму. Плотность груза ρ – величина постоянная, зависящая только от свойств вещества составляющих его частиц.

Объёмной (насыпной) массой груза ρ_H называют массу единицы его объёма с учетом имеющихся в нем пустот и влаги:

$$\rho_H = (q_T + q_B) / (V_T + V_{II}), \text{ кг/м}^3,$$

где q_T – масса твердой части груза, кг;

q_B – масса содержащейся в грузе влаги, частично или полностью заполняющей поры, кг;

V_T – объём твердой части груза, м³;

V_{II} – объём пор, м³.

В отличие от плотности, насыпная масса одного и того же груза может колебаться в больших пределах, в зависимости от гранулометрического состава, влажности, формы и степени уплотнения частиц. Как правило, насыпная масса груза уменьшается по мере повышения дисперсности составляющих его частиц. Кроме того, объём пор груза уменьшается с повышением

давления. Поэтому нижние слои груза, особенно при длительном хранении в отвалах или в высоких силосах, имеют большую насыпную массу, чем верхние слои.

Соотношение между объемами пор и твердой фазы груза характеризуется коэффициентом пористости $\varepsilon = V_{\text{п}}/V_{\text{т}}$. Объем твердой фазы через пористость выражается формулой: $V_{\text{т}} = 1/(1 + \varepsilon)$. Объем пор в насыпном грузе определяется по формуле: $V_{\text{п}} = \varepsilon/(1 + \varepsilon)$.

Для оценки реального объема вещества технологической щепы и измельченных древесных отходов, как и для круглого баланса, используют коэффициент полндревесности. Технологическая щепа также относится к насыпным материалам и характеризуется плотной и насыпной массой, степенью уплотнения, влажностью, фракционным составом (размером), коэффициентами внешнего и внутреннего трения. Ориентировочно, насыпная масса (т/м^3) щепы из различных пород древесины при относительной влажности до 70 % изменяется в следующих пределах:

| | | | |
|-------------|-----------|--------|-----------|
| Ель и сосна | 0,25÷0,40 | Береза | 0,30÷0,50 |
| Лиственница | 0,35÷0,55 | Осина | 0,26÷0,41 |

Средняя насыпная масса щепы, принимаемая при проектировании различных специальных емкостей для нее, равна $0,30 \text{ т/м}^3$.

Засоренность щепы корой, гнилью, минеральными примесями, большим количеством мелочи и крупных кусков приводит к «склеиванию», слипанию и армированию массы щепы, что способствует сводообразованию в закрытых емкостях, смерзанию и затрудняет разгрузку щепы. Слабоуплотнённая щепа влажностью свыше 45 %, вследствие повышенной теплоотдачи, при перевозках и хранении в зимний период смерзается и примерзает к деревянным и металлическим поверхностям. Установлено, что ранее замороженная щепа не смерзается при транспортировке и выгружается без затруднений.

Насыпная масса измельчённых отходов для некоторых пород древесины (кг/м^3), в зависимости от влажности, приведена в табл.2.3.

Под действием уплотняющей нагрузки насыпная масса отходов возрастает. В частности, насыпная масса нижних слоёв отходов, например, в кучах, бункерах, больше, чем верхних. Средний коэффициент полндревесности для отходов окорки в кучах равен 0,34.

Таблица 2.1. Физико-механические характеристики насыпных химикатов

| Наименование химиката | Химическая формула | Физическая плотность, т/м ³ | Насыпная плотность, т/м ³ | Размеры основных фракций, мм | Влажность абс., % | Угол естеств. откоса, град | Смерзаемость | Гигроскопичность | Слеживаемость | Абразивность | Коррозионность | Токсичность |
|-----------------------|---|--|--------------------------------------|------------------------------|-------------------|----------------------------|--------------|------------------|---------------|--------------|----------------|-------------|
| Мел природный | CaCO ₃ | 2,5-2,7 | 0,9-1,2 | 0,7-5,0мкм | 0-1,0 | 30-35 | - | + | + | - | - | - |
| Каолин | Al ₂ SiO ₃ *2H ₂ O | 2,5-2,7 | 0,8-1,2 | 10-100 | 10-20 | 40-50 | + | + | + | - | - | - |
| Сульфат натрия | Na ₂ SO ₄ | 2,6-2,7 | 1,4-1,5 | 0,05-0,5 | 0,5-3,0 | 30-35 | + | + | + | - | + | + |
| Сера техническая | S | 2,08 | 1,1-1,3 | 1-50 | 0,2-1,0 | 40-50 | - | - | - | - | - | - |
| Известковый камень | CaCO ₃ | 2,5-2,7 | 1,3-1,5 | 50-400 | 0,7-0,8 | 40-50 | - | - | - | + | - | - |
| Окись магния | MgO | 3,15-3,4 | 0,88-0,92 | 2-10 | 0,2-0,9 | 38-40 | + | + | + | + | - | - |
| Известь негашеная | CaO | 2,5-3,2 | 0,5-0,8 | 10-50 | 3-4 | 40-50 | - | + | - | - | + | + |
| Сульфат алюминия | Al ₂ (SO ₄) ₃ *18H ₂ O | 1,6-1,7 | 0,9-1,1 | - | 3-5 | 35-40 | - | - | - | + | + | + |
| Квасцы калиевые | KAl(SO ₄) ₂ *12H ₂ O | 1,76 | 0,7-0,8 | 0,3-1,0 | - | 35-40 | - | - | - | - | + | - |
| Квасцы аммониевые | AlNH ₄ (SO ₄) ₂ * *12H ₂ O | 1,64 | 0,7-1,1 | 0,3-3,0 | - | 27 | - | - | - | - | + | - |
| Сода кальциниров. | Na ₂ CO ₃ | 2,53 | 0,5-0,7 | 0,06-0,2 | 0,5-1,0 | 40-45 | - | - | + | - | - | + |
| Соль поваренная | NaCl | 2,1 | 0,8-1,1 | 1-4 | 3-6 | 35-50 | + | + | + | + | + | - |
| Калий хлористый | KCl | 1,99 | 0,89-1,03 | 0,1-4,0 | 1,5-2,0 | 40-50 | - | - | + | - | - | - |
| Суперфосфат | Ca(H ₂ PO ₄) ₂ * *2H ₂ O+ CaSO ₄ | 2,5-2,6 | 1,0-1,2 | - | 12-15 | 35-40 | - | - | + | - | - | - |

Таблица 2.2. Показатели качества технологической щепы для целлюлозно-бумажной промышленности

| Наименование показателей | Марка щепы | | |
|---|----------------|------|------|
| | Ц-1 | Ц-2 | Ц-3 |
| Массовая доля, % | | | |
| коры, не более | 1,0 | 1,5 | 3,0 |
| гнили, не более | 1,0 | 3,0 | 7,0 |
| минеральных примесей, не более | не допуск. | 0,3 | 0,3 |
| Массовая доля, %, остатков на ситах с отверстиями диаметром: | | | |
| 30 мм, не более | 3,0 | 5,0 | 6,0 |
| 20 и 10 мм, не менее | 86,0 | 84,0 | 81,0 |
| 5 мм, не более | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| на поддоне, не более | 1,0 | 1,0 | 3,0 |
| Обугленные частицы и металлические включения | не допускаются | | |

Таблица 2.3. Насыпная масса измельченных отходов окорки древесины

| Влажность (абс) коры, % | ель | сосна | берёза |
|-------------------------|-----------|-----------|-------------|
| 0 | 120 – 140 | 105 – 130 | 250 – 280 |
| 40 | 200 – 230 | 175 – 215 | 415 – 465 |
| 60 | 300 – 330 | 260 – 325 | 625 – 700 |
| 80 | 600 – 650 | 530 – 550 | 1250 – 1300 |

Влажность и физическое состояние влаги. Влажностью груза W называют процентное отношение массы содержащейся в нем воды q_B ($q_B = M_B - M_C$) к массе влажной M_B или абсолютно сухой M_C навески в %. Соответственно, используют представление абсолютной влажности ($W_A = 100q_B/M_C$) и относительной влажности ($W_O = 100q_B/M_B$).

Абсолютная влажность щепы при поступлении ее в производство достигает $65 \div 70$ % и не должна быть менее 30 %.

Вода в насыпном грузе может находиться в виде: свободной внешней влаги, образующей водяную пленку на поверхности частиц груза или заполняющей пространства между частицами (влажный груз); гигроскопической влаги, впитываемой частицами из окружающего воздуха (воздушно - сухой груз); конституционной влаги, химически связанной с веществом груза. Свободная вода подразделяется на гравитационную и капиллярную. Гравитационная вода под действием сил тяжести просачивается и увлажняет нижние слои материала, что может служить причиной дополнительного уплотнения нижних слоев отвалов груза при длительном хранении.

Некоторые насыпные химикаты при заполнении пространств между их твердыми частицами влагой в виде насыщенного раствора данного химиката приобретают состояние, при котором масса сухого вещества в единице объема может превосходить массу его в насыпном виде.

Адгезия - это способность частиц некоторых насыпных грузов прилипать к твердым поверхностям и создавать дополнительное сопротивление при пересыпании груза из бункеров, силосов, с лент конвейеров и т.д. Она обусловлена различными по своей природе, но одновременно действующими силами: молекулярными, капиллярными, электрическими, кулоновскими. Возможность адгезии необходимо учитывать при оценке условий хранения, транспортировки, дозировки и переработки насыпных грузов.

Действие молекулярных сил адгезии можно снизить за счет лучшей обработки поверхности подложки шлифованием, полированием и т.п. Капиллярные силы адгезии можно уменьшать гидрофобизацией поверхности подложки, т.е. превращением ее в не смачиваемую. Электрические силы адгезии снижают путем уменьшения контактной разницы потенциалов частиц груза и подложки. Контактная разность потенциалов зависит от величины заряда на поверхности частицы и от материала. Чем больше электрическая проводимость заземленной подложки, тем меньше остаточные кулоновские силы, а следовательно, и силы адгезии. Различная природа составляющих сил адгезии не позволяет рекомендовать какое-либо единое средство к ее снижению.

Сыпучесть грузов характеризует их способность просыпаться с той или иной скоростью сквозь отверстия. Она зависит от гранулометрического состава материала, коэффициента внутреннего трения и влажности.

Плохо сыпучие материалы в некоторых случаях могут не высыпаться через отверстие. Это происходит тогда, когда над отверстием образуется свод из материала. Сводообразование обусловлено возникновением сложного напряженного состояния в зоне разгрузочного отверстия. Для борьбы со сводообразованием применяют вибраторы или увеличивают размеры выпускного отверстия до величины, исключающей возможность перекрытия его материалом.

Угол естественного откоса - это угол, образуемый линией естественного откоса (отвала) сыпучего материала с горизонтальной плоскостью. Величина угла естественного откоса зависит от сил трения, возникающих при перемещении частиц сыпучего материала относительно друг друга (внутреннее трение), и сил сцепления между частицами и горизонтальной поверхностью (внешнее трение). Данный угол определяет подвижность (сыпучесть) материала и является важным параметром при конструировании лотков, тележек, конических частей бункеров. Во всех этих случаях следует принимать угол наклона поверхностей к горизонту, по которым ссыпается данный груз, больше угла его естественного откоса. На величину угла естественного откоса большое влияние оказывает состояние опорной площадки и ее вибрация.

Слѣживаемость. При длительном хранении без перемещений многие мелкозернистые и порошковидные материалы способны уплотняться, слеживаться, терять сыпучесть. Материал уплотняется вследствие перераспределения мелких частиц и вклинивания их в зазоры между крупными частицами. Это приводит к увеличению площади контакта между частицами и, как следствие, к росту сил адгезии частиц между собой. Слѣживаемость повышается с увеличением влажности воздуха за счет роста капиллярных сил адгезии. Степень слѣживаемости можно уменьшить снижением влажности воздуха или увеличением размеров частиц груза путем гранулирования.

Взрыво- и пожароопасность. Горючие сыпучие материалы (щепа, опилки, измельченная кора) могут, при определенных условиях, самовозгораться, а в смеси с воздухом (бумажная пыль, пылевидная фракция серы) – взрываться. Взрывоопасными принято считать горючие пылевоздушные смеси, нижний предел концентрации возможности воспламенения которых меньше или равен 65 г/м^3 . Пыль с нижним пределом концентрации, превышающим этот уровень, не считают пожаровзрывоопасными. Источником тепловой энергии, необходимой для зажигания аэрозвесей, в смесителях, бункерах могут быть нагретые поверхности, искровой разряд электрооборудования, электропроводки и статического электричества.

2.2. Способы доставки насыпных грузов

Для доставки насыпных грузов используется открытый и закрытый железнодорожный или автомобильный транспорт. Закрытый подвижной состав используется для перевозки нуждающихся в защите от атмосферных осадков грузов, к числу которых относятся большинство насыпных химикатов. К закрытому подвижному составу относятся крытые универсальные и специализированные автомобили и вагоны, саморазгружающиеся крытые вагоны-хопперы, сухогрузные цистерны. В настоящее время универсальный железнодорожный парк состоит, в основном, из четырехосных вагонов, полувагонов и саморазгружающихся платформ (думпкары) грузоподъемностью 50-60 т. Совершенствование парка таких вагонов осуществляется за счет увеличения грузоподъемности и объема кузовов вагонов.

Наряду с универсальными вагонами общего пользования для перевозки насыпных химикатов широкое распространение получают саморазгружающиеся четырехосные вагоны-хопперы, рассчитанные на механизированную загрузку и выгрузку груза, соответственно, через верхние загрузочные и нижние разгрузочные люки. Перевозка грузов в таких вагонах приводит к существенному сокращению затрат, связанных с транспортированием, за счет улучшения использования грузоподъемности вагонов, а также сокращения потерь и порчи груза при погрузке и разгрузке.

Вагон-хоппер представляет собой цельнометаллическую конструкцию, выполненную из наклонных боковых стен, бункеров и крыши с четырьмя или шестью закрывающимися верхними люками (рис.2.1).

Разгрузочное устройство выполнено в виде двух бункеров с двумя или четырьмя люками, перекрываемыми шиберами, управляемыми с помощью винтовых штурвалов. Разгрузочный механизм позволяет попарно открывать и закрывать шиберы бункеров, производить дозировку груза из вагона и прекращать выгрузку в любой момент.

В настоящее время для перевозки хорошо сыпучих грузов (цемент, кальцинированная сода, гранулированные материалы, сухой сульфат натрия и др.), помимо традиционных вагонов, используют сухогрузные цистерны. Сухогрузная цистерна (рис.2.2) отличается от обычных цистерн для перевозки жидких продуктов наличием устройств для аэрации материала внутри цистерны воздухом при разгрузке и рассчитана на передавливание содержимого цистерны сжатым воздухом.

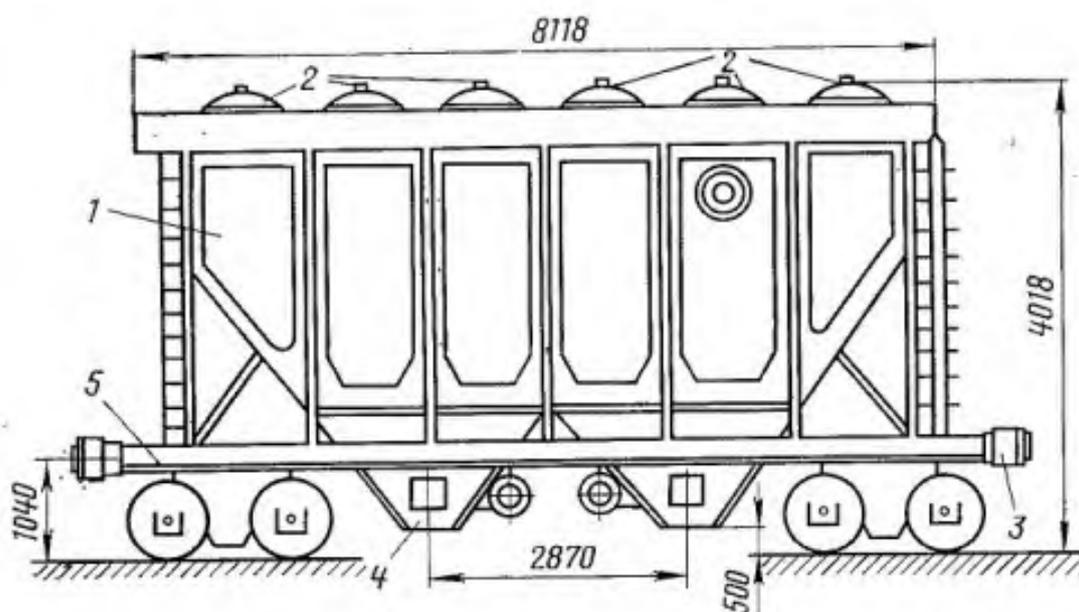


Рис.2.1. Общий вид вагона-хоппера:

1 – корпус; 2 – загрузочные люки; 3 – сцепка; 4 – разгрузочное устройство; 5 – рама

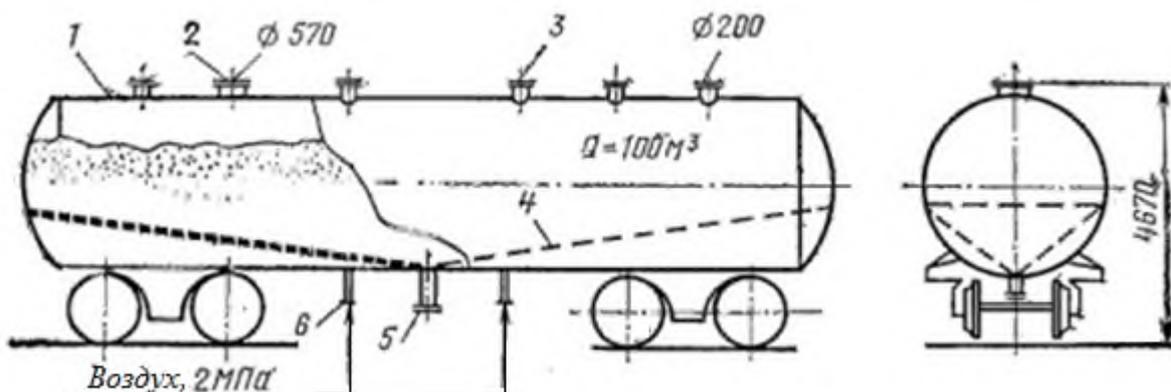


Рис.2.2. Схема сухогрузной цистерны:

1 – котел; 2 – смотровой люк; 3 – загрузочный люк; 4 – аэролоток;
5 – разгрузочный штуцер; 6 – подвод воздуха

Разгрузка цистерны производится через разгрузочные штуцера, установленные в нижней части котла. Подача воздуха для аэрации груза и создания необходимого давления (0,2 МПа) осуществляется через распределительный коллектор от внешней воздушной магистрали. Аэрированный груз приобретает текучесть, собирается в нижней части котла и избыточным давлением воздуха перемещается в транспортную магистраль. Производительность разгрузки с подачей груза на склад достигает 55÷60 т/ч.

Открытый подвижной состав (полувагоны и платформы) используется для перевозки грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков. Таковыми грузами являются технологическая щепка, опилки, известковый камень, комовая сера и т.п. К открытому подвижному составу относятся кузовные автомобили, полувагоны, открытые платформы. Наиболее массовым грузом, который поставляется в открытом подвижном составе, является технологическая щепка.

Применение для перевозок щепки подвижного состава общего назначения малоэкономично и неудобно в связи с рядом таких специфических свойств щепки, как малая насыпная масса, смерзаемость и др., а также из-за попадания в нее минеральных и других инородных включений, наличие которых связано с загрузкой щепки в плохо очищенный от ранее перевозившихся грузов подвижной состав. Более эффективным является использование для перевозок щепки универсальных полувагонов с постоянно наращенными бортами, вместимостью кузова до 100 м³, а также специализированных полувагонов-щеповозов различных моделей с кузовом прямоугольного сечения большой вместимости (рис.2.3). Разгрузка универсальных полувагонов и специализированных вагонов-щеповозов осуществляется через нижние люки или через верх кузова.

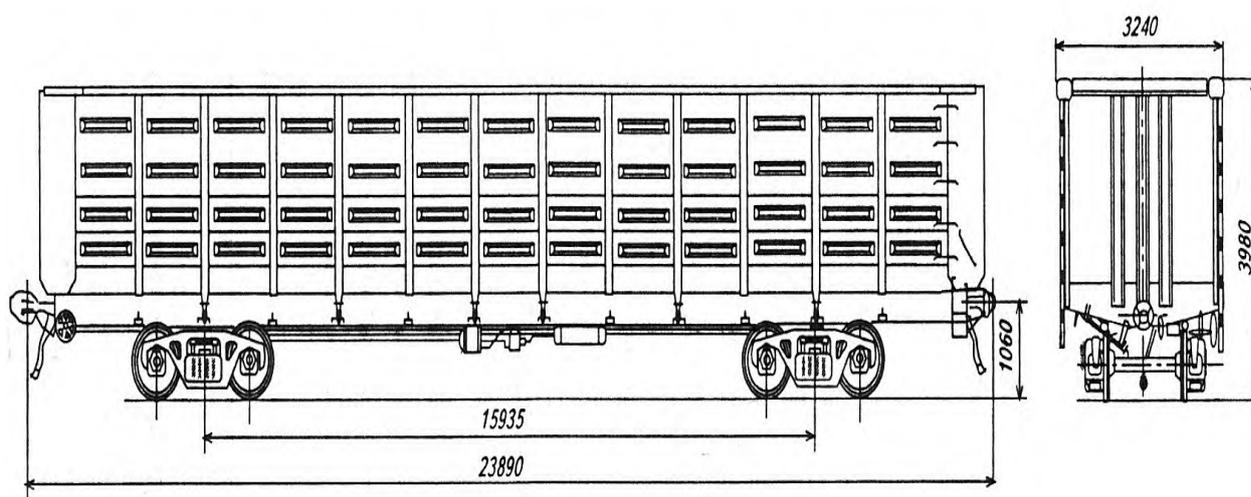


Рис. 2.3. Специализированный подвижной состав для перевозки технологической щепки - полувагон-щеповоз 12-940

Для перевода геометрического объема щепы, перевозимой железнодорожным транспортом, в плотный используют следующие значения коэффициентов полндревесности:

- при погрузке механическими устройствами $0,36 \div 0,41$;
- при погрузке пневмотранспортом $0,41 \div 0,43$.

Чем больше расстояние перевозки, тем выше значение этого коэффициента.

Применение специализированного подвижного состава для перевозок древесного сырья (щепы) в условиях прямых связей между поставщиком и потребителем позволяет: сократить трудоёмкость погрузочно-разгрузочных работ; улучшить условия труда; обеспечить ритмичность снабжения поставщиков подвижным составом и поставки груза потребителям; снизить простои подвижного состава на погрузочно-разгрузочных работах и сократить, в связи с этим, фронты погрузки-разгрузки, а также затраты на их сооружение, содержание и обслуживание.

Для автомобильной перевозки щепы широко применяются саморазгружающиеся автощеповозы. Саморазгрузка осуществляется опрокидыванием кузова (модели ЛТ-7А, ЛТ-191 и др.) либо скребковым устройством, размещённым на дне кузова (ЛТ-170), (рис.2.4).

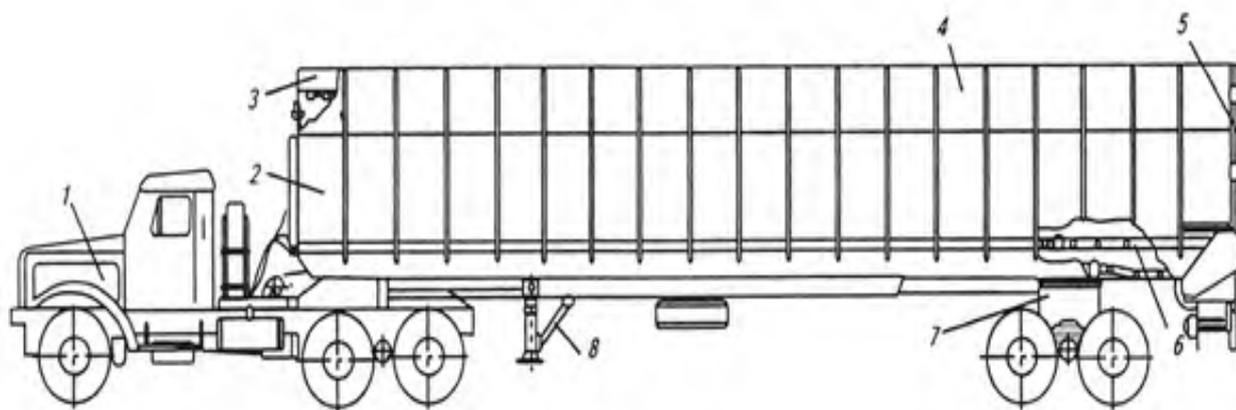


Рис. 2.4. Специализированный подвижной состав для перевозки технологической щепы- автощеповоз ЛТ-170:

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

2.3. Устройства для приёма насыпных грузов из подвижного состава

Принципиальное различие применяемых для разгрузки устройств обусловлено, в первую очередь, особенностями конструкции используемого открытого или закрытого подвижного состава.

2.3.1. Устройства для приема насыпных грузов из открытого подвижного состава

Открытый подвижной состав (полувагоны и платформы) не представляет особых проблем при разгрузке насыпных грузов. Полувагоны, разгружающиеся через нижние люки, и саморазгружающиеся платформы вообще не нуждаются в специальной разгрузочной технике. В случае невозможности такой разгрузки, используются различные черпающие, сгребающие и опрокидывающие устройства.

К первой группе относятся различные устройства, действие которых основано на зачерпывании груза через верх вагона с помощью ковшовых грейферов, подвешиваемых к передвижным кранам и универсальным автопогрузчикам большой грузоподъемности, оснащенных длинной крановой стрелой. Производительность черпающих установок определяется емкостью применяемых грейферов, степенью их заполнения, насыпной массой груза и частотой зачерпывания.

Такие устройства обычно применяются в блоках складов химикатов и могут обслуживать весь комплекс работ, связанных с выгрузкой груза из вагонов, хранением и подачей его в производство. Это является существенным достоинством черпающих устройств в дополнение к универсальности, т.е. возможности их использования с разными грузами в одном складском корпусе. Основным недостатком – необходимость применения дополнительных зачистных устройств или рабочих для очистки вагонов от остатков груза.

Установки сгребающего типа применяются, в основном, для разгрузки железнодорожных платформ и подразделяются на машины, работающие по принципу струга, и машины сталкивающего типа. Такие машины могут использоваться в лесохимической промышленности для разгрузки известкового камня, колчедана, серы и других материалов, поступающих на предприятия на платформах без саморазгрузки.

Для механизации разгрузки из подвижного состава систематически поступающих в массовых количествах насыпных грузов могут применяться опрокидыватели с боковой разгрузкой, поворотные, роторные и наклоняющие. Их применение в условиях лесохимических производств может быть оправдано только на крупных лесных биржах для разгрузки из полувагонов с коротьем, древесной щепой, на складах при ТЭЦ для приема угля.

Основным рабочим узлом роторного опрокидывателя является ротор диаметром 7,3 м, длиной 16 м, опирающийся на роликовые опоры (рис. 2.5). Внутри ротора имеются устройства, несущие на себе платформу с железнодорожными путями, служащую для ввода и вывода полувагона внутри него.

Подлежащий разгрузке полувагон вводится в ротор и располагается на платформе. При повороте ротора, в начальный период вращения, установленная на люльке платформа с полувагоном под действием своей массы отклоняется на тягах к привалочной стенке. Затем, при дальнейшем повороте ротора, люлька вместе с платформой и вагоном перемещается к верхним

упорам ротора и ими удерживается от дальнейшего перемещения до конца цикла выгрузки. Посадка люлек и установка платформы при возвращении ротора в исходное положение смягчаются пружинными амортизаторами. Максимальный угол поворота ротора составляет 175° , скорость вращения - 1,38 об/мин.

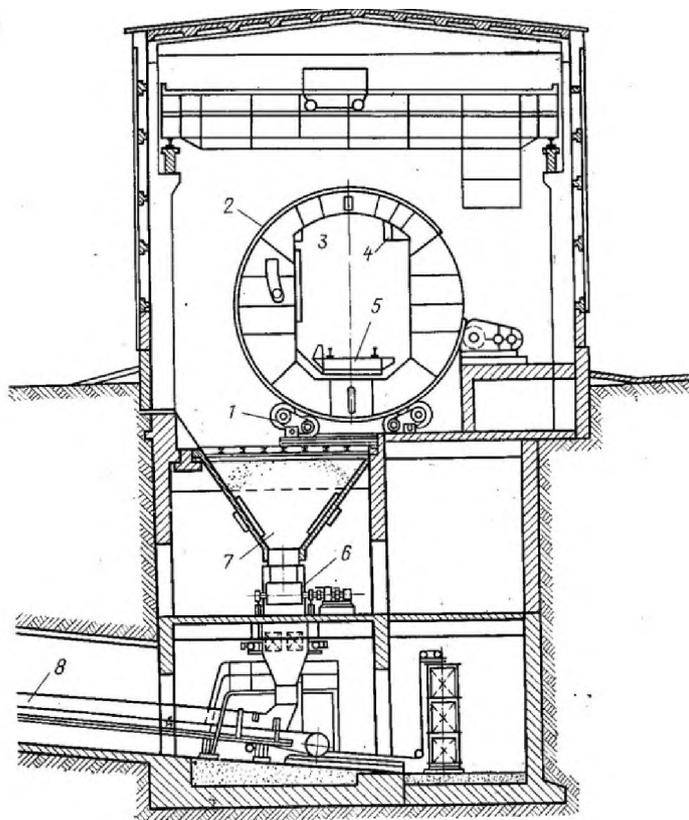


Рис.2.5. Схема роторного вагоноопрокидывателя:

1 – опорный ролик; 2 – опорный бандаж; 3 – привальная стенка; 4 – верхние опоры для фиксации положения полувагона; 5 – платформа с железнодорожными путями; 6 – питатель; 7 – бункер; 8 – конвейер

Приемные устройства для щепы с разгрузкой вагонов через нижние люки организуются с точечным или длинным фронтом. Они могут располагаться в неотапливаемом здании, под навесом или без укрытия. При низких температурах окружающего воздуха может происходить смерзание щепы в вагонах и потеря ею сыпучести. Для восстановления сыпучести смерзшейся и уплотнившейся щепы приемные устройства оснащаются бурорыхлительными установками (БРУ). Они состоят из стационарного портала, бурорыхлительной машины (БРМ) и маневрового устройства (рис.2.6).

БРМ устанавливается над железной дорогой на стационарном портале и представляет собой движущуюся по вертикальным направляющим портала раму с подвешенными к ней четырьмя приводными бурами с двухзаходными винтами. Подъем и спуск рамы для ввода буров в кузов вагона и вывода их из него производится с помощью лебедки. Длина буров, конструкция рамы и высота ее подъема (опускания) выполнены с учетом габаритов кузова вагона.

При рыхлении материала вращающиеся буры машины опускаются в кузов у его переднего борта. Когда головки буров приблизятся ко дну кузова (не ближе, чем на 50 мм), вагон с помощью маневрового устройства (МУ) начинает надвигаться на вращающиеся буры со скоростью, которая выбирается в зависимости от прочности смерзшегося материала. После прохождения бурами всей длины кузова надвиг прекращается, и буры поднимаются над вагоном. Рыхление может осуществляться как при закрытых, так и при открытых люках вагона.

Для бурорыхлительной машины модели 120 Ш производительность составляет до 300 пл.м³/ч, мощность МУ – 37 кВт, рабочая скорость перемещения вагона $V_{\text{раб}} = 0,035 \div 0,1$ м/с, мощность БРМ - 4×30 кВт, скорость вращения буров 1,6 об/с.

БРУ устанавливается в приемном узле над бункерами либо над приемными конвейерами. Измельчение щепы при применении БРУ незначительно (в основном, раскол вдоль волокон по ширине щепки). Многолетняя практика эксплуатации БРУ показала их высокую эффективность. Интенсификация процессов разгрузки и доочистки вагонов осуществляется с помощью виброплит или люковибраторов.

Виброплита представляет собой сварную раму с установленным на ней вибратором. В рабочем положении рама устанавливается на верхнюю обвязку кузова вагона-щеповоза. Во избежание уплотнения щепы, виброплиты включаются только после полного открытия люков. Виброплита подвешивается на одной или двух электроталях, передвигающихся по монорельсам, над железнодорожным путем. Она не может применяться, когда борта вагонов искусственно нарощены. Частота вертикальных колебаний $25 \div 27$ 1/с, мощность привода $22 \div 28$ кВт, общая масса $4200 \div 5000$ кг.

Люковибраторы предназначены для доочистки от остатков груза разгруженных вагонов с открытыми люками. Люковибратор состоит из рамы с вибраторами и узла подвески. Узел подвески обеспечивает опускание и подъем рамы с вибраторами. Рама с вибраторами опускается в полувагон и устанавливается на паре люков. Вибраторы включаются и работают до полного удаления остатков груза на люках и раме вагона. Затем рама с вибраторами поднимается, вагон перемещается в следующую позицию, и цикл очистки повторяется. Для доочистки вагона требуется несколько циклов, т.е. $8 \div 10$ мин.

Опорожнение бункеров и прием щепы в безъемкостных приемных устройствах осуществляется ленточными, скребковыми, пластинчатыми конвейерами. Траншеи могут опорожняться скреперными лебедками или бульдозерами.

Продолжительность разгрузки в приемных устройствах подобного типа:

- в приёмном устройстве на 1 вагон – $15 \div 25$ мин;
- в приёмном устройстве на 2 вагона – $25 \div 35$ мин.

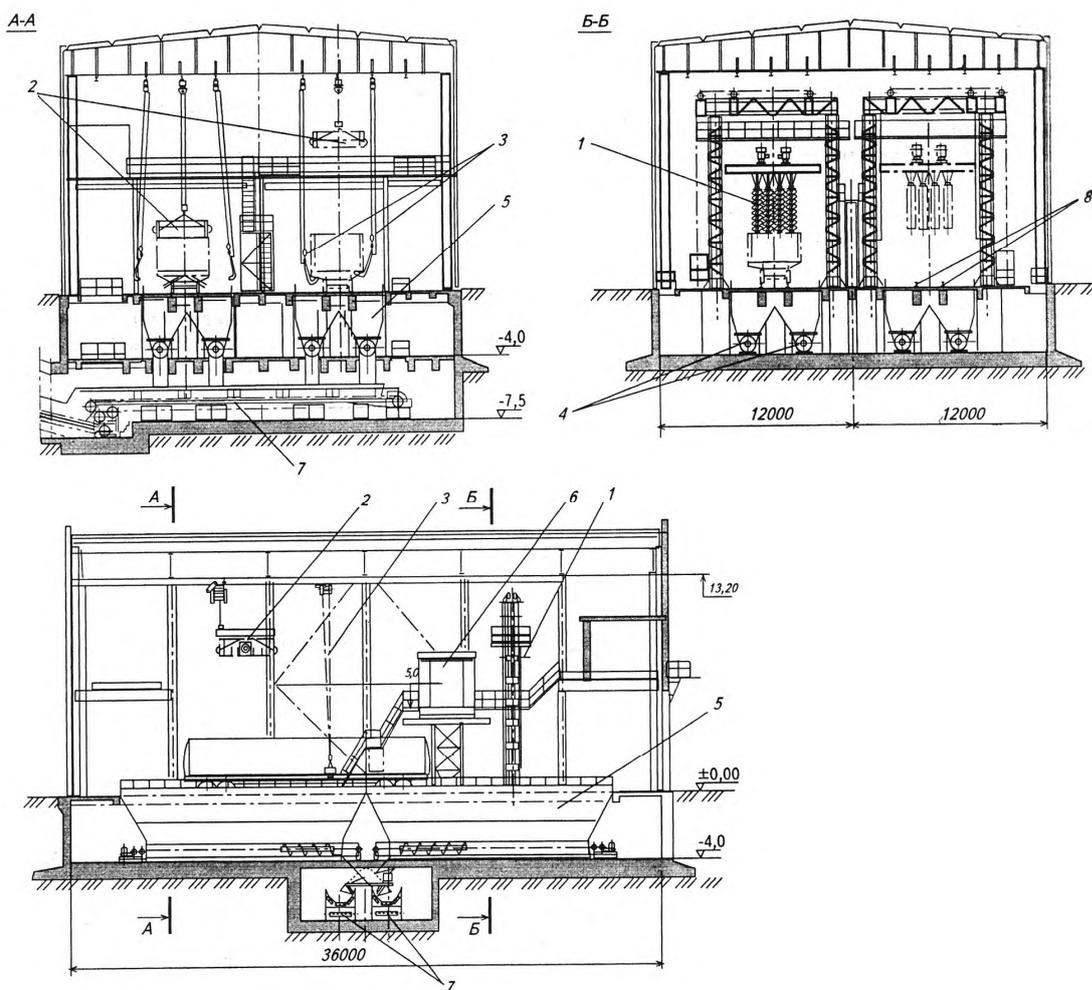


Рис. 2.6. Приемное устройство ёмкостного типа для щепы железнодорожной поставки: 1 – бурорыхлительная установка (маневровое устройство не показано); 2 – виброплита; 3 – люкоподъемник; 4 – шнековый разгрузатель - питатель; 5 – бункер; 6 – пульт управления; 7 – конвейер для подачи щепы в производство; 8 – железнодорожные пути

Приемные устройства с использованием элеваторно-ковшовых разгрузчиков (ЭКР) относятся к устройствам с разгрузкой щепы через верх кузова. Это устройства длинного фронта, в которых выгрузка осуществляется в кучевой склад (штабель), на конвейер или в бункера, размещенные вдоль фронта (рис. 2.7). Куча щепы, формируемая стрелой ЭКР, может иметь высоту до 8 м над головкой железнодорожного рельса, а ось кучи располагается на расстоянии около 20 м от оси пути. ЭКР состоит из самоходного портала со смонтированным на нем сдвоенным ковшовым элеватором и двух ленточных конвейеров: приемного горизонтального и отвального наклонного.

При работе ЭКР передвигается по рельсовым путям (колея 5000 мм), располагаемым по обеим сторонам железнодорожного пути. Элеватор опускается в полувагон и вычерпывает материал, подавая его на приемный горизонтальный конвейер, который, в свою очередь, направляет щепу на отвальный конвейер, образующий кучевой штабель. Возможно использование ЭКР с выбросом щепы приемным конвейером на транспортный конвейер, разме-

щаемый вдоль железнодорожного пути. ЭКР не может выгружать сильно смерзшийся материал, который должен быть предварительно разрыхлен.

К недостаткам ЭКР следует отнести то, что после разгрузки в кузове остается не менее 5 – 6 % щепы, подлежащей дополнительному удалению через нижние люки вручную или с помощью люковибраторов, а также невозможность использования его для вагонов-щеповозов и универсальных вагонов с нарощенными бортами. Производительность таких устройств составляет 4÷5 вагонов в час, общая мощность установленных электродвигателей 110÷120 кВт.

В отдельных случаях допускается выгрузка щепы из полувагонов через верх кузова любыми кранами, оснащенными ковшовыми грейферами.

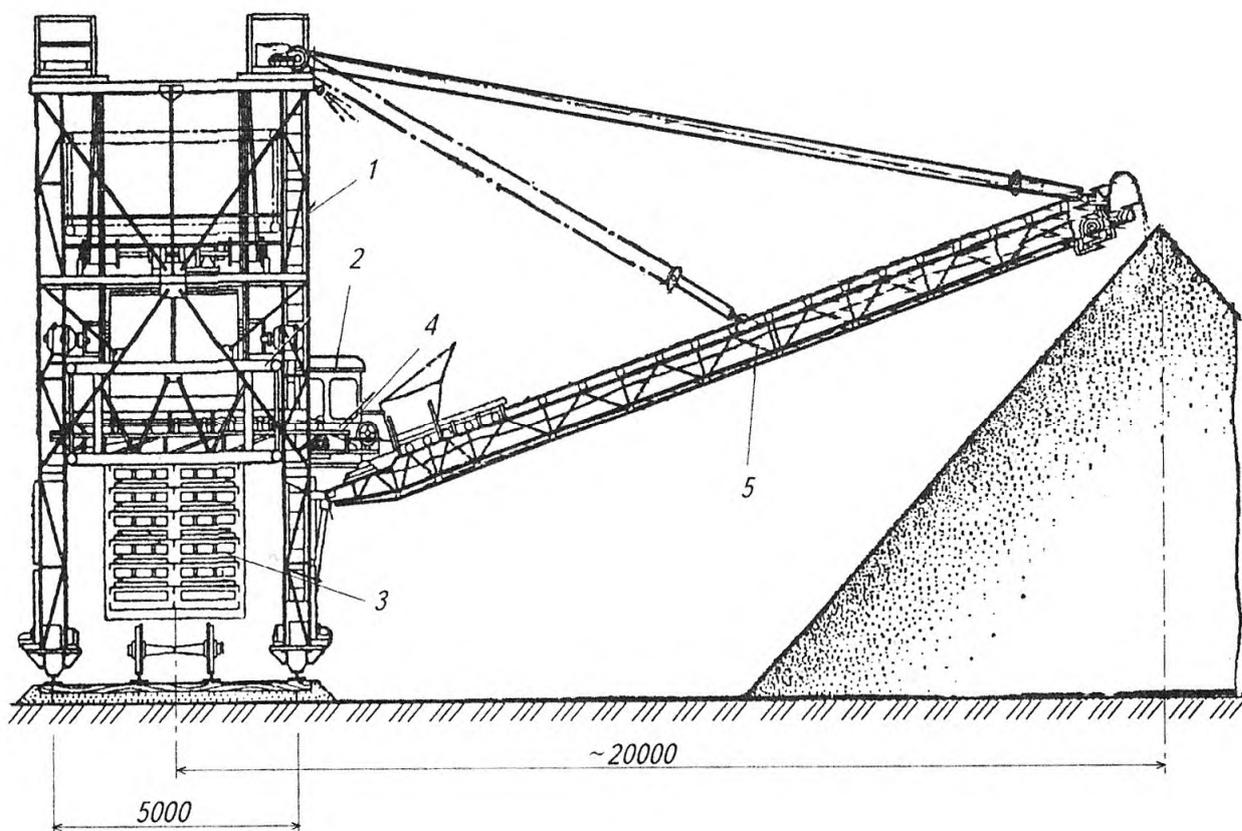


Рис. 2.7. Элеваторно-ковшовый разгрузчик ТР2А:

1 – портал передвижной; 2 – кабина оператора; 3 – элеватор сдвоенный; 4 – конвейер приёмный; 5 – стрела с отвальным конвейером

2.3.2. Устройства для приема насыпных грузов из закрытого подвижного состава

В крытых вагонах на лесохимические предприятия поступает большое количество насыпных химикатов. Приемными устройствами для их выгрузки обычно служат бункера или траншеи, которые размещаются вдоль железнодорожных путей. Для разгрузки крытых железнодорожных вагонов применяются машины периодического или непрерывного принципов действия.

Выбор средств механизации работ определяется физико-механическими свойствами, состоянием груза в вагоне, объемом поставки и местными условиями.

Машины для разгрузки периодического принципа действия находят применение в случае переработки небольшого количества грузов, отличающихся неравномерным гранулометрическим составом и способностью к слеживанию и уплотнению. Это, в основном, малогабаритные ковшовые или грейферные разгрузчики (рис.2.8), смонтированные на самоходных гусеничных тележках, на колесных шасси или на грузовых каретках автопогрузчиков. Преимуществом такого рода разгрузочных машин является их сравнительная дешевизна, маневренность и универсальность, позволяющая использовать одну и ту же машину на перегрузочных процессах для самых различных грузов.

К машинам для разгрузки непрерывного принципа действия относятся пневморазгрузчики, передвижные шнековые, фрезерные и другие машины, скомбинированные с транспортными механизмами для удаления выгруженного материала из зоны разгрузки на склад или в производство.

Применяемые в промышленности пневматические установки для разгрузки крытых вагонов по конструкции и действию разделяются на всасывающие, нагнетательные и комбинированные.

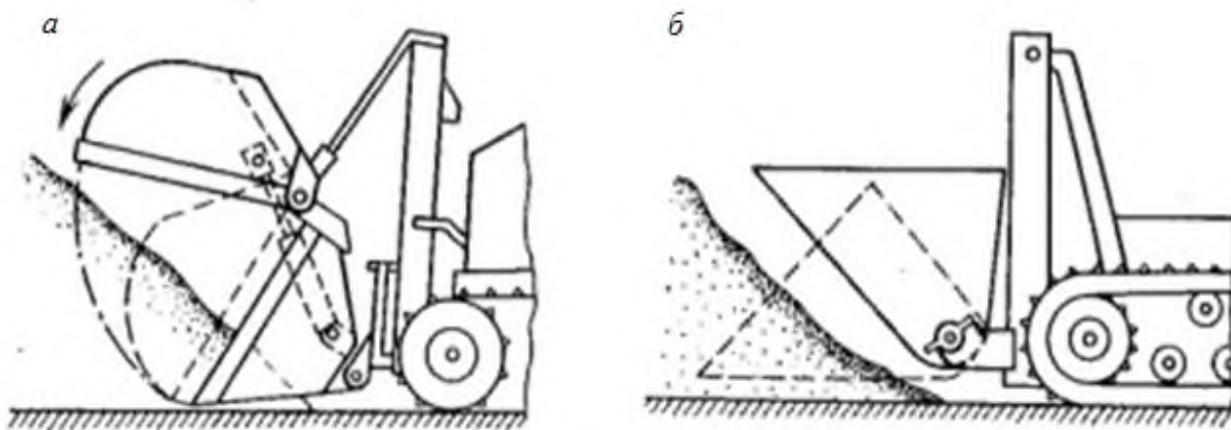


Рис.2.8.Грузозахватные органы разгрузчиков:
а – грейферный захват; б – ковшовый захват

Всасывающая установка (рис.2.9) состоит из сопла или самоходного заборного устройства с дистанционным управлением, гибкого гофрированного трубопровода, осадительной камеры с рукавными фильтрами, шнека-дозатора и вакуум-насоса, создающего разрежение в осадительной камере и трубопроводе. Слежавшаяся в вагоне масса груза подрезается с помощью дисков заборного устройства и разрыхляется. Для всасывания и подачи в транспортный трубопровод легкосыпучих грузов, не нуждающихся в рыхлении, могут применяться обычные щелевые всасывающие сопла. Засасываемая заборным устройством смесь материала с воздухом под действием ва-

куума поступает в осадительную камеру, откуда с помощью шнека-дозатора выдается в приемное пространство склада. Такие разгрузчики могут комплектоваться пневмоподъемниками или пневмонасосами, рассчитанными на одновременный отбор груза с места хранения. При работе всасывающих разгрузчиков отсутствует пыление, и обслуживающий персонал не подвергается воздействию пыли. К недостаткам их следует отнести сравнительно небольшие производительность и дальность транспортирования груза от мест его разгрузки, ограничиваемую величиной создаваемого вакуума ($50 \div 70$ кПа).

Пневматические разгрузчики нагнетательного действия обладают более высокими транспортирующими свойствами, чем всасывающие. Разгрузчики нагнетательного действия, работающие при высоких концентрациях выгружаемого материала в воздухе ($20 \div 50$ кг/кг воздуха), позволяют транспортировать выгружаемый из вагона материал на расстояние до $40 \div 50$ м и одновременно поднимать его на высоту до 15 м. Недостатки таких разгрузчиков – сильное пыление при работе вследствие частых прорывов воздуха, большая масса и высокая удельная энергоемкость.

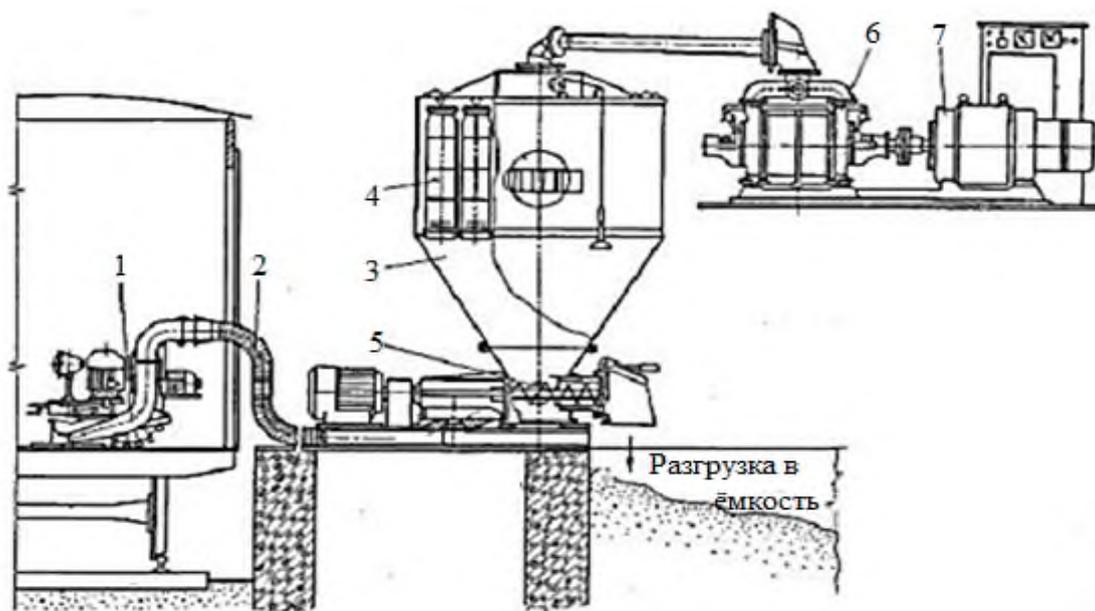


Рис.2.9.Вагоноразгрузочная машина всасывающего действия:

1 – самоходное заборное устройство; 2 – всасывающий гибкий шланг; 3 - винтовой шнек-дозатор; 4 – осадительная камера; матерчатые рукавные фильтры; 6 – вакуум-насос; 7 – привод

2.4. Средства механизации перемещения насыпных грузов в системе производства

Для перемещения насыпных грузов в системе производства используют преимущественно средства механизации непрерывного принципа действия. К первой группе таких устройств относятся: различные конвейеры с гибким тяговым органом (ленточные, скребковые, цепные) и без него (винто-

вые). По сравнению с машинами периодического (циклического) принципа действия, конвейеры обладают следующими преимуществами: большей производительностью (за счет непрерывности и высокой скорости перемещения, а также за счет отсутствия холостого хода); независимостью производительности от расстояния перемещения груза; простотой устройства. Наряду с выполнением транспортно-технологических функций, конвейеры широко используются для комплексной механизации погрузочно-разгрузочных и складских операций. По области применения различают конвейеры общего назначения, которые могут применяться в различных условиях производства, и специализированные, применяемые для конкретных грузов в определенных условиях.

