

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра управления грузовой и коммерческой работой

Н. П. БЕРЛИН, В. Н. КИРИК, Е. В. НАСТАЧЕНКО

ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ  
РАБОТЫ  
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ  
ТРАНСПОРТЕ

Часть I

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов  
учреждений высшего образования по специальности  
«Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте»*

Гомель 2023

УДК 656.212.6(075.8)

ББК 39.18

Б49

Рецензенты: кафедра механизации и автоматизации дорожно-строительного комплекса БНТУ (заведующий кафедрой – д-р техн. наук, профессор, иностранный член РААСН *А. В. Вавилов*); заведующий лабораторией механизации возделывания плодовых и овощных культур РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» канд. техн. наук, доцент *А. Н. Юрин*

### **Берлин, Н. П.**

Б49 Погрузочно-разгрузочные работы на железнодорожном транспорте : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. I / Н. П. Берлин, В. Н. Кирик, Е. В. Настаченко ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 187 с.

ISBN 978-985-891-105-8 (ч.1)

В систематизированном виде представлены классификация и принципиальные схемы, дано описание работы, указаны область применения, достоинства и недостатки погрузочно-разгрузочных, транспортирующих и вспомогательных машин и устройств, используемых на железнодорожном транспорте, а также приведены формулы расчета их производительности.

Предназначено для студентов специальности «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте». Будет полезно специалистам транспортных предприятий, занимающихся вопросами механизации перегрузки грузов.

**УДК 656.212.6(075.8)**

**ББК 39.18**

**ISBN 978-985-891-105-8 (ч. I)**

**ISBN 978-985-891-104-1**

© Берлин Н. П., Кирик В. Н., Настаченко Е. В., 2023

© Оформление. БелГУТ, 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	5
<b>1 Современная система механизации погрузочно-выгрузочных работ и пути ее развития</b> .....	6
1.1 Погрузочно-выгрузочные и складские работы на железнодорожном транспорте .....	6
1.2 Основные направления развития погрузочно-выгрузочных работ на железнодорожном транспорте .....	8
<b>2 Классификация и основные эксплуатационно-технические показатели подъемно-транспортных машин и устройств, используемых на железнодорожном транспорте</b> .....	9
2.1 Классификация машин и устройств .....	9
2.2 Техничко-эксплуатационные показатели подъемно-транспортных машин .....	10
<b>3 Машины непрерывного действия</b> .....	15
3.1 Машины для пневматического транспортирования грузов .....	15
3.1.1 Назначение и классификация .....	15
3.1.2 Устройство, принцип действия, достоинства и недостатки пневмотранспортных машин .....	16
3.1.3 Выбор пневмотранспортных машин .....	24
3.2 Конвейеры .....	26
3.2.1 Назначение и классификация конвейеров .....	26
3.2.2 Устройство, принцип действия, достоинства и недостатки конвейеров с гибким тяговым органом .....	27
3.2.3 Устройство, принцип действия, достоинства и недостатки конвейеров без гибкого тягового органа .....	45
3.2.4 Расчет производительности и выбор конвейеров .....	52
3.3 Элеваторы .....	56
3.3.1 Назначение и классификация элеваторов .....	56
3.3.2 Устройство, принцип действия, достоинства и недостатки элеваторов ...	56
3.3.3 Расчет производительности и выбор элеваторов .....	61
3.4 Механические погрузчики непрерывного действия .....	62
3.4.1 Назначение и классификация механических погрузчиков непрерывного действия .....	62
3.4.2 Устройство, принцип действия, производительность, достоинства и недостатки механических погрузчиков непрерывного действия .....	62
3.5 Механические разгрузчики непрерывного действия .....	68
3.5.1 Назначение и классификация механических разгрузчиков непрерывного действия .....	68
3.5.2 Устройство, принцип действия, производительность, достоинства и недостатки механических разгрузчиков непрерывного действия .....	69

<b>4 Машины циклического действия</b> .....	75
4.1 Краны .....	75
4.1.1 Назначение и общие сведения о кранах .....	75
4.1.2 Классификация кранов .....	76
4.1.3 Основные параметры кранов .....	76
4.1.4 Сферы применения кранов .....	81
4.1.5 Мостовые краны .....	82
4.1.6 Козловые краны .....	87
4.1.7 Стреловые краны .....	95
4.1.8 Краны-штабелеры .....	103
4.1.9 Устойчивость передвижных кранов и устройства против их опрокидывания и угона ветром .....	108
4.1.10 Производительность кранов и выбор грузозахватных устройств ...	117
4.2 Механические погрузчики .....	122
4.2.1 Назначение и классификация механических погрузчиков .....	122
4.2.2 Устройство, принцип действия, достоинства и недостатки механических погрузчиков .....	123
4.2.3 Сменные грузозахватные устройства механических погрузчиков ....	132
4.2.4 Устойчивость механических погрузчиков .....	139
4.2.5 Производительность механических погрузчиков .....	145
4.3 Тележки, тягачи: назначение, классификация, устройство, принцип действия .....	146
4.4 Вагоноопрокидыватели, автомобилеразгрузчики, инерционные вагоно-разгрузочные машины .....	150
4.4.1 Назначение, классификация, устройство, принцип действия вагоноопрокидывателей .....	150
4.4.2 Назначение, классификация, устройство, принцип действия автомобилеразгрузчиков .....	157
4.4.3 Назначение, классификация, устройство, принцип действия инерционных вагоноразгрузочных машин .....	158
<b>5 Вспомогательные и специальные устройства</b> .....	161
5.1 Устройства для очистки вагонов от остатков груза .....	161
5.2 Бункеры. Затворы. Питатели .....	171
5.2.1 Назначение, классификация, устройство, принцип действия, пропускная способность бункеров .....	171
5.2.2 Назначение, классификация, устройство, принцип действия затворов бункеров .....	178
5.2.3 Назначение, классификация, устройство, принцип действия питателей бункеров .....	180
<b>Глоссарий</b> .....	183
<b>Список литературы</b> .....	187

## **ВВЕДЕНИЕ**

Важнейшими задачами железнодорожного транспорта являются: повышение производительности труда и снижение потребности в рабочей силе за счет внедрения комплексной механизации и автоматизации погрузочно-выгрузочных работ; обеспечение выхода на передовые рубежи научно-технического прогресса; улучшение качества перегрузочной технологии; использование современных погрузочно-выгрузочных машин; освоение современных экономических методов руководства.