Машины периодического принципа действия – авто- и электропогрузчики, снабженные ковшовым или грейферным грузозахватным устройством, используют преимущественно на небольших, коротких и неистематических грузопотоках или там, где затруднено или невозможно применение непрерывных средств транспорта.

Ко второй группе устройств непрерывного принципа действия для механизации работ относятся пневмотранспортные установки (ПТУ). В таких установках перемещение сыпучего материала по трубопроводу происходит за счет энергии воздушного потока. По сравнению с механическими средствами транспорта, ПТУ обладают следующими преимуществами: герметичность транспортных систем, возможность использования в сложных габаритных условиях, лучшие санитарно-гигиенические условия труда, сравнительно небольшие капитальные затраты на сооружение, возможность полной автоматизации процесса перемещения и возможность совмещения его с другими технологическими процессами (сушкой, охлаждением, нагревом материала и др.). К недостаткам ПТУ относятся: сравнительно высокий удельный расход энергии, необходимость очистки транспортирующего воздуха, износ трубопроводов (особенно колен) и измельчение транспортируемого материала.

2.4.1. Конвейерные устройства

Для непрерывного перемещения насыпных грузов используют различные ленточные, цепные, пластинчатые и скребковые конвейеры с гибким тяговым органом. К этой же группе устройств относятся ковшовые элеваторы. Основными элементами таких конвейеров являются: тяговый и грузонесущий органы, опорные устройства, натяжные устройства, привод, загрузочные и разгрузочные устройства, рама и прочие вспомогательные элементы.

Ленточные конвейеры (рис.2.10) являются наиболее распространенными средствами для непрерывного транспорта различных насыпных грузов. В нашей отрасли они используются для перемещения сыпучих химикатов, щепы, коры, строительных грузов и др.

В ленточных конвейерах тяговым и одновременно несущим органом является резиноканевая или резинокросовая конвейерная лента. В качестве опорных устройств в них применяют роликоопоры. Роликоопоры предназначены для поддержания рабочей и холостой ветви, а также для придания рабочей ветви необходимой желобчатой формы. Длина таких конвейеров составляет до 1000 м, угол подъема – не более $18-20^{\circ}$, ширина ленты – до 2500 мм, скорость движения – до 1,5-2,0 м/с.

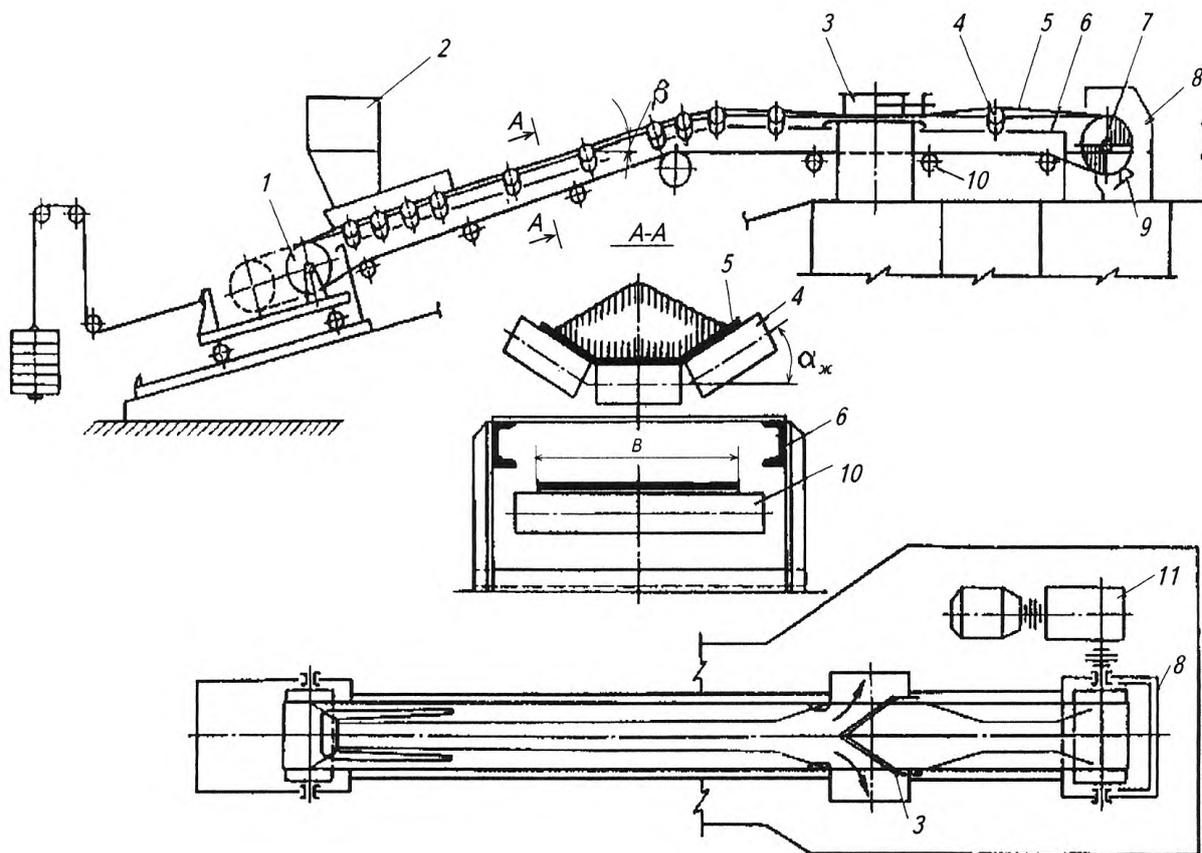


Рис. 2.10. Схема ленточного конвейера:

- 1 – натяжное устройство; 2 – загрузочная воронка; 3 – плужковый (или барабанный) разгрузитель; 4 – роликоопора верхняя; 5 – конвейерная лента; 6 – станина конвейера; 7 – приводной барабан; 8 – разгрузочная воронка; 9 – очистное устройство; 10 – роликоопора нижняя; 11 – привод

Пластинчатыми называются конвейеры, перемещающие грузы на настиле, образованном из отдельных, неподвижно прикрепленных к тяговому органу пластин. В качестве тягового органа наибольшее применение получили втулочно-роликовые цепи, движущиеся вместе с настилом, опираясь катками на неподвижные направляющие опорной металлоконструкции. Настилы пластинчатых конвейеров для наклонного перемещения насыпных грузов могут быть волнистыми или коробчатыми. Длина таких конвейеров не превышает 200 м, угол подъема - до $60\div 70^{\circ}$, ширина настила $400\div 1600$ мм, скорость движения – до 1 м/с.

Скребковыми называются конвейеры, в которых груз транспортируется по желобу или по другому направляющему устройству с помощью движущихся скребков, прикрепленных к тяговому органу (рис.2.11). Они состоят из желоба, установленного на раме конвейера. Желоб конвейера может быть выполнен герметичным. Вдоль желоба движется тяговый орган – одна или две цепи с укрепленными на них скребками. Цепи огибают приводные и натяжные звездочки. Загрузка и разгрузка его может производиться в любом месте конвейера. Рабочей ветвью может быть как нижняя, так и верхняя. Различают конвейеры со сплошными и контурными скребками. Скребковыми конвейерами перемещают горячую известь, щепу, опилки и дробленую кору. Длина таких конвейеров не превышает 60-100 м, угол подъема - $40-60^{\circ}$, ширина скребков составляет 125-1200 мм, скорость движения 0,1-0,6 м/с.

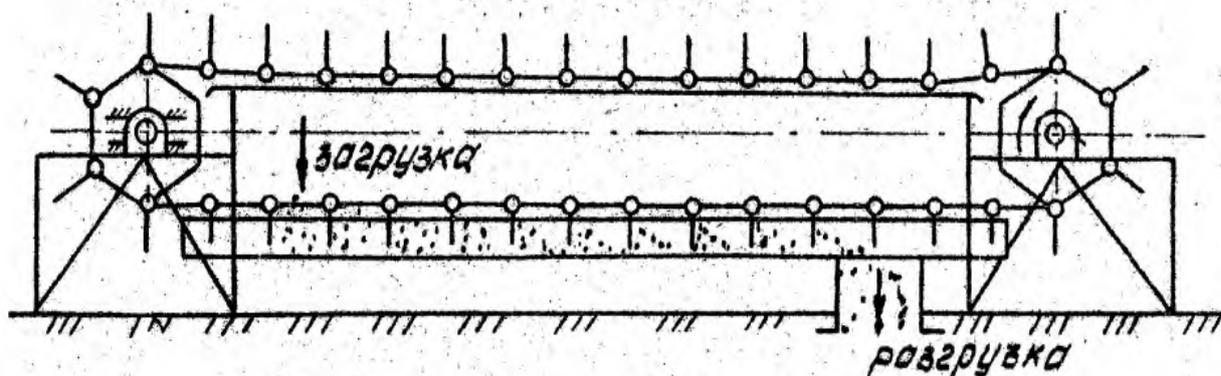


Рис. 2.11. Схема скребкового конвейера

Ковшовые элеваторы предназначены для перемещения насыпных грузов по вертикальному или круто наклонному направлениям. Они состоят (рис.2.12) из замкнутого тягового органа с жестко укрепленными на нем ковшами. Тяговый орган, огибающий приводной и натяжной барабаны (или звездочки), размещается в металлическом кожухе с направляющими. По виду тягового органа различают ленточные и цепные элеваторы. В нижней части кожуха (загрузочном башмаке) монтируется натяжное устройство, в верхней (приводной) части - разгрузочное устройство. Высота подъема груза – до 50 м, скорость подъема – до 1 м/с. Элеваторы применяют для подъема древесной щепы, дробленой коры, сульфата натрия, извести, кальцинированной соды и других сыпучих грузов.

Расчет основных параметров описанных конвейеров сводится к следующему:

1.Определение нормативных значений расчетных величин: допустимого угла наклона конвейера; скорости рабочего органа; минимальных размеров рабочего органа и др.

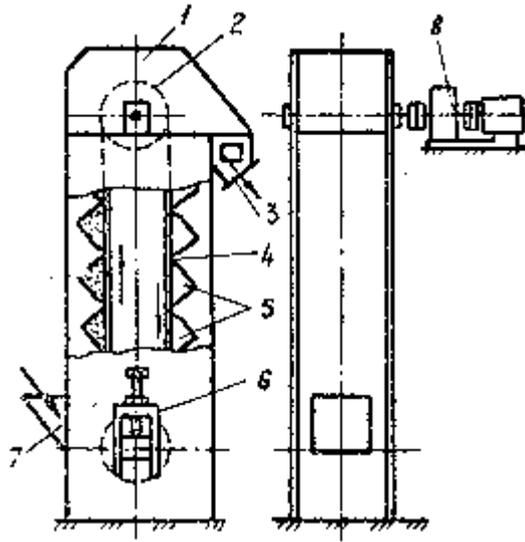


Рис 2.12. Схема ковшового элеватора:

1 – кожух; 2 – приводной барабан (звездочка); 3 – разгрузочный патрубок; 4 - тяговый орган; 5 – ковши; 6 – натяжное устройство; 7 – загрузочный патрубок; 8 – привод

2. Определение необходимой расчетной производительности конвейера, исходя из заданной (требуемой) производительности, по формуле:

$$Q = (Q_{см} K) / (T_{см} K_{вр}), \text{ т/ч,}$$

где $Q_{см}$ – требуемая сменная производительность конвейера, т/см;

K – коэффициент неравномерности поступления груза, $K = 1 \div 1,5$;

$T_{см}$ - продолжительность смены, ч;

$K_{вр}$ – коэффициент использования конвейера по времени, $K_{вр} = 0,75 \div 0,94$.

3. Предварительное определение основных параметров грузонесущего органа. Так, например, при расчете ленточного конвейера ширина ленты при транспортировании насыпных грузов определяется по формуле

$$B = 1,1(\sqrt{Q/3600(kk_{\beta}v \cdot \rho)} + 0,1), \text{ м,}$$

где k – коэффициент, учитывающий угол естественного откоса насыпного груза и форму поперечного сечения ленты (табл.2.4);

k_{β} – коэффициент, учитывающий угол наклона конвейера, $k_{\beta} = 0,85 \div 1,0$;

v – скорость ленты, м/с;

ρ – насыпная плотность груза, т/м³.

Таблица 2.4. Расчетные значения коэффициента k

| Форма ленты | Угол наклона боковых роликов, град | Угол естественного откоса груза на ленте, град | |
|-------------------------------------|------------------------------------|--|-----|
| | | 15 | 20 |
| Плоская | - | 240 | 325 |
| Желобчатая на трех-роликовых опорах | 20 | 470 | 550 |
| | 30 | 550 | 675 |

Полученные расчетные значения ширины ленты должны быть сопоставлены с 2-3-кратными величинами типичных размеров отдельных кусков груза.

При расчете ковшовых элеваторов необходимая вместимость ковша

$$i_0 = i_{\Pi} t_k, \text{ л,}$$

где i_{Π} – погонная вместимость ковшей, л/м;

t_k – шаг ковшей, $t_k = 0,16 \div 0,65$ м.

Погонная вместимость ковшей определяется по формуле:

$$i_{\Pi} = Q / 3,6v \cdot \psi \cdot \rho, \text{ л/м,}$$

где ψ – коэффициент заполнения ковшей, $\psi = 0,6 \div 0,8$.

4. Определение основных конструктивных элементов конвейеров производится на основании имеющихся рекомендаций в справочной литературе.

5. Проверка на прочность тягового органа и определение мощности привода конвейера. Для этого необходимо найти величину тягового усилия. Под тяговым усилием понимают усилие, которое привод должен передать тяговому органу, чтобы преодолеть в установившемся режиме работы конвейера имеющиеся сопротивления движению.

По уточненной величине тяговой силы W (Н) определяется расчетная мощность привода конвейера, по которой выбирается двигатель:

$$N = \frac{kW \cdot v}{1000\eta}, \text{ кВт,}$$

где k – коэффициент запаса мощности, $k = 1,1 \div 1,75$;

η – КПД привода, $\eta = 0,7 \div 0,8$.

Винтовые (шнековые) конвейеры представляют собой устройства, в которых перемещение материала по трубе или желобу конвейера обеспечивается витками вращающегося винта (шнека). Конвейер (рис.2.13) состоит из неподвижной трубы или желоба, нижняя часть которого имеет форму полуцилиндра, закрытого сверху крышкой, приводного вала с закрепленными на нем витками, концевых и промежуточных опор, привода, загрузочного и раз-

грузочного устройств. Винтовые конвейеры могут быть с горизонтальной, наклонной или вертикальной трассами. Длина горизонтальных конвейеров – до 60 м, высота подъема груза вертикальным винтовым конвейером может составлять 15-20 м. Производительность винтовых конвейеров – до 50 т/ч.

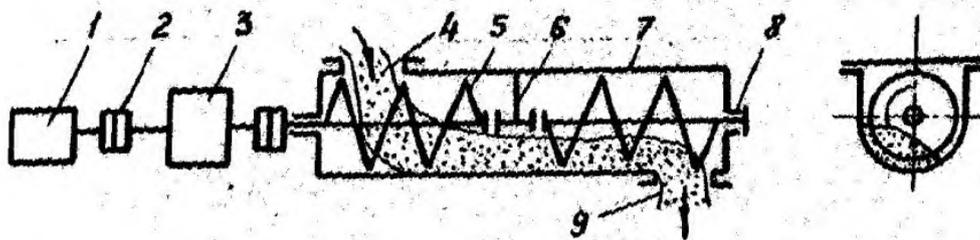


Рис.2.13.Схема винтового конвейера:

1 – двигатель; 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – загрузочный люк; 5 – винт (шнек);
6 - подвесной подшипник; 7 – желоб; 8 – концевая опора; 9 - разгрузочный люк

Такие конвейеры применяют для транспортирования извести, влажной волокнистой массы, а также в качестве питателей на складах древесной щепы и коры.

Для определения диаметра винта используется формула:

$$D = 0,275 \sqrt[3]{Q/nk_D k_\beta \psi \rho} , \text{ м,}$$

где Q – расчетная (требуемая) производительность конвейера, т/ч;

k_D – коэффициент, учитывающий абразивность материала ($k_D = 0,8$ при транспортировании абразивных материалов; $k_D = 1,0$ при транспортировании неабразивных материалов по горизонтальному конвейеру);

k_β – коэффициент, учитывающий уменьшение производительности при увеличении угла наклона конвейера, $k_\beta = 0,6 \div 1,0$;

ψ – коэффициент заполнения поперечного сечения желоба, $\psi = 0,4 \div 0,15$;

n – частота вращения винта (для сыпучих грузов $n = 50 \div 120$ об/мин);

ρ – насыпная плотность груза, т/м³.

Потребная мощность на валу винта

$$N_B = \frac{0,0027kQ(\omega L_r \pm H)}{\eta} , \text{ кВт,}$$

где k – коэффициент запаса, принимают равным около 1,25;

ω – коэффициент сопротивления перемещению груза, $\omega = 1,2 \div 4,0$, в зависимости от свойств груза;

L_r – длина горизонтальной проекции винта, м;

H – высота подъема (+) или опускания (-) груза, м.

2.4.2. Пневматический транспорт насыпных грузов

Общая часть

Пневматический транспорт осуществляет перемещение сыпучего материала по трубопроводу за счет энергии воздушного потока. На предприятиях лесного комплекса пневмотранспорт используется для перемещения сыпучих химикатов, технологической щепы, опилок, дробленой коры, бумажных обрезков, измельченной макулатуры и др.

Смесь транспортируемого материала с воздухом называют аэросмесью. Характер процессов, происходящих при пневмотранспорте сыпучего материала, определяется, в первую очередь, величиной массовой расходной концентрации аэросмеси, скоростью витания частиц материала, его гранулометрическим составом и другими факторами. Массовой расходной концентрацией называют отношение массы частиц перемещаемого материала к массе перемещающего его воздуха. Различают пневмотранспорт при низких концентрациях, когда $m \leq 4 \div 5$ кг/кг, при средних концентрациях, когда $5 \leq m \leq 20$ кг/кг, и при высоких концентрациях, когда $m \geq 20$ кг/кг.

Важнейшей аэродинамической характеристикой частиц насыпного груза является скорость витания. Это минимальная скорость воздуха, при которой частица находится в потоке во взвешенном состоянии. Ее определяют, в основном, экспериментальным путем. Транспортирование материала в вертикальном трубопроводе возможно лишь при скоростях больше скорости витания. При транспортировании материала в горизонтальном трубопроводе скорость воздуха не должна быть меньше скорости трогания, т.е. скорости, при которой частица, лежащая на дне горизонтальной трубы, начинает двигаться в осевом направлении. Эта скорость обычно больше, чем скорость витания. Ее определение возможно только в результате экспериментальных исследований или на основе опыта эксплуатации подобных установок.

Правильный выбор скорости воздуха во многом определяет эффективность работы ПТУ. Известно, что с увеличением скорости воздуха потери давления возрастают в квадратичной, а расход энергии - примерно в третьей степени, поэтому желательно, чтобы скорость воздуха была возможно меньшей. Однако транспортирование материала при малых скоростях воздуха может приводить к завалам трубопровода, расходы на ликвидацию которых окажутся большими, чем получаемые от экономии мощности доходы.

ПТУ по способу создания воздушного потока и условиям его движения вместе с материалом разделяют на всасывающие, нагнетательные и комбинированные.

Во всасывающих ПТУ (рис.2.14) в трубопроводе при помощи воздушной машины (ВДМ) создается разрежение, в результате чего материал вместе с воздухом всасывается через сопло и перемещается до отделителя, где происходит отделение транспортируемого материала от транспортирую-

щего воздуха. Основная часть материала через шлюзовой затвор поступает в приемный бункер.

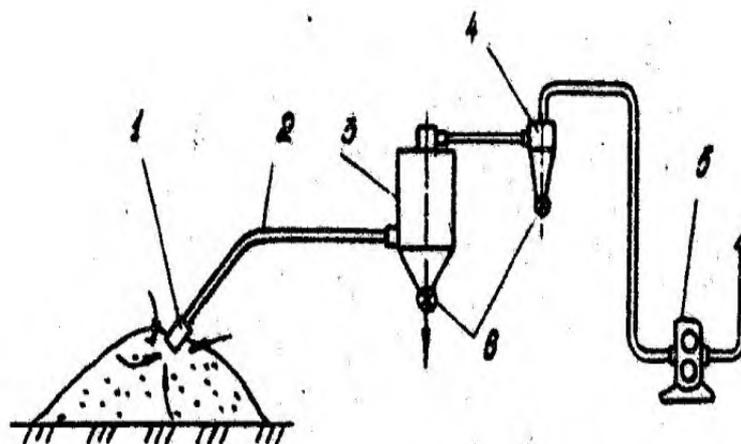


Рис.2.14.Схема всасывающей ПТУ:

1 – всасывающее сопло; 2 – транспортный трубопровод; 3 –разгрузочное устройство; 4- фильтр (циклон);
5 – воздуходушная машина; 6 – шлюзовой затвор

Использованный воздух, содержащий пылевидную фракцию, поступает из отделителя в фильтр (циклон), где происходит его очистка, и после ВДМ воздух выбрасывается в атмосферу. Всасывающие ПТУ удобны там, где необходима разгрузка материала из закрытого транспорта или требуется перемещать насыпной груз из разных мест к одному пункту на небольшие расстояния. Разрежение воздуха во всасывающих ПТУ обычно не превышает 0,05 Мпа.

В нагнетательных ПТУ (рис.2.15) груз через загрузочное устройство подается в транспортный трубопровод, по которому, под действием давления сжатого воздуха, создаваемого ВДМ, перемещается к отделителю и далее – в приемный бункер. Использованный воздух через фильтр выбрасывается в атмосферу. Нагнетательные установки экономичнее всасывающих и позволяют транспортировать материал на большие расстояния. Нагнетательные ПТУ бывают высокого (0,3 ÷ 0,4 МПа), среднего (0,2 ÷ 0,3 МПа) и низкого давления (0,15 ÷ 0,2 МПа). Основной проблемой нагнетательных установок является сложность подачи материала в транспортный трубопровод, находящийся под давлением.

В комбинированных (всасывающе – нагнетательных) ПТУ материал вместе с воздухом через сопло поступает по всасывающей части трубопровода в отделитель. После отделителя материал через питатель поступает в нагнетательный трубопровод. Установки этого типа применяют при погрузочно-разгрузочных работах, когда необходимо совместить две операции: забор материала из насыпи и подачу его на большое расстояние в приемный бункер.

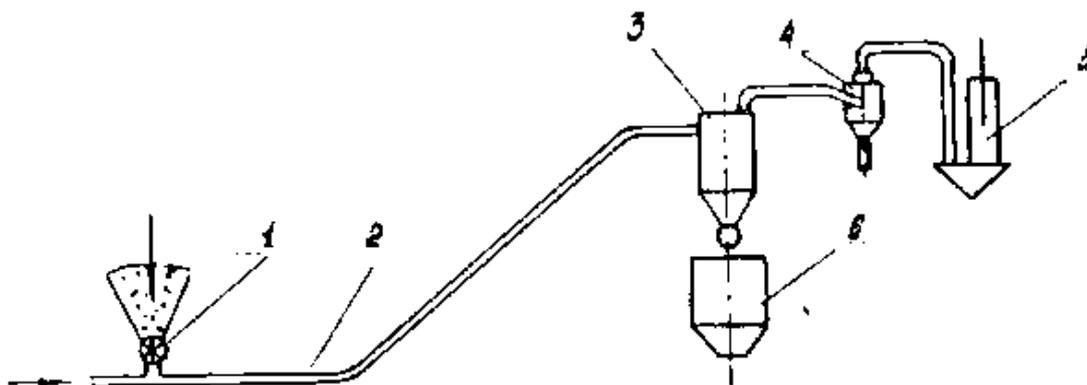


Рис.2.15.Схема нагнетательной ПТУ:
1 – загрузочное устройство; 2 – транспортный трубопровод; 3 – разгрузочное устройство; 4 – циклон; 5 – фильтр; 6 – приемный бункер

Основные элементы пневмотранспортных установок

Любая ПТУ включает в себя загрузочное и разгрузочное устройства, транспортный трубопровод, ВДМ, переключающую и запорную арматуру, приборы и средства автоматизации.

Во всасывающих установках в качестве загрузочных устройств применяют всасывающие сопла и питатели-тройники. Сопла позволяют забирать материал из насыпи. На эффективность работы сопла большое влияние оказывает величина зазора между срезом сопла и поверхностью насыпи. Питатели-тройники могут применяться для подачи материала как в горизонтальный, так и в вертикальный трубопроводы.

Загрузочные устройства ПТУ нагнетательного типа более сложные, так как подача материала происходит из пространства с низким (атмосферным) давлением в трубопровод, где давление выше атмосферного. В качестве загрузочных устройств используют пневмовинтовые, пневмокамерные, шлюзовые и эжекторные питатели.

В пневмовинтовом питателе (рис.2.16) поступающий в загрузочную камеру материал захватывается витками вращающегося шнека и, преодолевая сопротивление обратного клапана, подается в смесительную камеру, где смешивается с воздухом, поступающим через сопла коллектора, и направляется в транспортный трубопровод. Пневмовинтовые питатели обеспечивают непрерывную и равномерную подачу материала, надежны в работе. Их применяют, в основном, в средненапорных установках для подачи малоабразивных материалов, не склонных к измельчению.

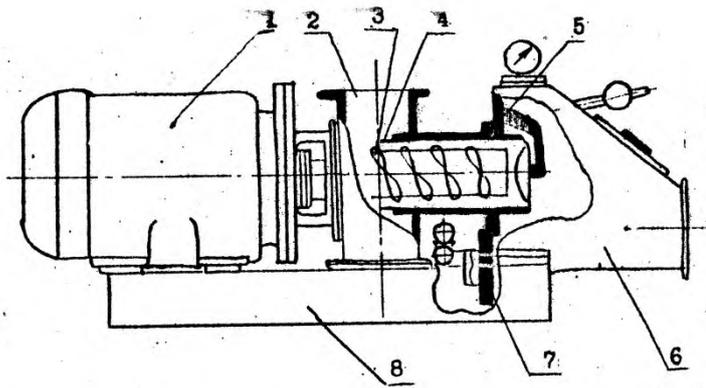


Рис.2.16.Схема пневмовинтового питателя:
 1 - двигатель; 2 – загрузочная камера; 3 – шнек;
 4 – бронированная гильза; 5 - обратный клапан;
 6 – смесительная камера; 7 – коллектор; 8 – рама

В высоконапорных установках для подачи материала в трубопровод применяют пневнокамерные питатели. Камера питателя представляет собой сферический или цилиндрический с коническим или полусферическим днищем сосуд (рис.2.17). По способу выгрузки материала из него различают питатели с верхней (рис.2.17а) и нижней (рис.2.17б) выгрузкой. После загрузки материала в камеру питателя закрывается загрузочный клапан, и в камеру через систему форсунок или аэроплит, расположенных в ее нижней части, подается сжатый воздух. При достижении определенной величины давления в камере открывается разгрузочный клапан, и материал вытесняется сжатым воздухом в транспортный трубопровод. После опорожнения камеры подача воздуха прекращается, и производится сброс оставшегося в ней воздуха. Затем цикл работы повторяется. Все включения и выключения выполняются с помощью системы автоматизации. Для осуществления непрерывной подачи материала применяют двухкамерные питатели, в которых в период выгрузки материала из одной камеры вторая заполняется материалом.

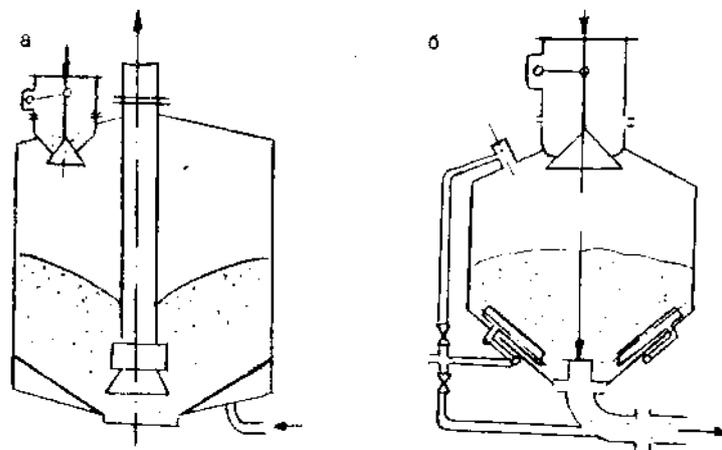


Рис.2.17.Схемы пневнокамерных питателей:
 а – с верхней выгрузкой; б – с нижней выгрузкой

В шлюзовом питателе (рис.2.18) поступающий из загрузочного бункера материал попадает в ячейки вращающегося ротора и затем высыпается в транспортный трубопровод, где подхватывается потоком транспортирующего воздуха. Их применяют в низко- и средненапорных ПТУ. Основной недостаток – утечки воздуха через зазоры между барабаном и корпусом питателя.

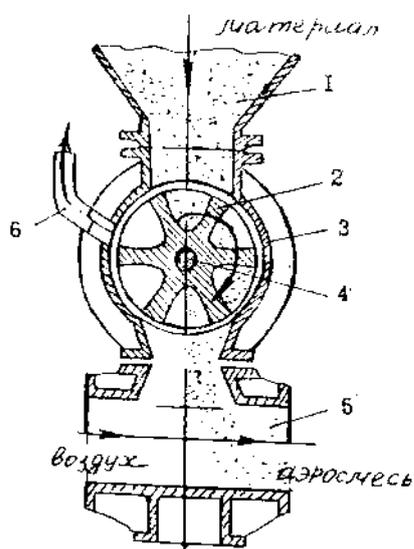


Рис. 2.18. Шлюзовый питатель:

- 1 – приемная воронка; 2 – ротор с лопастями; 3 – цилиндрический корпус; 4 – вал ротора; 5 – транспортный трубопровод; 6 – патрубок для отвода избыточного воздуха

Более простыми питателями для ПТУ являются эжекторные питатели. Принцип работы таких питателей заключается в том, что статическое давление воздуха в сужении потока (конфузоре) преобразуется в динамическое. В результате этого в камере смешения статическое давление становится ниже атмосферного, что обеспечивает подачу материала в трубопровод. Смесительная камера переходит в диффузор (расширение потока), соединенный с транспортным трубопроводом. Загрузочные устройства (питатели) должны располагаться на прямолинейных горизонтальных участках трассы. Расстояние между двумя загрузочными устройствами должно быть не менее 20 – 30 м. Подача щепы в питатель производится конвейером-дозатором или специальным бункером с дозирующим устройством.

Разгрузочные устройства ПТУ предназначены для выделения основной массы материала из потока аэросмеси. На рис. 2.19 приведены схемы наиболее распространенных разгрузочных устройств, базирующихся на различных принципах действия: объемные (осадительные камеры), применяемые для крупнозернистых материалов (рис.2.19а,б) и центробежные (циклонные), эффективно отделяющие частицы размером до 40 мкм (рис.2.19в).

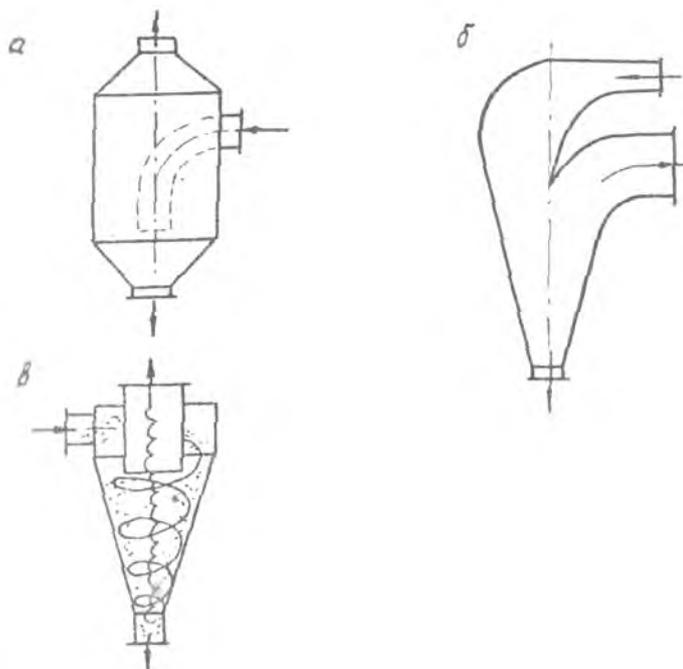


Рис. 2.19.Схемы разгрузочных устройств:
а, б – объемные устройства (осадительные камеры);
в – центробежные (циклонные) устройства

После разгрузочного устройства воздух направляется на очистку от мелких частиц и пыли, не уловимых в обычных разгрузителях. В ПТУ для этого используют центробежные пылеотделители (циклоны) и тканевые рукавные фильтры.

Трубопроводы ПТУ разделяют на транспортные (материалопроводы), предназначенные для перемещения аэросмеси, и воздухопроводы. При выборе трассы пневмотранспортных систем следует стремиться к наиболее простой по конфигурации и короткой трассе, избегать излишних искривлений, а повороты предусматривать, по возможности, под тупым углом. Если трасса должна иметь как горизонтальные, так и вертикальные участки, желательно вертикальные участки (для подъема груза) располагать в начале трассы, что улучшает условия перемещения груза, снижая возможность расслоения потока в зоне пониженных скоростей, уменьшает вероятность закупорки трубопровода, а также обеспечивает оптимальные условия продувки после окончания работы установки. Для обеспечения стабильности работы установки не следует располагать колена одно за другим или за питателем на расстоянии меньше $20 \div 30$ м (особенно при транспортировке грузов с повышенной влажностью).

В пневмотранспортных установках для перемещения технологической щепы предпочтительней применять колена прямоугольного сечения с усиленной (утолщенной) наружной стенкой, выполненной из одного листа. Радиус поворота колен должен быть не менее 6 – 8 диаметров трубопровода. Для секторных колен круглого сечения угол поворота каждого сектора не

должен превышать 15° . Для уменьшения износа наружной стенки колена в нее через специальные прорези может подаваться сжатый воздух.

При использовании ПТУ для подачи материала в несколько пунктов назначения применяются переключатели потоков различных конструкций.

В процессе работы ПТУ трубопроводы нагреваются или охлаждаются под действием температуры движущейся среды. В результате этого происходят линейные деформации длины материалопроводов, которые могут привести к их повреждениям. Для предотвращения повреждений применяют специальные устройства – компенсаторы или используют самокомпенсаторы, обеспечивающие трубам некоторую свободу.

Для создания перепада давления воздуха в ПТУ используют различные типы ВДМ. При всасывающем пневмотранспорте применяются: при разрежении до 20000 Па – вентиляторы, до 50000 Па – воздуходувки, до 90000 Па – вакуумные насосы. В нагнетательных установках при давлении до $(1,5 - 2,0)10^4$ Па используют центробежные вентиляторы, при давлении до 0,1 МПа – воздуходувки; при давлении свыше 0,1 МПа – компрессоры.

Основы расчета пневмотранспортных установок

Основы расчета ПТУ сводятся к определению диаметра транспортного трубопровода, расхода транспортирующего воздуха, суммарных потерь давления и мощности привода ВДМ. Обычно расчет проводится в следующей последовательности:

1. Определение скорости транспортирования.

Заранее рассчитать точную скорость транспортирования, обеспечивающую устойчивую работу установки в заданном режиме, не представляется возможным. Поэтому ее выбирают либо с учетом опыта эксплуатации подобных установок, либо при помощи различных эмпирических формул, например:

$$v_T = \alpha \sqrt{\rho_s}, \text{ м/с,}$$

где v_T – скорость транспортирования;

α – опытный коэффициент, который при транспортировании пылевидных материалов в горизонтальном трубопроводе принимают равным 24-28, в наклонном и вертикальном – 30÷48;

ρ_s – плотность частиц материала, т/м³.

Рекомендуемые на основе экспериментальных исследований скорости транспортирования ряда материалов приведены в табл.2.5.

По выбранной величине скорости транспортирования и расчетной производительности находится диаметр материалопровода.

$$D = \sqrt{\frac{4Q_p}{3,6\pi t \rho_B v_T}}, \text{ м,}$$

где Q_p – расчетная производительность ПТУ, т/ч;

ρ_B – плотность воздуха, кг/м³;

t – массовая расходная концентрация, кг/кг.

Таблица 2.5. Рекомендуемые значения параметров транспортирования некоторых сыпучих грузов

| Материал | Скорость транспортирования, м/с | Концентрация аэросмеси, кг/кг | Коэффициент сопротивления, k |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Известь | 24-35 | 15-30 | 0,23-0,34 |
| Каолин | 8-15 | 60-80 | 0,18-0,34 |
| Крахмал | 8-14 | 10-100 | 0,25-0,32 |
| Сода кальцинированная | 18-25 | 15-40 | 0,15-0,29 |
| Сульфат натрия | 20-26 | 15-40 | 0,19-0,33 |
| Щепа технологическая | 20-28 | 1-6 | 0,60-0,80 |

Входящие в формулу величины ρ_B и t заранее не известны. Поэтому их значениями следует задаваться. Обычно при расчете низконапорных установок плотность воздуха принимают равной $\rho_B = 1,2 \text{ кг/м}^3$, т.е. плотности воздуха при нормальных условиях. Рекомендуемые значения концентрации аэросмеси для некоторых материалов приведены в табл.2.5.

Расчетную производительность обычно принимают

$$Q_p = 1,5Q_T, \text{ т/ч,}$$

где Q_T – требуемая эксплуатационная производительность установки.

Полученное расчетное значение диаметра округляется до ближайшего меньшего стандартного значения.

2. Суммарные потери давления в ПТУ определяются по формуле:

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5, \text{ Па,}$$

где ΔP_1 – потери давления при движении аэросмеси по горизонтальному участку трубопровода;

ΔP_2 – потери давления на ввод материала в трубопровод и сообщение ему необходимой скорости;

ΔP_3 – потери давления в коленах, переключателях и т.д.;

ΔP_4 – потери давления на вертикальных участках трубопровода;

ΔP_5 – потери давления в отделителе и очистителе воздуха.

Потери давления на горизонтальных участках трубопровода определяется по известной формуле Гастерштадта:

$$\Delta P_1 = \Delta P_B(1 + k \cdot m), \text{ Па,}$$

где ΔP_B – потери напора при движении чистого воздуха, определяемые по формуле

$$\Delta P_B = \lambda_B \frac{l}{D} \cdot \frac{\rho_B}{2} v^2, \text{ Па,}$$

где λ_B – коэффициент трения, зависящий от числа Рейнольдса и относительной шероховатости внутренней поверхности трубопровода. Для его определения можно использовать формулу Блазиуса

$$\lambda_B = 0,3164/Re^{0,25}.$$

Значения коэффициента k приведены в табл.2.5.

Потери давления на ввод материала в трубопровод ΔP_2 могут быть определены по формуле

$$\Delta P_2 = (\chi + m) \frac{\rho_B v^2}{2}, \text{ Па,}$$

где χ – опытный коэффициент: $\chi = 1$ - для винтовых питателей, $\chi = 1,5$ – для шлюзовых питателей, $\chi = 2 \div 3$ – для камерных питателей.

Для предварительных расчетов потери давления в местных сопротивлениях (коленах, переключателях, клапанах и т.д.) можно принимать равными

$$\Delta P_3 = 0,15\Delta P_1, \text{ Па.}$$

Потери давления на вертикальных участках трубопровода определяются следующим образом:

$$\Delta P_4 = \rho_B g(1 + m)H + 0,12\Delta P_B, \text{ Па,}$$

где H – суммарная высота транспортирования, м.

Потери давления в центробежном отделителе

$$\Delta P_5 = \xi \frac{\rho_B v^2}{2}, \text{ Па,}$$

где ξ – опытный коэффициент ($\xi = 1,5 \div 2,0$).

3. Потребный объемный расход воздуха, необходимый для транспортирования материала,

$$Q_B = 3600\zeta \frac{\pi D^2}{4} v, \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где ζ – коэффициент, учитывающий потери воздуха через неплотности соединений ($\zeta = 1,1$).

4. Мощность привода воздуходувной машины определяется по формуле:

$$N = (Q_B \Delta P_\Sigma) / (3,6 \cdot 10^6 \eta_B), \text{ кВт},$$

где η_B – КПД воздуходувной машины ($\eta_B = 0,55 \div 0,75$).

Особенности ПТУ для измельченных древесных материалов

Практическая необходимость использования высокопроизводительного оборудования для комплексной механизации транспортных и погрузочно-разгрузочных операций с технологической щепой и древесными отходами связана с постоянным ростом объемов поставок щепы целлюлозно-бумажным комбинатам, заводам по выпуску древесных плит, а также с большим количеством отходов деревообрабатывающих предприятий, требующих сбора и утилизации. Пневматический транспорт широко применяется на лесохимических предприятиях для транспортировки технологической щепы и измельченных отходов в местах их получения, хранения и сбора. ПТУ для древесных материалов отличаются от ПТУ для остальных сыпучих материалов некоторыми специфическими особенностями.

Загрузочные устройства (питатели) должны располагаться на прямолинейных горизонтальных участках трассы с расстоянием между двумя соседними загрузочными устройствами не менее 20÷25 м. Подача материала в питатель должна производиться конвейером-дозатором или из уравнильного бункера с дозирующим устройством. В качестве загрузочных устройств для технологической щепы распространение получили эжекционные загрузочные воронки и шлюзовые питатели. В силу конструктивных особенностей эжекционные воронки применяются только в низконапорных установках с избыточным давлением менее 10^4 Па. Шлюзовые питатели барабанного типа являются основным загрузочным устройством в нагнетательных ПТУ для технологической щепы.

В целях снижения потерь давления на первоначальный разгон материала в трубопроводе и улучшения образования однородной концентрации аэросмеси используют шлюзовый питатель с вводом материала в направлении движущегося потока воздуха. Отличительной особенностью такого питателя является установка барабана с ротором перпендикулярно оси трубопровода. Наиболее эффективно применение таких шлюзовых питателей в высокопроизводительных ПТУ с перемещением груза на небольшие расстояния, когда доля потерь давления на разгон материала за питателем составляет значительную часть от общих потерь давления в сети.

В практике проектирования систем пневмотранспорта измельченных древесных материалов допускается выполнять расчет систем с суммарными потерями давления до 10000 Па (низконапорные системы) без учета изменения плотности воздуха по трассе, а свыше 10000 Па (высоконапорные системы) – с учетом этого фактора. Для низконапорных систем рекомендуется принимать массовую концентрацию аэросмеси $m \leq 1,5 \text{ кг/кг}$, а для высоконапорных систем $m = 1,3 \div 7,0 \text{ кг/кг}$.

В связи с тем, что производительность ПТУ для перемещения измельченной древесины и древесных отходов Q_M задается, как правило, в $\text{пл.м}^3/\text{ч}$, массовая производительность G_M определяется из уравнения:

$$G_M = 1,5 Q_M \rho_M, \text{ т/ч,}$$

где ρ_M – плотность материала, т/пл.м^3 .

Расчетные значения этого показателя для различных пород древесины и измельченных древесных материалов приведены в табл.2.6.

Табл.2.6. Плотность древесины различных пород

| Порода | Плотность древесины ρ_M при влажности, % | | | | | | |
|-------------|---|-----|-----|-----|-----|------|------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
| Лиственница | 660 | 690 | 770 | 880 | 990 | 1100 | 1210 |
| Береза | 640 | 660 | 740 | 850 | 960 | 1060 | 1160 |
| Осина | 490 | 510 | 580 | 660 | 750 | 830 | 910 |
| Сосна | 500 | 520 | 590 | 680 | 760 | 850 | 930 |
| Ель | 440 | 460 | 520 | 600 | 670 | 750 | 820 |

По заданной расчетной производительности G_M и принятому значению концентрации m определяют необходимый расход воздуха для пневмотранспортной системы по формуле

$$Q_B = (1000 Q_M) / (m \rho_B), \text{ м}^3/\text{ч,}$$

Где ρ_B – плотность воздуха. Для инженерных расчетов принимается $\rho_B = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

Оптимальная скорость воздушного потока в транспортном трубопроводе при перемещении технологической щепы рассчитывается по формуле

$$v_{\text{опт}} = 3,3 v_{\text{тр}} \sqrt[4]{m}, \text{ м/с,}$$

где $v_{\text{тр}}$ – скорость трогания для щепы. Ее можно принимать из табл. 2.7, равной:

Табл. 2.7. Значения скорости трогания для технологической щепы

| Плотность щепы, кг/м ³ | 400 | 600 | 800 | 1000 |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| $v_{тр}$, м/с | 4,8-5,0 | 5,9-6,4 | 6,8-7,3 | 7,6-8,2 |

Меньшие значения следует принимать при диаметрах трубопровода 0,2÷0,3 м.

По величине расхода воздуха и скорости движения потока аэросмеси рассчитывают внутренний диаметр транспортного трубопровода

$$D = 0,0188 \sqrt{\frac{G_B}{v_{опт}}}, \text{ м,}$$

а затем принимают трубопровод с внутренним диаметром, ближайшим меньшим к D .

Для выбора типа и марки воздуходувной машины ее исходные параметры определяют по давлению и расходу:

по давлению

$$P = c \sum \Delta P, \text{ Па,}$$

где c – коэффициент запаса, $c = 1,10 \div 1,15$;

$\sum \Delta P$ – сумма потерь давления на всех участках трассы, Па;

по расходу

$$Q^1 = \mu Q_B, \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где μ – коэффициент потерь сжатого воздуха через загрузочное устройство и неплотности соединений трубопровода, $\mu = 1,05 \div 1,10$.

В соответствии с требуемыми исходными параметрами расхода и давления воздуха, с учетом условий эксплуатации по каталогам выбирают воздуходувную машину для комплектации ПТУ.

2.5. Механизация работ на складах насыпных грузов

2.5.1. Склады открытого хранения насыпных грузов

К числу насыпных грузов открытого хранения на лесохимических предприятиях относятся: древесная щепа, отходы переработки древесины (дробленая кора, опилки, древесная стружка), известковый камень, строительные материалы (песок, гравий) и др.

Склады открытого хранения измельченной древесины

Склады открытого хранения измельченной древесины представляют собой кучи, которые могут иметь различную форму в плане. В целях управления биологическими процессами, возникающими в кучах, для сокращения механического воздействия на хранимые материалы и для выполнения требований правил пожарной безопасности кучи следует организовывать прямоугольными, круглыми или кольцеобразными в плане, треугольными либо трапециевидными - в сечении. Такая форма куч, при использовании соответствующих средств механизации загрузки и разборки, обеспечивает обновление хранимого сырья и древесных отходов в рекомендуемые сроки.

В соответствии со сложившейся практикой кучи древесного сырья обычно имеют высоту, не превышающую 30 м, и ширину прямоугольной или диаметр круглой кучи не более 90 м. Наружный диаметр кольцеобразной кучи должен быть не более 210 м, внутренний диаметр не менее 30 м, а ширина кольца не более 90 м. Для обеспечения более четкого контура куч они могут быть ограждены железобетонными стенками по всему периметру или на отдельных участках. Угол естественного откоса α_0 для расчетов вместимости куч принимается $40 \div 45^\circ$, хотя в действительности уплотненные щепы и древесные отходы имеют более высокие значения угла естественного откоса.

Подача измельченной древесины на склад и со склада осуществляется средствами непрерывного транспорта либо автотранспортом. Для формирования складов используют:

- пневмостакеры полноповоротные или стационарные с изменяющимся углом наклона трубы, снабженной дефлектором;
- стакеры передвижные, поворотные или стационарные на базе ленточных, скребковых конвейеров и шнеков;
- ленточные, цепные или пневмоконвейеры, размещаемые на высоких горизонтальных либо наклонных эстакадах;
- бульдозеры;
- грейферные, порталные и другие краны.

При использовании для формирования куч пневмотранспорта в связи с большой скоростью потока материала на выходе из трубопровода может происходить распыление мелких фракций и сепарация фракций по массе и размерам с образованием «линз» мелких фракций в куче. Это обстоятельство отрицательно сказывается на процессе производства полуфабрикатов, так как, несмотря на некоторое перемешивание фракций щепы при выдаче ее со склада, в направленной на производство щепы наблюдаются значительные колебания фракционного состава, дестабилизирующие технологические процессы. Сепарация и фракционирование хранимой измельченной древесины оказывает влияние и на биологические процессы в куче, в частности, на процессы саморазогрева хранимого материала. При формировании куч с применением других механизмов столь сильного распыления и сепарации измельченной древесины не наблюдается.

При подаче щепы в кучу пневмотранспортом и при использовании бульдозеров для формирования куч отмечено некоторое измельчение щепы, в основном кондиционной, которая разрушается вдоль волокон. Заметное измельчение щепы наблюдается также при использовании для разборки куч некоторых типов разгрузчиков, в первую очередь, скребковых. Это приводит к увеличению в щепе доли мелких фракций после ее выдачи со склада.

На биологические процессы при хранении древесины, особенно при ее кучевом хранении в измельченном виде, влияют сроки закладки и длительность нахождения измельченной древесины в куче. В теплый период года ($t > 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) биологические процессы наиболее активны, а в холодный период они затухают.

Ориентировочно рекомендуемая продолжительность хранения щепы в летний период, а в подогреваемых кучах, в летний и зимний периоды, должна быть (мес.), не более:

- щепы хвойных пород $3 \div 4$;
- щепы лиственных пород $2 \div 3$.

Продолжительность хранения коры и древесных отходов должна быть, мес., не более:

- летом $2 \div 3$;
- зимой $5 \div 6$.

Для осуществления указанных рекомендаций форма и размеры кучи, а также размещение и зона действия разгрузчиков, должны обеспечивать максимальное выполнение требования: «первый на склад – первый со склада». Перечисленные обстоятельства должны учитываться при выборе оборудования и разработке схем складов.

При формировании куч и в процессе хранения материал в кучах уплотняется. При первоначальном значении коэффициента полндревесности $K_{\text{пд}} = 0,33 \div 0,4$, в нижних слоях кучи он может достигать $0,5 \div 0,55$.

Для расчетов вместимости кучевых складов коэффициенты полндревесности $K_{\text{пд}}$ рекомендуется принимать следующими:

- щепы $K_{\text{пд}} = 0,38 \div 0,41$;
- опилки $K_{\text{пд}} = 0,35 \div 0,37$;
- кора и древесные отходы $K_{\text{пд}} = 0,34 \div 0,36$.

Для предотвращения загрязнения измельченной древесины минеральными и другими инородными включениями и снижения потерь хранимых материалов от загнивания кучевые склады должны иметь специально подготовленное основание.

Геометрический объем куч измельченной древесины определяется по формулам:

- для прямоугольных в плане куч с треугольным средним сечением:

$$V_r = (L \cdot B \cdot H/2) - (H \cdot B^2/6), \text{ м}^3; B = 2H \cdot ctg\alpha_0, \text{ м}^3;$$

- для прямоугольных в плане куч с трапециевидным средним сечением:

$$V_{\Gamma} = \frac{H}{6} [(2L_1 + L_2)B_1 + (2L_2 + L_1)B_2], \text{ м}^3;$$
$$B_2 = B_1 - 2H \cdot \text{ctg} \alpha_0, \text{ м}; L_2 = L_1 - 2H \cdot \text{ctg} \alpha_0, \text{ м};$$

- для куч в форме части кольца в плане с трапециевидным средним сечением:

$$V_{\Gamma} = \frac{\pi R \cdot H (B - H \cdot \text{ctg} \alpha_0)^2}{180} + \frac{\pi H}{12} \cdot (B_1^2 + B_1 B_2 + B_2^2), \text{ м}^3;$$

где L – длина кучи, м;

L_1 и L_2 – длина нижней и верхней частей кучи с трапециевидным средним сечением, м;

B – ширина основания кучи, м;

B_1 и B_2 – длина нижнего и верхнего основания трапеции, м;

H – высота куч, м;

α_0 – угол естественного откоса, град.

К числу наиболее часто применяемых устройств для формирования куч измельченной древесины относятся пневмостакеры и стакеры, оснащенные механическими конвейерами. Стакеры, в зависимости от формы и вместимости формируемой кучи, могут быть стационарными, поворотными или передвижными.

Производительность пневмостакеров достигает $200 \div 250$ пл. $\text{м}^3/\text{ч}$. На рис. 2.20 показан пневмостакер с подъемно-опускной стрелой. Стакеры такого типа устанавливают в конце трассы системы пневмотранспорта измельченной древесины. В зависимости от длины кучи, на трассе может быть установлено несколько таких пневмостакеров. Наличие на трубе поворотного дефлектора позволяет не только гасить скорость выброса щепы, но и направлять ее в соответствующие участки кучи, снижая объем работы бульдозера, необходимой для формирования кучи. Подъем и опускание стрелы осуществляются лебедкой посредством системы тросов.

Пневмостакеры для формирования кольцеобразных куч измельченной древесины представляют собой опорную конструкцию с поворотным устройством, приводом и стрелой, в которой размещается выдувная труба. Если необходимо осуществить подъем и опускание стрелы на определенный угол, на поворотном устройстве размещается лебедка с трособлочной системой. Труба пневмотрассы, подающей щепу к стакеру, может размещаться на эстакаде, либо в канале под кучей. Она соединяется с выдувной трубой стрелы стакера шарнирными коленами с промежуточными прямыми участками трубы. Выдувная труба завершается поворотным дефлектором.

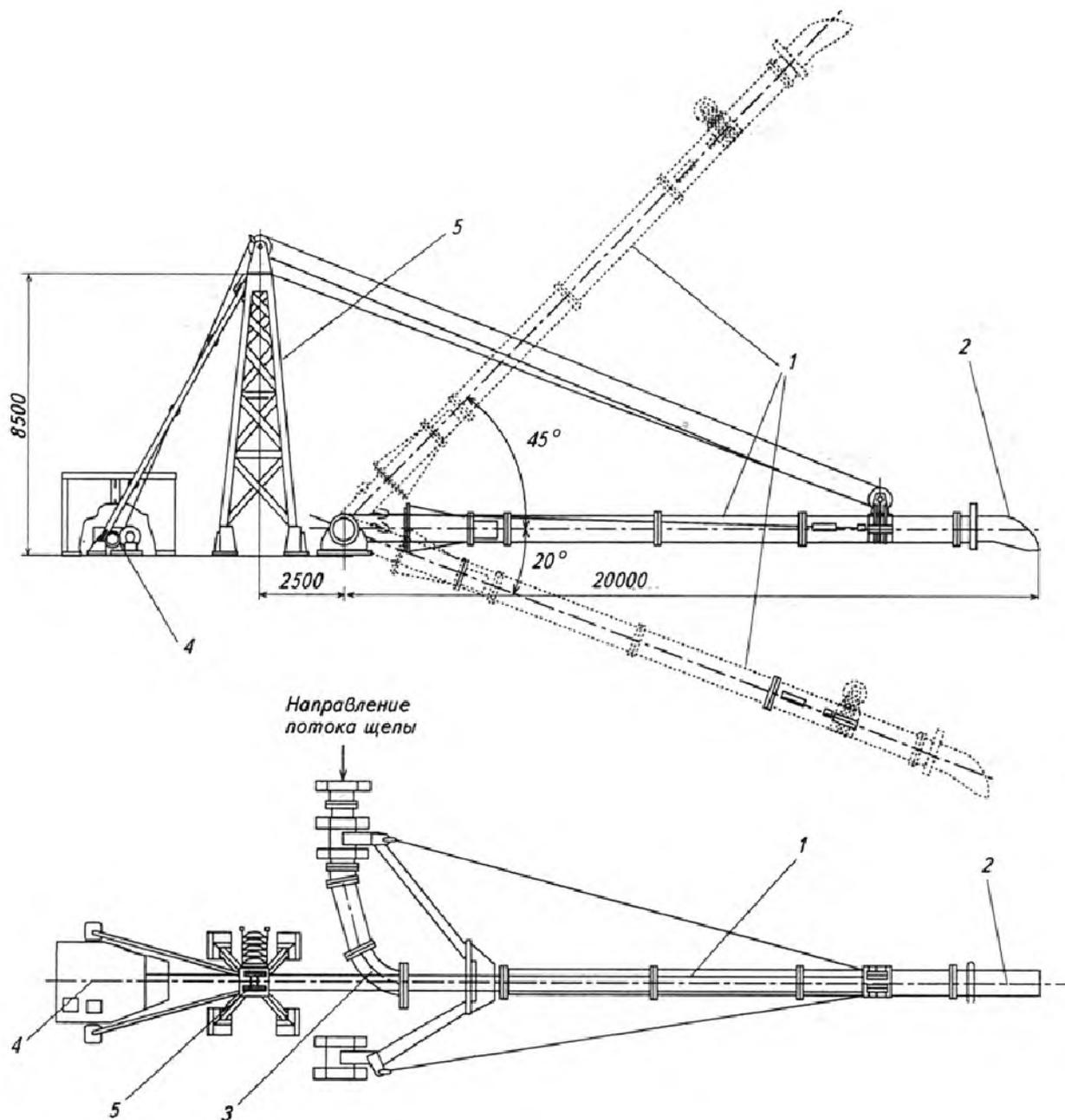


Рис. 2.20. Пневмостакер с подъемно-опускной стрелой:
 1 – стрела подъемно-опускная с выдувной трубой; 2 – дефлектор; 3 – колено;
 4 – лебедка; 5 – башня

Стакеры подобного типа могут иметь стрелу длиной более 40 м. При высоте кучи 30 м при использовании бульдозеров могут быть сформированы кучи с внешним диаметром более 200 м. На рис. 2.21 показан пневмостакер с поворотной стрелой вылетом от оси вращения 20 м для формирования кольцеобразной кучи.

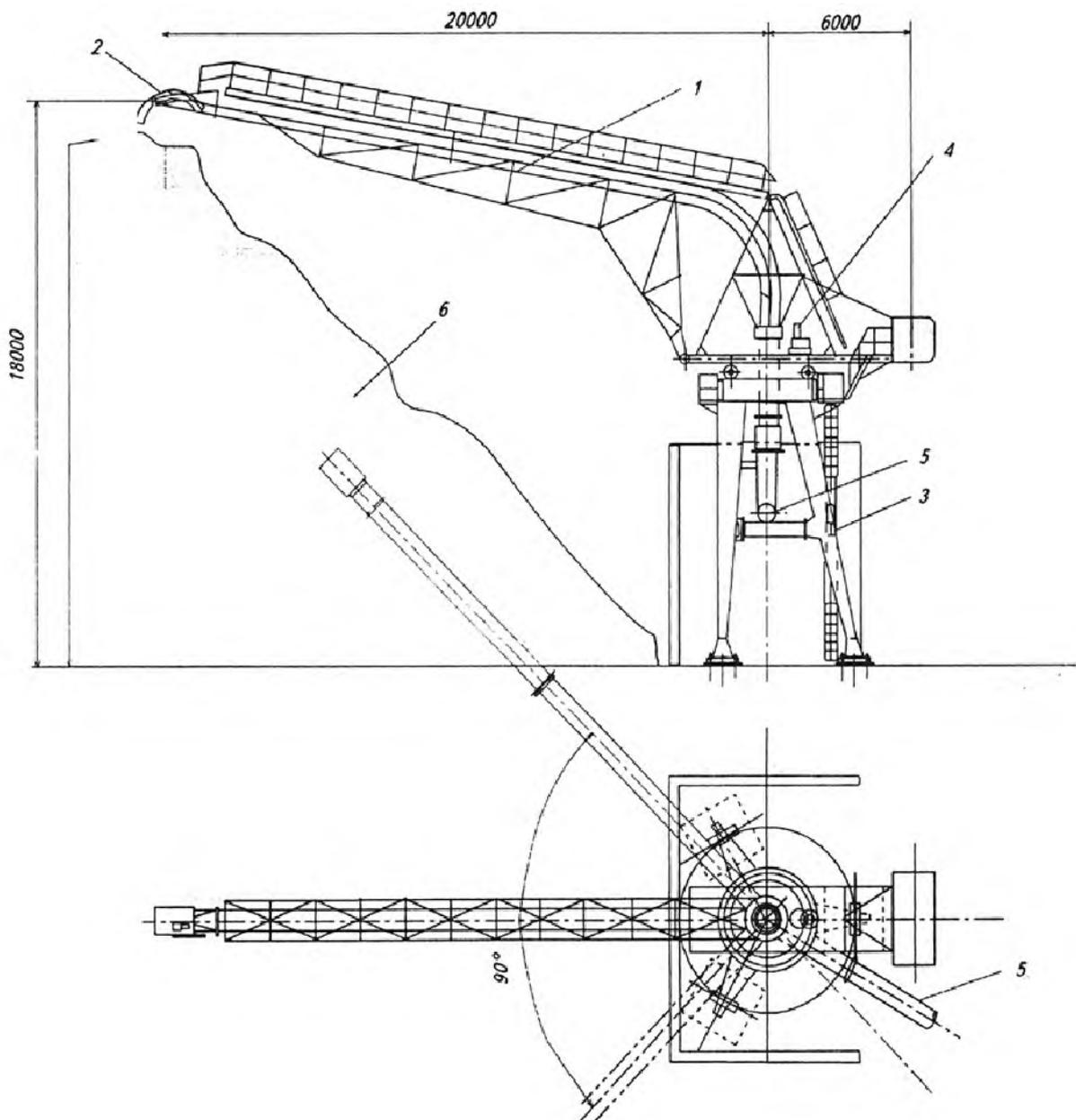


Рис. 2.21. Пневмостакер с поворотной стрелой:
 1 – стрела с выдувной трубой поворотная; 2 – дефлектор; 3 – опора стакера; 4 – привод поворота стрелы; 5 – труба для подвода щепы к стакеру; 6 – куча щепы

В связи с постепенным отказом от применения пневмоустановок на целлюлозно-бумажных предприятиях для оснащения складов щепы используют оборудование на базе ленточных, цепных и, реже, шнековых конвейеров. Стакеры такого типа для формирования кольцеобразных куч имеют опорную конструкцию, на которой размещена поворотная или стационарная башня с горизонтальной, наклонной либо подъемно-опускной стрелой. На стреле размещен конвейер для подачи щепы на кучу. Привод поворота башни или стрелы, а также механизма для подъема (опускания) стрелы размещается на стакере. Максимальный вылет стрелы не превышает 45 м. Подача щепы на стакер осуществляется конвейером, размещаемым на эстакаде. Производи-

тельность стакеров, оснащенных ленточными конвейерами, может достигать $300 \div 400$ пл. м³/ч и более. Формирование прямоугольной кучи осуществляют применением передвижного стакера с ленточным или цепным конвейером на стреле. Такой стакер передвигается по путям, размещаемым вдоль кучи. Куча имеет в сечении треугольную либо трапециевидную форму. При высоте 30 м ее ширина может быть $55 \div 60$ м и более.

Широкое применение на открытых складах щепы и древесных отходов находят скребковые многоцепные питатели-разгрузчики, оснащенные захватами (рис. 2.22). Тяговым органом питателя являются несколько пластинчатых цепей с захватами, размещенные в наклонном трапециевидном сечении желобе. Измельченная древесина наваливается на питатель бульдозером.

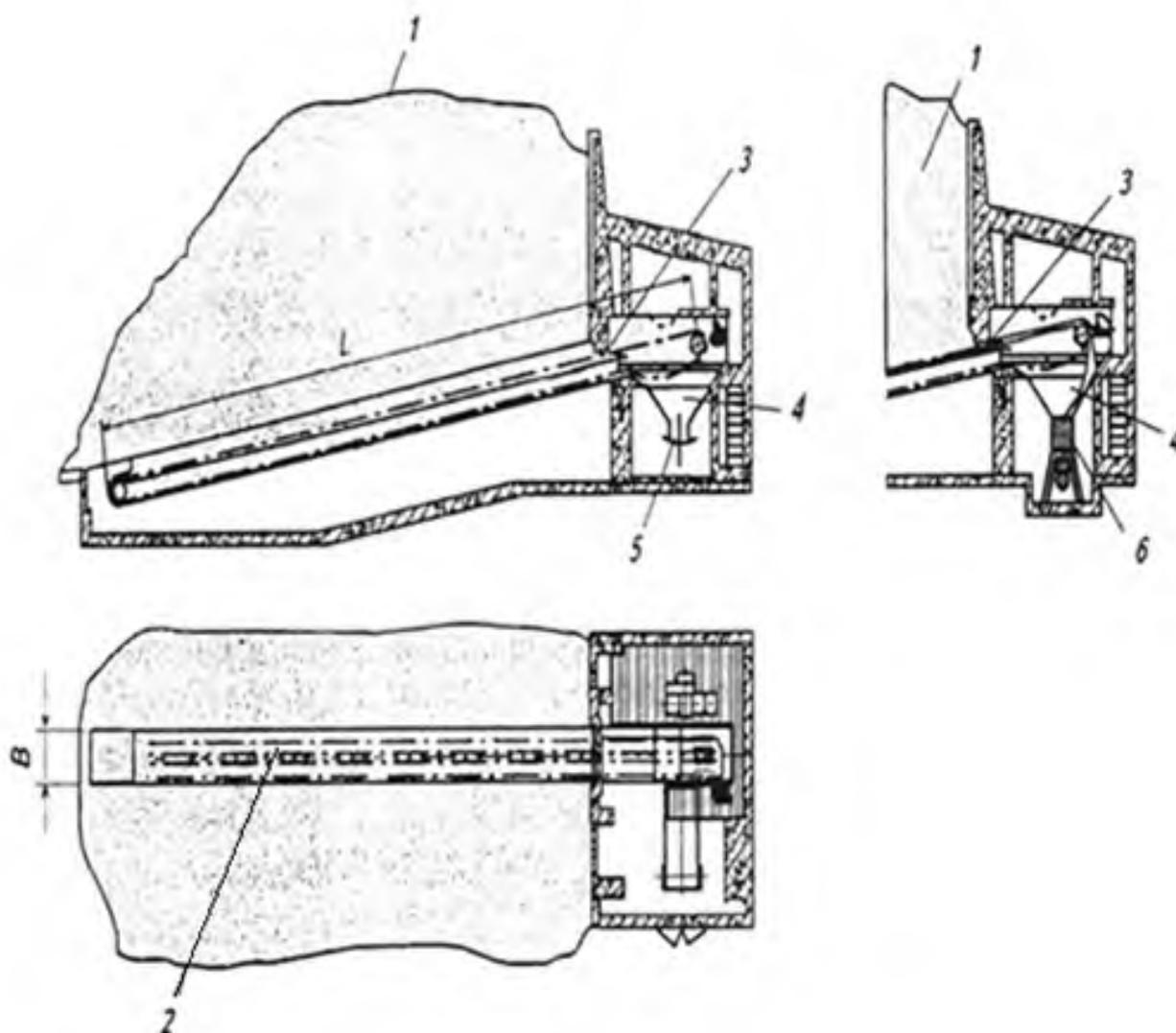


Рис. 2.22. Скребковый многоцепной питатель для измельченной древесины: 1,2 – куча измельченной древесины; 3 – тяговая цепь (4 шт.) в желобе; 4 – приемный бункер; 5 – шиберный ограничитель; 6 – питатель системы пневмотранспорта

Открытые склады не древесных грузов

Грузы открытого хранения поставляются обычно на железнодорожных платформах и в полувагонах. Для обслуживания массовых партий таких грузов часто используют склады, оборудованные повышенными путям, или эстакадами. Разгрузка сыпучих грузов на такой склад производится самотеком через нижние люки по обе стороны пути в отвалы.

Длину эстакады повышенного пути и, соответственно, длину склада рассчитывают по формуле

$$L = l \cdot a + S, \text{ м,}$$

где l – длина условного вагона по осям автосцепок;

a – количество вагонов, одновременно выставляемых на эстакаду;

S – величина, учитывающая неточность установки партии вагонов (принимается 1-3 длины вагонов).

Емкость склада, оборудованного разгрузочной эстакадой

$$E = k \cdot F \cdot L \cdot \rho_n, \text{ т,}$$

где k – коэффициент, учитывающий неравномерность заполнения отвала (принимается равным $0,8 \div 0,85$);

F – площадь сечения груза в отвале, м^2 ;

ρ_n – насыпная масса груза, $\text{т}/\text{м}^3$.

Отвалы по обе стороны разгрузочной эстакады в поперечном сечении можно представить в виде прямоугольных треугольников (рис.2.23) с углом естественного откоса α_0 . Площадь поперечного сечения этих отвалов равна

$$\omega = (H + 0,5)^2 ctg\alpha_0, \text{ м}^2.$$

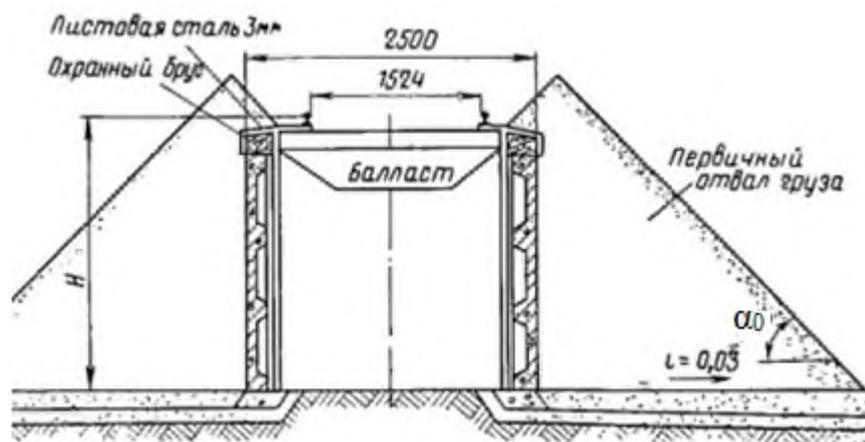


Рис. 2.23. Эстакада из сборных железобетонных блоков

Емкость складов у повышенных путей должна обеспечить бесперебойную выгрузку всей партии вагонов при сквозном их движении. В ряде случаев целесообразно уменьшить высоту подъема пути на разгрузочную эстакаду за счет частичного заглубления нижней отметки разгрузочной траншеи и удлинения разгрузочных путей с тем, чтобы в емкости траншеи можно было сосредоточить весь подлежащий хранению запас и непосредственно из него снабжать производство, минуя склады промежуточного хранения.

2.5.2. Закрытые склады насыпных грузов

На лесохимических предприятиях в закрытых складах хранят основное количество насыпных химикатов. В закрытых складах можно хранить практически любой насыпной груз с достаточно высокой степенью механизации всех перегрузочных работ. Закрытые склады различаются в зависимости от их назначения, емкости, способов поставки и свойств подлежащих хранению грузов.

На рис.2.24 представлены схемы наиболее распространенных типов складов закрытого хранения мела, каолина, серы, сернокислого глинозема, суперфосфата и других химикатов при объемах поставки 30 тыс.т в год и более. Склады оборудуются мостовыми электрическими кранами грузоподъемностью 5 т с ковшовым грейфером и верхним управлением. Для разгрузки крытого подвижного состава применяются малогабаритные авто- и электропогрузчики. Из полувагона груз выгружается через люки в траншеи и подается на склад в зону действия мостового крана винтовыми или ленточными конвейерами. В производство груз подается ленточными конвейерами или пневмотранспортом. В случае надобности, на тракте подачи груза со склада в производство монтируется дробильно-размольное, сортировочное и другое оборудование, необходимое для подготовки груза к переработке.

Ширину склада B желательно назначать в пределах 18÷30 м или кратным им. Высоту здания склада H от основания штабеля рассчитывают по формуле

$$H = H_{шт} + 0,5 + H_1 + H_2 + h, \text{ м,}$$

где $H_{шт}$ – высота штабеля груза, м;

0,5 – минимальный зазор между штабелем и грейфером, м;

H_1 – габаритная высота грейфера в закрытом состоянии до подкранового пути, м;

H_2 – расстояние от подкранового пути до верха крановой лебедки, м;

h – зазор между краном и выступающими частями строительных конструкций, принимаемый не менее 0,1 м.

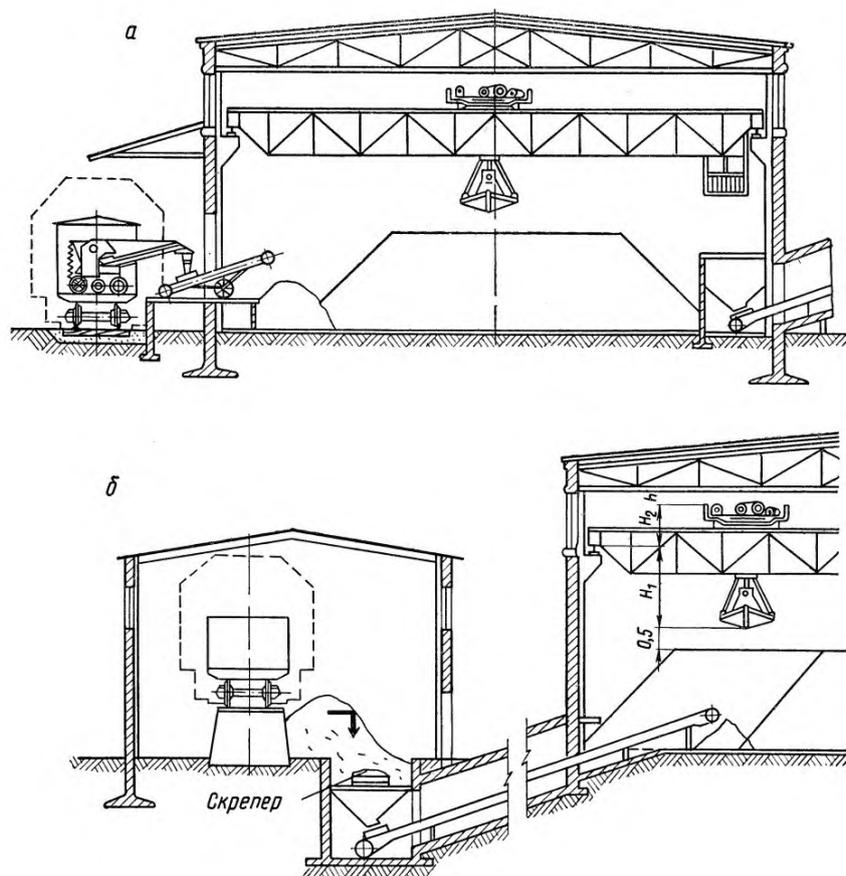


Рис. 2.24. Варианты складов, оборудованных мостовыми кранами с грейфером для приема насыпных грузов: *а* – из крытых вагонов; *б* – из полувагонов

Для хранения небольших запасов химикатов применяют обычные склады закрытого типа, иногда оборудованные элеваторами. Такие склады для близких по назначению и свойствам грузов, как правило, блокируются в комплексы с общими разгрузочной и погрузочной рампами. Для погрузочно-разгрузочных работ используют одни и те же передвижные механизмы.

2.5.3. Бункерные склады насыпных грузов

Бункерные склады применяются для хранения легкосыпучих не слеживающихся грузов. Бункерное хранение удобно с позиций размещения складов на территории предприятия, механизации перегрузочных работ, особенно, при использовании для перевозки сухогрузных цистерн, рассчитанных на разгрузку пневматическим способом.

Емкость бункера для хранения сыпучих грузов может быть от нескольких до тысяч тонн. Традиционные бункера делаются обычно квадратного или круглого сечения, с конусной нижней частью и симметрично расположенным выпускным отверстием.

Процесс истечения груза из бункера - это сложное движение частиц в вертикальной плоскости, обуславливаемое действием их собственной массы

и давлением вышележащего материала. В результате этого движения в бункере образуется зона подхода материала, где его скорость постепенно возрастает по направлению к выпускному отверстию, в результате чего образуется зона активного движения. Когда слои материала достигают выпускного отверстия, они изгибаются, образуя воронку выхода, в которую интенсивно поступает (всасывается) материал с боков. Активность движения частичек в зоне выхода определяет интенсивность истечения материала из бункера, которая тем выше, чем более подвижен материал. В связи с этим, при плохосыпучих материалах нижнюю зону бункера часто снабжают устройствами для аэрирования, вибрации или встряхивания материала в ней. Динамика истечения материала из бункера зависит от его гранулометрического состава, свойств и состояния, а также конструкции бункера и выпускного отверстия. Способность материала слеживаться, его влажность повышают сцепление между частицами, что часто приводит к образованию сводов, естественного равновесия и эллипсоидов зависания.

Скорость истечения легкосыпучих материалов определяют по формуле

$$v = \lambda \sqrt{3,2gR}, \text{ м/с,}$$

где v – средняя скорость истечения материала из бункера;

λ – коэффициент сопротивления истечению, принимаемый в расчетах для легкосыпучих материалов равным $0,55 \div 0,65$, для материалов крупнозернистых и неправильной формы равным $0,3 \div 0,5$;

R – гидравлический радиус, равный отношению площади отверстия к его периметру, м.

Определение минимального X_{min} и максимального X_{max} размеров выпускного отверстия связано с размером частиц сыпучего груза формулами:

$$X_{min} = (5a_{max})^2 k; \quad X_{max} = (5a_{max})^2 k k_1,$$

где a_{max} – размер наибольшей частицы материала, мм;

k – коэффициент, учитывающий неравномерность формы и шероховатость частиц (по опытным данным, $k = 1,4$);

k_1 – коэффициент, характеризующий верхний предел размера отверстия (обычно $k_1 = 3 \div 5$).

Загрузка и разгрузка бункеров производится с применением различных средств механизации: ленточных конвейеров, элеваторов, пневмотранспорта и др. В частности, для разгрузки сыпучих материалов из бункеров, имеющих достаточно большое поперечное сечение, широко применяются тарельчатые питатели.

Тарельчатый питатель (рис.2.25) состоит из вращающейся тарели (диска), установленной на некотором расстоянии от горловины бункера. Ме-

жду тарелью и бункером устанавливается цилиндрическая труба. Высыпавшийся из бункера материал оседает на тарель, где при ее вращении срезается специальным гребком и попадает в выгрузочное отверстие. Производительность питателя можно регулировать изменением частоты вращения тарели или положения цилиндрической трубы. Для устойчивой работы тарельчатого питателя требуется, чтобы при вращении на нем материала центробежные силы были минимальны. Это условие соблюдается при частоте вращения тарели

$$n \leq 30(f/R_T)^{0,5},$$

где f – коэффициент трения материала о диск тарели;
 R_T – радиус тарели.

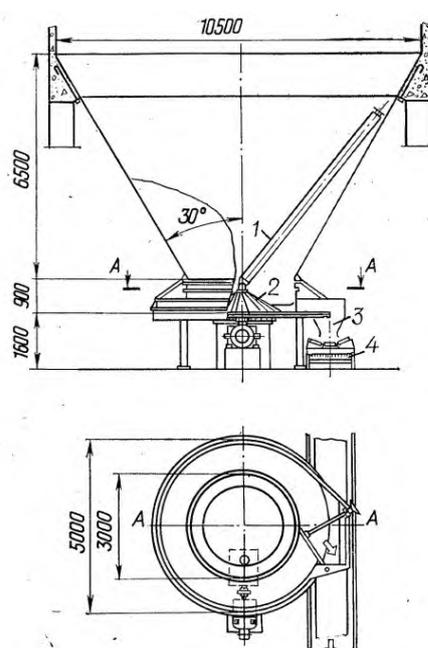


Рис. 2.25. Схема установки тарельчатого питателя со штанговым рушителем сводов под силосом:

1 - штанга для разрушения сводов; 2 – тарель; 3 – разгрузочная воронка; 4 – отборочный конвейер

На рис.2.26 приводится схема бункерной установки для хранения кальцинированной соды с использованием оборудования пневмотранспорта. Сода из крытого вагона пневморазгрузчиком и пневмоподъемником подается в бункер для хранения, откуда, по мере надобности, транспортируется в кислотный цех с помощью винтового пневматического насоса, перемещающего ее на расстояние до 200 м с одновременным подъемом на высоту около 25 м.

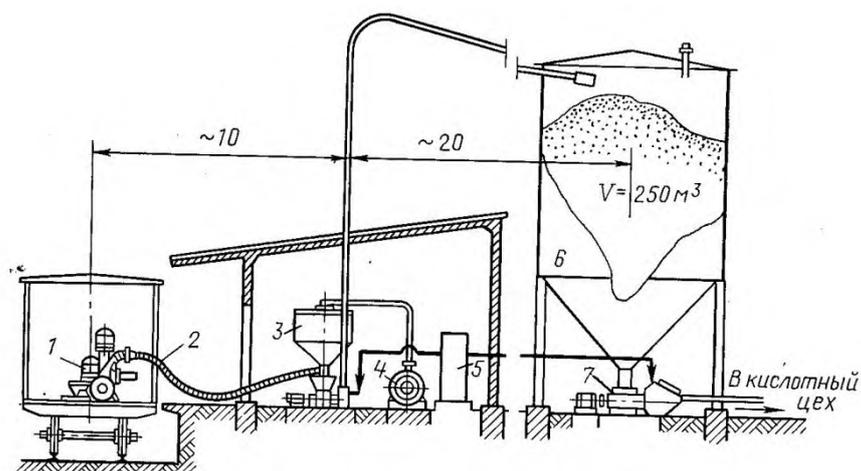


Рис.2.26.Схема бункерной установки для хранения кальцинированной соды:

- 1 - пневматический разгрузчик; 2 – заборный шланг; 3 – пневмоподъемник; 4 – вакуум-насос; 5 – компрессор; 6 – бункер; 7 – пневмовинтовой питатель

Возможно хранение в бункерах также и слеживающихся химикатов, используемых впоследствии в виде раствора. Такие материалы вымываются из бункеров струей воды в бак, расположенный под бункером, откуда раствор перекачивается насосом в производство. Для повышения эффективности процесса разгрузки бункера и исключения возможности образования в нем сводов материала ось рабочего сопла гидромонитора установлена параллельно образующей конической части днища бункера. Благодаря круговому движению гидромонитора даже сильно слежавшийся материал неизбежно проседает вниз и непрерывно поступает в зону наиболее эффективного действия струи воды.

2.5.4. Хранение древесных материалов в закрытых складах

Закрытые склады измельченной древесины используются для хранения текущих и расходных запасов технологической щепы и опилок перед их подачей в производство и измельченных древесных отходов, предназначенных для утилизации. Закрытые склады измельченной древесины позволяют обеспечить равномерную выдачу хранимого сырья и отходов потребителю, составление композиции из смеси щепы разных пород, автоматизацию процесса загрузки варочных установок и утилизационных котлов.

Физико-механические свойства частиц измельченной древесины – их размеры, форма, влажность, наличие смолы, температура этих частиц и наружного воздуха, а также давление вышележащих слоев часто приводят к тому, что в процессе хранения увеличиваются силы сцепления между частицами, уменьшается их подвижность, происходит сводообразование, а зимой – смерзание частиц и их примерзание к конструкциям емкостей склада.

В этих условиях выбор формы, геометрических параметров емкостей и разгрузочных отверстий, материала и шероховатости внутренних поверхностей и конструктивные особенности разгрузочного оборудования являются определяющими при создании эффективно функционирующих закрытых складов измельченной древесины.

В настоящее время разработаны различные типы закрытых складов с гидравлическим истечением измельченной древесины и оборудование для их разгрузки (в основном, шнековое с переменными шагом и диаметром винта), которое обеспечивает эффективную эксплуатацию складов в автоматическом режиме. К их числу относятся:

- склады-силосы в виде усеченного конуса с расширением книзу, либо в виде цилиндра с горизонтальным дном, разгружаемые полноповоротными шнековыми разгрузчиками или разгрузчиками типа *Help*;

- склады-бункера в виде усеченной пирамиды со стенками, расширяющимися книзу, разгружаемые передвижными шнековыми питателями или разгрузчиками стакерного типа.

Некоторые из этих складов показаны на рис. 2.27.

Угол наклона стенок силосов и бункеров к их дну устанавливается в зависимости от конструкции склада и высоты складирования ($\alpha_0 = 60 \div 85^\circ$). Высота складирования в закрытых складах щепы – до 30 м, коры и древесных отходов – до 15 м.

Геометрический объем материала в закрытых складах зависит от их конфигурации и определяется для складов трапециевидного сечения с треугольной верхней частью формулой

$$V_{\Gamma} = \frac{L(B_2 H_2 + B_1 H_1 + B_2 H_1)}{2} - \frac{H_2 B_2^2}{6}, \text{ м}^3;$$

$$B_2 = 2H_2 \operatorname{ctg} \alpha_0, \text{ м},$$

где L – длина бункера, м;

B_1 и B_2 – ширина бункера в нижнем и верхнем основании, м;

H_1 и H_2 – высоты трапециевидной и верхней треугольной части материала или высоты конических частей материала в бункере, м;

α_0 – угол естественного откоса, град.

Силосы и бункеры могут быть железобетонными или металлическими. Стены и днища силосов и бункеров в зимнее время могут подогреваться с использованием в качестве теплоносителя теплого воздуха, горячей воды либо пара. Они могут быть оборудованы устройствами для электрообогрева. Склады, оборудованные разгрузчиками, могут быть использованы не только для хранения, но и для подготовки технологической щепы и опилок с применением пропарки или разогрева.

Диаметр или ширина емкостей, а также их высота определяются видом хранимой измельченной древесины и типом применяемого разгрузчика.

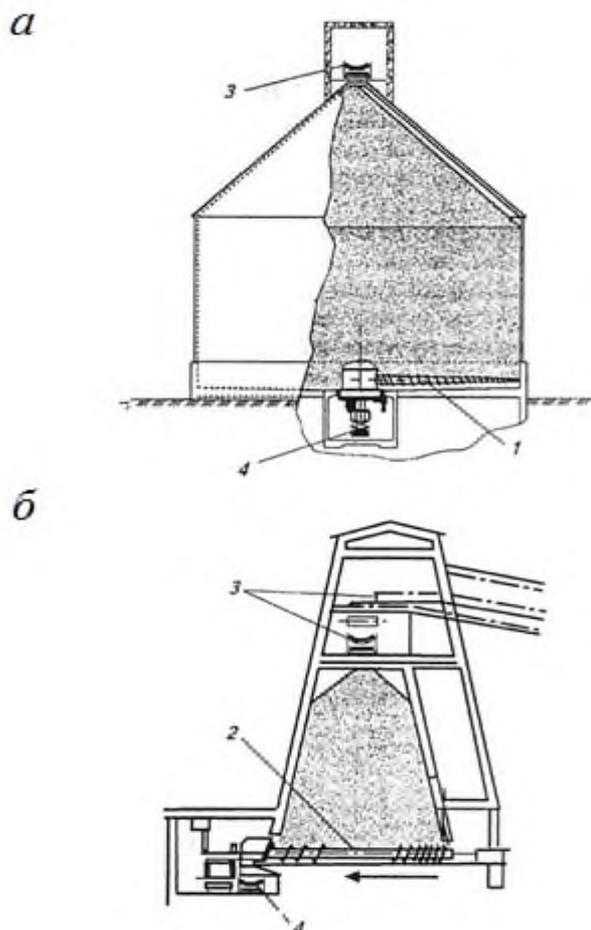


Рис. 2.27. Закрытые склады для измельченной древесины:

a – закрытый склад силосного типа; *б* - закрытый склад «шатрового» типа:
 1 – шнековый поворотный разгрузчик; 2 – шнековый передвижной разгрузчик; 3 - конвейер для подачи измельченной древесины на склад; 4 – конвейер для подачи измельченной древесины в производство

Радиальные полноповоротные питатели-разгрузчики (рис.2.28б,в) состоят из приводной поворотной опоры, располагаемой над разгрузочным окном, и установленного на этой опоре вращающегося шнека с переменными шагом винта и диаметром вала. В зависимости от конструкции разгрузчика и длины шнека он может быть консольным или с опорой, снабженной катком, на круговом рельсе. Передвижные шнековые питатели-разгрузчики (рис.2.28а,г) состоят из передвижного приводного устройства и шнека с переменным шагом винта и диаметром вала. Питатель может быть одноопорным (с консольным шнеком) либо двухопорным, у которого шнек опирается не только на приводное устройство, но и на опорное – размещенное со стороны, противоположной приводному устройству. Разгрузчики-питатели передвигаются по параллельным рельсовым путям. Разгрузка склада передвижным питателем осуществляется на конвейер, размещаемый под питателем со стороны приводной станции.

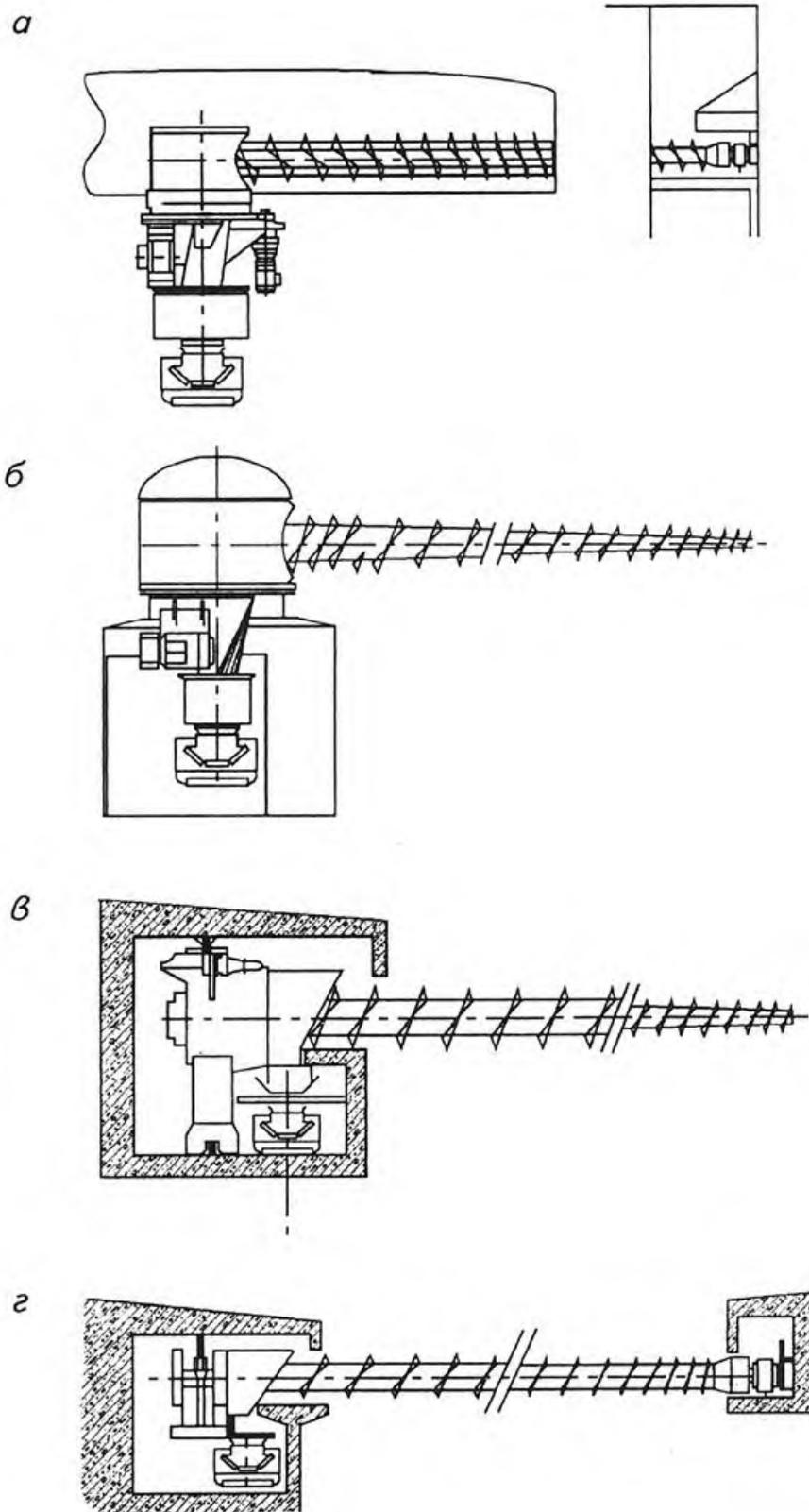


Рис. 2.28. Шнековые питатели-разгрузчики для складов
измельченной древесины:
a – разгрузчик полноповоротный консольный или опорный;
б – разгрузчик полноповоротный консольный; *в* – разгрузчик
 передвижной одноопорный консольный;
г – разгрузчик передвижной двухопорный

3. МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ СО ШТУЧНЫМИ ГРУЗАМИ

К штучным грузам относят большую группу грузов, которые поступают (отправляются), транспортируются и (или) хранятся в виде отдельных единиц (штук). Это могут быть грузы свободные, обвязанные, упакованные в бочки, мешки, ящики, коробки, баллоны и другим образом, а также грузы, размещенные на поддонах или в контейнерах.

Все штучные грузы различаются по форме, массе и размеру отдельных мест. Они подразделяются на тяжеловесные, легковесные, длинномерные, габаритные и негабаритные. К тяжеловесным относятся грузы, имеющие массу свыше 500 кг. Легковесными считаются грузы, 1000 кг которых занимают объем 2 м³ и более. К таким грузам относятся: вата, войлок, спецодежда и т.п. К длинномерным относятся грузы, состоящие из отдельных мест длиной свыше 3 м, а к негабаритным – грузы, которые по своим размерам не вписываются в габариты железнодорожных вагонов, автомобилей и соответствующих путей.

В целом, номенклатура и специфика штучных грузов на предприятиях отрасли неисчерпаема. Однако наиболее массовыми из них являются различные виды сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в виде рулонов, кип, пакетов, поддонов с продукцией, хранящиеся и перемещаемые поштучно как внутри производства, так и за его пределами.

3.1. Характеристики и свойства основных видов готовой продукции

К готовой продукции целлюлозно-бумажной промышленности относят: различные виды целлюлозы, древесной массы, бумага, картон и изделия из них: мешки, заготовки коробок, санитарно-гигиенические изделия, канцелярские товары и др. На многие предприятия целлюлоза, древесная масса и макулатура в кипах поступают извне в качестве исходного сырья или полуфабриката.

Целлюлозу отправляют потребителям в виде кип из листов влажностью до 20 %, с ориентировочными размерами кип 85х65х40 см и массой 150÷200 кг. Кипы целлюлозы должны быть обернуты в 1-2 слоя той же целлюлозы и обвязаны стальной или синтетической лентой в 4 пояса (2 вдоль и 2 поперек кипы). Древесную массу отгружают в таких же кипах, но без обертки. Кипы макулатуры обычно имеют массу от 200 до 600 кг и должны быть плотно спрессованы для сохранения целостности при транспортировании.

В ряде случаев отдельные кипы объединяют в обвязанные пакеты, что позволяет увеличить массу единицы транспортируемого груза, сократить продолжительность обработки транспортного средства и повысить его загрузженность.

Перечень бумажной продукции включает газетную, типографскую бумагу, бумагу для гофрирования и другие сорта бумаги в виде рулонов. Рулоны бумаги обычно имеют диаметр 800÷1000 мм и ширину от 40 до 170 см. Масса рулонов составляет от 125 до 650 кг. Бумага в рулонах плотно наматывается на прочные бумажные гильзы, соответствующие ширине полотна, и защищается с поверхности несколькими слоями оберточной бумаги.

Номенклатура выпускаемого картона насчитывает более 40 наименований. Наибольший объем товарных картонов приходится на долю упаковочных (коробочных), переплетных, кровельных и картона-лайнера для плоских слоев гофрированного картона. Картоны толщиной до 1 мм поставляют в рулонах, а более – в виде отдельных листов в кипах.

Рулоны картона наматывают на прочные бумажные гильзы и упаковывают в несколько слоев упаковочной бумаги. Размеры и масса рулонов картона зависят от его марки и назначения. Диаметр рулона составляет от 500 до 1100 мм, формат – от 750 до 1250 мм, масса – от 160 до 600 кг. В отдельных случаях ширина рулона достигает 2100 мм и массы около 1000 кг. Рулоны картона, используемого в рамках одного предприятия, могут и не упаковываться. В этих случаях упаковкой служат 2-3 верхних слоя самого картона. Во избежание самопроизвольного разматывания рулоны обтягиваются по высоте 2-3-мя поясами металлической или синтетической ленты (ошиновка).

Картон толщиной более 1 мм упаковывают в отдельные кипы. Габариты этих кип весьма разнообразны и, как правило, связаны с габаритами продукции, вырабатываемой из данного картона. На практике они составляют (45÷360) x (60÷240) x 50 см, при массе кипы до 100÷150 кг.

Среди готовой продукции значительное место занимают бумажные многослойные мешки. Готовые мешки собирают в кипы, которые прессуют для повышения их плотности. Габариты кип зависят от формата мешков и количества их в кипе. Размеры кип составляют 100x(80÷110)x(65÷90) см, высота кипы зависит от количества мешков в ней, которое колеблется в пределах от 100 до 500 шт. Масса одной кипы составляет 150÷300 кг. Тетради, альбомы и другие изделия ширпотреба упаковывают в кипы от 50 до 100 кг. Кипы обертывают в несколько слоев бумаги или полиэтилена.

Упакованная в кипы листовая готовая продукция часто укладывается на поддоны. Масса таких единиц груза может достигать 700÷800 кг. Размеры применяемых стандартных поддонов составляют 800x1200x160 мм. Уложенная на поддон продукция упаковывается в термоусадочную полиэтиленовую пленку. Преимуществом транспортирования и хранения продукции на поддонах является одинаковая величина транспортируемых единиц груза, благодаря чему процессы складирования и перемещения значительно упрощаются.

При различных операциях с рулонами и листовой продукцией может происходить их повреждение. Основные причины повреждений:

- воздействие влажности;

- удары, столкновения, трение;
- гвозди, болты и прочие выступающие из пола подвижного состава части;
- деформации в результате воздействия высоких нагрузок;
- складирование рулонов на неровном основании;
- укладка продукции на влажном основании.

Бумага, особенно газетная, поглощает воду очень быстро. При намокании толщина бумаги увеличивается на 50-60 %, вследствие чего возникают внутренние напряжения и деформации. Проникновение влаги в рулонную продукцию на глубину 2,5 см повреждает около 300 слоев бумаги, что соответствует более 10 % потерь от массы рулона.

Повреждения готовой продукции могут наноситься челюстными грузозахватными приспособлениями, которыми оборудуются погрузчики. Они возможны, когда челюсти неправильно захватывают груз. Повышенное давление на челюстях захвата может привести к сжатию и деформации рулона. Пониженное давление - к недостаточности сил их сцепления с грузом и, как результат, его повреждение от удара при возможном падении. Падение рулона даже с высоты 20 см может вызвать сплющивание, а также боковые, торцевые и угловые повреждения. Поэтому грузозахватные приспособления должны иметь редуцирующий клапан, регулирующий давление захватов.

Потери бумаги при внешних повреждениях зависят от глубины проникновения и диаметра рулона и могут составлять достаточно большие величины. Так, например, при глубине повреждения 10 см и диаметре рулона 70 см потери составляют 50 % от массы всего рулона.

3.2. Доставка и отгрузка сырья и готовой продукции

Более 80 % готовой продукции и волокнистых полуфабрикатов отрасли перевозится по железным дорогам в крытых вагонах или в контейнерах. Универсальные контейнеры грузоподъемностью 3,5,10,20 и 30 т размещают на открытых железнодорожных платформах или на автомобильных контейнеровозах. Преимущество использования контейнеров заключается в том, что, помимо транспортной грузовой единицы, они являются и емкостью-хранилищем, не требующим строительства специальных крытых складов и обеспечивающим надежную сохранность груза.

Крытые вагоны общего назначения имеют объем кузова 90, 106 и 120 м³. В отдельных случаях используют полувагоны с применением укрытий продукции от воздействия атмосферных осадков. Вагоны имеют на стенах большое количество несъемного штатного оборудования – кронштейнов, скоб, стоек, выступов и т.п. Низкая допускаемая нагрузка на пол (1,5 ÷ 2,0 т на колесо), малые размеры дверных проемов вагона (ширина 2 м и высота 2,1 м) ограничивают грузоподъемность и габариты электро- и автопогрузчиков, применяемых для погрузочно-разгрузочных работ, а также массу и размеры продукции, загружаемой в вагон механизированным способом.