Исключительна роль транспортно-грузовых комплексов в создании национальной логистической системы и увеличении объема экспорта транспортных услуг.

Исходя из этого, специалисты по организации перевозок на железнодорожном транспорте должны:

**з н а т ь :**

– устройство, принцип действия, область применения и технико-эксплуатационные характеристики современных погрузочно-выгрузочных машин (ПРМ);

– устройство, назначение и характеристики складов;

– технологические схемы механизированной перегрузки грузов (ТСМПГ);

– технологию погрузочно-выгрузочных работ (ТПВР);

– методы расчета технической оснащенности грузовых фронтов;

**у м е т ь :**

– на основе технико-экономических расчетов разработать и выбрать схему механизированной перегрузки грузов, которая обеспечивает минимальную себестоимость перегрузки и максимальную рентабельность;

– выполнить анализ работы существующих схем и дать предложения по их совершенствованию с технико-экономическим обоснованием;

– оценить влияние ТПВР на качественные показатели использования подвижного состава;

– выбирать ТПВР, оказывающие наименьшее вредное воздействие на окружающую среду;

– принимать решения, которые обеспечивают соблюдение условий охраны труда и безопасности перевозочного процесса.

# **1 СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА МЕХАНИЗАЦИИ ПОГРУЗОЧНО-ВЫГРУЗОЧНЫХ РАБОТ И ПУТИ ЕЕ РАЗВИТИЯ**

## **1.1 Погрузочно-выгрузочные и складские работы на железнодорожном транспорте**

Доставка сырья, полуфабрикатов, готовой продукции с мест добычи или производства в места потребления или переработки сопровождается как минимум двумя грузовыми операциями: загрузкой в транспортное средство и выгрузкой из него. Чаще всего в перевозке участвуют несколько видов транспорта. Это увеличивает число грузовых операций и требует складов для промежуточного хранения грузов в ожидании транспортных средств.

В местах взаимодействия различных видов транспорта образуются транспортные узлы, в которых сконцентрирована мощная погрузочно-выгрузочная техника, расположено большое количество складов и баз долгосрочного хранения, трудится основная масса работников транспорта.

Процесс перевозки состоит из операций подготовки груза к транспортированию, погрузки, выгрузки, складских и транспортных операций. Объем и характер этих операций во многом зависят от вида транспорта и размера грузовых мест.

Особенность грузовых перевозок состоит в том, что в общих затратах труда по перемещению груза значительный удельный вес составляют погрузочно-разгрузочные работы, которые состоят из основных и вспомогательных операций.

Основные: захват груза, подъем, перемещение, опускание, укладка в штабель, взятие из штабеля.

Вспомогательные: застропка, отстропка груза, накладывание и снятие грузозахватных устройств, направление и оттяжка груза, крепление груза, подготовка подвижного состава к погрузочно-разгрузочным работам, крепление пакетов и т. д.

От продолжительности погрузочно-разгрузочных работ в значительной степени зависят: оборот транспортных средств, сроки доставки груза.

Погрузочно-разгрузочные работы и складские операции могут выполняться в пунктах необщего пользования – на складах или в пунктах добычи,

производства или потребления грузов и пунктах общего пользования, находящихся в ведении магистрального железнодорожного. На железнодорожном транспорте места погрузки, выгрузки и хранения находятся в ведении железнодорожных станций.

Погрузочно-разгрузочные работы осуществляются по разработанным технологическим процессам с соблюдением правил погрузки грузов, охраны труда и техники безопасности в соответствии с нормативными документами.

Процессы производства погрузочно-выгрузочных работ могут осуществляться:

1 Вручную. Основные и вспомогательные операции выполняются с использованием простейших приспособлений.

2 Механизированный. Основные операции по перемещению грузов выполняются машинами, а некоторые вспомогательные – вручную (формирование, расформирование пакетов, застропка, отстропка груза, направление, оттяжка груза при укладке и т. д.).

3 Комплексно-механизированный. Все операции выполняются машинами, оборудованием. Человек управляет работой машин.

4 Автоматизированный. Все операции по перемещению груза выполняют машины в автоматическом режиме.

Основным количественным показателем состояния погрузочно-разгрузочных и складских работ является уровень механизации, комплексной механизации и автоматизации

$$Y_{M, KM, A_i} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_{M, KM, A_i}}{Q_{об_i}} \cdot 100, \quad (1.1)$$

где  $Q_{M, KM, A_i}$  – объем работ по  $i$ -му роду груза, выполненный механизированным, комплексно-механизированным или автоматизированным способом, (т, м<sup>3</sup>, шт.);

$Q_{об_i}$  – общий объем работ по  $i$ -му роду груза, (т, м<sup>3</sup>, шт.).

Этот показатель служит базой для разработки мероприятий по ликвидации ручного труда и определения потребности в подъемно-транспортном оборудовании.

Для учета трудоемкости погрузочно-выгрузочных операций служит показатель степени механизации, комплексной механизации, автоматизации

$$C_{M, KM, A} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_{M, KM, A_i} \cdot Ч_{M, KM, A_i}}{Q_{об_i} \cdot Ч_i} \cdot 100, \quad (1.2)$$

где  $Ч_{M, KM, A_i}$  – трудоемкость выполнения работ с  $i$ -м грузом механизированным, комплексно-механизированным или автоматизированным способом, (чел·ч)/т, (чел·ч)/м<sup>3</sup>, (чел·ч)/шт.;

$Ч_i$  – трудоемкость всего объема работ по  $i$ -му роду груза, (чел·ч)/т,  
(чел·ч)/м<sup>3</sup>, (чел·ч)/шт.