Перед загрузкой вагоны должны быть очищены от остатков ранее перевезенных грузов и тщательно изнутри обиты в несколько слоев бумагой (целлюлозой) для ограждения выступающих внутрь вагона элементов на полу и стенах. В зависимости от параметров перевозимого груза применяются различные способы его крепления в вагонах для предотвращения сдвига грузов и наваливания его на двери. Крепление осуществляют с помощью досок, деревянных клиньев и прокладок, использованных или бракованных гильз и т.п.

Перевозка каждого из видов продукции регламентирована сетевыми или местными техническими условиями. Выполнение всех пунктов этих условий требует значительных трудозатрат и расхода бумаги, пиломатериалов, гвоздей и других материалов для обшивки вагонов. Однако, даже при выполнении этих условий, потери продукции при перевозках составляют 1÷3 %, а иногда и более.

В качестве альтернативы разработаны специализированные вагоны для перевозки картонно-бумажной продукции, или вагоны с групповой специализацией. Конструктивными особенностями таких вагонов являются открывающаяся крыша, открывающиеся торцовые стенки, расширенные дверные проемы и распашные двери. Основное внимание при этом направлено на создание специальных штатных устройств для крепления рулонов и продукции в кипах после их погрузки в вагоны. К ним относятся перегородки, надувные устройства и т.п. Применение специализированных вагонов вместо универсальных позволяет:

- повысить статическую нагрузку вагона;
- сократить потери бумажно-картонной продукции от повреждений при транспортировке;
- отказаться от выполнения дополнительных работ, связанных с подготовкой вагона под загрузку;
- исключить расход безвозвратного реквизита;
- сократить общее время простоя вагонов под загрузкой.

Существует несколько способов загрузки вагонов готовой продукцией. Для рулонной продукции наиболее распространенным является их загрузка в вертикальном положении. Загрузка производится с помощью универсальных погрузчиков, оборудованных челюстными поворотными захватами. Последовательность установки рулонов погрузчиками в вагон представлена на рис. 3.1а.

При загрузке вагонов рулонами небольшой длины (до 1,0 м) осуществляют их установку в два яруса в том же порядке, как и при одном. Особое внимание следует уделять размещению рулонов около дверного проема. Размещать рулоны следует таким образом, чтобы на месте разгрузки можно было беспрепятственно открывать двери с обеих сторон, не повреждая при этом рулоны.

Рулоны бумаги и картона массой более 1500 кг загружают в универсальные крытые вагоны в накат и перевозят в горизонтальном положении.

Процесс погрузки рулонов длиной 2100 мм и более затруднителен, так как этот размер превышает ширину и высоту дверей вагона. Такие рулоны приходится завозить в дверной проем вагона в наклонном положении и укладывать горизонтально в два яруса. Формирование второго яруса осуществляется вручную путем перекатывания рулонов по доскам, уложенным на рулоны первого яруса. Аналогичные сложности возникают и в процессе разгрузки вагонов.

Продукцию, упакованную в кипы, укладывают в вагоны в несколько ярусов до заполнения всего объема кузова. Количество кип, укладываемых в вагон, зависит от размеров кипы и от объема кузова вагона. Кипы целлюлозы и другой продукции рационально транспортировать и хранить на поддонах, позволяющих комплектовать мелкие грузы в пакеты. Это упрощает погрузочно-разгрузочные операции и резко снижает повреждение готовой продукции. Поддоны хорошо приспособлены для механизации операций перемещения с помощью погрузчиков с вилочным захватом. Например, при массе кипы целлюлозы или другой листовой продукции 100÷200 кг из них формируется пакет, масса которого соответствует грузоподъемности погрузчика. Чаще всего используют стандартные поддоны щитового типа из досок с зазором в свету 120 мм для ввода вилок погрузчика. Схема расположения стандартных поддонов в вагоне представлена на рис. 3.1б.

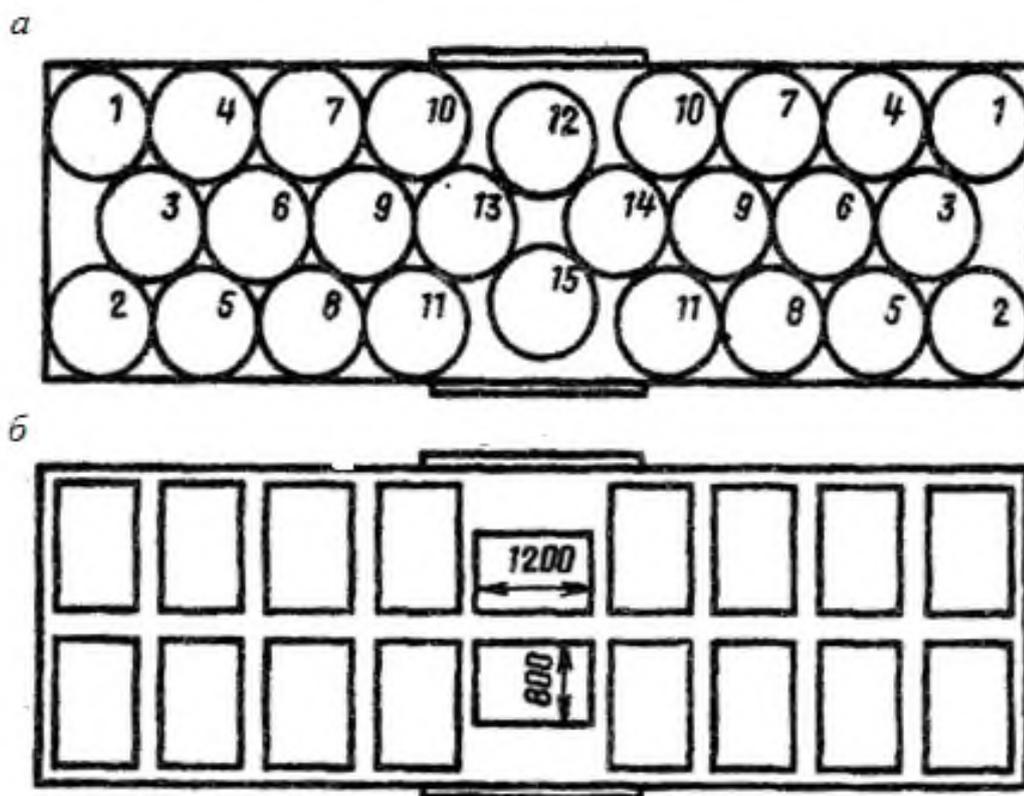


Рис. 3.1. Схемы загрузки вагонов готовой продукцией:
 а – рулонной; б - листовой на поддонах

3.3. Средства механизации работ со штучными грузами

Все подъемно-транспортные устройства, предназначенные для перемещения массовых штучных грузов (рулоны, кипы) на предприятиях отрасли, можно разделить на следующие группы:

- универсальные авто- и электропогрузчики различных модификаций с различными типами грузозахватных приспособлений, являющиеся основным средством для обслуживания складов готовой продукции и сырья в рулонах и кипах;

- транспортные устройства для горизонтального непрерывного перемещения грузов: ленточные, цепные, пластинчатые, роликовые, напольные и другие конвейеры;

- транспортные устройства, предназначенные для вертикального (межэтажного) перемещения грузов: спускные и подъемные элеваторы, гидравлические и гравитационные спускные устройства;

- специальные устройства для перемещения грузов: краны-штабелеры, подвесные конвейеры и другие;

- большая группа средств малой механизации с ручным приводом: напольные тележки для перемещения грузов, оборудованные устройствами для подъема грузов на небольшую высоту, специальные платформы и др.

Последняя группа устройств предназначена для обработки небольших потоков грузов и поэтому в данной работе отдельно не рассматриваются.

3.3.1. Универсальные авто- и электропогрузчики

Передвижные универсальные погрузчики сочетают в одном агрегате подъемные и транспортные механизмы, позволяющие выполнять как вертикальные, так и горизонтальные перемещения груза. Группа этих машин представлена большим количеством моделей, различающихся грузоподъемностью, типом привода, опорными элементами, габаритом и конструктивным оформлением грузоподъемных устройств. Универсальность погрузчиков заключается в приспособленности их к работе с различными грузами с помощью сменных грузозахватных приспособлений. Это дает возможность применения их на погрузочно-разгрузочных работах с различными грузами и в любых производственных условиях.

Поскольку в условиях складского хозяйства погрузчики работают в стесненных условиях, для механизации работ со штучными грузами применяются, в основном, малогабаритные авто- и электропогрузчики грузоподъемностью до 2 т, отличающиеся небольшими нагрузками колес на пол, высокой маневренностью и способностью вписываться в узкие проходы и малые радиусы поворотов.

Погрузчик (рис. 3.2) представляет собой передвижную машину на колесном ходу с приводом от автономного электродвигателя или двигателя

внутреннего сгорания. Подъемная часть погрузчика монтируется на колесном шасси с пневматическими шинами или на грузовых лентах. Задние колеса погрузчика управляемые, передние – приводные. Грузоподъемное устройство монтируется между передними колесами и уравнивается массой рамы погрузчика, двигателя или аккумулятора, расположенных позади передних колес. Несущие груз грузозахватные устройства монтируются на выдвижной раме и поднимаются с помощью гидроподъемника. Опускание груза производится под действием силы собственной тяжести с контролируемой скоростью. Многие модели погрузчиков снабжаются выдвижными телескопическими рамами, позволяющими регулировать высоту подъема груза в больших пределах и поднимать груз на высоту до 6 м без увеличения общей высоты погрузчика. Для повышения устойчивости груза на грузоподъемнике его рама крепится шарнирно и имеет возможность отклоняться от вертикального положения назад при захвате и перевозке груза и вперед при его опускании на место укладки.

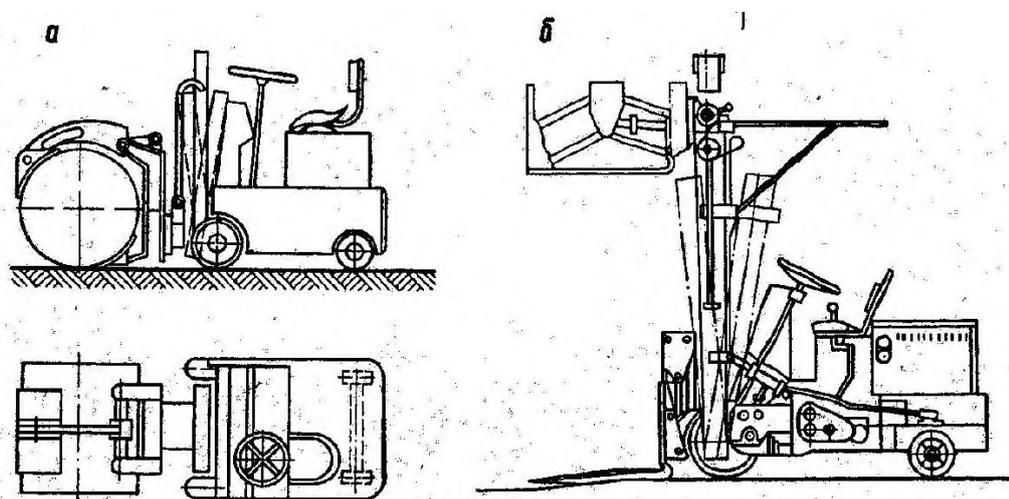


Рис.3.2. Универсальные погрузчики:
а – с поворотно-клещевым захватом для рулонов; *б* – со сталквателем кип

Для привода погрузчика могут быть установлены электродвигатели, питаемые от аккумуляторных батарей или от сети при помощи гибкого кабеля (электропогрузчики), или дизельный двигатель внутреннего сгорания (автопогрузчики).

Электропогрузчики бесшумны в работе, безопасны в пожарном отношении, не загрязняют воздух в помещениях выхлопными газами. Их обычно применяют в закрытых, плохо вентилируемых складах и цехах. Однако электропогрузчики имеют сравнительно небольшой радиус действия, дороги в эксплуатации и сложны в ремонте. Для их работы необходимы тяжелые и дорогие аккумуляторные батареи, нуждающиеся в периодической зарядке или смене. При работе в холодных зимних условиях на открытых площадках аккумуляторные батареи не развивают нужной мощности и часто выходят из строя. Поэтому электропогрузчики заменяют автопогрузчиками.

Приводы автопогрузчиков могут работать на сжиженном газе или ином полностью сгораемом топливе. Ходовая часть погрузчика и гидронасосы подъемного механизма работают обычно от дизельного двигателя. В отработанных газах дизельных двигателей содержание вредного СО примерно в 20 раз меньше, чем в выхлопных газах бензиновых двигателей, однако и такое количество СО может сказаться на здоровье персонала. Поэтому автопогрузчики допустимо использовать ограниченное время в хорошо проветриваемых помещениях. В целом, учитывая рассмотренные особенности этих машин, основное применение внутри цехов находят погрузчики с электрическим приводом, а для межцеховых перемещений – погрузчики с двигателем внутреннего сгорания.

В паспортных характеристиках погрузчиков указана техническая грузоподъемность в статических условиях. Рабочую грузоподъемность погрузчика определяют с учетом условий эксплуатации и отношения момента устойчивости (относительно оси передних колес) к опрокидывающему моменту. Коэффициент продольной устойчивости и допускаемая грузоподъемность погрузчика определяются с учетом предельных условий эксплуатации: при нахождении его на наклонной плоскости (5^0), когда груз сталкивается с вил, находящихся в верхнем положении. Величина коэффициента продольной устойчивости должна быть не менее 1,15.

Техническая производительность самоходных погрузчиков периодического действия зависит от массы перемещаемого груза q и продолжительности одного цикла работы T и определяется по формуле:

$$P = 3600q/T, \text{ т/ч.}$$

Продолжительность цикла работы погрузчика складывается из следующих элементов:

$$T = t_з + t_p + (l/v_r) + t_y + t_p + (l/v_n), \text{ с,}$$

где l – расстояние перемещения груза погрузчиком, м;

v_r и v_n – скорость перемещения погрузчика, соответственно, с грузом и без груза, м/с;

$t_з$, t_p , t_y – нормативы времени соответственно на захват груза (≈ 15 с), разворот погрузчика (≈ 10 с) и укладку груза (≈ 15 с).

3.3.2. Сменные грузозахватные приспособления к погрузчикам

Универсальные самоходные погрузчики должны быть укомплектованы сменными захватными приспособлениями, обеспечивающими выполнение любых перегрузочных и транспортных работ с самыми различными штучными грузами на различных участках производства. Из числа таких

приспособлений в складских хозяйствах ЦБП широкое применение находят различные модификации вилочных захватов, боковые захваты для кип сырья и готовой продукции, клещевые захваты для рулонов, вакуумные захваты и др. (рис. 3.3).

Вилочный захват (рис. 3.3, 8) является самым распространенным рабочим приспособлением, применяемым при переработке штучных грузов практически любой формы, в том числе для работы с грузами на поддонах. Рабочая часть вилочных захватов выполнена в виде суживающихся к концам вытянутых прямоугольников, что позволяет подводить вилы под грузы, приподнятые над полом на высоту $40 \div 50$ мм. Длина выступающих частей захвата достигает 1000 мм и более. Вилочный захват подвешивается на ось грузовой каретки. Такой способ подвески дает возможность передвигать вилы в поперечном направлении погрузчика, меняя расстояние между ними в соответствии с габаритом груза. В некоторых случаях вилочные захваты дополняются верхним прижимным и поворотным устройством, что позволяет прочно прижимать груз к вилам и менять его положение в пространстве поворотом вил в горизонтальной плоскости.

Боковые захваты (рис. 3.3, 2,4 и 12) для зажима груза с боков находят широкое применение в сушильных и картонных цехах, на складах хранения целлюлозы, макулатуры и картона в кипах, ящиков и аналогичных по форме грузов. Груз удерживается между лапами силой трения, которая должна быть на $30 \div 40$ % больше силы тяжести зажатого груза. Боковые захваты в ряде случаев снабжаются механизмом поворота, позволяющим менять положение груза (кантовать) во время транспортирования или укладки.

Клещевые захваты для рулонов (рис. 3.3, 1) являются основным средством при перегрузках рулонов бумаги, картона и других грузов, имеющих цилиндрическую форму. Захват состоит из системы шарнирно соединенных неравноплечих рычагов и гидроцилиндров двойного действия, позволяющих изменять ширину зева захвата и зажимать рулоны различных диаметров. Большинство этих захватов дополнительно снабжаются механизмом поворота, чем обеспечивается возможность кантования приподнятого рулона в горизонтальной плоскости. Благодаря неодинаковой длине верхних и нижних рабочих рычагов захват обладает возможностью одновременно с зажимом рулона производить также его закатывание в зев механизма и захватывать рулон как из вертикального, так и из горизонтального положения.

При выборе модели клещевого захвата необходимо руководствоваться не только размерами перегружаемых рулонов, но также и сортом продукции. Так, для перегрузки рулонов бумаги необходимо применять захваты с увеличенной площадью челюстей, чтобы их давление на рулон не вызывало вмятин и деформации рулонов бумаги. Для различных сортов бумаги это давление рекомендуется выдерживать в следующих пределах (МПа): мягкие сорта бумаги $0,05 \div 0,10$; газетная и писче-печатная бумага $0,15 \div 0,18$; плотная жесткая бумага и картон $1,1 \div 1,5$. Зажимные пластины захватов должны быть прямыми, с хорошо закругленными и зачищенными краями. Соприкасаю-

щиеся с рулоном поверхности рекомендуется футеровать эластичными и достаточно абразивными материалами, способными надежно удерживать рулон при сравнительно небольших усилиях сжатия.

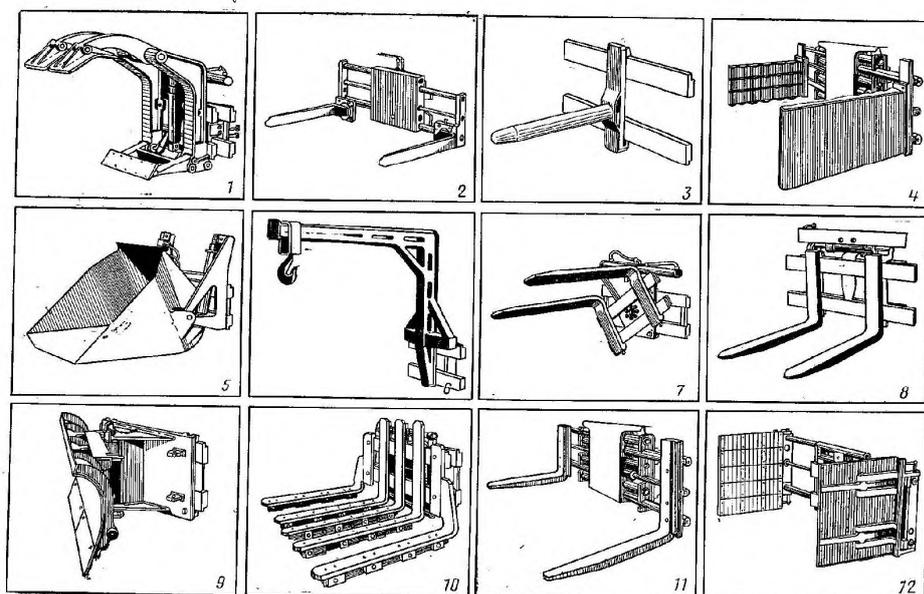


Рис. 3.3. Сменные рабочие приспособления для малогабаритных погрузчиков:

1 – захват для рулонов; 2 – боковой захват для кип; 3 – штыревой захват для бухт проволоки и покрышек; 4 – боковой захват для пакетов; 5 – ковш для сыпучих грузов; 6 – крановый захват; 7 – вилочный поворотный захват; 8 – неповоротный вилочный захват; 9 – бульдозер для чистки территории; 10 – вилочный захват для мелких грузов; 11 – раздвижной вилочный захват; 12 – гидравлический захват для кип картона

3.3.3. Конвейеры для перемещения штучных грузов

Ленточные конвейеры используют для транспортирования рулонов и кип на небольшие расстояния (до 100 м). Тяговым и несущим органом служит прорезиненная лента,двигающаяся по поддерживающим устройствам в виде роликов, которые могут быть желобчатыми (для рулонов) и прямыми (для кип). Ролики на рабочей ветви конвейера располагаются на таком расстоянии друг от друга, чтобы транспортируемый груз постоянно находился на двух роликах. Это расстояние принимают равным $1/3$ длины груза. При транспортировании листовых материалов в стопах в моменты пуска и останова конвейера не исключено смещение листов в стопе, что может затруднить ее дальнейшую обработку.

Расчетная производительность ленточного конвейера

$$Z_p = ZK_H / K_T, \text{ шт/ч,}$$

или в массовых единицах:

$$Q_p = Z_p m, \text{ т/ч,}$$

где Z – требуемая производством производительность конвейера, шт/ч;

K_n – коэффициент, учитывающий возможную неравномерность подачи грузов ($K_n = 1,2 \div 1,3$);

K_r – коэффициент, учитывающий готовность конвейера к работе ($K_r = 0,96$);

m – масса единицы груза, т/шт.

Пластинчатые конвейеры используют для транспортирования рулонов бумаги и картона, кип листовой продукции целлюлозы и макулатуры в цехах и складах. Эти конвейеры оборудуются деревянными или металлическими настилами, которые крепятся к тяговым цепям. Конвейер позволяет транспортировать груз не только в горизонтальном, но в наклонном направлении на расстояние до 100÷150 м. Угол наклона находится в пределах 15÷25°.

Для транспортировки рулонов пластины настила имеют углубление в середине, препятствующее боковому скатыванию рулона с конвейера. Ось рулона располагается вдоль оси движения конвейера. Такие конвейеры называют продольными. В поточных линиях, наряду с продольными, применяют пластинчатые конвейеры для поперечного транспортирования рулонов. Рулоны располагаются во впадинах, образуемых настилом через каждые два шага тяговой цепи. Скорость транспортирования рулонов составляет 0,28 ÷ 0,4 м/с.

Для транспортирования стоп и кип в транспортно-упаковочных линиях применяют специальные пластинчатые конвейеры. Они позволяют транспортировать кипы массой от 150 до 250 кг со скоростью до 0,4 м/с. Привод конвейера осуществляется мотор-редуктором через цепную передачу. Несущее полотно конвейера состоит из специальных пластин, являющихся несущим и тяговым элементами. Пластины связаны друг с другом валиками-осями с шагом 40 мм. Они скользят по направляющим, изготовленным из антифрикционного материала.

Типоразмер и основные параметры конвейера выбирают исходя из тягового усилия, величину которого определяют по приближенной формуле:

$$S \approx 1,05 [S_{min} + w[(q + q_0)L_{раб} + q_0L_{хол}] \pm (q + q_0)H], \text{ Н,}$$

где S_{min} – минимальное натяжение тягового органа, Н ($S_{min} = 2000 \div 3000$ Н);

w – коэффициент сопротивления движению полотна ($w = 0,045$);

q – погонная нагрузка от перемещаемых грузов, Н/м;

q_0 – погонная нагрузка от веса полотна, Н/м;

$L_{раб}$ – длина горизонтальной проекции рабочей (верхней) ветви конвейера, м;

$L_{хол}$ – то же холостой (нижней) ветви конвейера, м;

H – высота подъема (опускания) для наклонных конвейеров, м.

Роликовые конвейеры применяют для транспортирования рулонов бумаги и картона, кип целлюлозы и стоп бумаги. Роликовые конвейеры бывают двух типов: неприводные (рольганги) и приводные.

По неприводным рольгангам груз перемещается на короткие (до 5 метров) расстояния под действием силы тяжести. Такие конвейеры располагаются с небольшим наклоном, обеспечивающим движение груза. Для перемещения рулонов и кип угол наклона должен быть в пределах $5 \div 8^\circ$. Расчетная скорость перемещения груза на конвейере составляет около 0,35 м/с. Неприводные рольганги применяют для перемещения грузов при перегрузке их с одних транспортных средств на другие, для транспортирования в конце поточных линий и в других случаях.

Для определения минимального угла наклона α неприводного рольганга рекомендуется формула:

$$tg\alpha \geq (f \cdot d/D)(1 + (m_0 n_0/m)) + (2K/D) + (\psi \cdot m_0 v^2/m \cdot g)(n/L),$$

где f – коэффициент трения скольжения в подшипниках роликов (при подшипниках качения – приведенный коэффициент трения);

d – диаметр цапф роликов, м;

D – диаметр ролика (для желобчатых роликов - диаметр по точкам контакта рулона с роликами), м;

m_0 – масса ролика, кг;

$n_0 = 3 \div 4$ – число роликов, на которые одновременно опирается груз;

m – масса груза, кг;

K – коэффициент трения качения груза по роликам, м;

$\psi = 0,8 \div 0,9$ – коэффициент, учитывающий, что не вся масса ролика расположена на его окружности;

v – скорость движения груза, м/с;

n – общее количество роликов в рольганге;

L – длина рольганга, м.

В тех случаях, когда грузы по рольгангу движутся вплотную друг к другу и окружная скорость роликов не меняется, в приведенной формуле необходимо исключить последний член, учитывающий сопротивление вследствие скольжения груза по роликам и сообщения роликам кинетической энергии.

Приводные роликовые конвейеры находят широкое применение в поточных линиях для транспортирования рулонов, стоп бумаги, картона и кип целлюлозы. Форма роликов в конвейере зависит от вида транспортируемого груза. Для перемещения листовой продукции применяют цилиндрические ролики, длина которых зависит от размеров груза. Часто вместо длинных роликов (в неприводных рольгангах) устанавливают две «дорожки» из корот-

ких роликов, на которые опираются кромки груза. В приводных рольгангах для транспортирования рулонов используют как цилиндрические, так и желобчатые ролики. Чтобы рулоны не скатывались с цилиндрических роликов конвейера, каждый ролик с двух сторон снабжают дисками, свободно вращающимися на осях роликов. Иногда вместо дисков, устанавливают борты с двух сторон конвейера. Шаг между роликами при транспортировании тяжелых грузов определяется прочностью осей роликов. В этих случаях ролики располагаются с малым шагом, превышающим диаметр роликов на $50 \div 60$ мм. Шаг роликов не должен превышать половины размера груза.

Для изменения направления движения стоп целлюлозы на 90° в поточных линиях часто применяют конвейер с поворотным подъёмным рольгангом. Такие конвейеры используют для приема стоп с поперечного цепного конвейера саморезки и передачи их на конвейер, расположенный в перпендикулярном к нему направлении.

3.3.4. Устройства для перемещения готовой продукции между этажами

Зачастую склады готовой продукции размещаются этажом ниже нулевой отметки БДМ, а следовательно, и поточных линий упаковки её. Поэтому в конце линий упаковки устанавливают устройства для опускания рулонов бумаги и картона на нижний этаж. Подъём рулонов осуществляется гораздо реже. Применение таких устройств в поточных линиях позволяет транспортировать рулоны между этажами механизированно, без затрат ручного труда. Для перемещения рулонов между этажами используют следующие устройства: элеватор люлечный, лифты, элеваторы-конвейеры; спускники - гидравлические и гравитационные.

Элеватор люлечный (рис. 3.4) представляет собой две параллельные цепи, огибающие верхние и нижние пары звёздочек и снабженные шарнирно подвешенными двумя или тремя люльками. Так как шарниры, соединяющие люльки с цепями всегда располагаются выше центра тяжести люльки, то последние при движении всегда остаются в вертикальном положении. Для механизированной погрузки и разгрузки рулонов, а также их удержания на платформе люльки, последние имеют вогнутую поверхность, а в плане – вилочный профиль. В месте загрузки элеватора на уровне пола устанавливают стержни, образующие вилообразную платформу, на которую укладывается рулон. При движении вверх стержни платформы люльки проходят между стержнями загрузочной платформы и снимают рулон. Разгрузочное устройство устанавливается на стороне нисходящей ветви, в виде вилообразной приемной платформы, на которую скатывается рулон, а порожняя люлька продолжает движение вниз. Элеваторы устанавливают в железобетонной или металлической шахте. Люлечные элеваторы обеспечивают спуск рулонов с высоты от 4 до 10 м, со скоростью от 0,15 до 0,20 м/с.

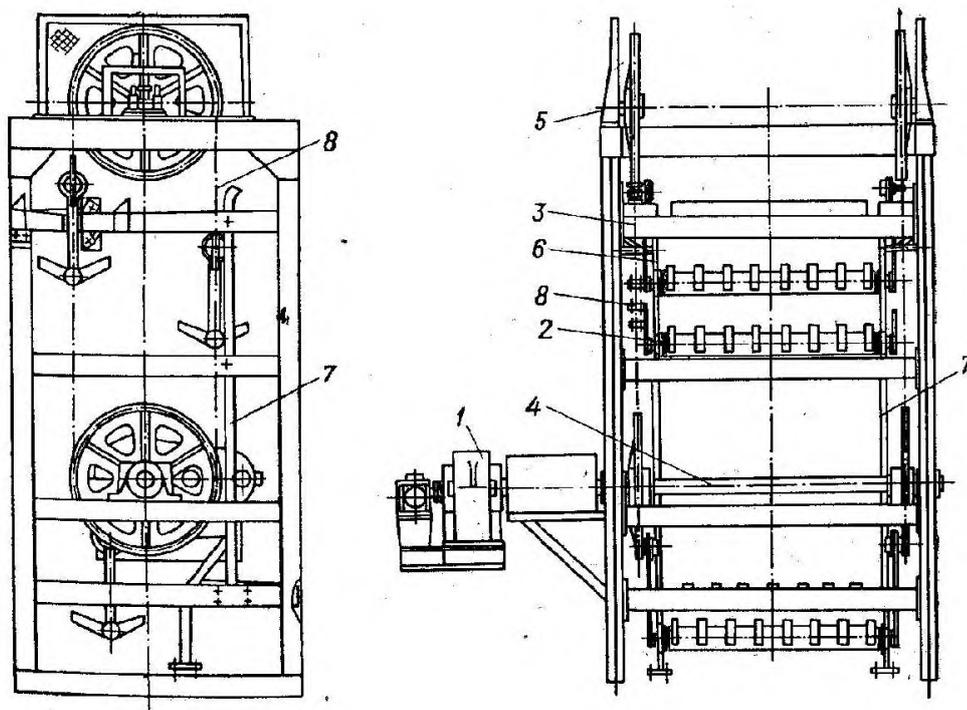


Рис. 3.4. Спускник(подъемник) элеваторный:
 1 – привод; 2 – люлька; 3 – рама; 4 – приводной вал со звездочками;
 5 – ось с натяжной звездочкой; 6,7 – направляющие; 8 - цепь

Лифты и подъемники (рис. 3.5) в последнее время нашли широкое применение в поточных линиях для приема, опускания и выдачи рулонов бумаги и картона. Конструкции лифтов и подъемников унифицированы. Подъем или опускание рулона с помощью люльки с двумя удерживающими роликами, перемещающимися внутри направляющих, выполненных из швеллеров. При движении верхнего удерживающего ролика по криволинейной направляющей люлька наклоняется, и рулон разгружается. Скорость транспортирования составляет 0,3 м/с, высота подъема – около 5 м, производительность - до 80 рулонов в час.

Элеваторы – конвейеры (рис. 3.6) предназначены для межэтажного перемещения кип целлюлозы и стоп листовой бумаги после упаковки. Они состоят из четырех бесконечных катковых цепей, охватывающих одинаковые звездочки, и гибких настилов-платформ. В нижней части элеватора имеется горизонтальный участок цепей – место загрузки или разгрузки груза. Загружается и разгружается элеватор с помощью роликовых конвейеров. Обычно платформы рассчитаны на массу единицы груза до 250 кг. В отдельных случаях масса перемещаемого груза может быть увеличена до 800 кг. Скорость движения цепей зависит от требуемого числа подаваемых грузов, которое обычно составляет 300 ÷ 1000 штук в час. В зависимости от числа грузов и высоты подъема, элеватор-конвейер оборудуется четырьмя-восемью платформами.

Спускные устройства применяют для спуска рулонов между этажами наряду с элеваторами и лифтами. Спускные устройства могут быть гидравлическими и гравитационными.

Гидравлическое спускное устройство (рис. 3.7) имеет гидравлический цилиндр с ходом поршня 2400 мм. Рулон по наклонной плоскости с упорами-отсекателями загружается на платформу-раму спускного устройства, перемещающуюся от гидроцилиндра со скоростью 0,3 м/с по направляющим при помощи канатов с полиспадами. Максимальная масса спускаемого рулона равна 1500 кг.

Гравитационное спускное устройство представляет собой шахту с направляющими, по которым движутся каретка спускника и противовес. Если в подъемнике нет рулона, противовес поднимает каретку вверх. Если же рулон находится на каретке, она под действием силы тяжести рулона опускается вниз. Для исключения равномерно ускоренного движения кареток противовес снабжается тормозным регулирующим устройством (воздушной подушкой).

Принцип гравитационного спуска применяется в устройствах для спуска и одновременного пакетирования кип целлюлозы, используемых для опускания упакованных кип на склад и одновременного формирования пакета из кип для последующего перемещения пакета погрузчиком.

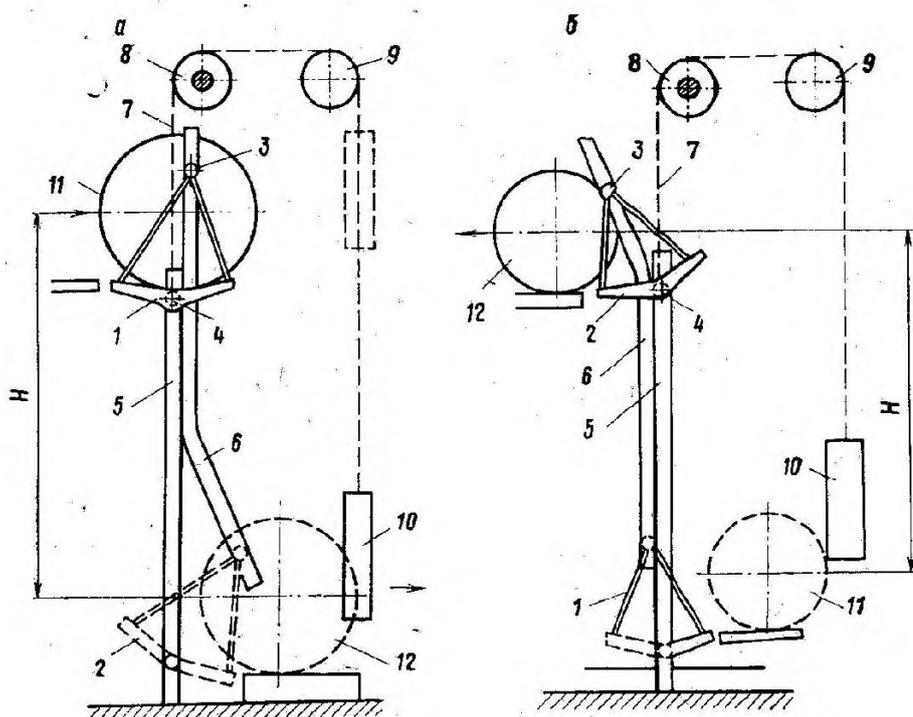


Рис. 3.5. Схемы спускных лифтов и подъемников:

a – лифт для спуска рулонов; *б*– подъемник для подъема рулонов:

- 1 – люлька в месте загрузки; 2 – люлька в месте разгрузки; 3 – верхний удерживающий ролик; 4 – нижний удерживающий ролик; 5,6 – направляющие;
- 7 – цепь; 8 - приводная звездочка; 9 – направляющая звездочка; 10 - противовес;
- 11 – загружаемый рулон; 12 – разгружаемый рулон

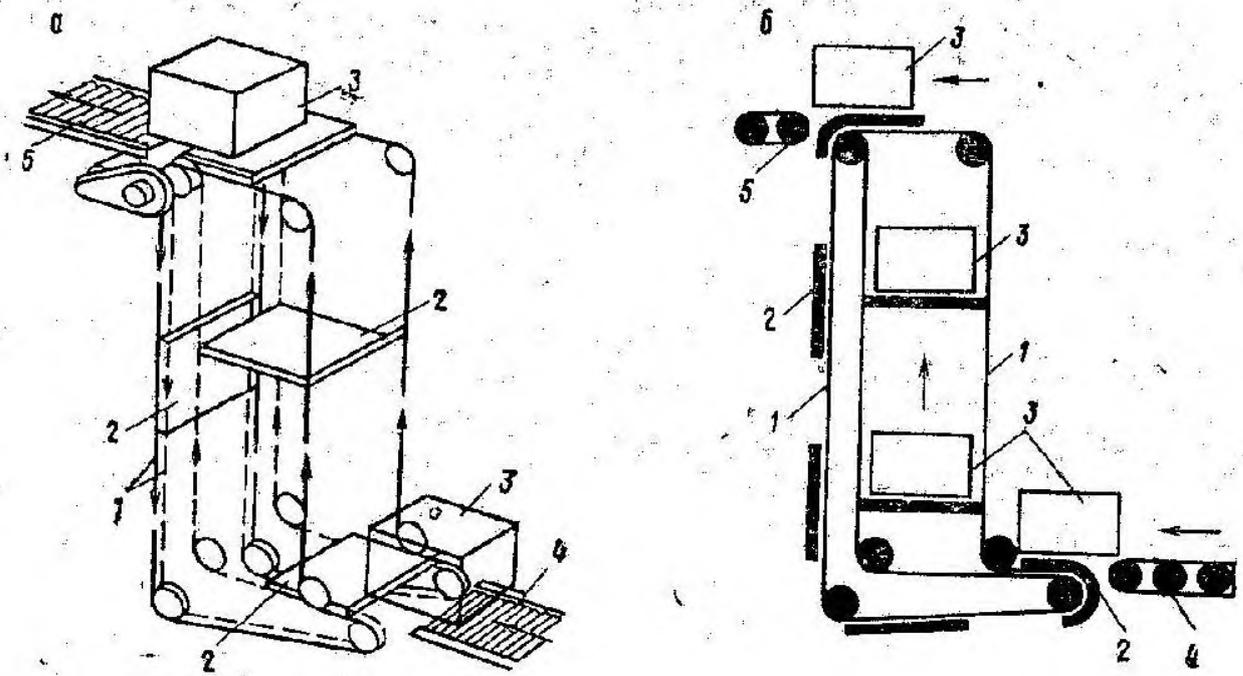


Рис. 3.6. Схема элеватора-конвейера для подъема и спуска кип целлюлозы и стоп бумаги:
a – общий вид; *б* – схема: 1 – цепи; 2 – настил; 3 – груз; 4,5 – роликовые конвейеры

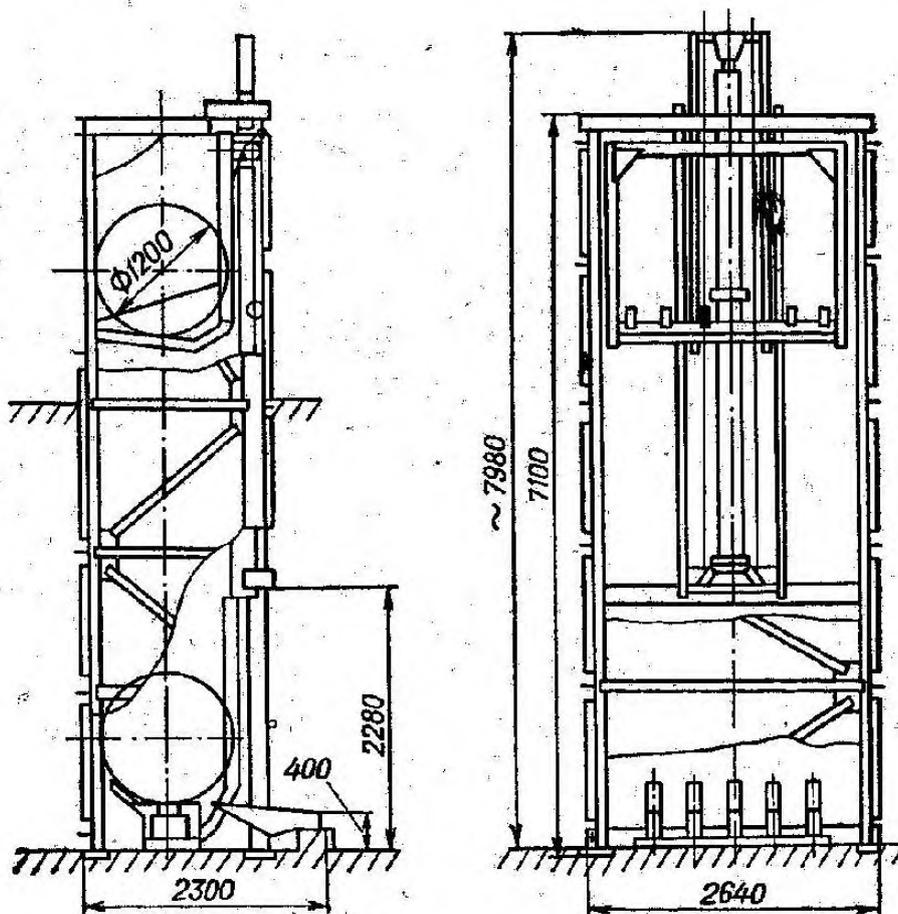


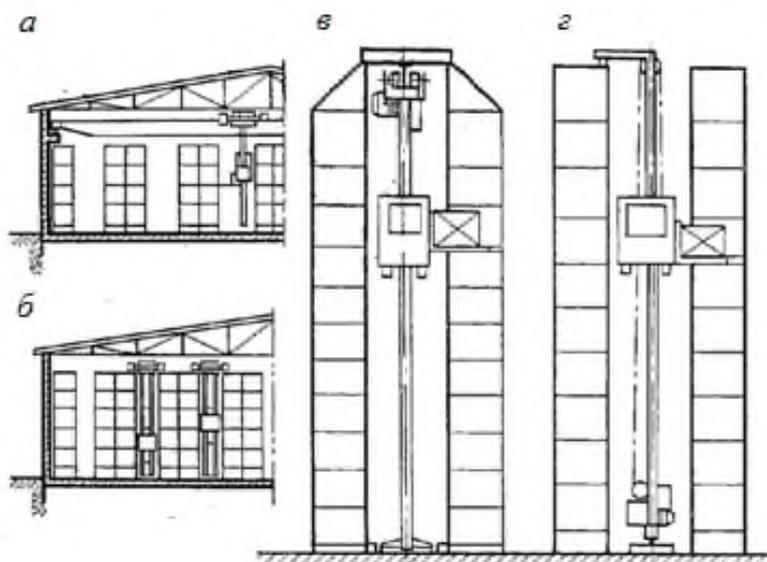
Рис. 3.7. Схема гидравлического спускного устройства

3.3.5. Краны – штабелеры

Краны – штабелеры используют на складах готовой продукции при достаточно широком ассортименте. Они позволяют автоматизировать складские операции и приблизить их по уровню механизации и организации к уровню основного технологического производства. Применение кранов – штабелеров возможно только на складах, оборудованных многоярусными стеллажами с полками – ячейками (для плоских грузов) или со сквозными наклонными полками (для рулонов), по которым они, по мере необходимости, скатываются под действием собственного веса.

Применение кранов – штабелеров позволяет значительно сократить площади склада за счет возможности увеличения их высоты (до 25-30 м) и уменьшения ширины требуемых проходов для движения между стеллажами, упростить перемещения и создает предпосылки для возможности использования дистанционного автоматизированного управления операциями на складе.

Краны – штабелеры (рис.3.8) представляют собой грузоподъемную машину циклического принципа действия, передвигающуюся по рельсовым путям и оборудованную вертикальной колонной, по которой перемещается грузовой захват или специальная платформа. Они делятся на два типа: мостовые и стеллажные.



3.8. Схемы установки кранов-штабелеров:

a – мостовой; *б* – стеллажный, опирающийся на стеллажи; *в* – стеллажный подвесной на монорельсе; *г* – стеллажный, опирающийся на напольный рельс

У мостовых кранов (рис. 3.8*a*) мост с тележкой, на которой закреплена поворотная колонна с направляющими для захватов груза, перемещается по рельсовому пути, смонтированному на крайних рядах стеллажей. Они более универсальны, так как могут обслуживать более чем два ряда стеллажей. У стеллажных (рис.3.8*б,в,г*) – тележка перемещается по рельсовому пути в

проходе между двумя рядами стеллажей. Тележка имеет колонну с направляющими для подъёмной платформы с захватом для груза. Для обслуживания складов с большим числом рядов стеллажей требуется несколько таких кранов - штабелеров.

3.3.6. Вспомогательное оборудование для перемещения готовой рулонной продукции

Транспортные сортировочные горки (наклонные плоскости) устанавливают в поточных упаковочных линиях и снабжают отсекателями (упорами), позволяющими останавливать и направлять на упаковку выбранные рулоны одинаковой длины друг за другом в количестве до 8÷10 штук. Благодаря этому не требуется частой смены формата упаковочной бумаги на упаковочном станке, что требует его останова и переналадки.

Горки наклонены в сторону движения рулонов и имеют 4÷10 отсекателей с шириной удерживающей поверхности от 150 до 2300 мм, в зависимости от длины рулонов. Каждый отсекаТЕЛЬ имеет дистанционное управление. При поднятом отсекателе рулон удерживается на горке, а при опускании одного или нескольких – рулоны поштучно или одновременно скатываются по наклонной плоскости горки к транспортным средствам или упаковочному станку. Для остановки рулонов при скатывании их к транспортным средствам устанавливают упоры, воспринимающие ударную нагрузку.

При проектировании транспортных сортировочных горок большое значение имеет правильный выбор угла наклона их. Недостаточный угол наклона приводит к возможной остановке движения рулона, а слишком большой – приводит к повышенному ускорению движения и соответствующим ударным нагрузкам на рулон и упор. Тангенс минимального угла наклона

$$\operatorname{tg} \alpha \geq 2K/D_p ,$$

где K – коэффициент качения рулона по настилу горки ($K \approx 0,2 \div 0,45$);

D_p – диаметр рулона, м.

Опыты показывают, что конечная скорость рулона в конце горки не должна превышать 1,5 м/с. Для рулонов картона угол наклона настила горки делают 4÷4,5°, а для рулонов бумаги 1÷3°.

Сталкиватели предназначены для перемещения рулонов бумаги и картона с одного транспортного средства на другое. В транспортно-упаковочных линиях часто используют типовые сталкиватели (рис. 3.9), в которых перемещение рулона осуществляется чаще всего толкающим роликом длиной до 6 м. Ролик перемещается двумя пневмоцилиндрами. Для синхронизации их движения применяют рейки с зубчатыми шестернями, установленными на синхронизирующем валу. Сталкиватели устанавливают у конвейеров, работающих со скоростью не более 0,2 м/с.

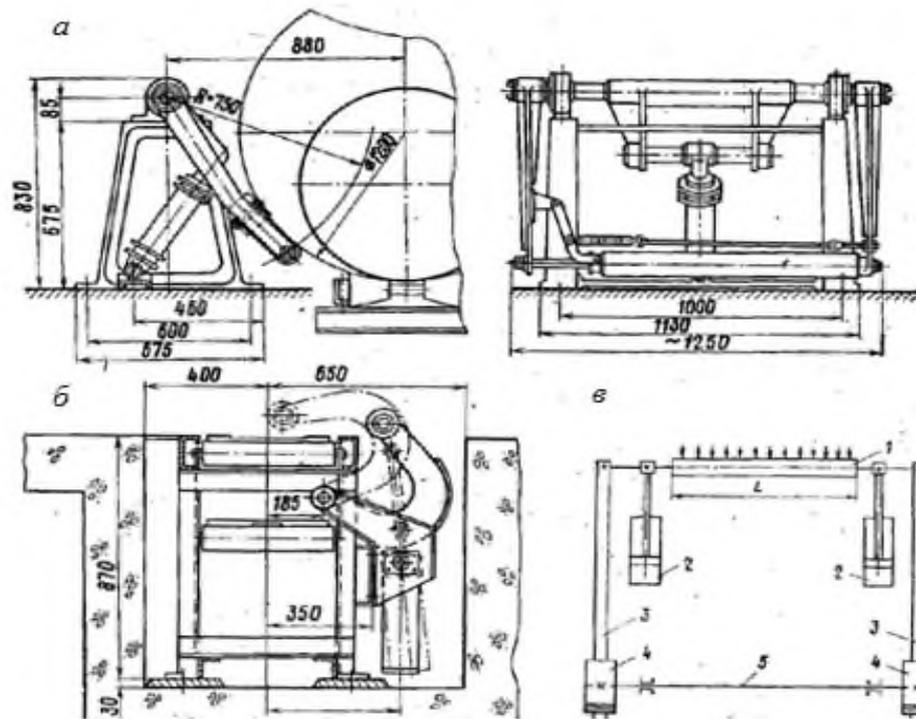


Рис. 3.9. Автоматический сталкиватель рулонов:
а – рычажный механизм; *б* – схема сталкивателя фирмы КМВ; *в* – схема сталкивателя конструкции ЦНИИБуммаш: 1 – толкающий ролик; 2 – пневмоцилиндры; 3 – рейки; 4 – зубчатые шестерни; 5 – вал-синхронизатор;

Устройства для поворота рулонов в горизонтальной плоскости.

Для изменения направления движения рулонов в поточных линиях на перпендикулярное применяют специальные поворотные конвейеры и поворотные круги.

Поворотный конвейер, обычно ленточный или роликовый, монтируется на раме. Рама на одном конце имеет вертикальную ось поворота, на другом – два приводных колеса, перемещающихся по круговому рельсу, уложенному в полу цеха. Привод колес осуществляется от двигателя. Радиус кругового рельса, равный длине конвейера, определяется местными условиями и достигает 10÷12 м. Конвейер работает в автоматическом режиме.

Поворотный стол или круг (рис. 3.10) представляет собой раму с вмонтированным на нее приводным роликовым конвейером и центрирующим устройством. Поворот стола осуществляется от пневмоцилиндра через реечную передачу или от электродвигателя.

В транспортно-упаковочных линиях для листовых материалов (целлюлоза или древесная масса) после обвязки кипы двумя лентами по одной стороне обвязка по другой стороне возможно только при повороте кипы на 90°. Для этой цели применяют конвейер с поворотным столом. На раме смонтированы два коротких двухцепных конвейера с плоскими цепями. Между двумя конвейерами установлен корпус поворотного стола.