## **1.2 Основные направления развития погрузочно-выгрузочных работ на железнодорожном транспорте**

Для улучшения качества и повышения эффективности выполнения погрузочно-разгрузочных работ необходимо:

- использовать транспортно-технологические схемы доставки грузов с применением специализированного подвижного состава, контейнеров, пакетов;
- применять современные типы железнодорожного и автомобильного подвижного состава;
- совершенствовать и применять новые типы погрузочно-выгрузочных и складских машин и роботов-манипуляторов;
- шире использовать машины непрерывного транспорта;
- разрабатывать и внедрять автоматизированные системы управления работой средств механизации, сбора и обработки информации, оптимизации перемещения и хранения груза на складах;
- использовать на основных и вспомогательных операциях робототехнические системы.



## **2 КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И УСТРОЙСТВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

### **2.1 Классификация машин и устройств**

Современные подъемно-транспортные машины характеризуются многообразием, определяемым характером перемещения груза, числом степеней свободы движения, типом грузонесущего и грузозахватного органов, предельным значением грузоподъемности и скорости движения рабочих органов, типом привода, перемещающего рабочие органы, характером преимущественных функций подъема (опускания) или транспортирования груза и другими признаками.

Машины и устройства, применяемые на погрузочно-разгрузочных, складских и транспортных операциях, **по характеру перемещения груза** подразделяются на две группы:

- непрерывного действия – машины, рабочий орган которых (лента, канат, винт, скребок, лоток и др.) движется непрерывно, не останавливаясь для приема и отдачи груза, и перемещает груз к месту назначения непрерывным потоком;

- периодического (циклического) действия – машины, у которых грузозахватный орган (крюк, ковш, полуавтоматический и автоматический захват и др.) переносит груз отдельными порциями и после каждого перемещения порции груза возвращается обратно порожним или с другой порцией груза.

Схема классификации подъемно-транспортных машин и устройств по характеру движения рабочих органов приведена на рисунке 2.1, это позволяет систематизировать расчеты технико-эксплуатационных показателей.

**В зависимости от назначения** машины и устройства разделяются:

- на специальные – предназначены для выполнения операций только с определенными грузами;

- универсальные – предназначены для выполнения операций с различными грузами.

Такая группировка позволяет обобщить опыт применения и упрощает выбор в зависимости от рода перемещаемого груза.



Рисунок 2.1

**По траектории перемещения** машины делятся на перемещающие грузы:

- в горизонтальной или близкой к ней наклонной плоскости;
- вертикальной или близкой к ней наклонной плоскости;
- произвольном направлении.

Машины, перемещающие грузы в горизонтальной плоскости, – *транспортирующие*, в вертикальной – *грузоподъемные*.

В зависимости от **наличия ходового устройства** машины бывают:

- стационарные;
- передвижные (*самоходные, несамоходные*).

В зависимости от **типа силовой установки привода** различают машины:

- с электроприводом (*переменного или постоянного тока*);
- двигателем внутреннего сгорания (*карбюраторный, дизельный*).

В эксплуатационном отношении подъемно-транспортные машины классифицируются по группам перемещаемых грузов и характеру выполняемых операций.

Внутри каждой из перечисленной групп машины можно классифицировать по грузоподъемности, высоте подъема груза, а также по ряду других эксплуатационных, технических и конструктивных признаков.

## 2.2 Техничко-эксплуатационные показатели подъемно-транспортных машин

При разработке и выборе схем механизированной перегрузки грузов необходимо учитывать следующие показатели машин:

- эксплуатационные (производительность, энергоемкость, материалоемкость, трудоемкость, область применения);
- надежность;
- степень технологичности;
- уровень стандартизации и унификации;
- патентно-правовые;

- эргономические;
- эстетические;
- экологические;
- безопасности;
- экономические (эксплуатационные расходы, капитальные вложения, себестоимость переработки груза).

Важнейший комплексный показатель подъемно-транспортных машин – это теоретическая (расчетная), техническая и эксплуатационная производительность.

Теоретическая производительность. Количество груза (т, м<sup>3</sup>, шт.), которое может переместить машина за 1 час непрерывной работы с грузом при номинальной (расчетной) загрузке при использовании ее в условиях эксплуатации, для которых она запроектирована.

Техническая производительность. Количество груза (т, м<sup>3</sup>, шт.), которое может переместить машина за 1 час непрерывной работы с максимальной массой перемещаемого груза при использовании ее в условиях, для которых она запроектирована.

Эксплуатационная производительность. Количество груза (т, м<sup>3</sup>, шт.), которое может переместить машина за единицу времени при правильной организации труда, использовании передовых методов и на определенном рабочем месте.

Энергоемкость машины характеризуется удельным расходом энергии, затрачиваемой на перемещение единицы груза, и определяется как отношение расхода энергии к объему груза (т, шт., м<sup>3</sup>), перемещаемого за определенный промежуток времени.

Металлоемкость (материалоемкость) машины характеризуется массой материалов, затраченных на ее изготовление в тоннах, отнесенных к производительности машины (т/ч) или номинальной грузоподъемности (т).

Трудоемкость определяется как отношение общего количества человек, обслуживающих машину, к эксплуатационной производительности данной машины (т/ч).

Область применения – технические возможности использования машины в узкоспециализированных условиях по роду груза и месту его перемещения или возможность универсального или специального применения.

Надежность машин. Надежностью машины называется ее свойство сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Степень технологичности. Показатель, характеризующий эффективность конструктивно-технологических решений с точки зрения обеспечения высокой производительности труда при обслуживании и ремонте машины.

Показатели стандартизации и унификации. Эти показатели характеризуют уровень использования в машинах стандартных, унифицированных и оригинальных составных частей, а также уровень унификации с другими изделиями.