Последовательность операций при работе конвейера с поворотным столом следующая. Когда кипа, обвязанная упаковочной лентой по одной

стороне, доходит до середины конвейера, она нажимает на конечный выключатель, и конвейер останавливается. В этот момент включается привод подъёмного стола. Пневмоцилиндры поднимают крестовину подъёмного стола вместе с кипой над конвейером на некоторую высоту, обеспечивающую возможность поворота кипы над цепями конвейера. Затем включается пневмоцилиндр поворота крестовины поворотного стола. После поворота кипы на 90^0 крестовина пневмоцилиндра опускается в исходное нижнее положение, кипа остается на цепях, включается конвейер, и кипа продолжает движение.

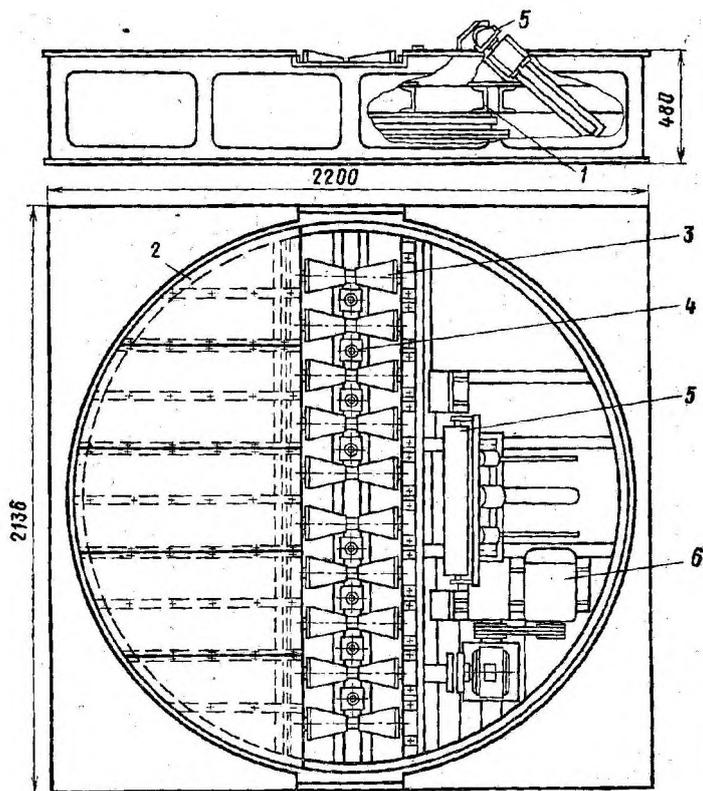


Рис. 3.10. Поворотный стол для рулонов с центрирующим устройством:

- 1 – рама; 2 – стол; 3 – роликовый конвейер; 4 – датчик;
5 – сталкиватель; 6 – привод роликового конвейера

Устройства для поворота рулонов из горизонтального в вертикальное положение (кантователи) чаще всего используют при отсутствии погрузчиков с клещевыми поворотными захватами, осуществляющими захват рулона из любого положения. Кантователи представляют собой поворотную раму Г-образной формы, на которой располагается рулон. Конструкции кантователей весьма разнообразны. Простейший кантователь типа КГР (рис. 3.11) имеет привод от гидроцилиндра. Поворотная рама кантователя снабжена неприводным роликовым конвейером и установлена под углом 3^0 .

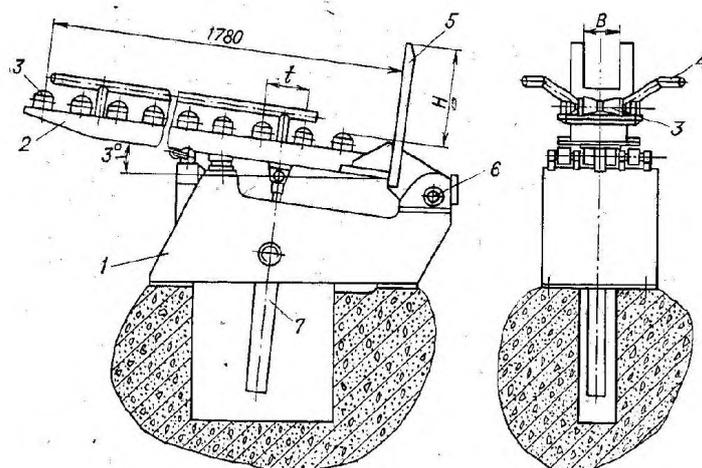


Рис. 3.11. Кантователь типа КГР:

- 1 – рама неподвижная; 2 – рама поворотная;
 3 – неприводной роликовый конвейер; 4 – ограждение;
 5 – упор; 6 – ось поворотной рамы; 7 – гидроцилиндр

Рулон движется по роликовому конвейеру до упора кантователя, после чего рама кантователя с расположенным на ней рулоном с помощью гидроцилиндра поворачивается на 90° . Вертикально установленные рулоны снимаются с кантователя погрузчиком или передаются на накопительный конвейер. После этого кантователь возвращается в исходное состояние. При малой длине рулонов на роликовом конвейере кантователя можно располагать несколько рулонов торцами вплотную друг к другу.

3.4. Склады готовой продукции и полуфабрикатов

При планировании складов готовой продукции и полуфабрикатов необходимо учитывать схему грузопотоков материалов, данные о складываемом грузе (габаритные размеры, масса единичного груза, максимальное количество складываемого груза), а также длительность хранения, пиковые нагрузки и неравномерность подачи подвижного состава. Рабочий процесс на складе, независимо от его типа, включает следующие этапы: поступление груза, складирование и отправка потребителю. Организация рационального складирования позволяет не только повысить коэффициент использования производственной площади и повысить сохранность продукции, но и уменьшить капитальные затраты на строительство.

При выборе средств механизации работ на складах необходимо учитывать массу и габаритные размеры единичных грузов. В зависимости от их габаритов и массы подбирают несущую способность, высоту подъема и необходимую ширину проездов для перемещения транспортных средств. При выборе вспомогательных средств учитывают также способность продукции к деформациям. В тех случаях, когда появляется реальная угроза возникнове-

ния повреждений продукции под действием, например, сжатия следует принимать иной тип склада, например - стеллажный.

Ворота и рампы являются точками стыков между внутренними и внешними грузопотоками. От их размеров и количества зависит работоспособность склада. Узкие проездные ворота уменьшают скорость грузопотока, а их недостаточное количество приводит к созданию узких мест и пробок. В то же время повышенная ширина ворот увеличивает стоимость отопления склада. Для оптимальной эксплуатации склада нагрузки на все ворота и рампы должны быть равномерными и близкими по значению.

Несмотря на большое разнообразие складов, различающихся не только назначением, но и видами хранимой продукции, величиной грузооборота, емкостью и расположением, требования, предъявляемые к ним, едины:

- минимальные капитальные затраты на строительство зданий и сооружений;
- минимальная стоимость оборудования;
- высокая производительность работы оборудования и обслуживающего персонала;
- надежная сохранность при нахождении и перемещениях груза;
- устойчивая и высокая пропускная способность.

Склады готовой продукции представляют собой закрытые помещения с полом, приподнятым на отметку уровня пола вагона или автомобиля. Как правило, складские помещения для хранения готовой продукции примыкают непосредственно к железнодорожным путям или автодорогам и по всей длине фронта погрузки-отгрузки снабжаются воротами шириной до 4 м. Для повышения степени использования емкости склада необходимо заранее определить схему размещения грузов и способы складирования, принимая во внимание характер груза, наличие средств механизации, размеры склада и допустимую нагрузку на пол.

3.4.1. Склады для хранения рулонной продукции

Склады для рулонной продукции предназначены для горизонтального или вертикального хранения рулонов. Простейшим способом складирования рулонов бумаги и картона является их укладка друг на друга в горизонтальном положении (рис. 3.12). Такой способ хранения применяют для складов с небольшим грузооборотом, т.е. для мелких бумажных фабрик, или в случаях, когда рулонная продукция перерабатывается в листовую продукцию на этом же предприятии и склад рулонов является промежуточным. При горизонтальном хранении рулоны укладывают в 2-3 яруса. Укладку производят вручную с использованием рычажных накатных приспособлений. При формировании складов в 4-5 рядов применяют различные средства механизации, в качестве которых можно использовать мостовые краны, оборудованные специальными захватами для рулонов. Укладку штабеля необходимо осуществлять таким образом, чтобы торцы рулонов образовывали прямую линию.

В противном случае возникает опасность разрушения штабеля, что может привести к повреждению рулонов и потерям готовой продукции. Горизонтальное хранение рулонов можно применять только для рулонов, имеющих одинаковые габаритные размеры. Для предотвращения раскатывания штабеля устанавливают специальные упоры-клинья под рулон, расположенный первым со стороны открытой площадки.

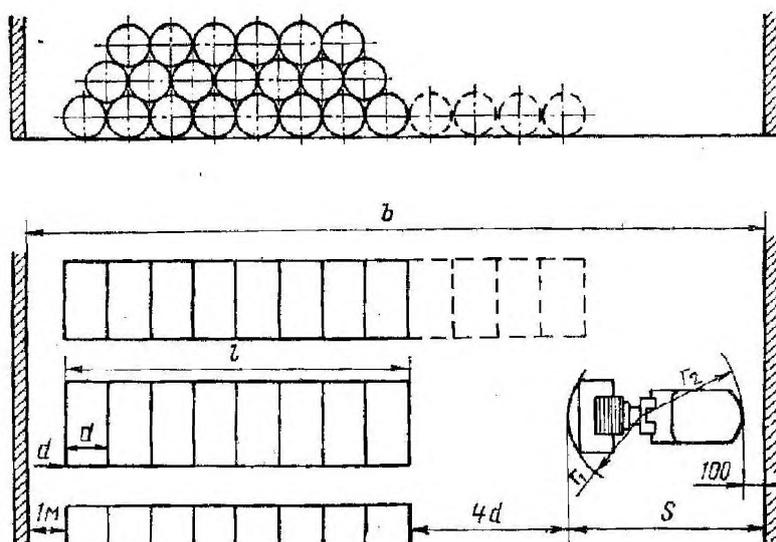


Рис. 3.12. Склад горизонтального хранения рулонов:
 d – диаметр рулона; b – ширина здания склада; l – длина штабеля рулонов;
 S – ширина проезда для погрузчика; r_1 – внешний радиус поворота вилок;
 r_2 – внешний радиус поворота корпуса погрузчика

При горизонтальном складировании размер (длина) нижнего яруса рулонов в определенной степени определяет общую вместимость склада. Общая загрузка площади склада при горизонтальном хранении рулонов очень редко превышает 50 %. Объем склада используется нерационально. Нагрузку на единицу площади склада при горизонтальном хранении рулонов можно определить по следующей формуле:

$$P = \pi \cdot d^2 b \cdot \rho \cdot a(l - d) / 4l, \text{ кг/м}^2,$$

где d – диаметр рулона, м;
 b – ширина здания, м;
 ρ – плотность бумаги в рулоне, кг/м³;
 a – количество ярусов рулонов;
 l – длина штабеля, м.

Зная допустимую нагрузку на единицу площади склада и его общую площадь, можно определить вместимость склада. Значения плотности различных видов бумаги (кг/м³): печатная и писчая 500÷700; газетная 710÷730; основа для гофрирования 700÷750; бумага-основа для мелования 800÷900.

Опыт эксплуатации таких складов показал, что оптимальное складирование рулонов не должно превышать трех ярусов. В противном случае, возрастают эксплуатационные затраты, а масса верхних рулонов действует на нижележащие и может вызывать их деформацию. Возникающая при этом овальность рулонов отрицательно влияет на дальнейшую переработку бумаги, особенно, в процессах высокоскоростной ротационной печати.

В противоположность горизонтальному складированию, вертикальное хранение рулонов имеет ряд преимуществ, из которых прежде всего следует отметить лучшее использование площади и объема склада. Эффективность использования площади склада при вертикальном складировании рулонов приблизительно в два раза выше, чем при горизонтальном размещении такого же количества рулонов с прокладками между рядами. В зависимости от высоты здания, типа грузоподъемного механизма и размеров рулона, количество их, устанавливаемых друг на друга, может колебаться в пределах 3÷5 шт. Для сохранения их вертикального положения и устойчивости рулоны должны иметь плотную, равномерную намотку, чистые обрезные кромки, и диаметр рулона должен быть не менее 1/3 ширины полотна бумаги. Важным преимуществом вертикального хранения рулонов является тот факт, что даже при установке их в 3÷4 яруса нижний ряд испытывает незначительную деформирующую нагрузку вследствие физических особенностей рулонов.

Сравнение способов горизонтального и вертикального хранения показало, что при вертикальном хранении повреждения рулонов газетной бумаги не превышают 0,15 %, в то время как при горизонтальном – этот показатель достигает 0,9÷1,1 %. На рис.3.13 показана схема вертикального хранения рулонов, устанавливаемых с помощью погрузчиков, оборудованных поворотными захватами. Приведенная схема обеспечивает высокую степень использования площади склада. Цифровые обозначения указывают порядок установки рулонов, при котором не возникает трудностей при использовании захватов и маневрировании погрузчиков.

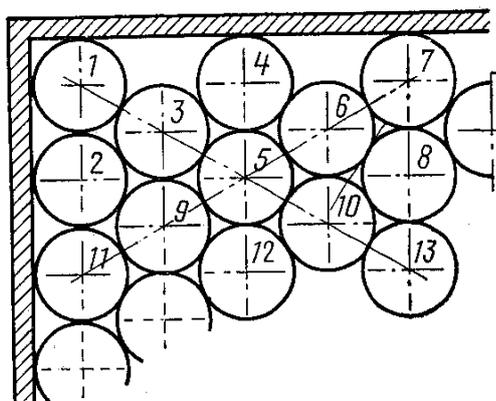


Рис. 3.13. Порядок установки рулонов при вертикальном складировании

Для повышения эффективности использования складского объема иногда применяют мостовые краны в комбинации с погрузчиками. В этих

случаях горизонтальное транспортирование рулонов и заполнение нижнего ряда штабеля выполняется погрузчиками, а укладку верхних рулонов осуществляют кранами, оборудованными специальными грузозахватными приспособлениями. В имеющих такое оборудование складах рулоны укладываются на высоту до 10 м. Высота укладки рулонов ограничивается по условию устойчивости.

На некоторых предприятиях Западной Европы применяется система сквозного складирования рулонов. Сущность такой системы заключается в том, что складываемые рулоны горизонтально укладываются на стеллажные полки, представляющие собой единые ряды, не разделенные на секции. Полки стеллажей имеют незначительный уклон в направлении фронта выгрузки, где имеются стопоры, с помощью которых фиксируется положение первого рулона. Рулоны укладываются на полки и снимаются с нее погрузчиками, оборудованными захватами поворотного типа. После укладки рулон под действием собственной силы тяжести скатывается по наклонной полке до встречи со стопором или ранее установленным рулоном.

В настоящее время большая часть предприятий организует склады вертикального хранения рулонов, благодаря чему обеспечивается лучший доступ к ним, снижаются потери продукции, вызываемые повреждениями, и появляется возможность использования на складе различных видов и конструкций подъемно-транспортных механизмов с одновременным уменьшением затрат на укладку и разборку штабелей при высоких степенях использования площади склада.

3.4.2. Склады для хранения продукции в кипах, пакетах и уложенной на поддоны

Продукцию, упакованную в кипы, хранят в штабелях, причем из соображений устойчивости штабеля максимальная высота укладки кип или пакетов из кип составляет 7÷8 м. Для формирования штабеля и его разборки погрузчики оборудуют боковыми клещевыми захватами (см. рис. 3.3), рассчитанными на зажим кипы с боков. Рациональное размещение штабелей пакетов или кип по площади склада значительно упрощает погрузочно-разгрузочные процессы и позволяет сократить время простоя подвижного состава под обработкой.

Особое внимание должно быть обращено на правильное расположение подходов погрузчиков к штабелям и ширину проездов для их движения. При укладке пакетов кип в некоторых случаях первый ряд пакетов в штабеле со стороны подхода погрузчиков целесообразно устанавливать под углом 30÷45° к проезду, ширина которого должна обеспечить разворот погрузчика на 90°. При такой установке кип сокращается угол разворота погрузчика и снижается необходимая ширина проезда.

Штабельное многоярусное хранение можно применять лишь для грузов одинакового размера и формы. При увеличении числа ярусов увеличива-

ется давление на грузы нижнего яруса, а при неполном опоражнивании склада нижние грузы могут длительное время находиться на складе.

Главным преимуществом транспортирования и хранения листовой продукции на стандартных поддонах (рис. 3.14) является одинаковый размер единиц груза, благодаря чему упрощаются и делаются оптимальными процессы, связанные с их складированием. Поддоны могут быть плоскими, стоечного или ящичного типа. На складах бумажных фабрик применяют плоские поддоны, являющиеся наиболее пригодными для размещения на них кип листовой продукции. Такие поддоны изготавливаются из дерева, металла или пластмассы и могут быть оборудованы дополнительной оснасткой и крепежными приспособлениями, обеспечивающими устойчивость размещенной на поддоне продукции.

В России и странах Европы применяются стандартные поддоны с габаритными размерами в плане 800x1200 мм, благодаря чему может осуществляться их обмен между предприятиями.

Наиболее распространенные виды складирования продукции на поддонах: блоками; на стеллажах с проходами; на обычных стеллажах; циркуляционное и высотное стеллажное.

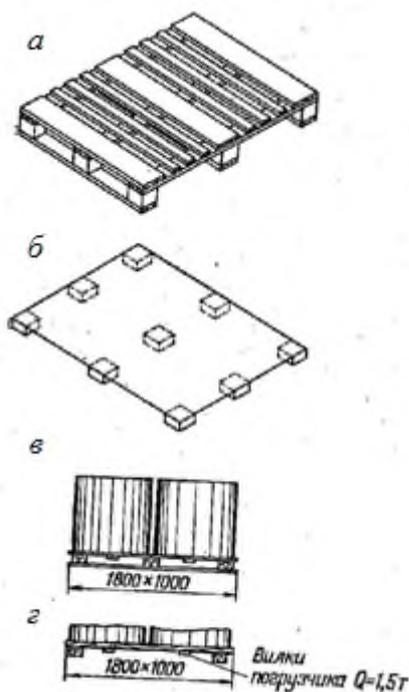


Рис. 3.14. Поддоны:

а, б – однощитовые; в – двухщитовой; г – однощитовой (грузовой столик)

При складировании блоками (рис. 3.15) поддоны с помощью вилочных погрузчиков укладываются непосредственно друг на друга. Максимальная высота штабеля обычно составляет 5 м. Такое складирование отличается возможностью разнообразного расположения штабелей загруженных поддо-

нов, за счет чего достигается оптимальная организация грузопотоков и путей для погрузчиков. Такое складирование позволяет обеспечивать оптимальное использование помещения склада и не требует дополнительных затрат на создание стеллажей. Блочное складирование целесообразно применять на предприятиях, выпускающих большое количество листовой продукции одного вида.

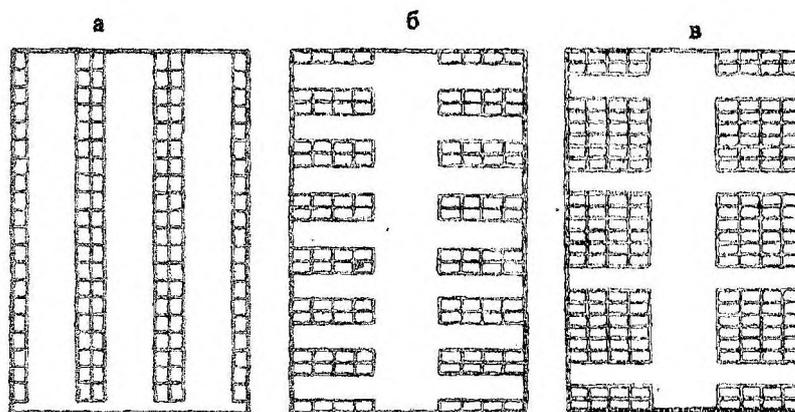


Рис. 3.15. Схема блочного хранения листовой бумаги на поддонах:

- а – крупные блоки с широкими проходами; б – рядовое штабелирование поперек здания;
- в – рядовое штабелирование вдоль здания

Складирование на стеллажах с проходами предусматривает проезд вилочного погрузчика между стеллажами по узкой открытой стороне. Загрузку стеллажей осуществляют по принципу «на себя», т.е. сначала загружают полки, расположенные в глубине, в направлении снизу вверх. Разгрузку ведут в обратном порядке.

При складировании на обычных стеллажах поддоны укладываются на стеллажи, расположенные справа и слева от широкого прохода, необходимого для передвижения вилочного погрузчика. Стеллажи жестко устанавливаются на полу. Максимальная высота стеллажей зависит от параметров погрузчика и обычно не превышает 5 м. Такая система складирования позволяет контролировать порядок загрузки и выгрузки, так как обеспечивает подход к любому отдельному стеллажу. Этот способ складирования приемлем для предприятий с небольшой производительностью, имеющих достаточно низкие складские помещения, которые допускают применение вилочных погрузчиков для обслуживания стеллажей. Основной недостаток - низкая степень использования складских площадей.

Циркуляционное стеллажное складирование представляет собой группы систем передвижных стеллажей, устройство которых позволяет производить перемещение и замену стеллажей, что и обеспечивает возможность горизонтальной или вертикальной циркуляции грузов. При циркуляционном складировании достигается довольно высокая степень использования площади склада. В случае хранения разнородной продукции – доступ к любому

нужному для отгрузки поддону. Недостаток этой системы заключается в сложности устройства и управления ею.

Высотные автоматизированные стеллажные склады обеспечивают оптимальную переработку грузов при высокой экономической эффективности. Степень их автоматизации зависит от разнообразия ассортимента хранимой продукции, технологии ее переработки и технической оснащенности. По степени автоматизации технологических операций и обработки информации такие склады можно подразделить на следующие группы: с частичной автоматизацией погрузочно-разгрузочных и транспортных работ; с автоматической обработкой информации о наличии складированной продукции; с комплексной автоматизацией технологических и информационных процессов. Наибольший эффект от эксплуатации таких складов получается при использовании кранов-штабелеров.

4. МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ С НАЛИВНЫМИ ГРУЗАМИ

К числу массовых наливных грузов, используемых в лесохимической промышленности, относятся различные суспензии волокнистых масс, нефтепродукты, смолы, кислоты, а также ряд химикатов в виде растворов, суспензий и суспензий в растворе. Наливные грузы при сравнении с другими видами грузов - наиболее приспособлены к механизации ПРТСР за счет применения такого оборудования, как насосы, трубопроводы, арматура, бассейны, емкости. В данном пособии особенности свойств и перемещения волокнистых суспензий не рассматриваются.

4.1. Характеристики наливных грузов

Основными показателями, характеризующими поведение наливных грузов при транспортировке и хранении, являются их реологические свойства (вязкость), плотность (концентрация), устойчивость (суспензий), критические температуры и теплофизические свойства, коррозионность, токсичность и др.

4.1.1. Вязкость (текучесть)

Вязкость в качестве практической характеристики жидкости принято выражать в условных единицах, показывающих отношение времени истечения 200 см^3 жидкости (нефтепродуктов) при температуре 20°C ко времени истечения такого же количества воды при той же температуре. Условную вязкость измеряют в градусах Энглера. Для перевода значений вязкости из градусов Энглера в кинематическую вязкость пользуются эмпирической формулой

$$\nu = 0,73Э - (0,0631/Э) , \text{ м}^2/\text{с}.$$

Динамическая вязкость, выражающая силу внутреннего трения при движении жидкости:

$$\mu = \nu\rho , \text{ кг/м}\cdot\text{с},$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м^3 .

Следует отметить, что фактические значения вязкости не постоянны и заметно снижаются при повышении температуры жидкости. Кроме того, суспензии многих твердых химикатов при повышенных и высоких концентрациях (выше концентрации насыщенного раствора) часто представляют собой неньютоновские жидкости. Их особенностью является нелинейный характер зависимости между касательным напряжением и градиентом скорости движения жидкости. В связи с этим, определению параметров перемещения таких жидкостей будет посвящен раздел 4.5.

4.1.2. Концентрация и плотность

Концентрацию наливного груза, т.е. содержание в единице его объема необходимого количества требуемого вещества в процессе приготовления, хранения или при подаче в производство, наиболее простым способом определяют по величине плотности. При этом необходимо знать взаимосвязь между концентрацией и плотностью смеси. Для растворимых веществ величину плотности раствора ρ_p в зависимости от концентрации определяют по справочным данным. В тех случаях, когда имеют дело со смесью нерастворимого твердого и жидкого (суспензии, коллоиды) концентрацию можно определить по формуле:

$$C = \rho_T(\rho_c - \rho_{ж}) / (\rho_T - \rho_{ж}) , \text{ кг/м}^3 \text{ или г/см}^3,$$

где C – содержание основного вещества в единице объема смеси;

ρ_T – физическая плотность твердого;

ρ_c – плотность полученной смеси;

$\rho_{ж}$ – плотность жидкой фазы.

В связи с тем, что многие вещества, поступающие на предприятия в сыпучем виде, обычно имеют определенную влажность, необходимо учитывать наличие этой влаги в процессе приготовления смеси требуемой концентрации. Это особенно актуально при весовом методе дозирования компонентов.

Для таких химикатов, как кальцинированная сода, сульфат алюминия, силикатная глыба, хлористый натрий и др., определение концентрации раствора по величине плотности ρ_p производится с помощью справочных данных или по эмпирическим формулам. Если количество химиката в смеси превы-

шает уровень, при котором образуется насыщенный раствор (при данной температуре), то образуется суспензия химиката в насыщенном растворе. В этом случае концентрация вещества, определяемая по предыдущей формуле, отражает его количество, находящееся в нерастворенном состоянии. Для определения полного количества вещества в такой смеси необходимо к концентрации насыщенного раствора C_p при данной температуре прибавить концентрацию твердого вещества в смеси C , т.е.

$$C_{\Sigma} = C_p + C .$$

Величину C_p определяют по справочникам растворимости, C – по предыдущей формуле, где вместо $\rho_{ж}$ подставляют соответствующую C_p плотность раствора ρ_p .

При переводе одних выражений концентрации смеси в другие используют следующие формулы:

$$A = 100C/\rho_c = 100B/(100 + B) ;$$

$$B = 100A/(100 - A) = 100C/(\rho_c - C) ;$$

$$C = A \cdot \rho_c/100 = B \cdot \rho_c/(100 + B) ,$$

где A - количество вещества в 100 кг смеси (% по массе);

B – количество вещества на 100 кг жидкой фазы (растворителя);

C – количество вещества (кг) в 1 м³ смеси;

ρ_c – плотность смеси, кг/м³.

Для приготовления водных растворов из химикатов, являющихся кристаллогидратами, т.е. содержащих в своем составе кристаллизационную воду, необходимо определить, какое массовое количество кристаллогидрата следует растворить в воде, чтобы получить раствор требуемой концентрации соответствующего безводного вещества. В этом случае расчет производят по формуле

$$C_{1p} = C_p M_1/M ,$$

где C_{1p} и C_p – концентрации кристаллогидрата и безводного вещества, соответственно, кг/м³;

M_1 и M – молекулярные массы кристаллогидрата и безводного вещества.

4.1.3. Седиментация (осаждение) суспензий

Необходимость в периодическом перемешивании суспензий при хранении возникает по причине их расслоения с образованием плотного осадка

из твердых частиц. Интенсивность этого процесса зависит от природы химиката, его концентрации в суспензии и условий хранения, т.е. является индивидуальной величиной для каждого конкретного случая. Характер процесса седиментации определяется анализом кривых осаждения. На этих кривых обычно достаточно четко выделяются два участка: первый, характеризующий сравнительно быстрое выпадения в осадок отдельных достаточно крупных частиц, и второй, отражающий постепенное соединение мелких частиц в агрегаты и уплотнение рыхлого осадка. При переходе процесса осаждения от первой стадии ко второй происходит заметное (3-5 раз) снижение текучести осадка суспензии, что значительно затрудняет процесс отбора ее из емкости хранения.

Чем выше концентрация суспензии, тем медленнее идет процесс седиментации, и наоборот, снижение концентрации приводит к ускорению процесса седиментации. Помимо проблем с отбором суспензии, в процессе хранения ее в емкостях происходит нарушение равномерности концентрации и равноплотности суспензии при отборе из разных слоев по высоте объема хранилища.

На рис.4.1 в качестве примера приведены типичные седиментационные кривые для суспензий каолина и сернокислого глинозема, показывающие зависимость высоты «осветленного» объема от продолжительности отстаивания.

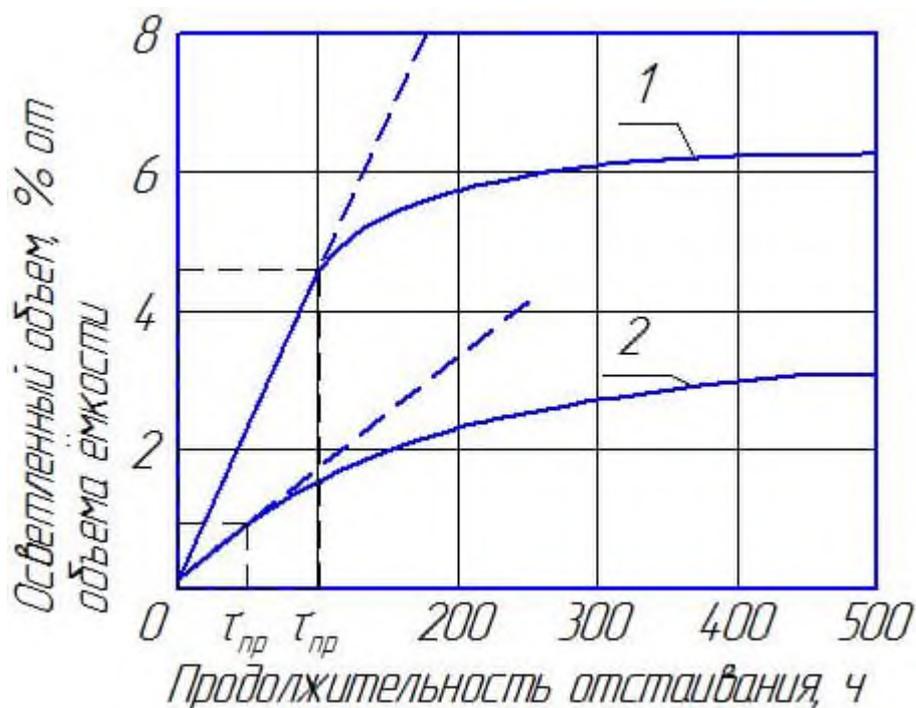


Рис.4.1. Зависимость высоты «осветленного» объема от продолжительности отстаивания суспензии:
 1 – сернокислого глинозема ($C = 1170$ г/л);
 2 – каолина ($C = 800$ г/л)

Для того чтобы не допустить наступления второй стадии процесса осаждения, величину промежутка времени, в течение которого суспензия может храниться без перемешивания (рециркуляции), следует выбирать не более половины продолжительности быстрого осаждения (первой стадии). Этот промежуток времени называют критическим временем процесса осаждения ($\tau_{кр}$).

4.1.4. Критические температуры и теплофизические характеристики

Температурой застывания называется температура, при которой жидкость теряет свою подвижность и при наклоне сосуда с ней не меняет положения своей поверхности. Температура застывания имеет важное практическое значение, так как застывшие наливные грузы невозможно перекачивать по трубопроводам или сливать без предварительного подогрева. Поэтому, зная эту температуру того или иного наливного груза, можно правильно выбрать транспортные средства (подвижной состав) и способы организации его налива и слива из емкостей.

Ряд наливных грузов мало поддаются влиянию температуры и не застывают даже в зимних условиях, а некоторые – застывают при температуре выше 0°C . Например, температура застывания нефти и нефтепродуктов находится в интервале от -80°C бензинов до $+150^{\circ}\text{C}$ для нефтебитумов. Олеум, моногидрат, уксусная кислота и растворы слабых органических кислот, а также каустик, имеют температуру застывания близкую к нулю и, наоборот, большинство минеральных кислот средней концентрации (серная, соляная и азотная), а также многие растворы солей, в условиях нашего климата считаются практически незастывающими.

Температурой самовоспламенения называется минимальная температура, при которой горючая жидкость воспламеняется без поднесения пламени.

Температурой вспышки называется температура, при которой смесь паров наливного груза с воздухом над поверхностью жидкости при зажигании вспыхивает (взрывается).

Вследствие высокой огнеопасности и взрывоопасности нефти, нефтепродуктов, спирта, сжиженных горючих газов, все операции с ними должны проводиться со строгим соблюдением правил противопожарной техники и техники безопасности.

К основным **теплофизическим характеристикам жидкости** относят теплоемкость c (кДж/(кг·град)) и коэффициент теплопроводности λ (Вт/м·град), которые взаимосвязаны через коэффициент температуропроводности ($a = \lambda/c$). Многие химикаты при растворении в воде выделяют (экзотермический процесс) или поглощают (эндотермический процесс) тепловую энергию, называемую теплотой растворения. Это количество тепла, которое выделяется (поглощается) при растворении 1 моля химиката. Для

определения количества этой теплоты необходимо располагать экспериментальными или справочными данными.

4.1.5. Токсичность, коррозионность

Токсичностью называется вредное отравляющее воздействие паров наливных грузов на человеческий организм или вызывающее поражение кожи человека. Отравление людей парами наливных грузов и получение ожогов могут возникнуть при ремонте емкостей и цистерн, которые не были дегазированы и очищены от ранее находившихся в них наливных грузов, при несоблюдении необходимых правил техники безопасности.

Многие наливные грузы, в первую очередь, кислоты и соли, активно воздействуют на металл, дерево и другие материалы, ускоряя процесс коррозии этих материалов. Это следует учитывать при выборе материала емкостей, труб, арматуры и насосов.

4.2. Способы доставки и приёма жидких грузов

Все наливные грузы, перевозимые в вагонах-цистернах, делятся на неопасные и опасные. Неопасные грузы перевозятся на общих основаниях. К ним относятся: мазуты, битумы, минеральные и растительные масла, смолы. При перевозке опасных грузов, кроме общих условий, должны выполняться дополнительные меры предосторожности. Эти грузы делятся на три группы: легковоспламеняющиеся жидкости, едкие и ядовитые жидкости, сжиженные газы. В тех случаях, когда жидкий груз поступает не в цистернах, а в замкнутой таре (бочки, бутылки и т.п.), его относят к группе штучных (см. раздел 3).

Перевозка наливных грузов осуществляется в различных типах цистерн (рис.4.2). Цистерны общего парка используются для перевозки нефтепродуктов и других грузов, разрешенных к перевозке в них. Вязкие и застывающие наливные грузы перевозятся только в цистернах с нижним сливом. Специальные цистерны используются для перевозки наливных грузов только в соответствии с трафаретом (наименованием груза) на цистерне. Грузоподъемность железнодорожных цистерн составляет 50÷60 т.

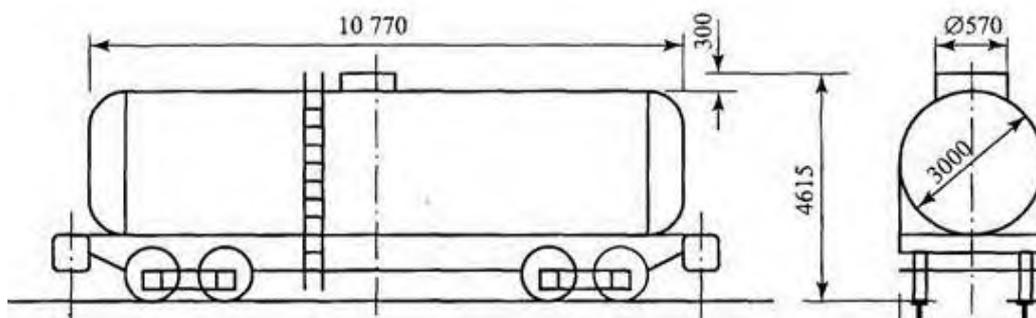


Рис.4.2. Железнодорожная цистерна для перевозки жидких грузов

Налив и слив грузов, перевозимых в цистернах, должен производиться только на подъездных путях, складах и пунктах необщего пользования. От складов, станционных сооружений, главных путей, общих мест погрузки и выгрузки и от жилых домов места налива опасных грузов должны быть удалены на расстояние не менее 100 м.

Массу наливных грузов, перевозимых в цистернах, определяют путем их взвешивания или замером уровня жидкости в цистерне и расчетом объема наливного груза с применением специальных калибровочных таблиц или номограмм.

Способ слива наливных грузов выбирается в зависимости от категории продуктов и типа применяемых для их транспортировки цистерн. Различные схемы слива жидких продуктов представлены на рис. 4.3. Светлые нефтепродукты и другие жидкие грузы, обладающие небольшой вязкостью, как правило, сливаются из цистерн через верхние колпаки при помощи сифонных труб (рис. 4.3*г*) или погружных насосов (4.3*б, в*). Вязкие грузы – через нижние сливные приборы (4.3*а*). Застывшие и высоковязкие продукты перед сливом предварительно разогревают, используя для этого имеющиеся на цистернах устройства для обогрева.

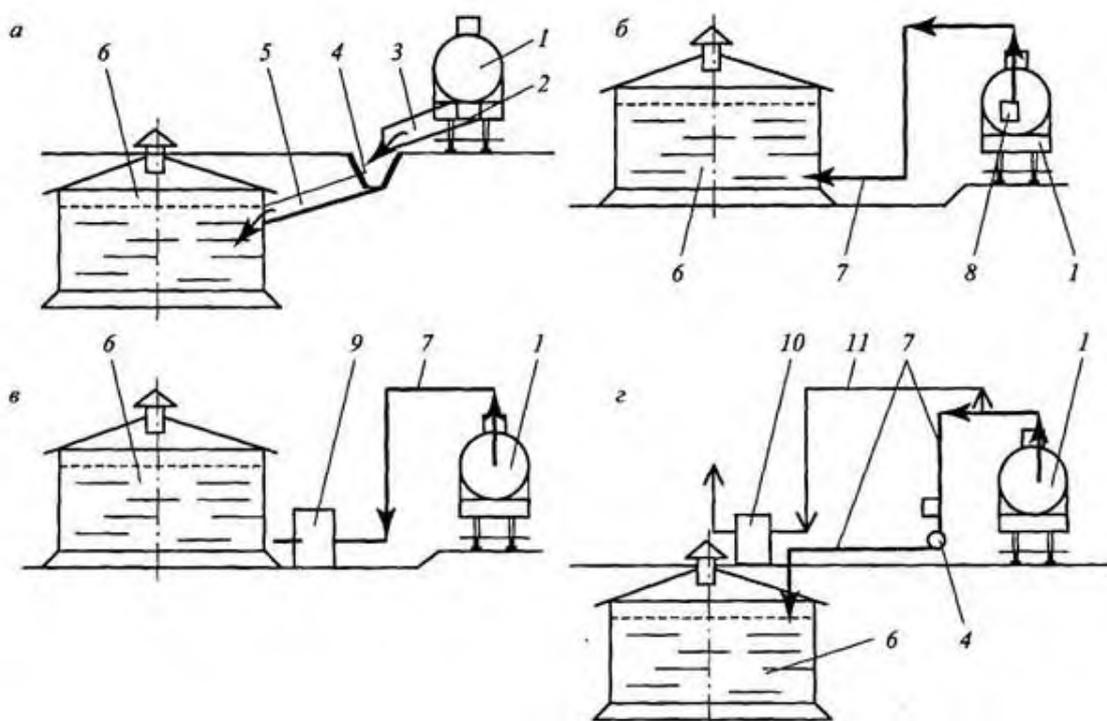


Рис.4.3.Способы слива наливных грузов из цистерн:

а – самотеком в промежуточный приемный резервуар; *б* – выкачиванием погружным насосом; *в* – то же насосной станцией; *г* – самотеком с помощью вакуумного устройства:
 1– разгружаемая цистерна; 2 – нижние сливные приборы; 3 – переносной лоток; 4 – магистральный коллектор; 5 – отводная труба; 6 – приемный резервуар для груза; 7 - приемные трубопроводы; 8 – погружной насос; 9 – насосная станция; 10– вакуум-насос; 11 – сифонный трубопровод откачки воздуха

Для верхнего слива продуктов при небольшом объеме его поступления на предприятие применяют одиночные стояки, оборудованные ручными или механическими насосами. При сифонном сливе необходимо, чтобы давление жидкости в наивысшей точке сифона было больше упругости ее паров, а гидравлическое сопротивление в магистрали сливных коммуникаций - небольшое. Несоблюдение этого условия может привести к тому, что перекачиваемая жидкость вскипит в верхней точке сифона, произойдет разрыв потока и прекращение слива. Слив вязких жидкостей осуществляют через нижние сливные приборы по лоткам самотеком либо с помощью поршневых или шестеренчатых насосов. Слив продуктов из цистерн самотеком или с помощью сифонов через верх принимают при малой дальности перекачки и при небольших гидравлических сопротивлениях сети. Производительность слива сифоном определяют по формуле:

$$\Pi = F \sqrt{2gh} / \sqrt{\lambda (L/d) + \Sigma p}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где F – площадь поперечного сечения сифонного трубопровода, м^2 ;
 h – геометрическая разность уровней жидкости в цистерне и в резервуаре, м ;
 L, d – соответственно, длина и диаметр сифонного трубопровода, м ;
 Σp – сумма местных сопротивлений;
 λ – коэффициент гидравлического трения (для маловязких продуктов $\lambda=0,02 \div 0,03$).

При необходимости подачи продукта на большое расстояние в зависимости от вида перекачиваемой жидкости применяют центробежные или поршневые насосы. Производительность центробежных насосов определяют гидравлическим расчетом, исходя из совместных условий работы насоса и трубопроводной системы. Производительность поршневых насосов постоянна и не зависит от напора. В зависимости от конструкции насоса ее определяют по формуле

$$\Pi = \eta \frac{m \cdot F_p S \cdot n}{60}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где $m = 1, 2, 3$ или 4 для насосов, соответственно, простого, двойного, тройного и четверного действия;
 $F_p = 0,785D^2$ – площадь поперечного сечения поршня диаметром D , м^2 ;
 S – длина хода поршня, м ;
 n – число двойных ходов поршня в минуту;
 η – объемный КПД насоса.

Для слива кислот, щелочей и других аналогичных растворов химикатов применяют средства перекачки, выполненные из материалов, химически

стойких по отношению к этим жидкостям. В установках для перекачки должны быть устройства для нейтрализации продукта и промывки линий.

Время нахождения цистерны под сливом складывается из продолжительности слива, подготовительных и заключительных операций (снятия пробок, открывания крышки люка, замеров уровня и температуры, взятия проб, заправки шланга, открытия задвижек, заливки системы, уборки шлангов, закрывания люков и др.).

Некоторые наливные грузы, поступающие на предприятия, особенно в зимнее время, могут быть слиты из цистерн только после соответствующего предварительного разогрева. К таким жидкостям относятся нефтяные смолы, битумы, мазуты, парафины и др. Для разогрева таких продуктов применяют пар или электроэнергию. При разогреве повышается текучесть жидкости и резко сокращаются сроки ее слива.

Общий расход тепла при подогреве складывается из полезно затрачиваемого на подогрев груза и на возмещение тепловых потерь. Количество полезного тепла определяется по формуле

$$Q = G \cdot c(t_k - t_n), \text{ кДж},$$

где G – масса разогреваемого груза в цистерне, кг;

c – удельная теплоемкость груза, кДж/(кг · град);

t_k и t_n – конечная и начальная температуры подогреваемого груза.

Количество тепла, теряемого в окружающую

$$Q_0 = \Sigma A \cdot \alpha(t_{cp} - t_0), \text{ Вт},$$

где ΣA – суммарная поверхность охлаждения, м²;

α – коэффициент теплопередачи от груза в окружающую среду, Вт/(м² · град);

t_{cp} – средняя температура груза;

t_0 – температура окружающей среды.

Для подогрева груза открытым острым паром используют специальные устройства. Однако подогрев острым паром может быть применен только для тех грузов, разжижение которых допускается технологией их последующего применения. В случаях, когда это недопустимо, применяют разогрев с помощью тепловых змеевиков.

В последнее время для разогрева высоковязких продуктов применяют теплоэлектронагреватели (ТЭН). Подогрев продукта с помощью ТЭНов значительно выгоднее разогрева острым паром, но опасен в пожарном отношении и потому применяется только для продуктов с высокой температурой вспышки.

Количество тепла, выделяемого электрогрелкой, определяется по формуле

$$Q = 3,6I^2 R \cdot T, \text{ Дж},$$

а мощность электроприбора:

$$N = 1,16G(t_k - t_n)c/T \cdot \eta, \text{ Вт},$$

где I – сила тока, А;

R – сопротивление прибора, Ом;

T – продолжительность разогрева, ч;

G – масса нагреваемого продукта, кг;

t_n и t_k – начальная и конечная температура нагреваемого продукта, град;

c – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·град);

η – КПД прибора, равный $0,9 \div 0,95$.

4.3. Склады для хранения жидких грузов

Складские устройства для хранения жидких грузов представляют собой резервуары, оборудованные устройствами для налива и слива, для замера уровня жидкости и другими. В зависимости от положения резервуара относительно уровня земли склады могут быть:

наземные, когда днище резервуара (пол хранилища) находится на одном уровне или выше минимальной планировочной отметки прилегающей территории или заглублено менее чем на половину высоты (рис.4.4);

полуподземные, когда резервуар или хранилище заглублены не менее чем на половину своей высоты (рис.4.5), причем максимальный уровень жидкости ниже минимальной планировочной отметки прилегающей территории не более, чем на 0,2 м. Такие хранилища предназначены, в основном, для застывающих жидкостей (битум, некоторые смолы). Продукт в хранилище заливается по лоткам и трубам после его предварительного подогрева до температуры около $70 \div 90$ °С. Хранилище представляет собой железобетонный резервуар, по дну которого проложены паровые трубы для разогрева жидкости и придания ей текучести;

подземные, когда наивысший уровень жидкости в емкости находится ниже минимальной планировочной отметки прилегающей территории не менее чем на 0,2 м (рис.4.6).

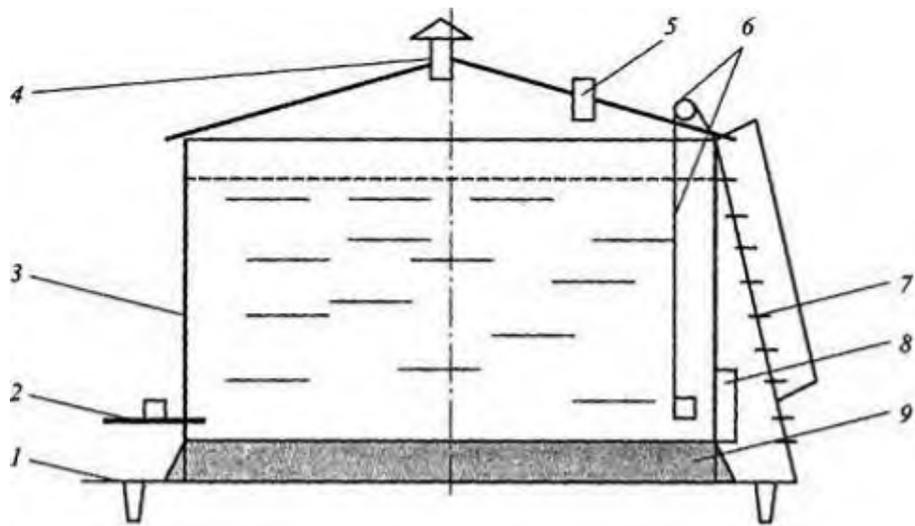


Рис.4.4.Вертикальный наземный резервуар:

1 – дренажные устройства; 2 – патрубок для приема и выдачи груза; 3 – корпус резервуара; 4 – вентиляционный патрубок; 5 – предохранительное устройство; 6 – устройство замера уровня жидкости; 7 – лестница; 8 – лаз для осмотра и ремонта; 9 - фундамент

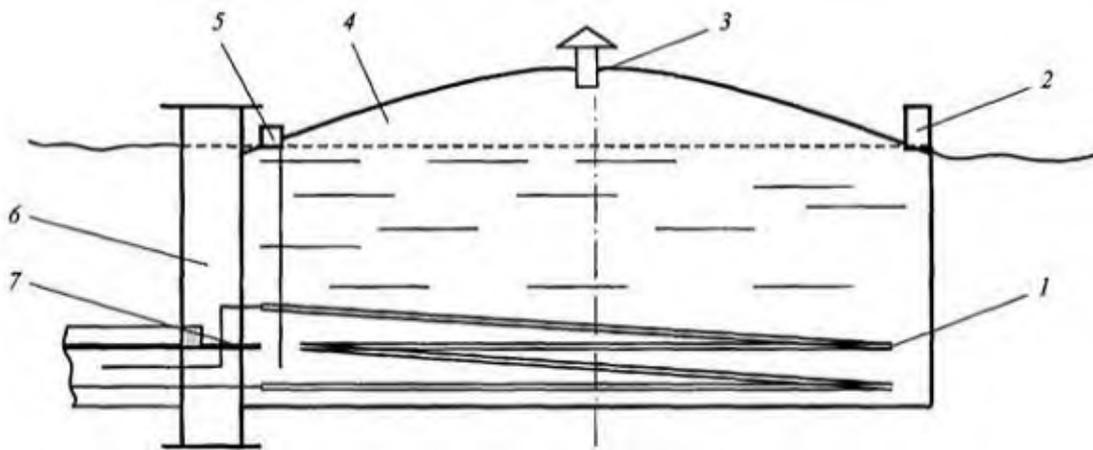


Рис. 4.5. Полуподземный вертикальный резервуар:

1 – устройство для подогрева жидкости; 2 – патрубок приема груза; 3 – вентиляционное устройство; 4 – корпус; 5 – устройство замера уровня жидкости; 6- клапанный отсек; 7 – патрубок выдачи груза

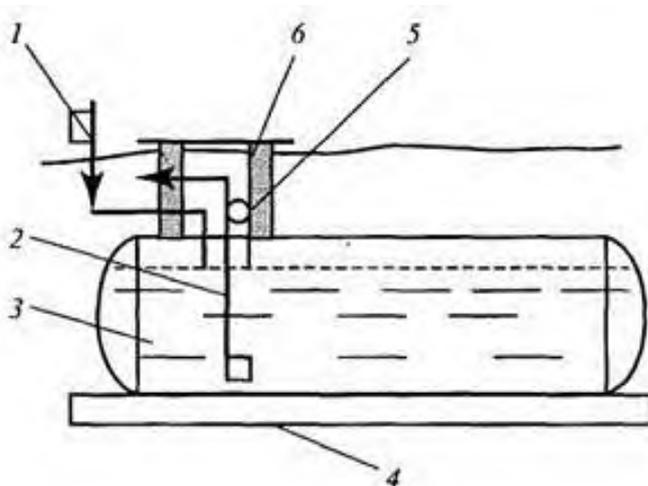


Рис.4.6. Горизонтальный подземный цилиндрический резервуар:

1 – патрубок приема груза; 2 – патрубок выдачи груза; 3 – корпус; 4 – основание; 5 – устройство замера уровня жидкости; 6 – колодец

4.4. Хранение сыпучих химикатов в жидком виде

Как отмечалось в разделе 2, многие сыпучие химикаты имеют повышенную влажность, способность к смерзанию, пылению, токсичность и тем самым создают значительные трудности при их хранении и транспортировке в системе производства. В этом случае часто используют метод переработки сыпучих химикатов в жидком виде. Следует отметить, что получение и обогащение многих химикатов у производителя происходит в жидком состоянии и использование их у получателя происходит в виде раствора или расплава. В отдельных случаях возможна и доставка таких химикатов в жидком виде. Специфика данного метода состоит в том, что поступивший на предприятие химикат одновременно с выгрузкой частично или полностью переводится в жидкое состояние, хранится и транспортируется в виде раствора, суспензии или расплава.