*Стандартными* являются составные части машины, выпускаемые по государственным стандартам.

*Унифицированными* являются составные части машины, выпускаемые по стандартам предприятия и используемые хотя бы в двух различных машинах.

*Оригинальными* являются составные части, разрабатываемые только для данной машины.

Патентно-правовые показатели характеризуют патентную защиту и патентную чистоту составных частей машины авторскими свидетельствами в стране и патентами в странах предполагаемого экспорта или продажи лицензий на отечественные изобретения. Они позволяют судить о воплощении в машинах отечественных технических решений, признанных изобретениями в стране и за рубежом.

Эргономические показатели характеризуют систему «человек – машина – среда» и учитывают комплекс гигиенических, антропометрических, физиологических и психологических показателей, проявляющихся в производственных и бытовых процессах. Эргономика (от греческого *ergon* – работа, *nomos* – закон) – научная дисциплина, комплексно изучающая характеристики человека, машины и среды, проявляющиеся в конкретных условиях их взаимодействия, систему «человек – машина – среда», ее функционирование и методы оптимизации с учетом возможностей человека и особенностей машины и среды.

*Гигиенические* показатели характеризуют соответствие машины гигиеническим условиям жизнедеятельности и работоспособности человека при их взаимодействии. Они определяют уровни температуры, влажности, атмосферного давления, освещенности, запыленности, токсичности, шума, вибрации, перегрузок, напряженности магнитного и электрического полей, излучения.

*Антропометрические* показатели определяют соответствие рабочих мест форме, размерам и массе тела человека, взаимодействующего с машиной. Антропометрические данные используются для рационального устройства рабочих мест.

*Физиологические и психофизиологические* показатели характеризуют соответствие изделия силовым, скоростным, зрительным, слуховым и осязательным возможностям человека.

*Психологические* показатели характеризуют соответствие изделия возможностям восприятия и переработки информации и возможностям закрепления вновь формируемых или уже приобретенных навыков работы.

Высокие эргономические показатели обеспечивают не только культуру и охрану труда, но и резко влияют на повышение производительности труда и надежность работы машин.

Эстетические показатели характеризуют эстетические свойства машин: информационную выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство исполнения. Эстетическими показателями являются *художественное своеобразие формы, функционально-техническая целесообразность художественного решения, графическое и цветное решение конструкции, тщательность покрытий и отделки, четкость исполнения фирменных знаков и т.д.*

Оценка эстетических показателей качества продукции производится экспертными методами.

Экологические показатели характеризуют уровень вредных воздействий на окружающую среду, возникающих при использовании машин. Охрана окружающей природной среды обеспечивается системой мероприятий, которые определяются государственными стандартами в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов, а также рекомендациями, правилами, нормами и стандартами международных организаций. Эти мероприятия обеспечивают поддержание рационального взаимодействия человека с окружающей природной средой, а также предупреждение прямого и вредного косвенного влияния на природу результатов использования машин.

Учет экологических показателей при оценке качества машин основывается на анализе процесса их использования (механических, акустических, тепловых, химических, радиационных, биологических и других вредных воздействий на окружающую природную среду).

Показатели безопасности характеризуют особенности, обуславливающие безопасность человека при эксплуатации машин. Безопасность человека обеспечивается при использовании, хранении, транспортировании, монтаже, обслуживании и ремонте машин от механических, акустических, тепловых, электрических, химических воздействий, радиоактивных излучений в нормальных условиях и при возникновении аварийных ситуаций в зоне возможной опасности. Мероприятия в этой области определяются системой государственных стандартов по безопасности труда, правилами и нормами по технике безопасности, пожарной безопасности, производственной санитарии, а также правилами и нормами международных организаций. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов содержат обязательные нормы, которым должны удовлетворять грузоподъемные краны, а также требования по их установке и обеспечению безопасности при эксплуатации.

Экономические показатели. К экономическим показателям относятся: капитальные вложения, удельные капитальные вложения, эксплуатационные расходы, себестоимость переработки груза.

*Капитальные вложения* – расходы на создание или реконструкцию системы, обеспечивающей выполнение необходимых технологических операций по погрузке, выгрузке транспортных средств, хранению и перемещению груза в складе.

*Эксплуатационные расходы* – расходы по содержанию и обеспечению функционирования всего комплекса устройств, занятого выполнением погрузочно-разгрузочных и складских работ.

*Удельные капитальные вложения* – капитальные вложения, отнесенные на единицу измерения перегружаемого груза.

*Себестоимость переработки груза* – совокупность всех эксплуатационных расходов, приходящихся на единицу измерения перегружаемого груза.

### **Контрольные вопросы**

- 1 По каким признакам классифицируются подъемно-транспортные машины?
- 2 Перечислите типы машин непрерывного действия.
- 3 Перечислите типы машин циклического действия.
- 4 Перечислите вспомогательные машины и устройства.
- 5 Основные технико-эксплуатационные показатели подъемно-транспортных машин.

## 3 МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

### 3.1 Машины для пневматического транспортирования грузов

#### 3.1.1 Назначение и классификация

Машины пневматического транспорта служат для перемещения насыпных и штучных грузов по трубам или желобам при помощи сжатого или разреженного воздуха.

Применяются для перемещения: зерна, апатитового концентрата, фрезерного торфа, фосфорной муки, порошковых и мелкокусковых химикатов, мелкого и среднекускового угля и др.

Машины для насыпных грузов могут перемещать пылевидные, порошкообразные, зернистые и кусковые материалы, а машины для единичных грузов предназначены для транспортирования по трубам мелких грузов, уложенных в патроны, и грузов в контейнерах и вагонетках по трубопроводам большого диаметра.

Пневмотранспортные машины для насыпных грузов по принципу действия разделяют на транспортирующие грузы:

1) в потоке воздуха во взвешенном состоянии (всасывающие, нагнетательные, смешанные, подъемники);

2) методом аэрации, т. е. насыщения воздухом сыпучего тела, приобретающего при этом свойства жидкости (аэрожелоба);

3) по методу флюидизации (транспортирование аэрированными потоками в плотной фазе), когда насыщенный воздухом сыпучий материал приобретает высокую подвижность, обеспечивающую возможность перемещения его по трубам под действием давления воздуха.

Классификация пневмотранспортных машин приведена на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1

### 3.1.2 Устройство, принцип действия, достоинства и недостатки пневмотранспортных машин

Схема пневмотранспортной машины всасывающего действия приведена на рисунке 3.2. Перемещение груза производится следующим образом. Вакуум-насос 6 создает разрежение во всей системе. Под действием атмосферного давления воздух через сопло 1 вместе с грузом засасывается в рабочий трубопровод 2, далее аэрозоль поступает в осадительную камеру-разгрузитель 3, откуда груз выводится с использованием шлюзового затвора 9. Воздух, содержащий мелкую пыль, по трубопроводу 4 поступает в фильтр 8, из пылеуловителя чистый воздух по трубопроводу 5 поступает в вакуум-насос 6 и через воздухоотводную трубу 7 выбрасывается в атмосферу. Пылевидные частицы, осевшие в пылеуловителе, выгружаются через шлюзовый затвор 10. Для приема груза из осадительной камеры и пылеуловителя могут использоваться конвейеры 11, бункеры 12.

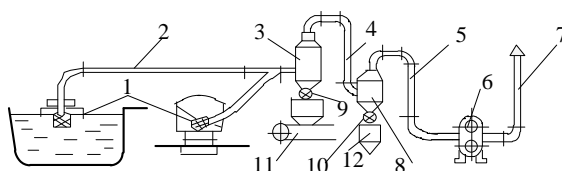


Рисунок 3.2

Машины всасывающего действия позволяют производить забор груза в нескольких точках, а выгрузку в одной, дальность транспортирования – 10–15 м, производительность – 40–100 т/ч.

Для подачи насыпного груза в трубопровод всасывающих пневмотранспортных установок применяют стационарные и переносные сопла (рисунок 3.3).

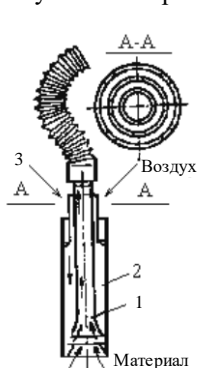


Рисунок 3.3

Сопло состоит из наружной 2 и внутренней 1 труб. Трубы соединены регулировочными винтами и гайками, посредством которых можно регулировать ширину щели 3, предназначенной для выпуска воздуха во внутреннюю трубу из кольцевой полости наружной трубы. Сопло устанавливается на поверхности штабеля сыпучего материала нижним коническим раструбом и под действием собственной массы погружается на некоторую глубину.

Входящий с большой скоростью через кольцевую щель воздух разрыхляет поверхностные части груза в коническом раструбе и увлекает их по трубе в транспортный трубопровод. Сопло выполняют диаметром 45–180 и длиной 800–1200 мм; толщина стенок труб 1,5–2,0 мм.

Транспортные трубопроводы изготавливают из стали толщиной 0,6–12 мм диаметром 50–300 мм. Толстостенные применяются при транспортировании



абразивных материалов. Неабразивные материалы транспортируются по пластмассовым трубам.

Для снижения абразивного износа труб скорость движения должна быть минимально возможной, но не ниже скорости витания.

*Осадительная камера* представляет собой цилиндрический бункер с сечением, в десятки раз превышающим сечение трубопровода, вследствие чего движущиеся частицы груза прижимаются к стенкам камеры, теряют скорость и, падая, оседают в камере. В камере искусственно создается завихрение потока для эффективного отделения груза от воздуха (рисунок 3.4).

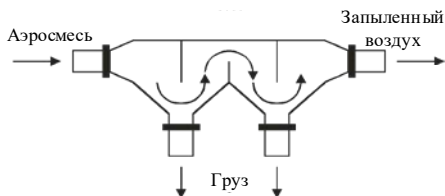


Рисунок 3.4

В качестве *воздушных насосов* применяют лопатные (рисунок 3.5) и колесные (рисунок 3.6) насосы и центробежные вентиляторы.

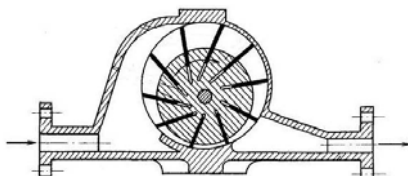


Рисунок 3.5

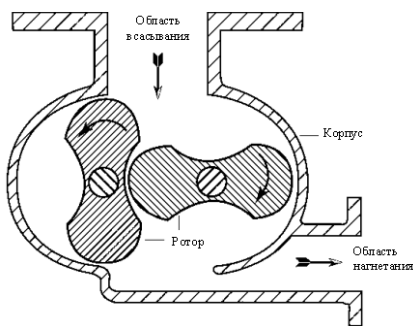


Рисунок 3.6

*Фильтры* предназначены для очистки воздуха от пылевидных частиц сыпучего груза.

*Затворы* предназначены для выпуска сыпучих материалов из разгружаемых емкостей и предотвращения прорыва воздуха с повышенным давлением в разгружаемую емкость.

Затворы бывают ротационные (рисунок 3.7) и камерные (рисунок 3.8).

Рабочим органом ротационного затвора служит многокамерный барабан 4, плотно посаженный в корпусе 3 и вращающийся при помощи вала 2, опирающегося на фланцы 1. Сыпучий материал поступает сверху в шлюзовые камеры барабана, перемещается ими вниз и высыпается в приемный трубопровод. Опорожнившиеся камеры заполняются воздухом под повышенным давлением, который затем поступает в подающую груз емкость, а через нее уходит через фильтр в атмосферу.