Метод значительно упрощает технологию хранения и транспортировки химиката и создает предпосылки для комплексной механизации и автоматизации этих процессов. Особым достоинством метода является то, что находящийся в складских емкостях химикат является полуфабрикатом, готовым к употреблению. Управление работой склада и подачей химиката в производство производится дистанционно с рабочего места оператора. Хранение химикатов в жидком виде позволяет сократить потери груза и уменьшить складские объемы за счет возможности размещения емкостей-хранилищ вне помещений. Однако в этих случаях необходимо предусмотреть теплоизоляцию и возможность обогрева содержимого емкостей.

Следует иметь в виду, что область применения жидкого хранения химикатов ограничивается только теми из них, которые используются производством в жидком виде, и переход его из сыпучего в наливной груз является технологической операцией подготовки химиката к переработке. Из химикатов, используемых лесохимической промышленностью в массовом количестве, для хранения в виде растворов, суспензий и расплавов пригодны карбонат кальция (мел), каолин, кальцинированная сода, сернокислый глинозем, квасцы, сера, поваренная соль и др. В каждом случае технология жидкого хранения химиката должна базироваться на химических, физико-механических, теплофизических свойствах, политермах растворимости и других особенностях груза. Хранение химикатов в жидком виде зачастую связано с необходимостью систематического или периодического обогрева емкостей и коммуникаций системы, а также периодического перемешивания с целью компенсации седиментационных процессов в суспензиях.

Выбор концентрации жидкой смеси для хранения производится, с одной стороны, исходя из стремления обеспечить необходимый запас химиката в минимальном объеме хранилища, а с другой – из условий, обеспечивающих нормальную перекачку смеси насосами. Некоторые, наиболее общие характеристики отдельных химикатов представлены в табл. 4.1. В пределах

указанных концентраций и плотностей смеси допустима технология жидкого хранения.

Таблица 4.1. Свойства некоторых химикатов, их смесей с водой и расплавов

| Наименование химиката | Физическая плотность, кг/м ³ | Насыпная плотность, кг/м ³ | Плотность смеси, кг/м ³ , вид | Количество химиката в 1 м ³ смеси, кг |
|-----------------------|---|---------------------------------------|--|--|
| Каолин | 2100-2500 | 700-900 | 1500-1700, суспензия | 800 - 1200 |
| Сульфат алюминия | 1600-1700 | 900-1000 | 1300-1600, гель | 800 - 900 |
| Кальцинированная сода | 2500-2600 | 700-800 | 1500-1600, суспензия в растворе | 1000 - 1100 |
| Сера природная | 1800-2300 | 800-1000 | 1800-2000, расплав | - |

Как видно по табл. 4.1, указанные смеси в отдельных случаях могут содержать в единице жидкого объема больше химиката, чем в единице насыпного объема при сохранении возможности слива и перекачки смеси.

Производительность устройств для приготовления смеси и объемы емкостей хранилищ должны обеспечить минимальный простой транспортных средств под разгрузкой и необходимый запас химиката для бесперебойной работы производства. При жидком хранении химикатов следует предусмотреть возможность промывки водой всех систем, трубопроводных магистралей и емкостей от остатков груза во избежание их засорения. Ниже, в качестве примеров, приводятся описания технологии жидкого хранения отдельных химикатов.

4.4.1. Жидкое хранение каолина

Каолин используется в бумажной промышленности в качестве наполнителя бумаги, а также в составе меловальных паст при изготовлении мелованных видов продукции. В производство каолин подают в виде водной суспензии концентрацией от 100 до 250 кг в 1 м³ смеси.

Для механизации работ на складах каолина, а также для повышения качества подготовки наиболее эффективной технологией является переработка каолина в виде высококонцентрированной суспензии. Технологическая схема склада хранения каолина в виде суспензии представлена на рис. 4.7.

В систему приготовления суспензии каолин подают конвейером или непосредственно разгрузочным устройством. Система приготовления включает: гидроразбиватель, циркуляционную емкость, насосы и трубопроводы, оснащенные необходимой арматурой.



Рис.4.7. Схема склада хранения каолина в виде суспензии:

1 – гидроразбиватель; 2 – циркуляционная емкость; 3,5,7 – насосы; 4 – емкость-хранилище; 6 – мешальный бассейн; 8 – барабанный фильтр; 9 - очиститель

Перед началом подачи каолина система приготовления суспензии заполняется водой. Количество воды определяется предварительным расчетом по формуле

$$Q = V \left(1 - \frac{C}{\rho_k}\right), \text{ м}^3,$$

где V – суммарный объем приготовления порции суспензии, м^3 ;

C - концентрация суспензии в хранилище, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ_k – плотность сухого каолина, $\text{кг}/\text{м}^3$.

В целях обеспечения текучести суспензии каолина при повышенных концентрациях в воду предварительно добавляют поверхностно-активные вещества (диспергаторы) в количестве $0,25 \div 0,3$ % от массы сухого каолина. В качестве таких веществ рекомендуется использовать кальцинированную соду, силикат натрия, натриевые фосфаты.

После заполнения системы приготовления водой и добавки диспергатора включаются гидроразбиватель и насосы, и начинается циркуляция сначала воды, а затем смеси воды и каолина по контуру: гидроразбиватель – насос – циркуляционная емкость – насос – гидроразбиватель. Каолин подают в гидроразбиватель до тех пор, пока концентрация суспензии не достигнет заданного уровня. Оптимальной является концентрация $1000 \div 1200 \text{ кг}/\text{м}^3$. В связи с тем, что в процессе приготовления суспензии участвуют два насоса и гидроразбиватель, скорость образования суспензии ограничивается, в основ-

ном, производительностью подачи каолина. Суммарный объем емкостей системы приготовления суспензии следует выбирать из расчета вместимости не менее 30 т каолина. Готовая суспензия откачивается из системы приготовления в емкости-хранилища. Для возможности осуществления непрерывной разгрузки обычно предусматривают установку двух таких систем, работающих одновременно.

Готовая суспензия храниться в емкостях-хранилищах. После 1-2х суток хранения в результате осаждения частиц каолина происходит нарушение концентрации суспензии по высоте емкости, что в итоге может привести к проблемам функционирования склада. Во избежание этого предусматривают системы перемешивания содержимого емкостей. В качестве таких устройств используются механические мешалки, барботаж сжатым воздухом или паром, прямая рециркуляция насосом. Эти системы сложны, энергоемки и недостаточно надежны. Для лучшего перемешивания предлагается обратная рециркуляция. Насосом из емкости отбираются верхние, менее плотные (осветленные) слои суспензии и под гидравлическим напором подаются в нижнюю часть емкости через патрубки, расположенные по касательной к периметру емкости.

Для подачи в производство высококонцентрированную суспензию каолина следует разбавить до рабочей концентрации. Такое разбавление обычно производят в автономной системе, включающей мешальный бассейн и насосы. В отдельных случаях разбавление можно производить по тому же циклу, что и приготовление суспензии. Для этого суспензию из емкости-хранилища подают в гидроразбиватель.

Промышленные предприятия, реализующие жидкое хранение каолина, могут интересоваться способы поставок его в виде высококонцентрированных суспензий (паст), давно практикуемые за рубежом. Доставка каолина в виде пасты (с содержанием сухого вещества до 70 %) в изотермических цистернах или танкерах, разгружаемых путем выдавливания сжатым воздухом, позволяет резко сократить затраты и время на разгрузку подвижного состава, а также исключить необходимость в сложных системах приготовления суспензии.

4.4.2. Жидкое хранение сернокислого глинозема

При производстве бумаги и картона сернокислый глинозем (сульфат алюминия) используется как коагулятор для проклейки бумажного полотна, при очистке воды и как нейтрализатор щелочной среды. Одним из вариантов жидкого хранения сернокислого глинозема является способ его хранения в виде насыщенного раствора (рис.4.8). Эта технология хранения пригодна и для других солей, например, хлористого натрия.

Глинозем выгружается непосредственно в заглубленный бассейн-колодец, наполненный водой. Обычно на предприятии имеется 3-4 бассейна емкостью 250 м³. Для интенсификации процесса получения насыщенного раствора в бассейн подается пар для нагрева смеси и сжатый воздух для ее

перемешивания. Расход сжатого воздуха составляет около 500 м^3 на тонну глинозема, а пара – до 0,6 т. Все устройства и оборудование склада должны быть изготовлены в кислотостойком исполнении.

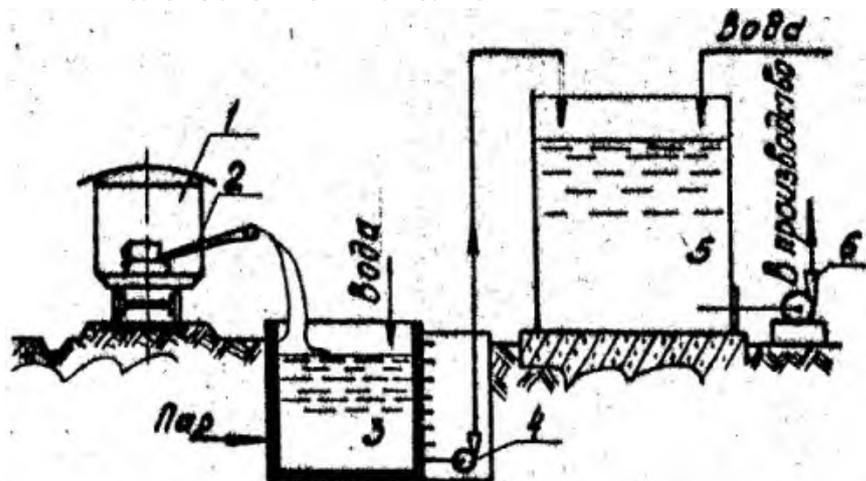


Рис.4.8.Схема склада хранения глинозема в виде раствора:
1 – вагон; 2 – разгрузочная машина; 3 – бассейн для хранения глинозема;
4, 6 – насосы; 5 – расходный бак

Разбавление насыщенного раствора для получения раствора рабочей концентрации ($80 \div 100 \text{ кг/м}^3$) производят в расходном баке или в одном из бассейнов. Недостатками этой схемы хранения являются попадание посторонних предметов в бассейн при разгрузке глинозема, отсутствие очистного оборудования в бассейнах, значительные затраты сжатого воздуха и пара.

Этих недостатков лишен другой способ жидкого хранения глинозема, схема которого представлена на рис.4.9. Сухой глинозем выгружается непосредственно в реактор. Реактор представляет собой цилиндрическую емкость из кислотоупорной стали, на дне которой уложены перфорированные трубы диаметром $50 \div 100 \text{ мм}$ для подачи пара. Над трубами расположена сетка для улавливания механических посторонних включений. Патрубок для отбора раствора расположен ниже уровня сетки.

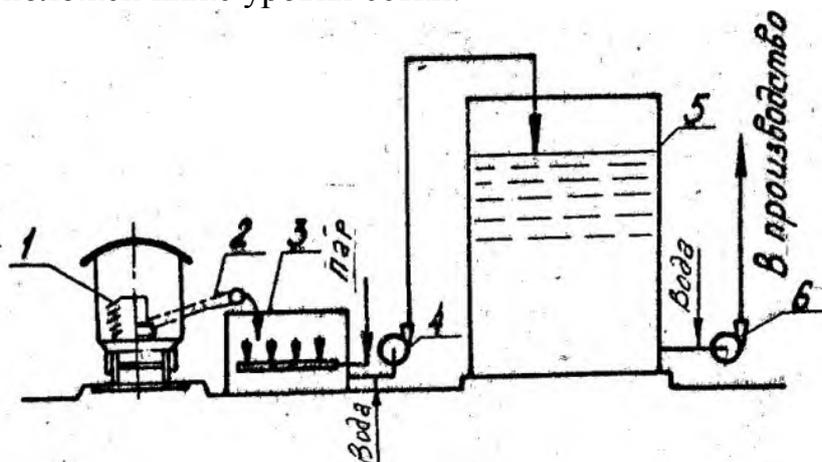
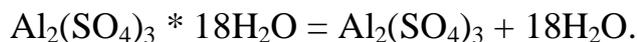


Рис 4.9. Схема жидкого хранения глинозема:
1 – вагон; 2 – разгрузочная машина; 3 – реактор; 4,6 – насосы;
5 – емкость-хранилище

После заполнения реактора в перфорированные трубы подается острый пар. Под воздействием тепла пара кристаллогидрат глинозема распадается на сульфат алюминия и воду по реакции



При этом сульфат алюминия растворяется в выделившейся воде. Полученный раствор температурой 90-110 °С отбирается насосом из реактора и направляется на хранение. Тепловая энергия пара расходуется только на разогрев и поддержание указанной реакции. На 1 т химиката расходуется 0,20÷0,25 т пара. В процессе образования отбора смеси количество глинозема в реакторе уменьшается. Для интенсификации процесса разложения химиката и сокращения потерь пара в атмосферу подачу глинозема в реактор следует осуществлять непрерывно. Горячий раствор по мере охлаждения превращается в гелеподобную смесь и практически не расслаивается. Оптимальной концентрацией смеси, хранящейся длительное время (до 30 сут) при нормальной температуре без расслоения, считается 800÷900 кг в 1 м³ смеси. Поэтому при отборе раствора из реактора в него подается вода в количестве, необходимом для получения такой концентрации.

Разбавление смеси до рабочей концентрации производится путем одновременной подачи воды из бака постоянного уровня и смеси из бака хранения во всасывающий патрубок насоса. Получаемая концентрация раствора контролируется и регулируется в автоматическом режиме.

4.4.3. Жидкое хранение кальцинированной соды

Кальцинированная сода (углекислый натрий) применяется для приготовления варочных растворов, при проклейке бумаги и в других целях. Она представляет собой кристаллогидрат в виде порошка белого цвета. Сухая сода из транспортных средств с помощью разгрузочной и транспортирующей техники подается в емкости хранения, где смешивается с водой из расчета получения конечной концентрации смеси 1000÷1200 кг/м³. Температура воды должна быть 20÷30 °С. На первой стадии смешения образуется раствор соды, затем насыщенный раствор и растворение прекращается. Дальнейшее получение суспензии достигается путем перемешивания соды с раствором за счет циркуляции насосом, перекачивающим сначала воду, затем раствор и, наконец, суспензию через один из трех патрубков, расположенных на равном расстоянии по высоте емкости (рис.4.10). В процессе растворения соды в воде происходит выделение тепловой энергии, раствор нагревается, и концентрация раствора становится выше порога насыщения.

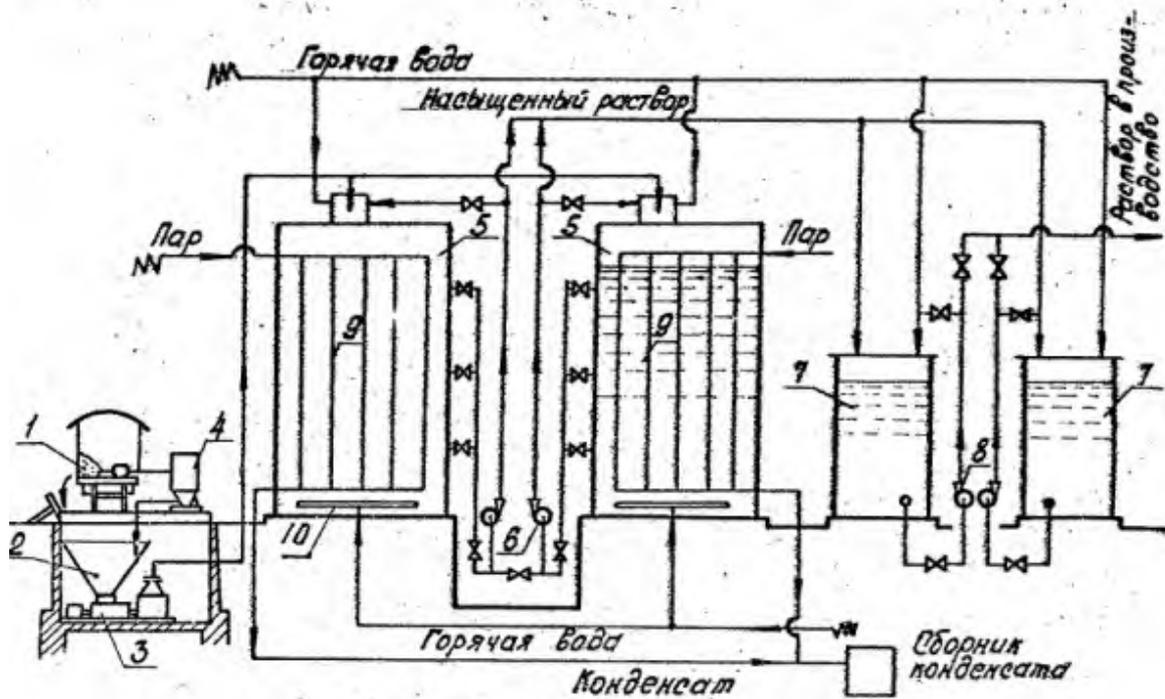


Рис.4.10.Схема склада хранения суспензии кальцинированной соды:

1 – вагон; 2 – приемный бункер; 3 – пневмовинтовой питатель; 4 - пневморазгрузчик; 5 – емкость-хранилище суспензии; 6 – насосы для перекачки суспензии; 7- емкости для разбавления насыщенного раствора; 8 – насосы для подачи разбавленного раствора в производство; 9 – нагревательные устройства; 10 – устройство для подачи горячей воды

Подачу воды, а затем раствора в емкость осуществляют через распыски, расположенные в верхней части емкости. При подаче соды в емкости пневмотранспортом дополнительный распыск размещают на линии сдувки воздуха в атмосферу для устранения потерь соды с воздухом. В период заполнения содой одной из емкостей, в другой может осуществляться растворение осадка или разбавление суспензии до концентрации насыщенного раствора.

В процессе хранения суспензия соды отстаивается, твердые частицы осаждаются, а в верхней части остается осветленный насыщенный раствор. При охлаждении суспензии ниже 35°C происходит ее цементация (потеря текучести) за счет образования в пересыщенном растворе декагидрата соды. Процесс цементации начинается по периметру емкости, образуя блок, который является дополнительным теплоизолятором. Поэтому даже при длительном (более 15 сут) хранении суспензии соды в емкости толщина затвердевшего слоя не превышает $0,5\div 0,6$ м. Таким образом, содержимое емкости при длительном хранении состоит из жидкого ядра, представляющего собой суспензию температурой $35\div 40^{\circ}\text{C}$, и оболочки из затвердевшей суспензии.

В производство сода подается в виде раствора рабочей концентрации ($150\div 200$ кг/м³). Его получают разбавлением насыщенного раствора, для чего необходимо обеспечить доступ воды к жидкому ядру суспензии в хранилище. Этого достигают с помощью парового нагревателя, выполненного из вер-

тикальных труб, проходящих по всей высоте емкости. Перед отбором раствора в трубы подается пар, они разогреваются и разжижают блок декагидрата соды вдоль труб с образованием в блоке каналов. Для получения раствора в нижнюю часть емкости подается теплая ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$) вода, которая, проходя по образовавшимся каналам, растворяет соду и образует в верхней части емкости слой насыщенного раствора концентрацией $300\div 330\text{ кг/м}^3$. Далее насыщенный раствор разбавляют до рабочей концентрации и насосом подают в производство.

Внутри магистральных труб для подачи воды и раствора соды в производство устанавливают паровые тубы (спутники) во избежание опасности цементирования их содой. Поддержание за счет этого температуры отбираемого из емкостей раствора на $5\div 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше точки перехода его в декагидрат ($33\text{ }^{\circ}\text{C}$) позволяет предупредить цементацию его в трубопроводах при неизбежном охлаждении раствора в процессе транспортирования. Это возможно потому, что политерма растворимости соды (рис.4.11) имеет обратный ход при температуре выше $33\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.е с повышением температуры наблюдается понижение уровня растворимости.

Данная технология хранения соды не требует постоянного обогрева емкостей, в результате чего снижаются эксплуатационные затраты и упрощается обслуживание системы.

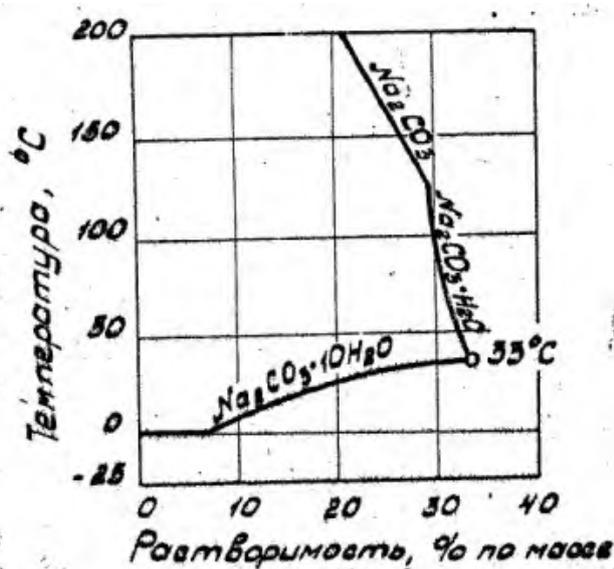


Рис.4.11. Политерма растворимости кальцинированной соды

4.4.4. Хранение серы в виде расплава

Сера используется во многих отраслях промышленности, в том числе в целлюлозной, для приготовления сульфитных варочных растворов. Температура плавления серы равна $115\div 120\text{ }^{\circ}\text{C}$, вязкость составляет $0,007\text{ Н}\cdot\text{с/м}^2$.

Перспективным способом транспортировки, хранения и подачи в производство серы является проведение этих операций с расплавом серы.

Для поставки серы в расплавленном виде используют специальные изотермические цистерны, оборудованные электронагревательными приборами. Емкость такой цистерны составляет 32 м^3 , грузоподъемность 57 т , мощность нагревательных приборов – 100 кВт . Цистерны рассчитаны на заливку расплавленной серы при ее температуре до 150°C через верхний патрубков. Цистерна способна сохранять жидкое состояние серы с достаточной для слива текучестью через нижние штуцера в течение 4 сут при температуре наружного воздуха до -25°C . При более длительном нахождении расплава в цистерне поддержание ее в жидком состоянии осуществляется подогревом с помощью ТЭНов.

Схема системы приема и хранения серы в расплавленном виде представлена на рис.4.12. Поступающая в цистернах сера выгружается через сливные штуцера перекачиванием сжатым воздухом при давлении $0,2 \text{ МПа}$ в обогреваемую емкость объемом, равным вместимости цистерны. Затем погружными насосами сера перекачивается в обогреваемые емкости-хранилища. При подаче на сжигание сера из хранилища подается в приемную емкость, откуда после очистки перекачивается в расходную емкость, расположенную в кислотном цеху над печью. Из расходной емкости сера самотеком поступает на сжигание в форсуночную печь.

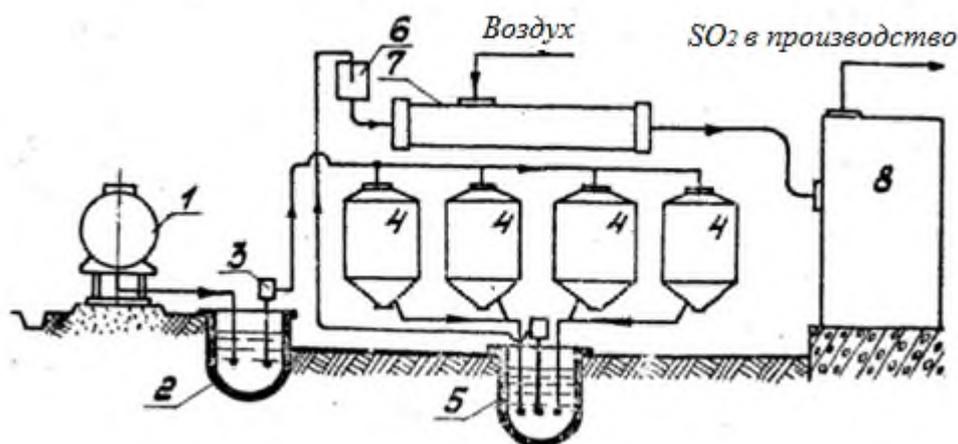


Рис.4.12. Схема хранения серы в виде расплава:

1 – цистерна с расплавом серы; 2 – обогревательная емкость; 3 – погружной насос; 4 – емкость-хранилище; 5 – приемная емкость; 6 – напорная емкость; 7 – форсуночная печь; 8 – котел-утилизатор

Получаемый в результате сжигания сернистый газ температурой выше 1000°C направляется в котел-утилизатор. Из котла-утилизатора пар давлением до $0,6 \text{ МПа}$ подается на склад серы для обогрева всех емкостей и трубопроводов. Тепла, получаемого и утилизируемого при сжигании серы, вполне достаточно для поддержания серы в расплавленном состоянии во всех складских емкостях и другом оборудовании.

4.5. Трубопроводный транспорт наливных грузов

В системах хранения наливных грузов практически все операции по перемещению осуществляются по трубопроводам с помощью насосов или самотеком. В связи с этим приходится решать задачи по определению потерь напора, производительности и мощности перекачивающего оборудования.

В зависимости от характеристик и режима движения по трубопроводам, жидкости могут вести себя как однородные или как структурированные системы. Течение бесструктурных (ньютоновских) жидкостей определяется законом Ньютона (рис.4.13, кривая 1):

$$\tau = \mu(dv/dr), \text{ Па,}$$

где τ – напряжение сдвига;

μ – коэффициент динамической вязкости, Па·с;

dv/dr – градиент скорости (скорость сдвига), 1/с.

Течение структурированных жидкостей (концентрированные суспензии и смеси) описываются более сложными уравнениями.

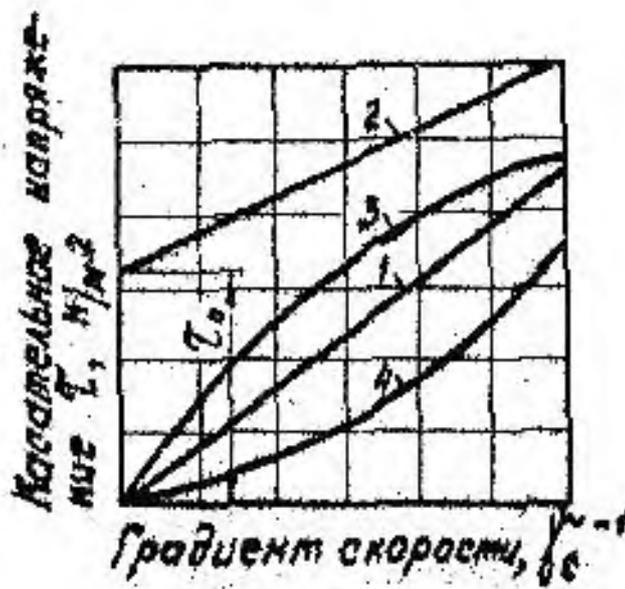


Рис.4.13. Реологические кривые течения для различных жидкостей:
1 – ньютоновская жидкость; 2 – бингамовская жидкость; 3 – псевдопластичная жидкость; 4 – дилатантная жидкость

Так, течение высококонцентрированных суспензий каолина, кальцинированной соды, суперфосфата и других описываются уравнением Бингама для вязкопластичных жидкостей (рис.4.13, кривая 2):

$$\tau = \tau_0 \mu_{\text{пл}} (dv/dr), \text{ Па,}$$

где τ_0 – начальное напряжение сдвига (предел текучести), Па;

$\mu_{\text{пл}}$ – постоянная величина (аналогичная вязкости жидкости), Па.

Зависимость между напряжением сдвига и градиентом скорости для вязко-пластичных жидкостей, является прямолинейной, но в отличие от ньютоновских жидкостей эта прямая проходит не через начало координат, а сдвинута на величину τ_0 . При напряжении сдвига, меньшем, чем τ_0 , эти жидкости ведут себя как твердые вещества, а началу течения (появлению градиента скорости в поперечном сечении трубы) соответствует начало деформации их внутренней структуры, наступающее при $\tau > \tau_0$.

Течение таких концентрированных смесей с водой как сульфат алюминия, известь, цемент, описывается степенным уравнением для псевдопластичных жидкостей (рис. 4.13, кривая 3):

$$\tau = k (dv/dr)^n,$$

где k и n – постоянные величины.

Коэффициент k зависит от консистенции жидкости и является аналогом вязкости, имеет размерность $\text{Н} \cdot \text{с}^n / \text{м}^2$. Показатель степени $n \leq 1$, может, при определенных условиях, приближаться к 1 (тогда свойства жидкости будут идентичны свойствам ньютоновской жидкости).

При $n \geq 1$ приведенное уравнение описывает течение так называемых дилатантных жидкостей (рис.4.13, кривая 4). Они характеризуются тем, что при увеличении градиента скорости течения происходит увеличение кажущейся вязкости, жидкость как бы «упрочняется». Величины μ , $\mu_{\text{пл}}$, τ_0 , k и n в приведенных формулах представляют собой реологические параметры жидкости и определяются экспериментально по кривым течения жидкостей по трубам или в вискозиметрах.

В табл. 4.2 приведены ориентировочные значения реологических параметров для некоторых химикатов, допускающих хранение в жидком виде.

Перемещение концентрированных жидких смесей в системе складирования и транспортировки по трубопроводам производится, как правило, при скоростях от 0,5 до 2,0 м/с, т.е. практически, в ламинарном режиме (для ньютоновских жидкостей) и без разрушения структуры неньютоновской жидкости. Для определения удельных потерь напора (величина потерь на 1 м длины трубопровода) можно использовать следующие формулы.

Таблица 4.2. Значения реологических параметров суспензий химикатов при различной плотности и температуре 15÷20 °С

| Химикат | Реологический параметр | Значения реологических параметров в зависимости от плотности суспензий, кг/м ³ | | | | | | |
|-------------------------------------|--|---|------|------|------|------|------|------|
| | | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 |
| Каолин | τ_0 , Н/м ² | 0 | 8 | 21 | 47 | 90 | 160 | 240 |
| | $\mu_{пл}$, Н*с/м ² | 0,01 | 0,03 | 0,07 | 0,13 | 0,25 | 0,5 | 0,94 |
| Сода кальцинированная | τ_0 , Н/м ² | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,5 | 10,7 | - |
| | $\mu_{пл}$, Н*с/м ² | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,09 | 0,31 | - |
| Аммофос | τ_0 , Н/м ² | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,2 | 40 | - |
| | $\mu_{пл}$, Н*с/м ² | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,17 | 0,27 | 1,5 | - |
| Щелоко-сульфатная смесь (t = 80 °С) | μ , Н*с/м ² | - | - | 0,5 | 1,0 | 1,9 | 3,3 | 5,9 |
| Глинозем сернокислый | k , Н*с ⁿ /м ² | 0,3 | 0,6 | 1,0 | 1,7 | 3,2 | 4,0 | - |
| | n | 1 | 1 | 0,85 | 0,75 | 0,62 | 0,56 | - |

Для ньютоновских жидкостей (формула Дарси-Вейсбаха)

$$i = \lambda \cdot v^2 / 2d \cdot g, \text{ Н/м}^3,$$

где $\lambda = 64/Re$ – коэффициент сопротивления движению жидкости в трубах;

v – скорость движения жидкости, м/с;

d – диаметр трубопровода, м;

Re – критерий Рейнольдса.

Суспензии и растворы химикатов при небольших концентрациях рассматриваются как ньютоновские жидкости. Удельные потери напора при движении таких жидкостей по трубам определяются по формулам для воды с корректировкой полученных результатов учетом их несколько большей плотности

$$i_C = i_B \frac{\rho_C}{\rho_B}, \text{ Па/м},$$

где i_B – удельные потери напора при движении воды, Па/м;

ρ_B и ρ_C – плотность воды и суспензии, кг/м³.

Для вязко-пластичных жидкостей

$$i = \frac{4}{3} \frac{\tau_0}{d} S(\alpha - 1)(A + 1), \text{ Н/м}^3,$$

где

$$S = 1 + \frac{6 \nu \cdot \mu_{\text{ПЛ}}}{\tau_0 d};$$
$$\alpha = \sqrt{\frac{3}{S^2} \text{ch} \ln \sqrt{S^2 + \sqrt{S^4 - 1}} + 1};$$
$$A = \sqrt{3 + \frac{2}{\alpha}},$$

где S , α и A – безразмерные расчетные критерии.

Анализируя формулу для критерия α , можно заметить, что при изменении S от 1 до бесконечности величина этого критерия α изменяется, соответственно, от 2 до 1, а величина критерия A – от 2,236 до 2,0. Для упрощения вычислений удельных потерь напора на рис.4.14 представлена зависимость $\alpha = f(S)$.

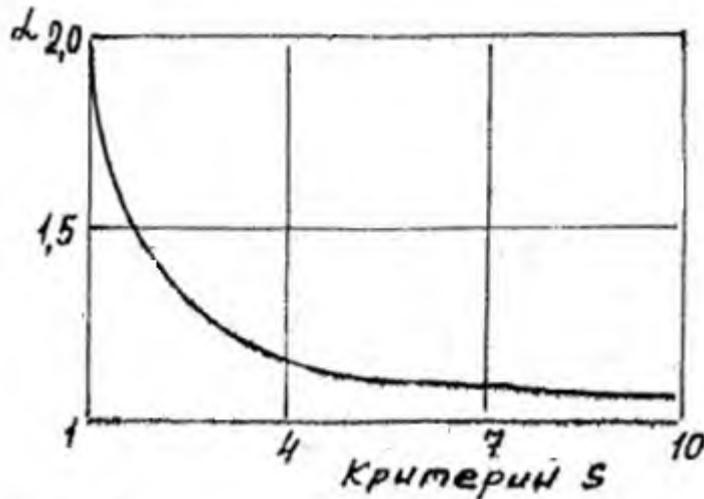


Рис.4.14. Зависимость критерия α от безразмерного критерия S

Для псевдо-пластичных и дилатантных жидкостей

$$i = \frac{4k}{d} \left[\frac{2\nu(3n+1)}{dn} \right]^n, \text{ Н/м}^3.$$

При определении удельных потерь напора на один метр длины при перемещении жидкости на вертикальных участках трубопровода, помимо линейных потерь напора на трение, следует учитывать и потери от массы соответствующего высоте подъема столба жидкости

$$i_H = \pm \rho \cdot g, \text{ Н/м}^3.$$

Знак (+) относится к случаю, когда жидкость на вертикальном участке поднимается, знак (-) – если жидкость течет сверху вниз.

Для определения суммарных потерь напора при перекачке гидросмеси используется формула

$$\Delta p = i(L + H) \pm i_H H + \Delta p_{MC}, \text{ Н/м}^2,$$

где L – суммарная длина горизонтальных участков трубопровода, м;

H – суммарная длина подъема (спуска) жидкости по трассе, м;

Δp_{MC} – суммарные потери напора в местных сопротивлениях, Па.

Анализ существующих транспортных систем предприятий показывает, что суммарная величина потерь напора в местных сопротивлениях составляет 10 ÷ 20 % от суммы линейных потерь.

Выбор насоса для перекачки гидросмеси начинается с определения его типа. Для перекачки концентрированных смесей применяют центробежные насосы или насосы объемного типа. При этом первые применяют, как правило, на небольших трассах, где требуется обеспечить большой расход, а вторые – на участках большой длины с малым расходом. Кроме того, тип насоса определяется характером перекачиваемой смеси, наличием в ней твердых частиц, агрессивностью смеси, ее температурой. Так, для перекачки каолиновых суспензий используют фекальные, грунтовые или песковые насосы в обычном исполнении, а для перекачки суспензии сернокислого глинозема применяют аналогичные насосы, но в кислотостойком исполнении. Информация о различных типах насосов и областях их применения содержится в технических справочниках и каталогах.

После выбора типа необходимо определить марку соответствующего насоса, которая обеспечит устойчивое перемещение жидкости. Для этого следует обратиться к рабочим характеристикам насосов, имеющимся в соответствующих каталогах. Основной рабочей характеристикой для выбора марки насоса является зависимость напора, развиваемого насосом, от секундного расхода. При этом полученная расчетом величина потерь напора в сети, при заданном технологией секундным расходом жидкости, должна соответствовать имеющимся значениям напора и расхода на рабочей характеристике насоса. Величина секундного расхода Q при выбранном диаметре d трубопровода и скорости движения жидкости v

$$Q = v \cdot \pi \cdot d^2 / 4, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для устойчивой работы насоса необходимо, чтобы фактический его напор был несколько выше, чем расчетные потери напора в сети. Если это невозможно, следует снизить скорость перемещения жидкости за счет увеличения диаметра трубопровода.

Мощность, потребляемая насосом, определяется из соотношения

$$N = \frac{\Delta p Q}{1000 \eta}, \text{ кВт},$$

где η – полный КПД насоса ($\eta = 0,5 \div 0,7$).

Полученное значение мощности должно с некоторым запасом соответствовать мощности электродвигателя, входящего в комплект выбранного насоса.

Последним этапом выбора насоса является проверка его всасывающей характеристики, т.е. достаточности его всасывающей способности в конкретных производственных условиях. Для устойчивой работы насоса необходимо, чтобы паспортная высота всасывания была больше, чем потери напора на линии всасывания. Потери напора на всасывающей линии насоса определяются по тем же формулам, что и в напорной. Если высота всасывания у выбранного насоса недостаточна, необходимо предусмотреть такую установку насоса, чтобы обеспечить требуемый напор.

5. МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ С КРУГЛЫМИ ЛЕСОМАТЕРИАЛАМИ

Современное лесосырьевое хозяйство на лесохимических предприятиях характеризуется разветвленной структурой производства, связанной с необходимостью выполнения различных функций. Обобщенный пример такой структуры приведен на рис. 5.1.

Круглые лесоматериалы, прибывающие всеми видами транспорта, принимаются на приемных устройствах, оснащенных различным подъемно-транспортным оборудованием, транспортируются к раскряжевочным установкам, питателям или на промежуточное хранение. Системой конвейеров лесоматериалы направляются в древесно-подготовительный цех для окорки, рубки в щепу, сортирования ее по фракциям. Подготовленные щепы или балансы направляются на хранение либо непосредственно в производство.

Кора и древесные отходы дробятся, обезвоживаются, прессуются. Пульпа, содержащая кору и воду, подвергается очистке. Привозная технологическая щепы разгружается различными средствами механизации, транспортируется на хранение или поступает в производство.

Как видно по структурной схеме, в лесосырьевом хозяйстве транспортно-перегрузочные операции сочетаются с технологическими, а непрерывная связь между всеми участками производится через потоки лесоматериалов. Здесь технологические и транспортно-перегрузочные операции подвержены воздействию многих неуправляемых факторов.

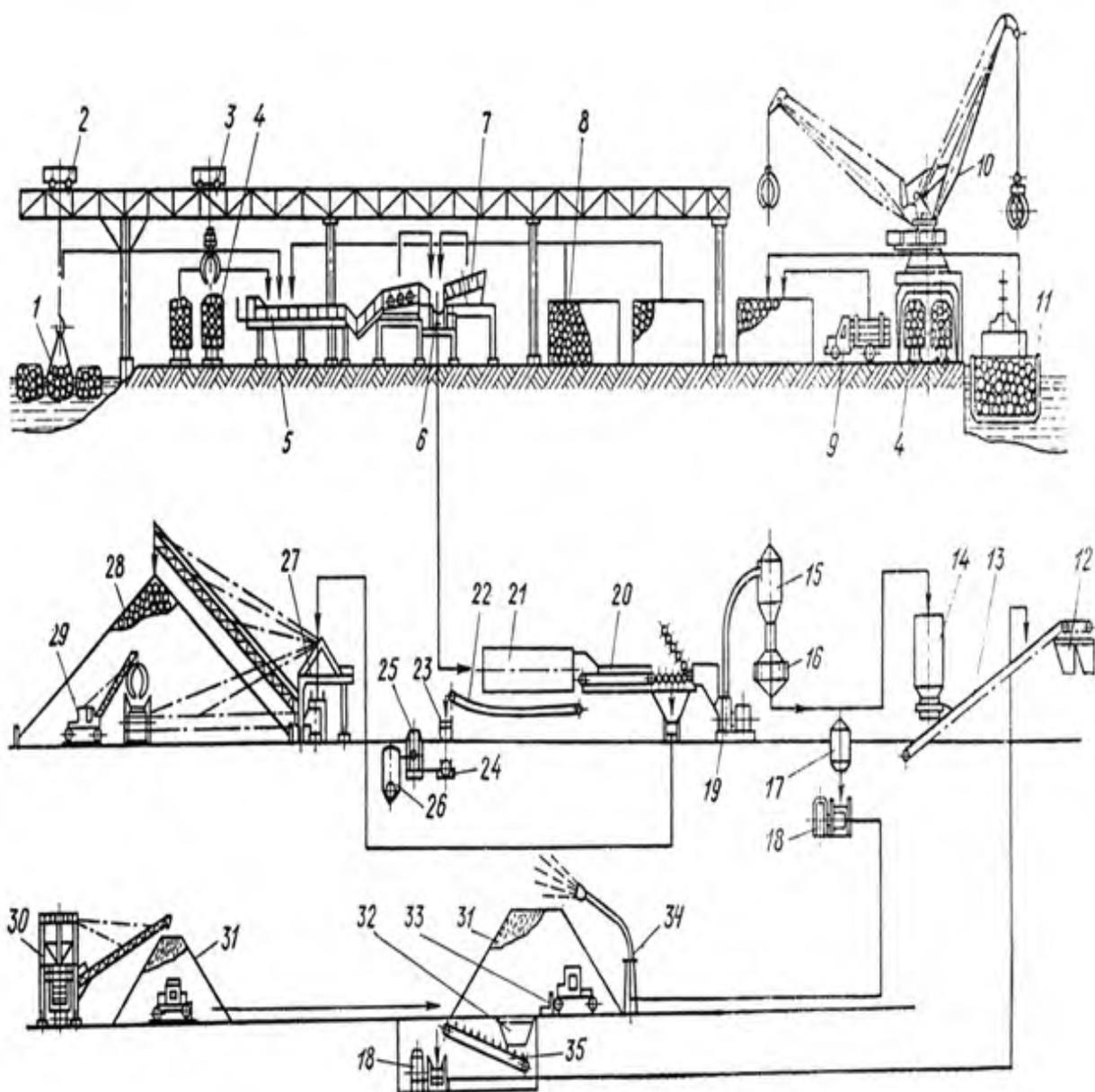


Рис. 5.1. Структурная схема лесосырьевого хозяйства:

1 – пачки круглых лесоматериалов; 2 – кран мостовой электрической крюковой; 3 – кран мостовой электрический грейферный; 4 – железнодорожные вагоны; 5 – устройство для роспуска и распиловки балансов; 6 – конвейер ленточный для транспортировки коротья; 7 – дисковый питатель коротья; 8 – штабель круглых лесоматериалов; 9 – автолесовоз; 10 – порталный кран; 11 – судно; 12 – бункер варочных котлов; 13 – конвейер для подачи щепы в производство; 14 – силос для щепы; 15 – циклон; 16 – установка для сортирования щепы; 17 – уравнильный бункер; 18 – шлюзовой питатель пневмотранспортной системы; 19 – рубительная машина; 20 – межагрегатная связь барабан – рубительная машина; 21 – окорочный барабан; 22 – дренажный конвейер для щепы; 23 – ленточный конвейер для коры; 24 – дробилка для коры и отходов; 25 – пресс для коры и отходов; 26 – бункер-накопитель коры; 27 – стакер; 28 – куча коротья; 29 – экскаватор-кран с многочелюстным грейфером; 30 – элеваторно-ковшовая машина для выгрузки щепы из железнодорожных вагонов; 31 – куча щепы; 32 – бункер; 33 – бульдозер с широким отвалом; 34 – пневмостакер; 35 – цепной питатель

Так, внешний грузопоток, как правило, стохастичен. Изменяются предметы труда (вместо длиномерного баланса получают короткомерный, наблюдаются значительные колебания размеров балансов по толщине). Для многих предприятий, особенно крупных, характерна поставка древесины всеми видами транспорта при резкой ее неравномерности в течение года. Это приводит к необходимости организации складов значительной вместимости, неоднократной перевалке сырья.

Требования рационального и комплексного использования древесного сырья обуславливают необходимость различных технологий переработки его. По условиям технологии нередко требуется отдельная переработка сырья по породам и качеству. Это предопределяет необходимость создания разветвлённых грузопотоков, число которых зависит от технологических требований переработки сырья.

5.1. Характеристики круглых лесоматериалов

На предприятия лесохимической промышленности в качестве исходного сырья поставляется лиственная и хвойная древесина в различных видах. В соответствии с принятой в литературе терминологией на продукцию лесоперерабатывающей промышленности, **древесным сырьем** называют: поваленные деревья, древесные хлысты, круглые и колотые лесоматериалы, пневая и измельченная древесина, а также отходы лесозаготовок, лесопиления и деревообработки, предназначенные для переработки или используемые в качестве топлива.

Сортимент – это лесоматериал установленного назначения. Круглые и колотые сортименты для производства целлюлозы и древесной массы принято называть **балансами**. Помимо балансов, в лесохимической промышленности используют сортименты для пиролиза, для производства древесных плит и др. Сортность балансов устанавливается в зависимости от видов и количества встречающихся в них пороков (гниль, кривизна, обугленность, сучки).

По размерным характеристикам (диаметр верхнего отруба) балансы подразделяются на: мелкие – с диаметром от 6 до 13 см включительно, средние – с диаметром от 14 до 24 см включительно, и крупные - с диаметром от 25 и более см. По длине древесины подразделяются на хлысты (очищенный от сучьев ствол дерева без отделенных от него прикорневой части и вершины общей длиной до 25 м); длиномерный баланс (длинник) длиной более 6,5 м; баланс средней длины с длиной свыше 2 м до 6,5 м; короткомерный баланс (коротье) длиной до 2 м включительно; долготье - отрезок хлыста, имеющий длину, кратную длине получаемого сортимента.

С целью вовлечения в переработку низкокачественного древесного сырья разработан ряд технических условий, которые допускают в поставляемых балансах большее, чем обусловленного в 1- 3-х сортах, количество пороков. К таким видам сырья относятся балансы 4-го сорта - древесина дровяная для технологических нужд и др.

Количество древесины (V_d) в объеме пачки или штабеля принято определять в плотных кубических метрах в коре или без коры. Это количество определяется формулой:

$$V_d = K_{пд} \cdot V_0, \text{ пл. м}^3,$$

где $K_{пд}$ – коэффициент полнодревесности, зависящий от породы древесины, размеров, способов укладки и условий транспортирования;

V_0 – измеренный общий объём пространства, занимаемого древесиной в пачке или штабеле вместе с промежутками, м^3 .

Для определения объема древесины без коры используют коэффициент, учитывающий наличие коры на древесине (k_k), который зависит, в основном, от породы древесины и составляет: для березы $k_k = 0,88$; осины $k_k = 0,89$; ели $k_k = 0,91$; сосны $k_k = 0,94$ при среднем диаметре бревен 15 см (при меньших диаметрах k_k может быть увеличен на $1 \div 2 \%$, при больших – уменьшен на $1 \div 2 \%$). После умножения объема древесины в коре на k_k получают объем древесины без коры. В некоторых случаях для оценки количества древесины используют единицы складочного объема или массовые единицы.

Одним из важнейших показателей древесины является её плотность, или масса в единице объёма. В табл. 5.1 приведены ориентировочные данные фактической плотности древесины основных пород при разной абсолютной влажности.

Помимо фактической плотности древесины, различают еще два вида: плотность древесинного вещества и базисную плотность. Плотность древесинного вещества – это плотность вещества клеточных оболочек, когда в объём не включаются любые поровые пространства. Для всех пород древесины эта плотность приблизительно равна 1450 кг/м^3 . Базисная плотность – это масса абсолютно сухого вещества древесины в единице объёма древесины влажностью выше точки насыщения ($W \geq 30 \%$). Базисную плотность определяют по формуле

$$\rho_b = m_{a.c} / V_{max}, \text{ кг/м}^3,$$

где $m_{a.c}$ – масса абсолютно сухого вещества в объёме влажной древесины V_{max} .

Таблица 5.1. Плотность древесины основных пород при разной влажности

| Порода | Плотность, кг/м ³ , при влажности, % | | | | | |
|--------------------|---|-----|-----|-----|------|------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Сосна обыкновенная | 500 | 520 | 590 | 680 | 760 | 850 |
| Ель европейская | 440 | 460 | 520 | 600 | 670 | 750 |
| Лиственница | 660 | 690 | 770 | 880 | 990 | 1100 |
| Пихта | 370 | 390 | 440 | 510 | 570 | 630 |
| Береза | 680 | 700 | 790 | 900 | 1020 | 1130 |
| Осина | 490 | 510 | 580 | 660 | 750 | 830 |
| Ольха | 520 | 540 | 620 | 700 | 790 | 880 |

Примерные нормы расхода древесины в пл. м³ без учёта коры для получения 1 т волокнистого полуфабриката составляют:

Целлюлоза сульфатная из хвойных пород древесины:

для производства бумаги и картона 4,91

для химической переработки 6,40

Целлюлоза сульфатная из лиственных пород древесины:

для производства бумаги и картона 4,09

Целлюлоза сульфитная из хвойных пород древесины:

для производства бумаги и картона 4,93

Полуцеллюлоза 3,09

Древесная масса 2,60

5.2. Способы поставок древесного сырья.