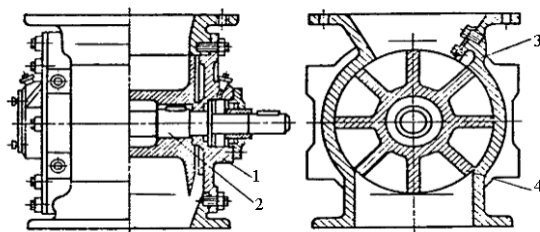


Рисунок 3.7

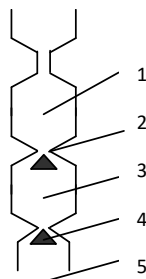


Рисунок 3.8

Недостаток ротационного затвора – интенсивный износ при транспортировании абразивных материалов.

Камерные шлюзовые затворы не имеют вращающихся частей, поэтому более износостойкие. Они состоят из верхней 1 и нижней 3 камер и двух клапанов. Если выпускное отверстие камеры закрыто, а нижнее открыто, то груз высыпается из нижней камеры в приемный трубопровод 5. Верхняя камера в это время заполняется транспортируемым материалом. После того как закончатся процессы опорожнения нижней камеры и заполнения верхней, клапаны переключаются; сначала закрывается нижний клапан 4, затем открывается верхний 2 и нижняя камера загружается сыпучим материалом. Камерные затворы работают циклически (периоды подачи груза сменяются паузами), что снижает их пропускную способность и является недостатком, который может быть устранен применением спаренных двухкамерных затворов. В последних режим работы одного затвора смещен на полцикла относительно режима второго.

Схема пневмотранспортной машины нагнетательного действия с винтовым питателем приведена на рисунке 3.9.

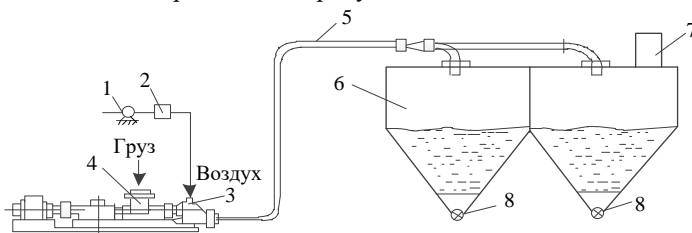


Рисунок 3.9

Сжатый воздух от компрессора 1 через ресивер, масло- и влагоотделитель 2 поступает в смесительную камеру питателя 3, куда винтовым питателем 4 принудительно подается груз, и, интенсивно перемешиваясь с воздухом, поступает в трубопровод 5 и далее в отделитель 6, где происходит

осаждение груза. Оработавший воздух через фильтр 7 выбрасывается в атмосферу. Груз из отделителя выдается с помощью шлюзового затвора 8.

Схема винтового питателя приведена на рисунке 3.10.

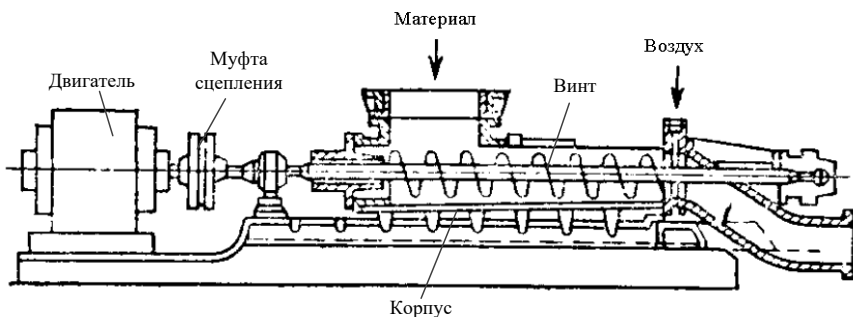


Рисунок 3.10

Для отделения транспортируемого груза от воздуха применяют отделители с внутренними направляющими поверхностями (рисунок 3.11) и циклонные (рисунок 3.12). Первый состоит из корпуса 1, 2, 3, внутри которого смонтированы направляющие из листовой стали, замедляющие движение грузовоздушной смеси.

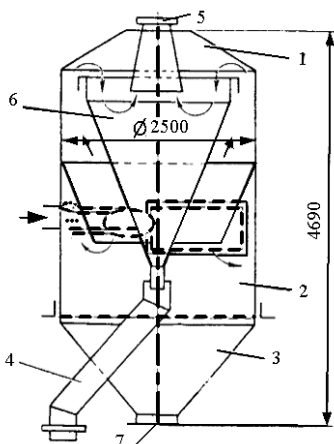


Рисунок 3.11

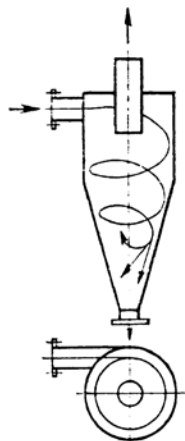


Рисунок 3.12

Наиболее крупные фракции груза выпадают первыми и выгружаются через нижний патрубок 7. Воздух, содержащий более мелкие фракции, поднимается вверх и частицы поступают во встроенный конический бункер 6 отделителя, откуда отводятся по патрубку 4. Воздух, содержащий только

пылевидные фракции, выходит через верхний патрубок 5 и направляется на фильтр для окончательной очистки.

Грузовоздушная смесь поступает в циклонный отделитель (см. рисунок 3.12) через патрубок по касательной к внутренней поверхности корпуса разгрузителя и приобретает вращательное движение. Центробежные силы отбрасывают частицы груза к периферии корпуса, где они тормозятся силами трения и падают вниз, выгружаясь через выпускное отверстие. Освобожденный от груза воздух выходит через верхний патрубок.

В машинах нагнетательного действия высокого давления используются *камерные питатели* (рисунок 3.13).

Сжатый воздух от компрессора поступает в камерный питатель 2, где смешивается с грузом и по рабочему трубопроводу 5 перемещается в приемные устройства 6, а воздух через фильтр 7 выводится в атмосферу. Для лучшего смешивания груза с воздухом на дне камерного питателя уложены плиты 1, через которые поступающий воздух аэрирует груз. Груз в камерный питатель поступает через специальный клапан 4, который периодически открывается для подачи груза в питатель. Уровень груза определяется датчиком 3.

При использовании одного камерного питателя работа по перемещению выполняется периодически, т. е. во время загрузки груза в бункер перемещение груза не осуществляется. Для устранения этого недостатка используют два камерных питателя, работающих попеременно на загрузку и выгрузку.

На рисунке 3.14 приведена схема работы двухкамерного питателя с верхней подачей и нижней выдачей груза.

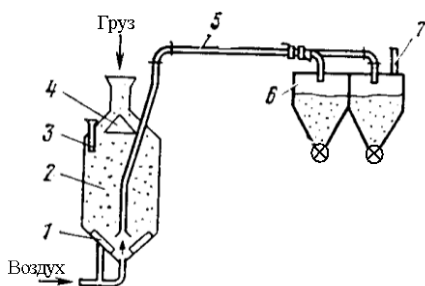


Рисунок 3.13

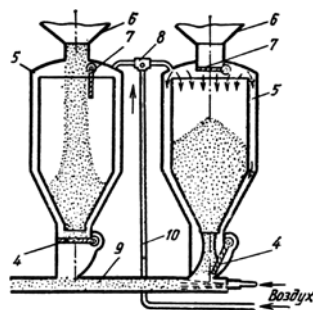


Рисунок 3.14

Питатель состоит из двух цилиндрических сосудов 5, соединенных при помощи затворов 4 и 7 с транспортным трубопроводом 9 и с питающими бункерами 6. Для получения давления в трубопроводе и в камере их соединяют трубопроводом 10. Воздух подается в камеру через трехпозиционный кран 8, управляемый автоматически.

Каждая из камер последовательно соединяется с бункером, когда происходит ее наполнение материалом, или с транспортным трубопроводом. Транспортиро-

вание происходит непрерывно, так как когда первая камера заполняется материалом, вторая передает материал в транспортный трубопровод, и наоборот.

Камерные питатели, по сравнению с винтовыми, имеют меньше быстрознашивающихся частей.

В машинах нагнетательного типа *трубопровод* может иметь разветвление для подачи груза в разные пункты разгрузки. Производительность достигает 150 т/ч, а дальность транспортирования – 1,5 км и более.

Если необходимо производить забор груза в нескольких точках и иметь возможность выгрузить в разных грузовых пунктах и перемещать на значительные расстояния, используются **пневмотранспортные машины смешанного действия** (рисунок 3.15).

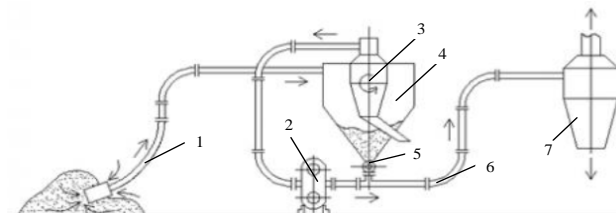


Рисунок 3.15

Машина, состоит из двух ветвей, разделенных воздушным насосом 2. Всасывающая ветвь 1 забирает груз из нескольких точек и падает в общую осадительную камеру 4 с пылеуловителем 3 и шлюзом 5 для передачи груза в нагнетательную ветвь 6. Нагнетательная ветвь может заканчиваться открытыми трубопроводами, из которых смесь воздуха с грузом выбрасывается прямо в закрытый склад или подается в свой разгрузатель 7.

Иногда при перемещении пылевидных, зернистых или волокнистых грузов применяют *центробежные вентиляторы*, допускающие проход через них смеси воздуха с частицами груза. В этом случае вся схема значительно упрощается и состоит из всасывающих труб, соединенных у вентилятора в одну трубу, и нагнетательной трубы, выходящей из вентилятора и разветвляющейся по требуемым направлениям.

Машина, транспортирующая груз только в вертикальном или близком к нему направлении, называется **пневмоподъемником** (рисунок 3.16).

Груз подается в приемное устройство пневмоподъемника напорным шнеком 2, приводимым во вращение электродвигателем 1, подается в смесительную камеру 3 через обратный клапан 4. Сжатый воздух подается в смесительную камеру через микропористую перегородку 5, аэрирует груз, создает поток и по транспортному трубопроводу смесь груза с воздухом поступает в бункер 6. Основная часть груза осаживается в приемные емкости, а запыленный воздух очищается в фильтрованной установке и выбрасывается в атмосферу. Производительность – 30, 60, 100 т/ч при высоте подъема 35 м.

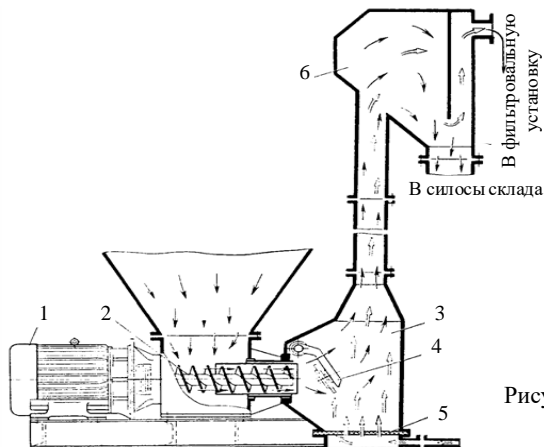


Рисунок 3.16

Порошковые грузы при аэрировании приобретают текучесть, что и позволяет применять **аэрожелоба** для их перемещения (рисунок 3.17).