Режимы поставок. Подвижной состав

Все виды древесного сырья поставляются на лесохимические предприятия по железной дороге, автотранспортом, водными видами транспорта (в судах и лесосплавом, в пучках и плотках) и др.

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

Основными видами транспорта, используемыми для поставок древесного сырья предприятиям, в настоящее время являются и будут в перспективе – железнодорожный и автомобильный. Объёмы поставок лесных грузов по

воде сокращаются, особенно за счёт запретов на лесосплав. Приём и учёт древесного сырья, поставляемого различными видами транспорта, осуществляется в соответствии со стандартами.

5.2.1.Поставки древесного сырья по железной дороге

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

В целях лучшего использования грузоподъёмности универсального подвижного состава перевозка длинномерных балансов производится в пределах прямоугольной и верхней суженной части габарита погрузки (с шапкой). Крепление штабелей производится с помощью стоек, устанавливаемых вдоль бортов полувагонов или платформ и связываемых между собой стандартными стяжками либо проволокой. Для обеспечения безопасной перевозки короткомерных балансов, уложенных беспакетно выше уровня бортов, применяют обрешётку из досок либо оторцовку штабелей по периметру кузова вагона вертикально стоящими балансами.

Универсальные полувагоны и платформы, имеют паспортную грузоподъёмность $63 \div 70$ т. При загрузке их древесиной не используется около $25 \div 45$ % паспортной грузоподъёмности. Кроме того, они требуют для крепления груза значительного количества оборотного и разового реквизита (стойки, доски, проволока, стяжки, и др.). Для исключения этих недостатков, а также для снижения трудозатрат на погрузочно-разгрузочных работах широко используются переоборудованные универсальные платформы и специализированные платформы, как правило, включаемые в состав поездов «вертушек». Круглые сортименты и хлысты, уложенные в штабели, могут перевозиться в них без применения разового реквизита.

Все переоборудованные и специализированные платформы снабжены штатными вертикальными, жёстко закреплёнными на раме парными стойками, которые могут быть оснащены стяжками с запирающим устройством, а также, в случае необходимости, торцевыми стенками с выдвигаемыми щитами. Кроме того, все они имеют выступающие над полом металлические гребёнки, предотвращающие смещение груза вдоль платформы и создающие свободное пространство для введения под штабель лесоматериалов захватов погрузчика или грейфера либо для протягивания строп.

Для перевозок круглых сортиментов разработан и используется ряд моделей длиннобазных специализированных платформ (рис.5.2).

Для перевода геометрического объема перевозимых в железнодорожных вагонах штабелей круглых лесоматериалов в плотный объем рекомендуют следующие значения коэффициентов полнодревесности (в коре):

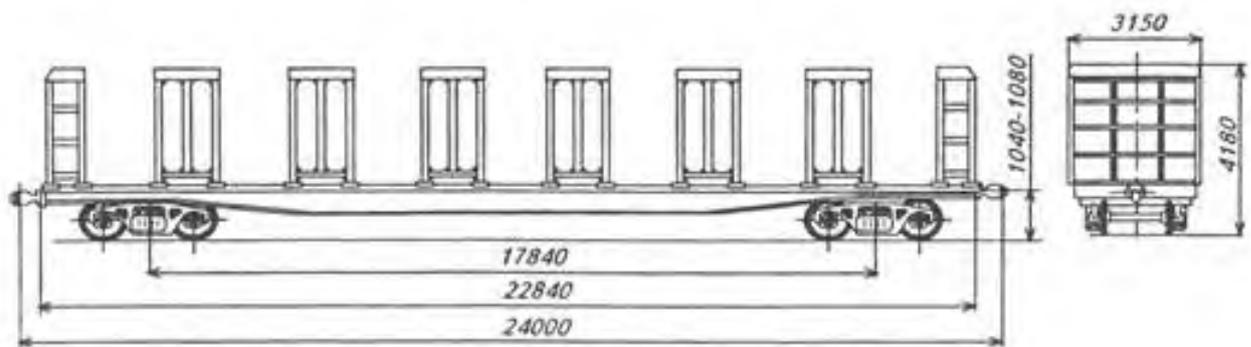


Рис.5.2. Специализированная платформа для перевозки древесины

для хвойных пород, толщиной 8 ÷ 40 см и длиной 2,1 ÷ 6,5 м:
при штабелировании

с шапкой 0,5 ÷ 0,62

без шапки 0,53 ÷ 0,66

для лиственных пород, толщиной 8 ÷ 40 см и длиной 2,1 ÷ 6,5 м:
при штабелировании

с шапкой 0,49 ÷ 0,56

без шапки 0,52 ÷ 0,60

Применение специализированного подвижного состава для перевозок древесного сырья в условиях прямых связей между поставщиком и потребителем позволяет сократить трудоёмкость погрузочно-разгрузочных работ; улучшить условия труда; обеспечить ритмичность снабжения поставщиков подвижным составом и поставки груза потребителям; снизить простои подвижного состава на погрузочно-разгрузочных работах и сократить, в связи с этим, фронты погрузки-разгрузки и затраты на их сооружение, содержание и обслуживание.

5.2.2.Поставки древесного сырья автотранспортом

Перевозки древесного сырья автотранспортом осуществляются в поездах-лесовозах, бортовых и самосвальных автомобилях. Автопоезда-лесовозы, применяемые для перевозки длинника и хлыстов, составлены из тягачей и прицепов, полуприцепов либо прицепов-ропусков. Для размещения и крепления штабелей круглых лесоматериалов подвижной состав, включённый в состав автопоезда, оборудуется стойками или поворотными конниками, а также тросовым и цепным такелажем. На некоторых автопоездах установлены лебёдки и краны - гидроманипуляторы с грейферными захватами для осуществления погрузочных и разгрузочных операций. Круглые сортименты перевозятся беспакетно и в пакетированном виде в стропах типа ПС или в гибких строп-комплектах.

Коэффициент полндревесности ($K_{\text{пд}}$) перевозимого автотранспортом круглого леса:

| | |
|-------------------------------------|------|
| при укладке баланса в разнокомелицу | 0,7; |
| при беспорядочной укладке | 0,5. |

5.2.3.Поставки древесного сырья в судах

Для перевозки круглых лесоматериалов (длинника и коротья) и щепы по внутренним водным путям применяются все типы самоходных и несамоходных судов-сухогрузов грузоподъемностью до 5000 т, предназначенных для транспортировки лесных грузов, угля, минерально-строительных и других сыпучих грузов.

Перевозка круглых лесоматериалов в судах осуществляется россыпью (беспакетно) и в обвязке (пакетах, пачках). Для устойчивости судов в условиях бортовой качки следует соблюдать установленные правила укладки в них штабелей и пакетов (пачек) древесины. Допустимая высота укладки штабелей устанавливается с учётом обеспечения визуального обзора, устойчивости судна и использования его грузоподъемности. Качество укладки круглых лесоматериалов в трюмы и на палубы судов существенным образом влияет на процессы их разгрузки (трудоёмкость, продолжительность, качество пачек и пр.).

Почти всё древесное сырьё в круглом виде, поставляемое на предприятия лесосплавом, поступает в плотках разных типов. Доля поставок сырья целлюлозно-бумажным предприятиям различными видами лесосплава повсеместно снижается, а в отдельных районах они полностью исключены из практики водного транспорта леса. Допускаемая продолжительность нахождения древесины в воде зависит от многих факторов и колеблется в пределах от 45 до 200 суток.

5.3. Грузоподъемное и транспортирующее оборудование, применяемое на узлах приема и складирования древесного сырья

Для механизации приема, складирования и транспортирования древесного сырья и отходов используется различное грузоподъемное и транспортное оборудование периодического (краны, лесопогрузчики, бульдозеры и др.) и непрерывного (конвейеры, элеваторы, питатели, пневмотранспортные установки и др.) действия.

Оборудование, применяемое на узлах приема и складах лесных грузов, должно соответствовать технологическому назначению, обеспечивать соблюдение правил безопасности работы, правил пожарной безопасности и др.

5.3.1. Грузоподъемные краны

Грузоподъемные краны предназначены для захвата, подъема, переноса, опускания и укладки груза в любую точку обслуживаемой территории, т.е. для совершения совокупности операций. Продолжительность и количество операций зависят от типа и характеристики машины, количества груза, перемещаемого за один цикл, расстояния, на которое перемещается груз в течение цикла, и общего количества груза, подлежащего перемещению.

На узлах приема и складах древесных материалов используют следующие типы грузоподъемных кранов: краны мостовые, краны порталные, краны козловые, краны башенные. Все они оснащаются различными грузозахватными устройствами, рассмотренными в п. 5.3.3.

Основными параметрами, характеризующими каждую машину этой группы, являются грузоподъемность, скорость движения входящих в ее состав отдельных механизмов и режим работы.

Грузоподъемность машины складывается из массы грузозахватного устройства с учетом массы всех входящих в него вспомогательных устройств (механизма поворота, взвешивающего устройства и др.) и массы груза. Скорости механизмов кранов определяются их назначением и характером операции, выполняемой данным механизмом. Режим работы подъемно-транспортного оборудования определяется в зависимости от времени использования и степени загруженности машины и ее механизмов за весь срок службы. Определение производительности кранов, зависящей от множества различных факторов, рассмотрено в п. 5.3.3.

5.3.2. Лесопогрузчики для приема круглых лесоматериалов

В настоящее время для приема лесных грузов железнодорожной и автомобильной поставки, а также для перегрузочных, транспортных и штабелевочных работ с круглым лесом все чаще используют лесопогрузчики фронтального типа, оснащенные челюстным захватом или грейфером, и лесопогрузчики на базе универсальных экскаваторов со стрелой-манипулятором и поворотной платформой, снабженные грейфером. Доля их на наших предприятиях постепенно растет, а в проектах новых и реконструируемых лесохимических предприятий они, как правило, применяются безальтернативно.

Этому способствует многофункциональность, маневренность и универсальность данных машин. Так, фронтальные погрузчики с челюстным захватом (рис.5.3а) позволяют осуществлять разгрузку переоборудованного или специализированного подвижного железнодорожного состава, а также автолесовозов. При оборудовании их челюстными грейферами (рис.5.3б) эти погрузчики пригодны для разгрузки длинника и коротья также и из универсальных полувагонов. Они способны транспортировать лесные грузы на сотни метров.

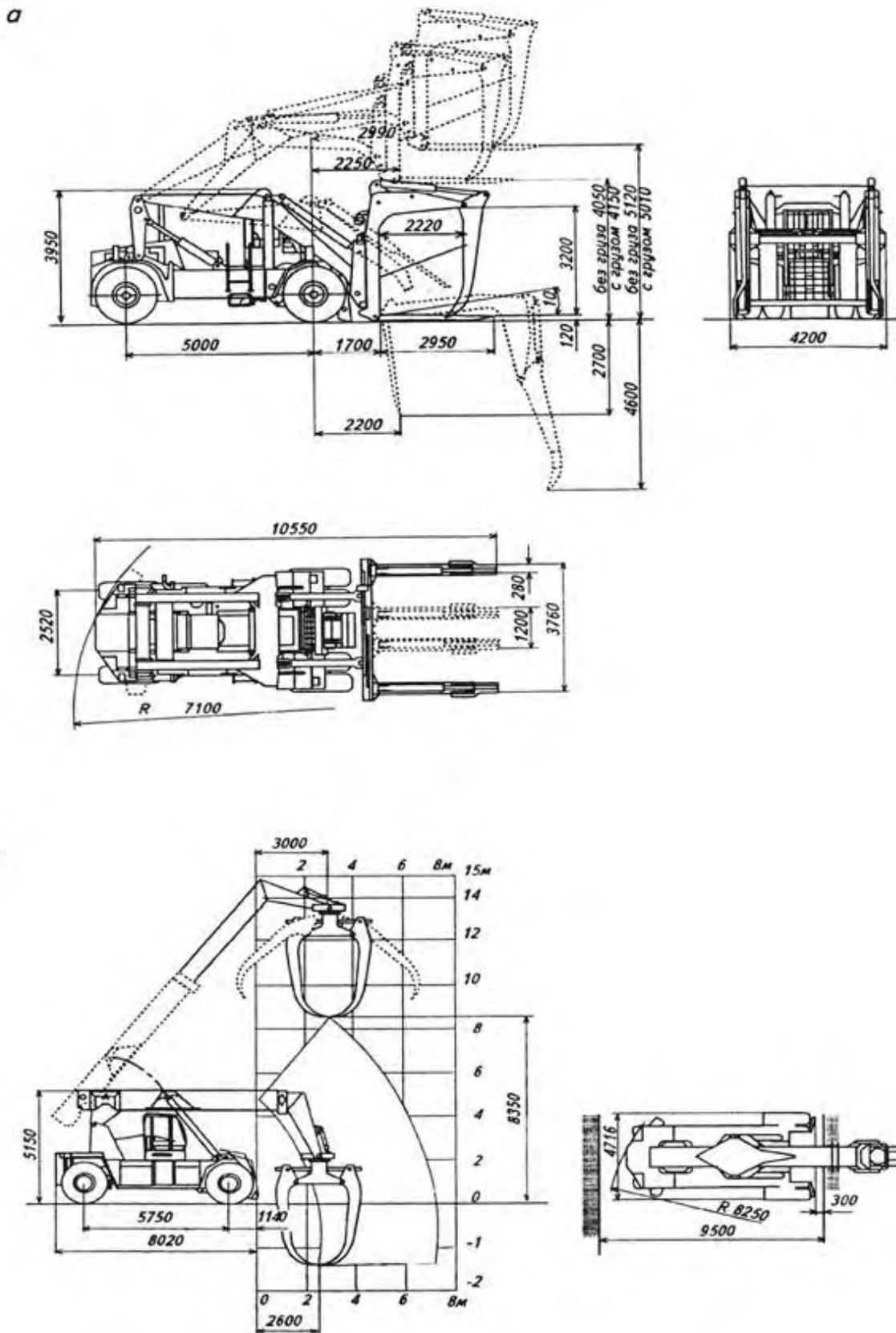


Рис. 5.3. Габаритные размеры и диаграмма рабочей зоны лесопогрузчиков фирмы «Кальмар»:

- a* – фронтальный лесопогрузчик KTD-2714 с челюстным захватом $S=8,5\text{ м}^2$;
- б* – фронтальный лесопогрузчик RTD-3026 с грейферным захватом

Особенностью челюстных погрузчиков, является то, что при разгрузке специализированных платформ и автолесовозов возможен подъем только всего штабеля или его частей, предварительно разделенных прокладками. Грузоподъемность и параметры захвата машины должны соответствовать массе и размерам поперечного сечения штабеля или его части.

Фронтальные лесопогрузчики представляют собой колесную машину, состоящую из шасси, рамы и установленного на ней подъемного грузозахватного оборудования челюстного или грейферного типа. Для эксплуатации большинства из них требуется специально подготовленная территория с твердым покрытием. Грузоподъемность лесопогрузчиков меняется в зависимости от высоты подъема и вылета стрелы. Отдельные модели с челюстным и грейферным захватом способны осуществлять выгрузку пучков бревен из воды.

Лесопогрузчики, оснащенные грейферным захватом более универсальны, чем с фронтальным челюстным захватом. При использовании сменных грейферов они пригодны для разгрузки полувагонов, для работы на штабелях большей, чем 3 м высотой. Многие грейферы имеют устройства для поворота вокруг вертикальной оси, т.е. для ориентации груза. Лесопогрузчики могут оснащаться видеокамерой, устанавливаемой на стреле над грузозахватным устройством для обеспечения водителю обзора рабочей зоны.

Лесопогрузчики на базе универсальных экскаваторов (рис.5.4) могут быть использованы для разгрузки транспортных средств, подачи сырья в производство, в штабель или в кучу. Они имеют базовое шасси на колесном или гусеничном ходу, полноповоротную платформу и телескопически удлиняемую, шарнирно сочлененную стрелу, вылет которой может достигать 25 м.

Грузоподъемность таких лесопогрузчиков зависит от вылета стрелы и на малых вылетах доходит у некоторых моделей до 20 т. Особенность этих лесопогрузчиков – высокие скорости механизмов изменения вылета стрелы, вращения платформы и замыкания грейфера. Обычно эти лесопогрузчики передвигаются вдоль грузового фронта либо установлены стационарно у зоны обработки груза, а подвижной состав подается к погрузчику.



Рис. 5.4. Лесопогрузчик MSK-60 фирмы «Мантсинен» на базе универсального экскаватора фирмы «Хитачи»:

1 – базовое шасси; 2 – портал; 3 – платформа поворотная с приводом гидросистемы погрузчика; 4 – стрела; 5 – рычаг; 6 – грейфер; 7 – кабина; 8 – подъемник кабины

5.3.3. Грузозахватные устройства для круглых лесоматериалов и измельченной древесины

Наиболее простыми и, вместе с тем, универсальными грузозахватными устройствами являются стропы и стропные захваты. Они позволяют производить выгрузку из подвижного состава и перегрузку непакетированных круглых лесоматериалов с параллельной укладкой, а также пакетированных – пакетов и пучков в обвязке. Масса разового подъема груза при использовании строп из-за их малой собственной массы может быть близка к грузоподъемности крана. Другим достоинством строп является их невысокая стоимость.

В то же время, срок службы большинства типов строп незначителен и зависит, прежде всего, от характера взаимодействия строп с перегружаемым грузом. Застропка и отстропка груза при использовании обычных строп с

крюковыми подвесками производятся вручную. Продолжительность этих операций, особенно застропки, велика и составляет $50 \div 70$ % общей продолжительности цикла работы крана. Использование строп и крюковых подвесок становится более производительным и менее трудоемким при оснащении системы «крюк-стропы» устройством для самоотцепа. Это позволяет упростить и ускорить процесс отстропки груза.

Разработаны конструкции съемных грузозахватных устройств, состоящих из траверсы с размещенной на ней двухбарабанной лебедкой и двумя крюками с устройствами для самоотцепа. Застропка пачки лесоматериалов в вагоне осуществляется стропами, опускаемыми с барабанов лебедки этого устройства вручную. Свободные концы строп, оснащенные кольцами, зацепляются за крюки-самоотцепы, размещенные на устройстве. После переноса и опускания груза на место его укладки управляемые из кабины крановщика крюки-самоотцепы высвобождают подвешенные к ним концы строп, а лебедка устройства вытягивает стропа из под груза, наматывая их на барабаны. Однако собственная масса и сложность этих устройств ограничивает их применимость.

В отличие от строп, рейферы позволяют выполнять захват груза и освобождение его на месте укладки без применения ручного труда в максимально короткие сроки. Основным недостатком рейфера - это снижение полезной грузоподъемности крана из-за собственной массы рейфера. Однако этот недостаток окупается за счет сокращения продолжительности одного цикла работы крана в результате механизации захвата и освобождения груза.

Рейферы представляют собой многозвенный механизм, состоящий из челюстей, осуществляющих непосредственный захват и удержание груза, системы замыкания челюстей, узла подвеса рейфера, а также элементов для соединения указанных узлов и передачи на челюсти усилий для внедрения их в груз и его удержания. По числу челюстей рейферы разделяют на двухчелюстные – с параллельным размещением челюстей и многочелюстные, в которых челюсти размещены по сторонам вписанного в окружность правильного многоугольника. Многочелюстные рейферы могут иметь от четырех до восьми челюстей.

Особенностью двухчелюстных рейферов, предназначенных для круглых лесоматериалов, является наличие так называемой внерейферной части груза, расположенной за пределами собственного габарита рейфера, а также то, что, в отличие от рейферов для сыпучих грузов, они могут иметь переменную площадь сечения зева за счет возможности взаимного перекрытия челюстей. Это позволяет надежнее удерживать пачку круглых сортиментов в случае, если площадь поперечного сечения пачки меньше площади сечения зева при замкнутых челюстях. Многочелюстные рейферы используют для перегрузки короткомерных лесоматериалов.

По системе привода для замыкания челюстей рейферы подразделяют на канатные и приводные. Канатные рейферы предназначены для использо-

вания на кранах, имеющих, кроме лебедки подъема груза, еще и специальную лебедку для замыкания челюстей грейфера, подвешенного к крану.

Приводные грейферы предназначены для использования их на кранах с крюковой подвеской, имеющих только систему подъема-опускания груза. Они представляют собой автономный механизм, в конструкцию которого включен привод замыкания челюстей. Привод замыкания челюстей этих грейферов выполняется электродвигательным или электрогидравлическим. В состав привода входит электродвигатель, электроаппаратура, гидронасос, гидрораспределительная система и исполнительные устройства в виде тали, лебедки, винтов или гидроцилиндров. К группе приводных грейферов относятся также грейферы, электропривод исполнительного механизма которых находится вне грейфера. Это, например, гидравлические грейферные захваты манипуляторов и кранов со стрелой-манипулятором, созданные на базе универсальных экскаваторов с поворотной платформой. Замена приводных грейферов другими грузозахватными устройствами значительно проще и менее продолжительна, чем при использовании канатных грейферов.

Значительно улучшает технико-экономические показатели работы кранов применение устройств для разворота грейферов вокруг вертикальной оси и ориентирования их в нужном направлении для правильного захвата груза и его укладки на место назначения. Устройство для поворота грейфера, как правило, включает электродвигатель с редуктором или гидропривод и устанавливается на подвеске крана либо входит в конструкцию грейфера.

На рис. 5.5 изображены отдельные типы приводных грейферов отечественных и зарубежных фирм. Из приводных лесных грейферов наиболее перспективными считаются электрогидравлические грейферы.

Основными параметрами грейферов для круглых лесоматериалов являются: площадь зева двухчелюстных грейферов и геометрическая вместимость многочелюстных грейферов в замкнутом состоянии, грузоподъемность грейфера и его собственная масса. Для грейферов ковшового типа, предназначенных для перегрузки измельченной древесины, основными параметрами являются: геометрическая вместимость ковша, грузоподъемность грейфера и его собственная масса.

Площадь зева и геометрическая вместимость грейферов, а также характеристика грузов (длина и диаметр бревен, плотность древесины, показатели полндревесности и др.) определяют максимальную массу груза, которая, с учетом массы грейфера, определяет грузоподъемность крана, предназначенного для работы с грейфером.

Зачерпывающая способность грейфера зависит от его массы, конструкции и конфигурации челюстей, наличия интенсифицирующего внедрение челюстей в груз органа, максимального размаха челюстей, площади зева и геометрической вместимости грейфера, от того, откуда производится зачерпывание (из полувагона, штабеля и т.д.), от длины и диаметра бревен, от способа их укладки.

Максимальная масса захватываемого грейфером груза P_{max} определяется по формулам:

- для круглых лесоматериалов (двухчелюстным и многочелюстным грейфером)

$$P_{max} = \rho V_{max}, \text{ т},$$

где ρ – плотность древесины, т/пл.м³; в зависимости от породы и от влажности $\rho = 0,5 \div 1,2$ т/пл.м³;

V_{max} – максимальная вместимость грейфера для круглых лесоматериалов, пл.м³;

- для измельченной древесины (ковшовые грейферы)

$$P_{max} = \rho_n V_{n.max}, \text{ т},$$

где ρ_n – насыпная плотность измельченной древесины, в зависимости от вида, породы и влажности измельченной древесины $\rho_n = 0,15 \div 0,50$ т/нас.м³;

$V_{n.max}$ – максимальная зачерпывающая способность грейфера, нас.м³.

Грузоподъемность крана Q подбирается по формуле

$$Q = P_{max} + G, \text{ т},$$

где G – масса грейфера, т.

Количество круглых лесоматериалов в единицах объема, перегружаемых грейфером за один цикл, определяется по формулам

- для двухчелюстных грейферов: $V = S_{гр} l K_3 K_{пд}$, пл. м³;

- для многочелюстных грейферов: $V = V_{гр} K_3 K_{пд}$, пл. м³,

где $S_{гр}$ – площадь поперечного сечения зева двухчелюстного грейфера при нормально закрытом состоянии челюстей, м²;

$V_{гр}$ – геометрическая вместимость многочелюстного грейфера (свободный объем между замкнутыми челюстями), м³;

l – длина перегружаемых сортиментов, м;

K_3 – коэффициент заполнения грейфера;

$K_{пд}$ – коэффициент полндревесности.

Для двухчелюстных грейферов $K_3 = 0,55, 1,00$, а для многочелюстных грейферов $K_3 = 0,7, 1,3$; $K_{пд}$ – коэффициент полндревесности укладки древесины в грейфере. Для сортиментов с параллельной укладкой в двухчелюстном грейфере $K_{пд} = 0,60, 0,78$, для хлыстов и для короткомерной древесины в многочелюстном грейфере $K_{пд} = 0,4, 0,5$.

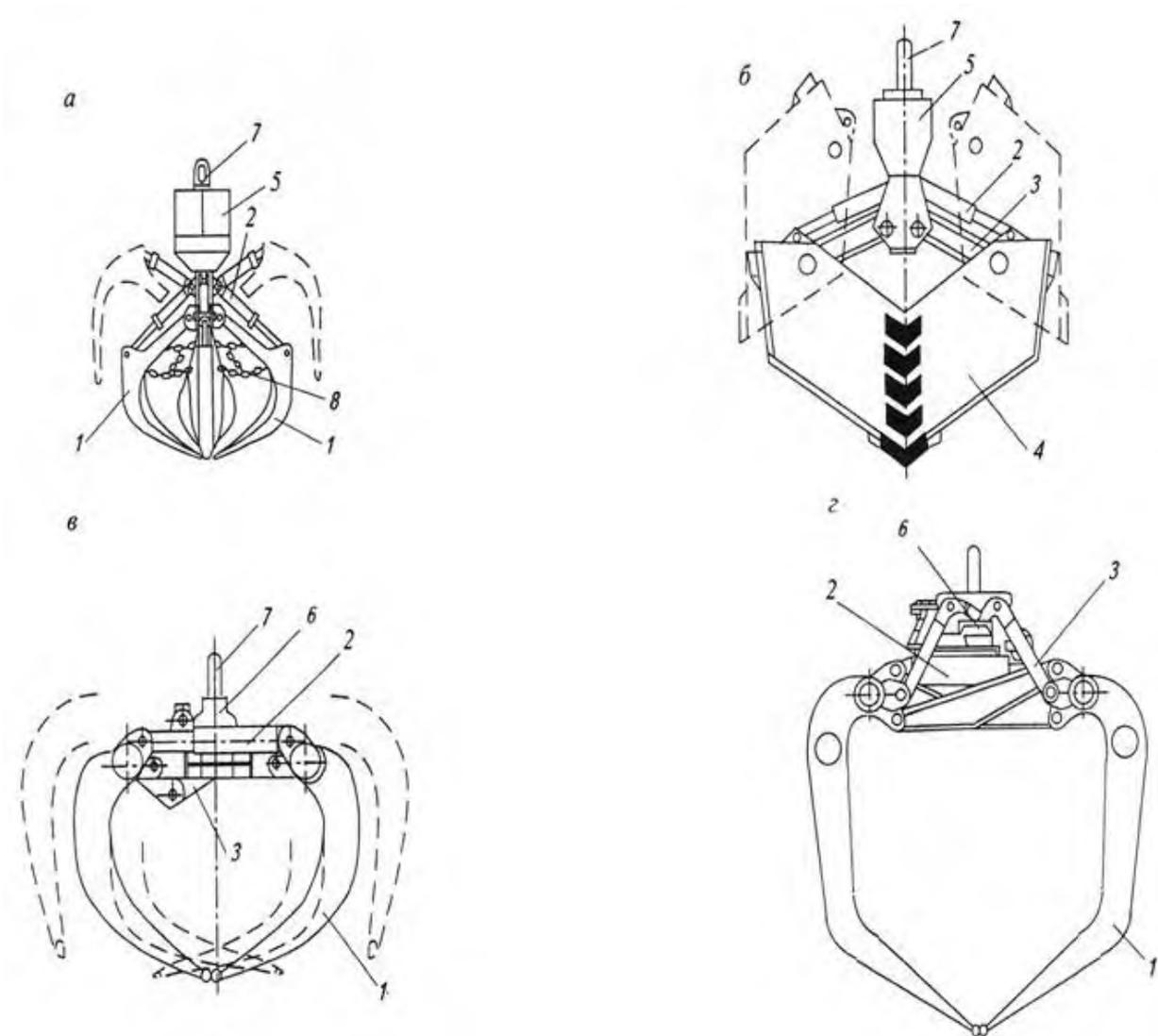


Рис. 5.5. Приводные грейферы для круглых лесоматериалов и измельченной древесины: *а* – электрогидравлический четырехчелюстной грейфер ЛТ178А-1; *б* – электрогидравлический грейфер 1Г – 10Щ для щепы; *в* – электрогидравлический грейфер ГГЛ-400; *г* – электрогидравлический грейфер ЛТ185-3: 1 – челюсти; 2 – механизм раскрытия и замыкания челюстей; 3 – тяги; 4 – ковши; 5 – приводной механизм; 6 – механизм поворота грейфера; 7 – петля для крюковой подвески; 8 – цепи

Зачерпывающая способность ковшового двухчелюстного грейфера для сыпучих грузов, может быть определена по формуле

$$V_H = V_{30} K_v, \text{ нас.м}^3,$$

где V_{30} – геометрическая вместимость грейфера, определяемая как объем тела, ограниченного сбоку и снизу боковыми стенами и дном закрытых челюстей грейфера, а сверху - условными плоскостями, расположенными под углом 30^0 над плоскостью, проведенной между челюстями внутри закрытого грейфера в самой широкой его части, м^3 ;

K_v – коэффициент заполнения и уплотнения данного груза в грейфере, в среднем $K_v = 0,9$.

Максимальные значения зачерпывающей способности грейферов V_{max} и $V_{н. max}$ определяются по вышеприведенным формулам при максимальных значениях коэффициентов $K_з$, $K_{пд}$ и K_v .

Производительность кранов и лесопогрузчиков при выполнении погрузочно-разгрузочных и штабелевочных работ зависит от вида работ и конкретных условий производства. При выгрузке круглых лесоматериалов из полувагонов, спецплатформ и автолесовозов двухчелюстными грейферами, имеющими площадь зева в сомкнутом положении челюстей меньше площади поперечного сечения разгружаемого штабеля или размах челюстей в открытом положении меньше ширины штабеля, техническая производительность крана

$$P_T = 3600 \cdot V_{шт} / (T_{ц} n_{ц}), \text{ пл. м}^3/\text{ч.}$$

При выгрузке круглых лесоматериалов из спецплатформ, автолесовозов двухчелюстными грейферами, когда площадь зева грейфера равна или больше площади поперечного сечения штабеля, пачки, пучка или пакета, а грузоподъемность крана за вычетом массы грейфера равна или больше их массы. При выполнении всех видов перегрузочных работ с использованием строп или стропных захватов, когда масса штабеля (части штабеля), пачки, пучка равна или меньше грузоподъемности крана (за вычетом массы грузозахватного устройства) производительность крана

$$P_T = 3600 \cdot V_{шт} / T_{ц}, \text{ пл. м}^3/\text{ч.}$$

При выгрузке круглых лесоматериалов из судов и разборке штабелей на складах двухчелюстными грейферами производительность крана

$$P_T = 3600 \cdot S_{гр} l K_з K_{пд} / T_{ц}, \text{ пл. м}^3/\text{ч.}$$

При выгрузке коротья многочелюстными грейферами из полувагонов, кузовов несамосвальных автолесовозов, судов, из куч и штабелей на складах производительность крана:

$$P_T = 3600 \cdot V_{гр} K_з K_{пд} / T_{ц}, \text{ пл. м}^3/\text{ч.}$$

При выгрузке измельченной древесины грейферами ковшового типа из полувагонов, кузовов несамосвальных автощеповозов, судов и из куч на складах производительность крана будет равна:

$$P_T = 3600 \cdot V_{з0} K_v K_{пд} / T_{ц}, \text{ пл. м}^3/\text{ч.}$$

где $V_{шт}$ – количество древесины в штабеле, находящемся в полувагоне, спецплатформе, автолесовозе или сплавленном пучке, пл. м^3 , ($V_{шт} = S_{шт} l K_{пд}$);

$V_{гр}$ – геометрическая вместимость многочелюстного грейфера при нормально замкнутых челюстях, м^3 ;

V_{30} – геометрическая вместимость ковшового грейфера, м³;
 $S_{шт}$ – площадь сечения штабеля, пачки, пучка, пакета, м²;
 $S_{гр}$ – площадь зева грейфера в замкнутом положении челюстей, м²;
 l – средняя длина бревен в пачке, пучке, пакете, м;
 $n_{ц}$ – количество циклов, необходимых для выгрузки одного штабеля,
 ($n_{ц} = S_{шт}/S_{гр}$);
 $K_{пд}$ – коэффициент полнодревесности;
 $K_з$ – коэффициент заполнения грейфера;
 K_v – коэффициент заполнения ковшового грейфера;
 $T_{ц}$ – продолжительность одного цикла крана, определяемая суммой затрат времени на выполнение отдельных операций:

$$T_{ц} = \sum_i t_{iц}, \text{ с.}$$

Производительность кранов, рассчитанная по приведенным формулам, не учитывает простои, связанные с необходимостью проведения технического ухода, приемосдаточных операций, отдыха рабочих, перестановки вагонов и т.д. Коэффициент использования оборудования по времени $K_{вр}$, учитывающий эти простои, может быть принят для кранов, работающих на выгрузке древесины из вагонов, равным 0,83, а для кранов, выполняющих работу по подаче древесины из штабеля в производство – 0,88.

Фактический коэффициент использования кранов по времени часто ниже указанного из-за отсутствия подлежащего выгрузке-погрузке подвижного состава, потребности производства в сырье либо по другим причинам.

Работа лесопогрузчиков носит циклический характер, поэтому их производительность рассчитывается по формулам, используемым для расчета производительности кранов.

При использовании челюстных захватов или двухчелюстных грейферов:

$$П = 3600 \cdot S_{гр} l K_з K_{пд} K_{вр} / T_{ц}, \text{ пл. м}^3/\text{ч},$$

а для многочелюстных грейферов при работе с коротьем:

$$П = 3600 \cdot V_{гр} K_з K_{пд} K_{вр} / T_{ц}, \text{ пл. м}^3/\text{ч},$$

где $S_{гр}$ – площадь зева захвата или грейфера в замкнутом положении челюстей, м²;

$V_{гр}$ – геометрическая вместимость многочелюстного грейфера при закрытом состоянии, м³;

l – длина бревен в захвате, м;

$K_{пд}$ – коэффициент полнодревесности;

$K_з$ – коэффициент заполнения грейфера;

$K_{вр}$ – коэффициент использования лесопогрузчика по времени,
 $K_{вр} = 0,6 \div 0,8$;

$T_{ц}$ – продолжительность цикла работы лесопогрузчика

$$T_{ц} = T_{ц0} + \frac{2(L-L_0)}{v_{ср}}, \text{ с ,}$$

где $T_{ц0}$ – минимальная продолжительность одного цикла (при минимальном расстоянии перевозки груза $L_0 = 12 \div 20$ м); $T_{ц0} = 60 \div 80$ с при разгрузке подвижного состава, $T_{ц0} = 80 \div 120$ с при разборке штабеля;

L – фактическое расстояние между местами взятия и укладки груза, м;

$v_{ср}$ – средняя скорость перемещения лесопогрузчика ($v_{ср} = 3,5 \div 6,0$ м/с).

5.3.4. Устройства непрерывного транспорта для круглых лесоматериалов и измельченной древесины

К устройствам непрерывного транспорта, наиболее часто используемым для перемещения лесных грузов, относятся конвейеры ленточные, цепные, винтовые (шнековые), элеваторы и пневмотранспортные установки.

Конвейерные устройства

Особенностью конвейеров является то, что их основной элемент – гибкая лента, цепь, трос, винт – являются одновременно и грузонесущим (грузотолкающим), и тяговым органом. Условия эксплуатации устройств непрерывного транспорта для круглых лесоматериалов, используемых на объектах приема и хранения, относятся к тяжелому, весьма тяжелому и, реже, к среднему режиму работы.

По заданной (требуемой) эксплуатационной производительности конвейера $P_{экс}$ его необходимая техническая производительность может быть определена по формуле

$$P_{техн} = P_{экс} K_{н} / K_{вр} K_{г}, \text{ нас. м}^3/\text{ч или пл. м}^3/\text{ч},$$

где $K_{вр}$ – коэффициент использования транспортного устройства по времени,
 $K_{вр} = 0,65 \div 0,95$;

$K_{г}$ – коэффициент готовности (надежности), принимаемый для рассматриваемых устройств $K_{г} = 0,96$;

$K_{н}$ – коэффициент неравномерности работы транспортного устройства; при равномерном грузопотоке различают: минутный $K_{н,мин} = 1,5 \div 2,0$ (при определении пропускной способности с учетом возможного переполнения) и часовой $K_{н,час} = 1,2 \div 1,5$ (при оценке прочности тягового органа и мощности привода).

Ленточные конвейеры для транспортировки лесных грузов имеют ширину ленты от 400 до 2000 мм. Конвейеры и их участки могут быть как горизонтальными, так и наклонными. Трассы большинства типов ленточных конвейеров прямолинейны в плане.

Для транспортировки круглых лесоматериалов используют конвейеры с прямыми амортизирующими роlikоопорами и с бортами из металла либо древесины.

Конвейеры могут быть стационарными, передвижными, переносными, с движением ленты только в одном направлении или реверсивным. Конвейерные ленты выпускаются для разных климатических условий и могут эксплуатироваться в помещениях и на открытом воздухе, летом и зимой. Выбор типа и параметров конвейерной ленты зависит от требуемого тягового усилия, вида транспортируемого материала, технических и климатических условий эксплуатации и пр.

В зависимости от типа, назначения, производительности, длины и вида трассы в состав конвейера входят:

- привод или несколько приводов (электродвигатель, редуктор, муфта, тормоз);
- натяжные устройства: горизонтальные, наклонные, вертикальные;
- барабаны: приводные, отклоняющие, оборотные, концевые;
- роlikоопоры: верхние и нижние, прямые и желобчатые;
- разгрузатели: плужковые и барабанные, стационарные и подвижные, с односторонней и двусторонней разгрузкой ленты;
- воронки загрузочные и разгрузочные, направляющие лотки;
- ленты конвейерные: резиноканевые и резинокросовые, с гладкой или рифленой поверхностью;
- очистительные устройства: скребковые и цилиндрические;
- металлоконструкции конвейера.

Стандартные конвейеры общего назначения поставляются с прямо-ми роlikоопорами или с желобчатыми с углом наклона роlikоопор к горизонтали $\alpha_T = 30^\circ$.

Помимо стационарных конвейеров в промышленности используют горизонтальные ленточные перемещаемые (передвижные) конвейеры с шириной ленты 800 ÷ 1400 мм. Конвейеры этого типа применяются при формировании открытых и загрузке закрытых складов измельченной древесины, для загрузки котлов в варочных цехах и др.

Нормализованные конвейеры для короткомерной древесины (диаметром до 700 мм и длиной до 2 м), разработанные для лент шириной от 800 до 2000 мм изготавливаются с плоскими амортизирующими роlikоопорами в желобе с высотой бортов от верха роlikов 350 мм. Конвейеры поставляются вместе с металлоконструкциями. Поперечное сечение конвейера для коротья показано на рис.5.6. В состав оборудования конвейеров для коротья входят следующие узлы:

- станции приводные: концевые, головные, промежуточные;

- станции натяжные грузолебедочного типа;
- различные конструкции секций средней части, в том числе самонесущие, загрузочные и разгрузочные;
- роlikоопоры с амортизирующими роliками: рядовые, для участка загрузки, для нижней холостой ветви;
- плужковые сбрасыватели для разгрузочных секций.

Остальные узлы конвейеров для коротья комплектуются из стандартных элементов, входящих в состав обычных конвейеров для сыпучих грузов.

Рекомендуемая скорость конвейеров – не более 1,6 м/с. Угол наклона ленточных конвейеров для коротья не должен превышать для окоренных балансов $4 \div 6^{\circ}$ (но не более 8°), а для неокоренных балансов $6 \div 8^{\circ}$ (но не более 10°). Пониженные значения следует принимать для конвейеров, работающих в неотопливаемых помещениях или вне помещений.

Расчетная техническая производительность $P_{\text{техн}}$ горизонтального конвейера с шириной ленты 1000 мм при скорости 1 м/с составляет $100 \div 200$ пл. м³/ч в зависимости от длины и диаметра бревен и организации загрузки конвейера. Расчетная производительность конвейера при других значениях ширины и скорости ленты может быть определена путем пересчета указанной производительности с учетом изменения значений ширины ленты и ее скорости.

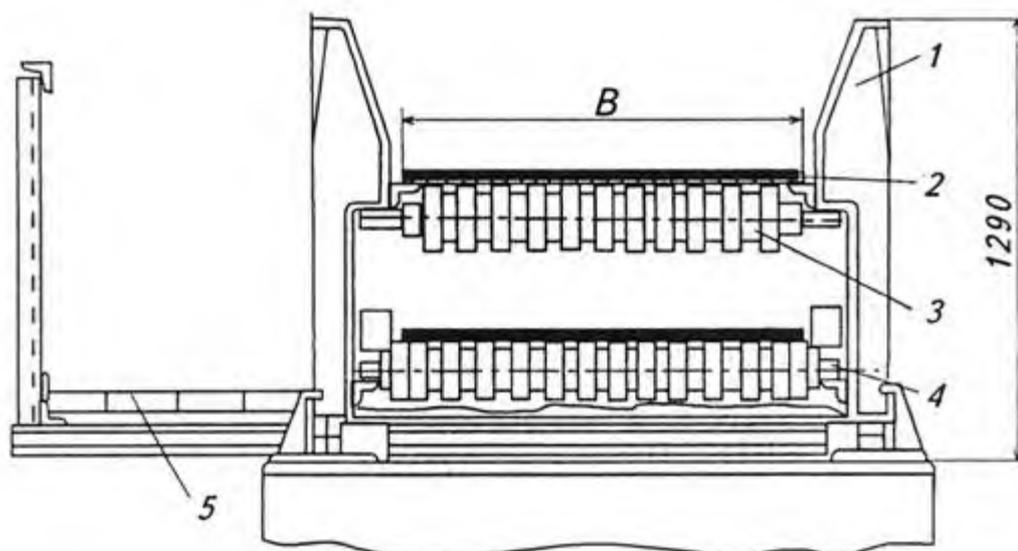


Рис.5.6. Ленточный конвейер для коротья (поперечное сечение):
 1 – борт; 2 – конвейерная лента; 3 – верхняя роlikоопора рабочей ветви; 4 – нижняя роlikоопора; 5 – площадка для обслуживания конвейера

В качестве дополнительных устройств для механизации сброса короткомерной древесины с ленты конвейера могут быть использованы подъемно-опускные плужки, подъемные и поворотные роlikовые приводные сбрасыватели.

Для перевалки круглых сортиментов с конвейера на конвейер, без поворота или с поворотом направления потока, используют приводные рольганги, состоящие из роlikов с индивидуальным или групповым приводом, а

также безроликовые устройства (пересыпы). Они могут применяться для перевалки сортиментов между конвейерами, находящимися на одном или разных уровнях.

Цепные конвейеры отличаются тем, что в них тяговым и несущим органом является одна или несколько пластинчатых или круглозвенных цепей. Цепи оснащены отдельными захватами (упорами), размещенными на каждой цепи, либо групповыми захватами, соединяющими две или несколько цепей (траверсы разных конструкций). Цепи некоторых конвейеров используются без захватов.

Цепи движутся по направляющим устройствам. Для снижения сил сопротивления движению тягового органа в некоторых цепных конвейерах перемещение в них осуществляется не на скользящих, а на роликовых опорах.

По использованию цепные конвейеры делятся на разнообразные продольные и поперечные лесотаски, скребковые конвейеры общего назначения и цепные конвейеры, входящие в состав слешеров, устройств для роспуска пучков древесины, стакеров для разборки и формирования кучевых складов коротья, питателей для коротья и щепы, а также скребковые конвейеры для измельченной древесины.

В настоящее время на лесохимических предприятиях цепные конвейеры находят применение в следующих случаях:

- для создания крутонаклонных трактов транспортировки коротья;
- в составе устройств для роспуска пучков и поперечной распиловки бревен;
- в системах, где требуется транспортировка измельченной древесины с возможностью дозированного распределения ее в нескольких точках;
- в устройствах для загрузки дефибреров;
- на приемных узлах и складах сырья и отходов;
- в питателях для коры, щепы и древесных отходов.

Техническая производительность P_T цепных конвейеров разных типов может быть определена по нижеприведенным формулам.

Продольные конвейеры для перемещения бревен по одному (продольные лесотаски):

$$P_T = 3600V \cdot v \cdot \varphi_H / l, \text{ пл. м}^3/\text{ч.}$$

Продольные конвейеры для перемещения по несколько бревен в ряду (продольные лесотаски):

$$P_T = 3600nV \cdot v \cdot \varphi_H / l, \text{ пл. м}^3/\text{ч.}$$

Конвейеры для поперечного перемещения бревен (поперечные лесотаски):

$$P_T = 3600V \cdot n_i v \cdot \varphi_H / a, \text{ пл. м}^3/\text{ч.}$$

где V – средневзвешенный объем одного бревна, м^3 ;
 l – средневзвешенная длина бревна, м ;
 v – скорость конвейера, м/с ;
 φ_n – коэффициент использования конвейера, $\varphi_n = 0,5 \div 0,85$;
 a – расстояние между захватами поперечного конвейера ($a \geq 0,6 \text{ м}$);
 n – среднее количество бревен в сечении продольного конвейера (коротье: $n = 2 \div 6$; длинник: $n \leq 2$ шт);
 n_i – количество бревен на захвате поперечного конвейера ($n_i = 1,0 \div 1,5$ шт).

Обычно рекомендуются следующие значения скорости цепных конвейеров, используемых для транспортных операций, v , м/с :

- продольные конвейеры для длинника $0,2 \div 1,25$;
- продольные конвейеры для коротья $0,5 \div 1,0$;
- поперечные лесотаски для длинника $0,2 \div 0,5$;
- скребковые конвейеры для измельченной древесины $0,2 \div 1,0$.

5.4. Механизация процессов приема древесного сырья

Прием поступающего на предприятия древесного сырья в виде круглого леса, технологической щепы и опилок осуществляется на механизированных приемных узлах (устройствах), обеспечивающих:

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

Мощность и перерабатывающая способность приемных устройств определяется объемом и режимом поступления древесного сырья, а также нормативами продолжительности процесса обработки подвижного состава, в котором поступает принимаемое сырье. Грузовые фронты приемных устройств и складов сырья, на которых осуществляется разгрузка и погрузка транспортных средств, выгрузка сырья из воды и подача его на средства непрерывного транспорта, могут быть развернутыми по длине (длинный фронт) и точечными (короткий фронт).

Приемные устройства следует располагать на участках территории предприятия, очищенных от растительности и имеющих соответствующие подготовку и покрытие. Территория приемных устройств должна иметь необходимое инженерное оборудование, средства пожаротушения и сеть автомобильных и (или) железных дорог. Для организации процессов приема древесного сырья широко применяются различные типы кранов и лесопогрузчиков, снабженных разнообразными грузозахватными устройствами, рассмотренными в п. 5.3.

5.4.1. Прием круглых лесоматериалов

Выгрузка круглых лесоматериалов из железнодорожного и автомобильного подвижного состава на большинстве предприятий осуществляется на приемных устройствах, оснащенных кранами различных типов. Наиболее распространенным типом приемного устройства являются устройства длинного фронта. Оснащенные мостовыми кранами, грузоподъемностью $20 \div 30$ т (реже до 40 т), устанавливаемыми на крановых эстакадах пролетом $28,5 \div 34,5$ м и высотой до 18 м, с параллельным эстакаде размещением железнодорожных путей или автодороги (рис.5.7а). Также используют приемные устройства короткого грузового фронта с перпендикулярным к оси крановой эстакады (либо параллельных эстакад) размещением железнодорожных путей или автодороги (рис. 5.7б). В отличие от устройств длинного фронта, в данном типе устройств под разгрузку может быть установлено только ограниченное пролетом эстакады количество вагонов или автолесовозов. Для замены опорожненных единиц транспорта груженными необходимо постоянное присутствие локомотива либо использование маневровой лебедки.

5.5. Механизация работ на складах древесного сырья

Склады сырья организуются для ликвидации отрицательного влияния на работу предприятия различных колебаний в поставках древесины, разного режима работы цехов или потоков самого предприятия, а также для выполнения технологических требований производства (выдержка сырья для снижения смоляных затруднений, создание композиции из сырья разных пород древесины и пр.).

Склады, в соответствии с их функциями и размещением, могут предназначаться для длительного хранения сырья и вмещать значительное количество его или являться буферными (расходными) с относительно небольшой вместимостью. Склады сырья длительного хранения организуются для непосредственной укладки древесины в запас. Расходные (буферные) склады, как правило, совмещаются с приемными устройствами для поступающего сырья или располагаются отдельно от них: перед цехами подготовки сырья, между отдельными участками (операциями) подготовки сырья либо перед цехами основного производства.

На складах хранится сырье, поступившее на предприятие и не подвергшееся подготовке (неокоренные балансы, щепы и опилки от внешних источников), а также сырье, частично или полностью подготовленное для производства полуфабрикатов (окоренные балансы, сортированная или несортированная щепы и опилки). Склады измельченной коры и древесных отходов предназначены для ликвидации последствий возможных колебаний объема их образования при приеме, хранении и подготовке сырья.

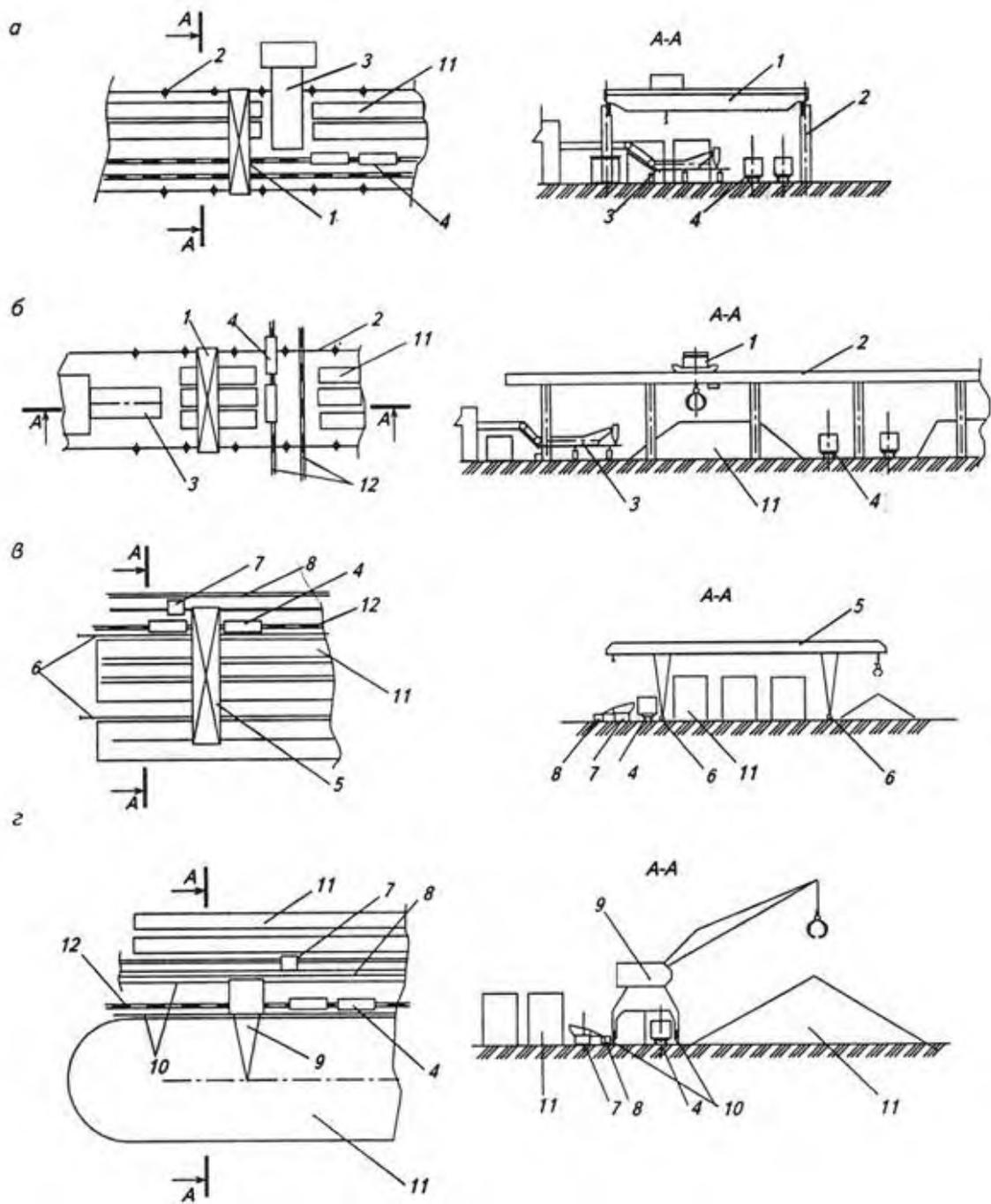


Рис. 5.7. Схема приемных устройств с крановой механизацией для круглых лесоматериалов железнодорожной и автомобильной поставки:

- а – устройство с мостовыми кранами на эстакаде с продольным размещением железнодорожных путей; б – устройство с мостовыми кранами на эстакаде с продольным размещением железнодорожных путей; в – устройство с козловыми кранами: г- устройство с порталными (или башенными) кранами; 1 – кран мостовой; 2 – крановая эстакада; 3 – устройство для роспуска пучков; 4 – разгружаемые вагоны; 5 – кран козловой; 6 – пути козлового крана; 7 – передвижной разобщик (питатель для коротья или устройство для роспуска пучков); 8 – конвейер для подачи балансов в производство; 9 – кран порталный (или башенный); 10 – пути порталного (башенного) крана; 11 – штабели и кучи балансовой древесины

По способам организации хранения склады круглых лесоматериалов могут быть:

- в штабелях (хлысты, длинник, коротье в коре и без коры);
- в кучах (коротье в коре и без коры).

5.5.1. Определение запаса хранения и вместимости складов древесного сырья

Суммарная вместимость имеющихся и организуемых на предприятиях складов сырья должна обеспечивать возможность приема и размещения поступающего сырья с учетом его годового расхода $Q_{\text{год}}$ (тыс. пл. м³), режима поступления и потребления, с высвобождением подвижного состава в нормативные сроки.

Вместимость склада сырья предприятия устанавливается в единицах объема (пл. м³) на конец периода, когда на предприятии может оказаться максимальное количество сырья, подлежащего хранению, например, на конец навигации. Учитывая, однако, имеющие место различные режимы поступления сырья по видам транспорта и его потребления на разных предприятиях, вместимость складов сырья при расчетах принято первоначально определять в количестве условных суточных расходов сырья при работе предприятия в течение 365 дней в году. Такую единицу вместимости – условный суточный расход сырья выражают в сутках.

Нормативная вместимость склада сырья предприятия (V_m^H , сут), может быть определена на базе рекомендаций, разработанных на основании анализа среднестатистической неравномерности поставок сырья разными видами транспорта, с учетом имеющихся «сгущений» поставок сырья отдельными видами транспорта в определенные периоды года. Максимальная вместимость складов сырья V_m , сут, рассчитывается с учетом переходящего запаса V_{om} , сут, который необходим для обеспечения непрерывности работы предприятия и устанавливается в зависимости от местных факторов, влияющих на условия поставки и потребления сырья, при продолжительности навигационного периода $T_{\text{вод}} = 150$ сут.

$$V_m = V_m^H + V_{om}, \text{ сут},$$

где V_{om} принимается равным $7 \div 30$ -суточной потребности в сырье, отнесенной к 365 рабочим дням.

При $T_{\text{вод}} \neq 150$ сут

$$V_m = V_m^H + (150 - T_{\text{вод}}) \frac{\Delta}{100} V_{om}, \text{ сут},$$

где $T_{\text{вод}}$ – продолжительность фактического периода навигации для приема древесины водной поставки, сут;

Δ – доля поставок водным транспортом в общем объеме потребляемого древесного сырья, %.

Если условия и режим поставки и потребления для всех пород сырья одинаковы, то вместимость складов сырья в единицах объема определяется по формуле:

$$V = (Q_{\text{год}}/365)V_m, \text{ тыс. пл.м}^3.$$

В случае, если условия и режим поставки и потребления сырья данной породы или группы пород существенно различаются, рассчитываются запас хранения и вместимость участков складов для каждой группы сырья. Она определяется по формуле:

$$V_i = (Q_{i\text{год}}/365)V_{im}, \text{ тыс. пл.м}^3,$$

где $Q_{i\text{год}}$ – годовой расход древесины данной породы или группы пород, тыс. пл.м³/г;

V_i – вместимость участков складов древесины данной породы или группы пород, тыс. пл.м³;

V_{im} – максимальная вместимость участков складов древесины данной породы или группы пород (V_{im} определяется для данной породы или группы пород с учетом условий поставки этого сырья), сут.

Суммарная вместимость складов в этом случае определяется по формуле

$$V = \sum V_i, \text{ тыс. пл.м}^3.$$

При создании складов до и после объектов подготовки древесины вместимость каждого из них устанавливается по формулам:

$$V_1 = ((1 - \delta)Q_{\text{год}}/365)V_m, \text{ тыс. пл.м}^3,$$

$$V_2 = (\delta Q_{\text{год}}/365)V_m, \text{ тыс. пл.м}^3,$$

где V_1 и V_2 – вместимости складов, располагаемых, соответственно, до и после объектов подготовки сырья;

δ – коэффициент, учитывающий перерабатывающую способность объектов приема и объектов подготовки древесного сырья:

$$\delta = (P_{\text{под}} - Q_{\text{сут}})/(P_{\text{пр}} - Q_{\text{сут}}),$$

где $P_{\text{под}}$ – перерабатывающая способность объектов подготовки древесного сырья, тыс. пл.м³/сут;

$Q_{\text{сут}}$ – среднесуточное потребление древесного сырья при фактическом количестве дней работы предприятия в год, тыс. пл.м³/сут;

$P_{\text{пр}}$ – перерабатывающая способность объектов приема древесного сырья, тыс. пл.м³/сут.

Если на предприятии организуются расходные (буферные) склады у приемных устройств, то их вместимость должна быть не меньше объема однократной поставки (партии, или маршрута вагонов, или одного наибольшего по грузоподъемности используемого судна и т.д.).

Запас хранения измельченной древесины в закрытых складах обычно соответствует 1 – 3 - сменной потребности производства в сырье. В последние годы разработаны конструкции закрытых складов измельченной древесины большей вместимости, обеспечивающие сырьем основное производство на значительно более длительный период.

При длительном хранении сырья, особенно в теплый период года, в нем происходят различные биологические процессы, которые приводят к снижению плотности древесины и количества смолистых веществ, а также к повреждению древесины грибами и насекомыми и к механическим потерям (в основном, за счет доизмельчения и распыления щепы). Поэтому продолжительность хранения сырья на складах должна быть по возможности ограничена. При эксплуатации складов желательнее обеспечить смену хранимого в них сырья по принципу: «первое – на склад, первое – со склада». В то же время, при необходимости, должна быть обеспечена возможность выдержки сырья на складе на определенный регламентом срок с целью достижения необходимого технологического эффекта (снижение смоляных затруднений и пр.).

Вместимость складов открытого и закрытого хранения коры и древесных отходов определяется, исходя из конкретных условий предприятия: режима образования отходов, их поступления на склад и использования (утилизации).

5.5.2. Хранение древесного сырья

Штабельное хранение балансов

Общие правила хранения круглых лесоматериалов в штабелях регламентированы соответствующими нормативными документами.

По способу укладки и конструкции различают штабели рядовые и с плотной укладкой. Штабели с плотной укладкой различают как плотные, плотно-рядовые и пачковые. Выбор способа укладки и конструкции штабеля зависит от видов производства, вида хранимого сырья, сроков хранения, способа поставки и переработки сырья, климатических условий.

Штабели на складах круглых лесоматериалов формируются кранами разных типов, оснащенными стропами и грейферами, лесопогрузчиками с челюстным или грейферным захватом, а также лебедками. Наибольшее применение на штабельных складах сырья находят плотные беспрокладочные и, реже, пачковые и плотно-рядовые штабели (рис.5.8).

Плотный (беспрокладочный) штабель (рис. 5.8а) формируется краном либо лесопогрузчиком из пачек без обвязки. Уложенные пачки не разделяются прокладками. Штабель такого типа необходимо разбирать кранами, оснащенными грейферами или лесопогрузчиками.

Плотно-рядовой штабель (рис.5.8б) формируется из пачек без обвязки, ряды которых разделяются только горизонтальными прокладками. Разделительные прокладки между смежными пачками внутри рядов отсутствуют. Как правило, этот тип штабеля применяется при накатывании лесоматериалов лебедками. Разборка штабеля может осуществляться лебедками и кранами.

Пачковый штабель (рис. 5.8в) формируется из отдельных пачек. Смежные пачки разделяются короткими наклонными прокладками, а ряды пачек – горизонтальными длинными прокладками, Используется также вариант пачкового штабеля, у которого все прокладки могут быть короткими, уложенными под углом к основанию штабеля. Пачковый штабель применяется при крановой укладке и разборке штабелей лесоматериалов с применением строп. Наличие разделительных прокладок между пачками облегчает вытягивание строп при формировании штабеля и их застропку при разборке штабеля. Масса пачки соответствует грузоподъемности крана, обслуживающего склад. Баланс иногда хранят в таком штабеле в пачках, обвязанных проволокой или стропами.

Головка и хвост штабелей для надежности удержания бревен от обрушения должны иметь уклон, образующийся в результате естественного раската бревен, либо специальные упорные устройства (например, металлические упоры, клеточную выкладку бревен или др.).

Угол естественного откоса (раската) торцов штабелей:

- для неокоренной древесины $\alpha_0 = 34^0 \dots 36^0$ (ср. 35^0);
- для окоренной древесины $\alpha_0 = 30^0 \dots 32^0$ (ср. 31^0).

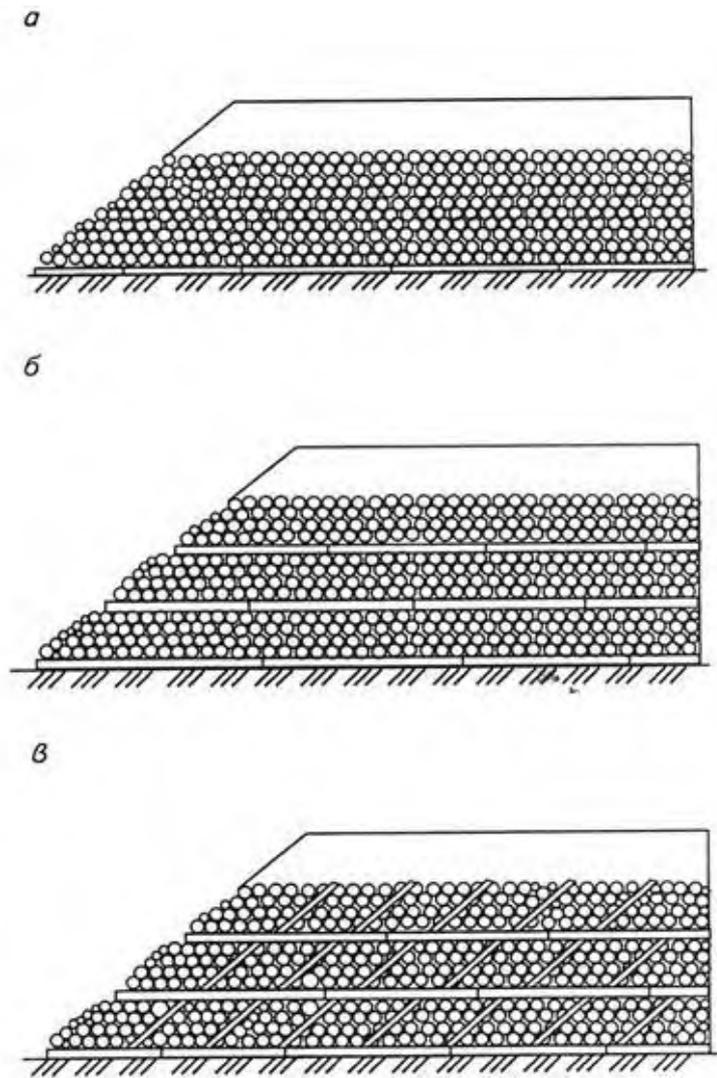


Рис. 5.8. Типы штабелей для хранения круглых лесоматериалов:
а – плотный штабель; *б* – плотно-рядовой штабель;
в – пачковый штабель

При формировании штабелей для предотвращения загнивания и засорения древесины под штабели укладываются подкладки, для которых могут использоваться бревна или железобетонные балки, образующие зазор между покрытием основания склада и низом штабеля. Высота штабеля по условию устойчивости зависит от длины бревен и должна быть не более:

| Длина бревна, м | Высота штабеля, м |
|-----------------|---------------------------|
| 4 и более | 12 |
| 3 ÷ 3,5 | 8 |
| 2 ÷ 2,5 | 6 |
| До 2 | не более двух длин бревна |

Высота штабеля зависит и от применяемых средств механизации для их формирования и разборки. Так, согласно требованиям безопасности труда, при использовании:

- челюстных лесопогрузчиков она не должна превышать 3 м;
- мостовых, порталных, башенных, козловых кранов с применением строп – 7 м;
- кранов и лесопогрузчиков с применением грейферов- 12 м;
- при ручной укладке - 1,8 м.

Укладку в штабели балансов и дров с большой кривизной и сбегом при формировании штабелей механизмами следует выполнять на 1÷1,5 м ниже указанных значений. Расстояние между соседними штабелями должно быть не менее 2 м при их расчетной ширине, равной длине укладываемых бревен. Длина штабеля не должна быть меньше его четырехкратной высоты.

При хранении сырья в летний период в качестве основной меры защиты от повреждения микроорганизмами и насекомыми рекомендуется дождевание. Для дождевания, помимо специальных устройств и установок, могут быть применены лафетные установки, используемые на складах сырья в качестве средств противопожарной защиты.

Для оценочных расчетов вместимости штабелей могут быть использованы значения коэффициента полндревесности $K_{пд}$, приведенные в табл. 5.2.

Таблица 5.2. Коэффициенты полндревесности круглых лесоматериалов длиной 3÷6,5 м при штабельном хранении

| Тип штабеля | Коэффициент полндревесности при диаметре бревен | | | |
|----------------|---|----------|----------|-------------|
| | 10÷15 см | 16÷21 см | 22÷25 см | более 25 см |
| Рядовой | 0,45 | 0,47 | 0,54 | 0,60 |
| Плотный | 0,55 | 0,65 | 0,68 | 0,72 |
| Плотно-рядовой | 0,52 | 0,62 | 0,65 | 0,68 |
| Пачковый | 0,50 | 0,60 | 0,63 | 0,65 |

Коэффициенты полндревесности штабелей приведены в табл. 5.2 для неокоренных хвойных балансов. При хранении лиственных балансов значение коэффициента снижается на 12 %, а при хранении окоренных балансов коэффициент полндревесности повышается на 10 %.

Для штабелей неокоренных балансов длиной от 1 до 2 м может быть принят коэффициент полндревесности $K_{пд} = 0,65 ÷ 0,69$, а для окоренных $K_{пд} = 0,72 ÷ 0,76$.

Значение коэффициента полндревесности для штабелей хлыстов уложенных:

- россыпью $K_{пд} = 0,27 ÷ 0,3$;
- пачками $K_{пд} = 0,3 ÷ 0,35$;

- уложенных комлями в одну сторону $K_{\text{нд}} = 0,23 \div 0,25$.

Геометрический объем штабеля определяют по формуле:

$$V_r = Hl(L - Hctg\alpha_0), \text{ м}^3,$$

где H – высота штабеля в среднем сечении, м;

l – средневзвешенная длина сортиментов или хлыстов, уложенных в штабель, м;

L – длина основания штабеля, м;

α_0 – угол естественного откоса штабеля.

Продолжительность хранения древесного сырья на штабелях бирже для свежезаготовленных балансов не должна превышать:

- для хвойных пород 24 мес;

- для лиственных пород 12 мес.

Допустимая продолжительность хранения низкосортных балансов и дров должна быть меньше в 2-3 раза во избежание значительного ухудшения их качества.

Размещение штабелей на территории склада осуществляется с учетом применяемых средств механизации, особенностей технологии формирования и разборки штабелей, места размещения цехов подготовки сырья, места размещения и длины грузового фронта для приема и отгрузки древесного сырья.

При использовании лесопогрузчиков для формирования и разборки штабелей следует учитывать их технологические особенности:

- фронтальные лесопогрузчики с челюстным захватом формируют и разбирают штабель с торца, и поэтому они могут обслуживать любой штабель, размещенный на складе;

- фронтальные лесопогрузчики с грейферным захватом и лесопогрузчики со стрелой-манипулятором и поворотной платформой формируют и разбирают штабель с любой стороны, однако предпочтительнее их рабочее размещение с одной из боковых сторон штабеля при наличии зоны, достаточной для рабочих передвижений погрузчика.

Размеры групп штабелей и разрывы между ними должны выбираться с учетом нормативных расстояний от штабелей до установок для пожаротушения, автомобильных и железных дорог при обязательном учете зоны, необходимой для работы используемых средств механизации. Территория склада штабеля хранения должна иметь подготовленную площадку с твердым основанием. Выбор типа покрытия определяется нагрузками, создаваемыми штабелями и используемыми на складе средствами механизации и транспортными средствами.

Кучевое хранение круглых лесоматериалов

Кучевой способ применяется для хранения короткомерных круглых лесоматериалов. Коротье может храниться в кучах в окоренном виде и в коре. Кучи коротья могут быть прямоугольными с полукруглыми торцами, коническими, кольцеобразными или круглыми в плане и треугольными в среднем сечении. В соответствии с существующей практикой кучи короткомерной древесины организуются высотой не более 30 м. Угол естественного откоса (раскатывания) окоренной древесины α_0 составляет $35 \div 36^\circ$. Поэтому при высоте $28 \div 30$ м ширина кучи окоренной древесины не может быть более 90 м, а неокоренной – более $82 \div 83$ м. Для получения более четкого контура кучи и предотвращения раскатывания отдельных бревен вдоль кучи по ее периметру выкладывают штабель высотой $2 \div 3$ м из хранимого в ней коротья или сооружают специальные подпорные стенки.

Кучи коротья могут формироваться специальными кучеукладчиками (стакерами), грейферными кранами разных типов и грузоподъемности, грейферными лесопогрузчиками с поворотной платформой на базе универсального экскаватора, а также ленточными и цепными конвейерами, размещаемыми на высоких горизонтальных и наклонных эстакадах. Территория, занятая кучами коротья, должна иметь твердое покрытие. Пути стакеров, порталных и башенных кранов выполняются на естественном либо свайном основании по деревянным или железобетонным шпалам.

Рекомендуемые сроки нахождения на складе кучевого хранения сырья составляют: для хвойной древесины без коры – $8 \div 10$, а в коре – $2 \div 3$ месяца; для лиственной древесины без коры – $4 \div 5$, а в коре – $1 \div 2$ месяца. Сроки хранения сырья низкого качества должны быть, по возможности, короче указанных выше.

Значения коэффициентов полндревесности $K_{\text{пд}}$ для кучевых складов коротья могут приниматься: для неокоренных: $K_{\text{пд}} = 0,40 \div 0,45$ (ср. 0,43), а окоренных: $K_{\text{пд}} = 0,48 \div 0,52$ (ср. 0,50).

Геометрический объем куч коротья определяется по формулам:

- для прямоугольных в плане куч с полукруглыми торцами и треугольным средним сечением:

$$V_{\Gamma} = (H \cdot B/2)(L + \frac{\pi B}{6} - B); B = 2H \operatorname{ctg} \alpha_0;$$

- для прямоугольных в плане куч с полукруглыми торцами и отбортовкой:

$$V_{\Gamma} = \frac{B(H-H_1)}{2} \left(L + \frac{\pi B}{6} - B \right) + B \cdot H_1 \left(\frac{\pi B}{4} + L - B \right);$$

- для куч в форме усеченного конуса:

$$V_{\Gamma} = \pi H/12(D_1^2 + D_2^2 + D_1 D_2); \quad D_2 = D_1 - 2H \operatorname{ctg} \alpha_0;$$

- для куч в форме части кольца в плане и треугольной формы в среднем сечении:

$$V_{\Gamma} = \left(\frac{\pi H^2 ctg \alpha_0}{3} \right) \left(\frac{R \cdot \alpha}{60} + H ctg \alpha_0 \right),$$

где H – высота кучи, м;

B – ширина кучи, м;

L – длина кучи, м;

D_1 и D_2 – диаметр нижнего и верхнего основания кучи, м;

R – срединный радиус кольца кучи, м;

α – центральный угол кольцевой кучи, град.;

α_0 – угол естественного откоса кучи, град.;

H_1 – высота отбортовки по периметру, м.

Для формирования куч чаще всего применяют стакеры (кучеукладчики) следующих типов:

- порталные одно- и двухстреловые, формирующие прямоугольные кучи;

- радиальные, формирующие кольцеобразные кучи.

Первый тип наиболее распространен. Такой стакер (рис.5.9) состоит из передвижного портала, установленного на две ходовые тележки: одна двухрельсовая с колеей 1524 мм (со стороны кучи) и другая однорельсовая (со стороны удаленной от кучи). Пролет портала 12 м. На портале, перпендикулярно путям передвижения стакера, шарнирно закреплена стрела, на которой установлен двухцепной реверсивный конвейер для коротья. Для изменения угла наклона стрелы на портале установлена лебедка.

В период формирования кучи, для снижения силы удара бревен о поверхность площадки, высоту кучи увеличивают постепенным подъемом стрелы. При разборке кучи конвейер, установленный на стреле, используется для подачи коротья с кучи в производство. В этом случае стрела опускается в горизонтальное положение на подкладки из бревен, а движение конвейера включают в обратную сторону. Подача коротья к стакеру и от него осуществляется ленточным конвейером, который располагается параллельно формируемой куче. Если подача коротья от куч осуществляется ленточным конвейером, то для подъема коротья от конвейера стрелы стакера на этот конвейер используются дополнительный наклонный двухцепной конвейер и короткий сбрасывающий ленточный конвейер. При использовании для подачи в производство нижней ветви скребково-тросового конвейера дополнительные конвейеры на стакер не устанавливаются. Управление стакером осуществляется с пульта, расположенного на портале.

Характеристики стакера ПС 230:

| | |
|---------------------------------|---------------------------|
| Максимальная производительность | 230 пл. м ³ /ч |
| Максимальная высота кучи | 28 м |
| Диаметр балансов | 80 ÷ 360 мм |
| Длина балансов | до 1,3 м |
| Скорость передвижения стакера | 0,4 м/с |
| Суммарная мощность механизмов | 170 кВт |
| Рабочий угол наклона стрелы | -3 ÷ +30 ⁰ |

Для обрушения кучи к стреле стакера подвешивают шарообразный якорь-скрепер, приводимый в движение канатом при помощи специальной лебедки на портале. Разборка кучи коротья осуществляется краном-экскаватором, оснащенный многочелюстным грейфером, а подача коротья на конвейер стрелы стакера – посредством дискового питателя для короткомерной древесины.

Дисковые питатели состоят из наклонного диска (тарели) с сегментовидными ступеньками, размещенными на его периферии, и бункера с окном для выхода коротья. При вращении диска ступеньки захватывают одно или несколько бревен и подают их к разгрузочному окну на расположенный под ним приемный конвейер.

5.6. Устройства для расформирования пучков, пачек и пакетов круглых лесоматериалов

Технологические процессы приема, хранения, подготовки и транспортирования древесного сырья лесохимических предприятий предусматривают разобшение пучков, пачек и пакетов круглых лесоматериалов на отдельные бревна. К процессам, при выполнении которых необходимо работать с отдельными бревнами, относятся:

- раскряжевка (поперечная распиловка) длинномерных сортиментов и хлыстов;
- окорка хлыстов и сортиментов на устройствах индивидуальной окорки и др.

Для осуществления поштучной подачи круглых лесоматериалов разработаны различные устройства, большая часть которых представляет собой систему многоцепных поперечных конвейеров. Простейшими механизмами этого типа являются различные разобшители.

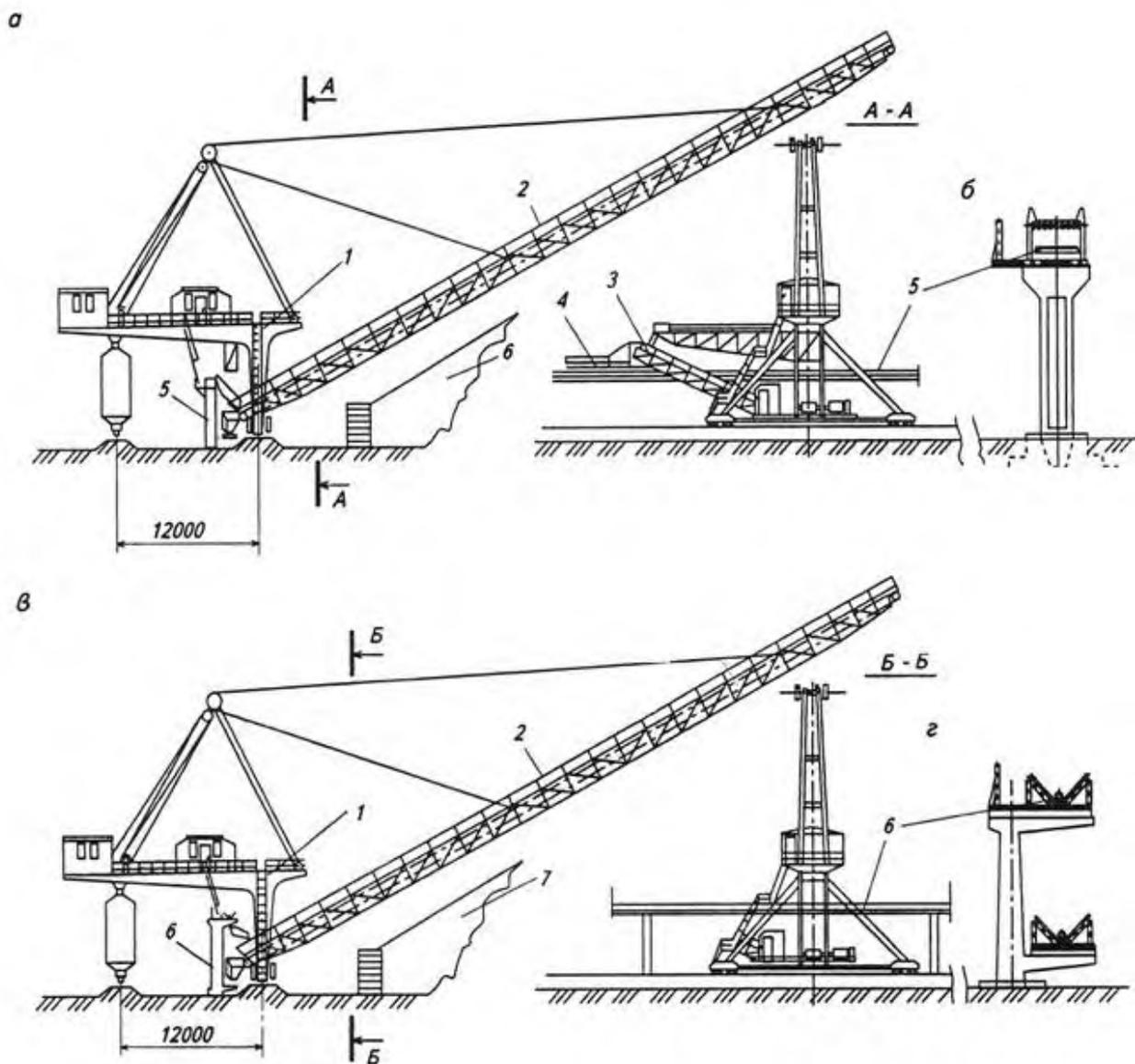


Рис. 5.9. Стакер для формирования куч коротья:

а – стакер для работы с ленточным конвейером; *б* – эстакада ленточного конвейера; *в* – стакер для работы со скребкотовросовым конвейером; *г* – эстакада скребкотовросового конвейера: 1 – портал стакера; 2 – стрела стакера с реверсивным двухцепным конвейером; 3 – наклонный двухцепной конвейер; 4 – ленточный конвейер стакера сбрасывающий; 5 – магистральный ленточный конвейер для коротья на эстакаде; 6 – магистральный скребково-тросовый конвейер на эстакаде; 7 – куча коротья

Обычно разобщик (рис.5.10) выполнен в виде сварной рамы, состоящей из гладкой наклонной площадки и рабочей площадки гребневого профиля. Гладкая наклонная площадка установлена под углом 40° к горизонту и образует с наклонной рабочей площадкой бункер. На рабочей площадке смонтированы неподвижные гребки, разделяемые на зоны зазорами для прохода цепей поперечного конвейера. Цепи конвейера оснащены упорами-толкателями, размещенными с интервалом $640 \div 960$ мм (при шаге цепей 160 мм).

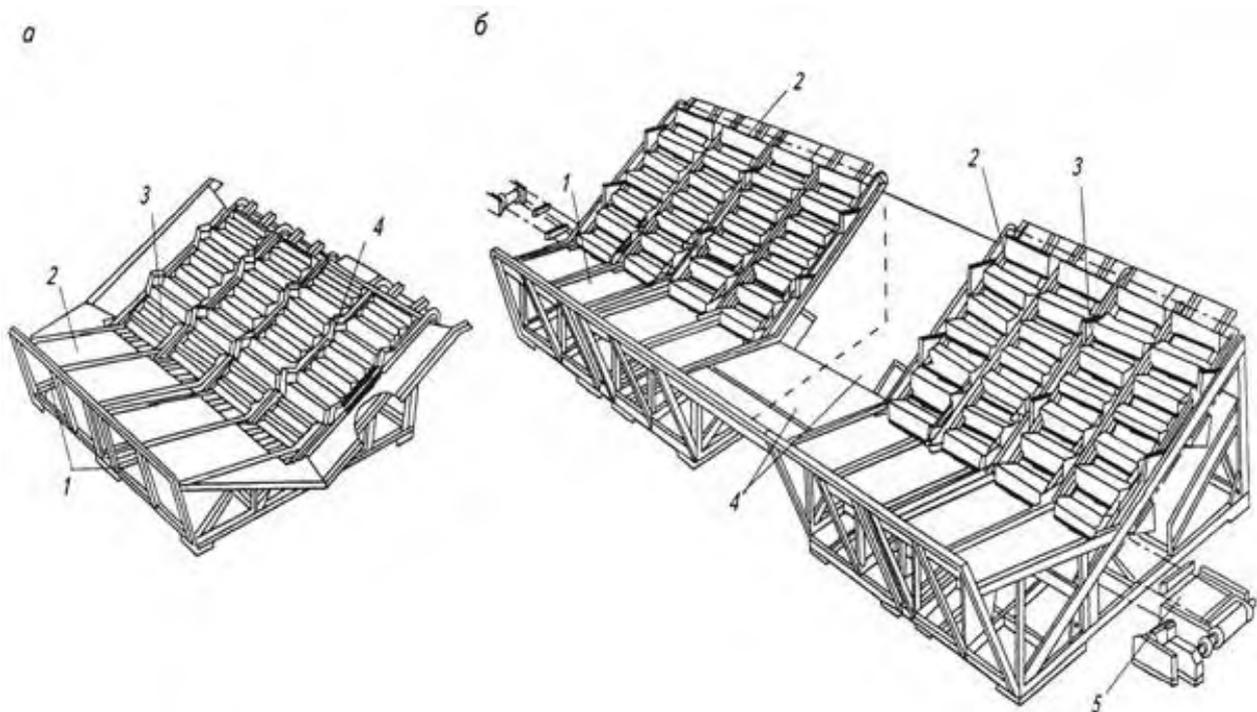


Рис. 5.10. Разобщители пачек сортиментов и хлыстов:

- а* – разобщитель ЛТ-80: 1 – рама разобщителя; 2 – гладкая наклонная площадка; 3 – рабочая гребневидная площадка; 4 – тяговая цепь с упорами-толкателями;
- б* – разобщитель хлыстов ЛТХ-80С: 1 - гладкая наклонная площадка секции разобщителя; 2 – рабочая гребневидная площадка секции разобщителя; 3 – тяговая цепь с упорами-толкателями; 4 - наклонные площадки между секциями; 5 – конвейер для уборки мусора

Уложенная в бункер пачка круглых лесоматериалов размещается на наклонной плоской площадке и гребнях рабочей площадки. При проходе под пачкой цепей конвейера их упоры-толкатели приподнимают пачку над гребнями и выталкивают отдельные бревна вверх в направлении движения цепей.

На рис.5.11 приведены принципиальные схемы более сложных многоцепных устройств для роспуска пучков круглых сортиментов и хлыстов, встраиваемых в различные сортировочные и раскряжевочные агрегаты.

Устройство (рис. 5.11*а*) используется на современных установках для приема и распиловки пачек сортиментов. Оно состоит из горизонтального стола с многоцепным конвейером, многоцепного растаскивающего конвейера со скоростью цепей, превышающей скорость цепей приемного стола, и подъемника-выравнивателя в виде многоцепного конвейера с ламельными захватами распиловочного устройства (слешера). На цепях первых двух конвейеров устройства захваты-упоры устанавливаются на каждой цепи, а на подъемнике захваты групповые, ламельные, соединяющие две цепи и образующие сплошную ступеньку по ширине устройств.

Движущиеся вверх под углом $40 \div 50^{\circ}$ цепи подъемника захватами выбирают из бункера сортименты поштучно (редко по два), выравнивают их, благодаря ламельному типу захвата, и подают на распиловочное устройство (слешер).

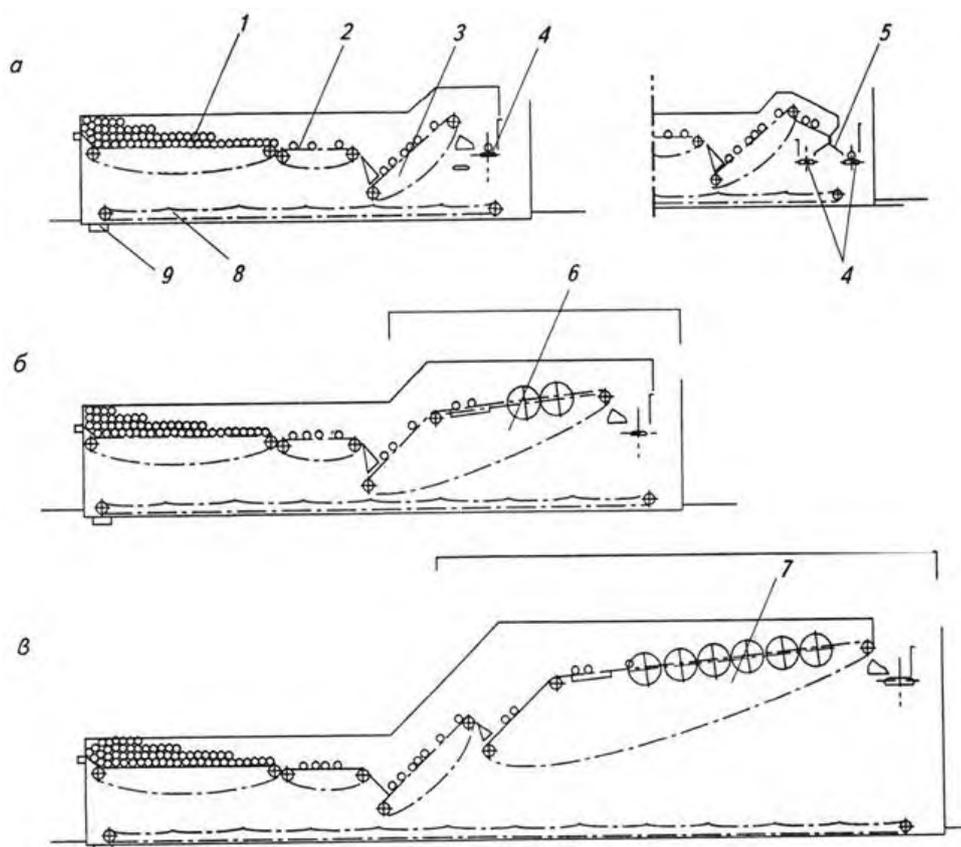


Рис. 5.11. Принципиальные схемы устройств для роспуска пучков древесных сортиментов и хлыстов:

а – устройство для приема и распиловки пачек сортиментов; *б*–устройство для раскряжевки хлыстов; *в* – устройство для сортирования и раскряжевки хлыстов:

1 – многоцепной приемный стол; 2 – многоцепной растаскивающий конвейер; 3 – лямельный цепной подъемник; 4- приемный конвейер; 5 - распределительный пересып; 6- слешер для поперечной разделки сортиментов; 7- слешер для поперечное разделки хлыстов; 8 – многоцепной конвейер для сбора и удаления древесных отходов; 9 - конвейер для транспортировки отходов на утилизацию

На рис. 5.11*б* и 5.11*в* показаны устройства, встраиваемые в агрегаты для раскряжевки и сортировки хлыстов. Устройство на рис.5.11*б* используется в агрегатах для раскряжевки хлыстов, а устройство на рис.5.11*в* предназначено для предварительного отбора хлыстов, направляемых в другие потоки, и для подачи на раскряжевку оставшихся хлыстов.

Привод устройств – электромеханический (через цепные или клиноременные передачи) или электрогидравлический с регулированием скоростей. Загрузка устройств осуществляется кранами или лесопогрузчиками. Управление всеми устройствами производится дистанционно с пульта управления.

Техническая производительность устройств для роспуска пучков сортиментов длиной 3,0 ÷ 6,5 м может достигать 150 ÷ 250 пл. м³/ч, а устройств для роспуска пучков хлыстов – 200 ÷ 400 пл. м³/ч, в зависимости от объема пачек, длины и диаметра хлыстов и сортиментов.

Все современные устройства для роспуска и распиловки бревен имеют систему сбора и удаления мусора и древесных отходов из-под них.

5.7. Учет древесного сырья

Проблема учета лесоматериалов имеет две стороны.

Первая – техническая. Она обусловлена тем, что для реализации учета на всех стадиях производства без применения средств механизации и автоматизации необходимо содержать огромную армию рабочих-контролеров. Одновременно, механизация и автоматизация учета требуют разработки таких технических средств и методов, которые обеспечивали бы наибольшую технологическую совместимость их с основными производственными процессами.

Вторая – метрологическая. Она заключается в необходимости анализа метрологических характеристик и в установлении научно обоснованных допусков на погрешность учета, поскольку всякая неточность в учете древесных материалов приводит к соответствующей неточности в оценке труда и количества товара.

5.7.1. Учет количества круглых лесоматериалов геометрическими методами

Различают индивидуальный и групповой учет круглых лесоматериалов. В соответствии с принятыми стандартами, для учета необходимы как количественные, так и качественные характеристики круглых материалов. Порядок отнесения их к определенной качественной и размерной группе при индивидуальном учете связан с визуальной оценкой каждого бревна и измерением его геометрических размеров. Поэтому методы индивидуального геометрического учета чаще всего используют для первичного и контрольного учета круглых лесоматериалов. Основным методом индивидуального учета является табличный, основанный на измерении толщины верхнего торца бревна и номинальной (стандартизованной) длины с нахождением объема по специальным таблицам объемов. Эти таблицы дают достаточно точные результаты не для отдельных бревен, а только в среднем для большой (не менее 100 шт.) группы сортиментов.

При учете круглых лесоматериалов вручную толщину и длину каждого бревна измеряют специальным мерным инструментом (мерными скобами, вилками и рулетками). При механизированном или автоматизированном учете измерения выполняют специальными техническими средствами. Для измерения толщины используют различные оптические системы. Для измерения длины используют датчики, основанные на механическом, электромеханическом и фотоэлектрическом (или светооптическом) принципах действия.

Групповые геометрические методы учета круглых лесоматериалов основаны на непосредственном измерении линейных геометрических параметров (габарита, периметра и т.д.) совокупностей лесоматериалов и определении на основании этих параметров объема условного тела правильной геометрической формы.

Различают две разновидности группового метода учета.

1. По габаритам поперечного сечения (высота, ширина) пучка, пачки, штабеля. В качестве геометрического тела, характеризующего обмеряемую совокупность лесоматериалов, принимается прямоугольный параллелепипед, объем которого при стандартизованной длине бревен определяется произведением высоты H на ширину условного тела B и на длину бревен l . В качестве характерного поперечного сечения могут рассматриваться: срединное, торцевое или условное среднее. Этот метод обладает наибольшими возможностями в плане технологической осуществимости.

2. По длине периметра срединного поперечного сечения пучка или пачки. В качестве геометрического тела, характеризующего обмеряемую совокупность лесоматериалов принимается круглый цилиндр с длиной окружности основания, равной измеренному периметру L , и высотой, равной стандартизованной длине бревен l . Объем условного тела (q_0) определяется по формуле:

$$q_0 = L^2 l / 4\pi.$$

Этот метод для своей реализации требует применения ручного труда, а мерительный инструмент (мерная лента) подвержен износу и загрязнению. Кроме того, процесс наложения мерной ленты на пучок связан со значительными техническими трудностями.

Для измерения габаритов штабелей лесоматериалов, загруженных в автомобили или железнодорожные вагоны, специальных измерительных инструментов не выпускается. Практически, для этих целей используют специальные линейки в виде реек, рулетки, измерительные рамки и др. В настоящее время разработаны и используются компьютеризованные устройства со сканирующими измерительными элементами.

После определения объема условного геометрического тела производят вычисление плотного объема древесины с использованием нормативного или экспериментально найденного коэффициента полндревесности.

5.7.2. Учет количества круглых лесоматериалов весовыми методами

Весовые методы учета лесоматериалов основаны на непосредственном измерении массы (m) сформированной совокупности бревен и последующем вычислении их суммарного объема с применением коэффициентов перевода k_m по формуле

$$q = m_{\text{км}}, \text{ пл. м}^3.$$

Коэффициент перевода, по своей физической сути, отражает связь между объемом и массой учитываемой совокупности лесоматериалов (пл.м³/т). Эта связь определяется большим количеством переменных факторов, что приводит к изменчивости значений коэффициента перевода в каждом конкретном случае учета. К основным факторам относятся:

- плотность древесины бревен в зависимости от породы, влажности, места произрастания, соотношения ядровой и заболонной частей и т.д;
- содержание коры, гнили, сучьев в древесине;
- средняя сбежистость бревен и припуски по длине.

В силу действия этих факторов, объемы совокупности бревен при одной и той же массе могут существенно различаться. Заранее учесть все эти факторы и по ним установить коэффициент перевода невозможно. Поэтому отраслевыми стандартами рекомендуется применять коэффициенты перевода массы в объем, определенные для конкретных производственных условий на статистически представительных выборках из учитываемых партий лесоматериалов. Такие выборки формируются из отдельных совокупностей лесоматериалов с помощью случайного или систематического отбора.

Различают два этапа (способа) применения коэффициента перевода: интерполяционный и экстраполяционный. Интерполяционный этап основан на определении коэффициента перевода на выборке из каждой отдельно учитываемой партии и применении его к этим же партиям. Недостаток этого способа – значительная трудоемкость и большие объемы выборок, которые составляют от 5 до 25 % объема учитываемых партий. Применение интерполяционного этапа продолжается до тех пор, пока суммарный объем объединенной (представительной) выборки за все время реализации этапа не даст коэффициент перевода, применимый в условиях экстраполяционного этапа.

Выбор типа весоизмерительных устройств зависит от характера технологического процесса и задач учета. Наиболее рационально взвешивание лесоматериалов совмещать с выполнением лесотранспортных и лесоперевалочных работ. Пределы измерений определяются параметрами отдельно транспортируемых и измеряемых масс древесины.

При перевозке железнодорожным транспортом для учета могут быть использованы серийно выпускаемые вагонные весы грузоподъемностью до 150 т. Их основной недостаток – необходимость раздельной подачи вагонов на грузоприемную платформу с последующей остановкой. Для взвешивания круглых лесоматериалов, перевозимых лесовозными автопоездами, пригодны серийно выпускаемые стационарные автомобильные весы общего назначения. Пределы измерения таких весов от 30 до 60 т. При перегрузках древесины возможно использование крановых весов. Однако такие весы, основанные обычно на применении тензопреобразователей, плохо приспособлены для монтажа на кранах, работающих на открытом воздухе.

Сам по себе весовой метод учета легче реализуется, чем объемные методы, но, в силу указанных выше причин, применяется довольно редко.

Библиографический список

Абилевский С.Н. Технология целлюлозно-бумажного производства: справочные материалы. – СПб.: ЛТА, 2003. Т.1.- С.54-203.

Абилевский С.Н., Ванчаков М.В. Специализированный подвижной состав для перевозки грузов ЦБП. – М.:ВНИПИЭИлеспром, 1983.

Ванчаков М.В., Абилевский С.Н. Механизация работ с древесными грузами: учеб.пособие/СПбГТУРП. – СПб.,2007.

Сафонов Ю.К., Ванчаков М.В. Механизация работ с готовой продукцией: учеб. пособие/СПбГТУРП. – СПб.,2009.

Сафонов Ю.К., Гаузе А.А. Механизация работ на складах жидкого хранения химикатов: учеб. пособие/СПбГТУРП. – СПб.,2007.

Сафонов Ю.К., Гаузе А.А. Механизация работ на складах сыпучих химикатов: учеб. пособие/СПбГТУРП. – СПб.,2008.

Смолдырев А.Е., Сафонов Ю.К. Трубопроводный транспорт концентрированных суспензий. – М.: Машиностроение, 1989.

Оглавление

| | |
|--|-----|
| Введение..... | 3 |
| 1. Общие понятия и организационные принципы механизации трудоёмких работ..... | 5 |
| 1.1. Основные термины и понятия механизации..... | 5 |
| 1.2. Анализ использования трудовых ресурсов и производственных фондов при выполнении ПРТСР..... | 6 |
| 1.3. Структура систем комплексной механизации ПРТСР..... | 9 |
| 2. Механизация работ с насыпными грузами..... | 17 |
| 2.1. Характеристики насыпных грузов..... | 18 |
| 2.2. Способы доставки насыпных грузов..... | 24 |
| 2.3. Устройства для приёма насыпных грузов из подвижного состава..... | 27 |
| 2.4. Средства механизации перемещения насыпных грузов в системе производства..... | 34 |
| 2.5. Механизация работ на складах насыпных грузов..... | 52 |
| 3. Механизация работ со штучными грузами..... | 68 |
| 3.1. Характеристики и свойства основных видов готовой продукции | 68 |
| 3.2. Доставка и отгрузка сырья и готовой продукции..... | 70 |
| 3.3. Средства механизации работ со штучными грузами..... | 73 |
| 3.4. Склады готовой продукции и полуфабрикатов | 88 |
| 4. Механизация работ с наливными грузами..... | 95 |
| 4.1.. Характеристики наливных грузов..... | 95 |
| 4.2. Способы доставки и приёма жидких грузов..... | 100 |
| 4.3. Склады для хранения жидких грузов..... | 104 |
| 4.4. Хранение сыпучих химикатов в жидком виде..... | 106 |
| 4.5. Трубопроводный транспорт наливных грузов..... | 115 |
| 5. Механизация работ с круглыми лесоматериалами..... | 120 |
| 5.1. Характеристики круглых лесоматериалов..... | 122 |
| 5.2. Способы поставок древесного сырья. Режимы поставок. Подвижной состав..... | 124 |
| 5.3. Грузоподъемное и транспортирующее оборудование, применяемое на узлах приема и складирования древесного сырья..... | 127 |
| 5.4. Механизация процессов приема древесного сырья..... | 142 |
| 5.5. Механизация работ на складах древесного сырья..... | 143 |
| 5.6. Устройства для расформирования пучков, пачек и пакетов круглых лесоматериалов..... | 154 |
| 5.7. Учет древесного сырья..... | 158 |
| Библиографический список..... | 161 |