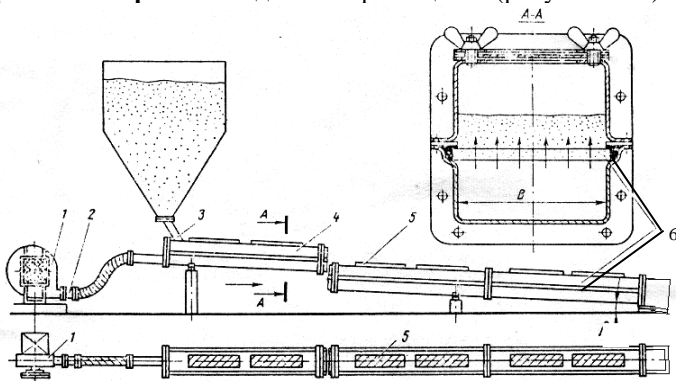


Рисунок 3.17

Аэрожелоб состоит из стальных секций 4, соединенных между собой на резиновых прокладках между фланцами. Желоб по высоте разделен пористой перегородкой 6. Груз подается на верхнюю часть желоба через течку 3, а нагнетаемый воздух проходит через поры перегородки 6 и аэрирует груз. Воздух, прошедший через груз, очищается, выходит в атмосферу через матерчатые фильтры 5. Воздух в систему подается вентилятором 1 через дроссель 2.

Загрузка аэрожелоба может производиться в любом месте через заслонки и течи 3, и разгрузка – при помощи выпускных лотков.

Производительность аэрожелобов достигает 200 т/ч, длина транспортировки – до 40 м при уклоне 4–10°. Ширина серийно выпускаемых аэрожелобов составляет 100, 150, 200, 250, 300 и 400 мм.

По закрытым пневможелобам перемещают обычно горячие материалы при температуре примерно 135 °С и при наличии специальных пористых плит (керамических) – при температуре до 530 °С.

Перемещение насыпного груза с высокой концентрацией смеси (в плотной фазе) используют в цементовозах (рисунки 3.18, 3.19).

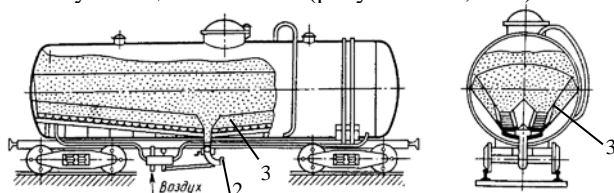


Рисунок 3.18

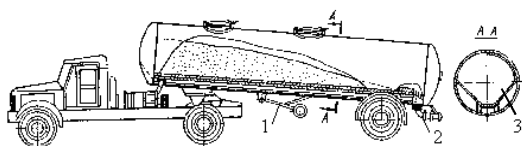


Рисунок 3.19

В нижней части цистерны установлены пористые перегородки 3, на которых лежит цемент. Воздуходувка 1 подает в цистерну сжатый воздух, который, проходя через пористые перегородки, аэрирует цемент и приводит его в состояние флюидизации (псевдооживления), в результате чего цемент под давлением расположенного над ним воздуха вытекает из разгрузочного патрубка 2.

Для поддержания и регулирования режима работы пневмотранспортных машин применяют аппаратуру, осуществляющую контроль за давлением воздуха в трубопроводах, скоростью движения аэрированной массы и воздуха, производительностью, работой питателей, затворов и уровня груза в приемных устройствах.

Достоинствами пневматических машин являются их высокая производительность, комплексная механизация перегрузочных и транспортных операций, герметичность и компактность трассы перемещения грузов, что исключает загрязнение окружающей среды и потери ценных грузов, улучшает санитарно-гигиенические условия труда.

К недостаткам следует отнести высокий удельный расход энергии и интенсивный износ трубопровода и других частей машины, соприкасающихся с перемещаемым грузом, ограниченность крупности кусков грузов до 80 мм, прилипание влажных грузов к стенкам трубопровода и других частей машины. При перемещении порошкообразных и тонкодисперсных материалов размером частиц менее 5 мк усложняется отделение груза от воздуха.

### 3.1.3 Выбор пневмотранспортных машин

При выборе пневмотранспортной машины заданной производительности необходимо знать коэффициент массовой концентрации смеси воздуха с перемещаемым грузом  $\mu$ , скорость движения аэросмеси  $v_p$ , расход воздуха  $V_B$ , диаметры рабочих и воздушных трубопроводов, мощность двигателя вакуум-насоса или компрессора.

Исходные данные для расчета:

- потребная производительность;
- физико-механические свойства груза;
- трасса передвижения (длина, конфигурация, расположение и количество колен, задвижек и переключателей).

Производительность пневмотранспортной машины, т/ч,

$$\Pi = 3,6 V_B \mu \gamma_B, \quad (3.1)$$

где  $V_B$  – расход воздуха, м<sup>3</sup>/с;

$\mu$  – коэффициент массовой концентрации смеси, равный отношению массы перемещаемого в единицу времени груза к массе расходуемого за то же время воздуха (цемент, угольная пыль – 20–100, зерно – 3–25, песок – 3–20). Зависит от расстояния перемещения, высоты подъема, степени слеживаемости, влажности, склонности к аэрированию и др.;

$\gamma_B$  – объемная масса воздуха: в нормальных условиях – 1,29 кг/м<sup>3</sup>, для всасывающих машин  $\gamma_B = 0,8 \dots 0,95$  кг/м<sup>3</sup>, для нагнетательных  $\gamma_B = 1,6 \dots 2,0$  кг/м<sup>3</sup>.

Расход воздуха в трубопроводе, м<sup>3</sup>/с,

$$V_B = k_{\Pi} \frac{\pi D^2}{4} v_p, \quad (3.2)$$

где  $k_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий потери воздуха через неплотности в трубопроводе и др.; принимают равным 1,1...1,15;

$D$  – внутренний диаметр трубопровода, м;

$v_p$  – рабочая скорость воздуха (аэросмеси), м/с;

$$v_p = k v_{\text{внт}}, \quad (3.3)$$

$k$  – коэффициент запаса ( $k = 1,5$ );

$v_{\text{внт}}$  – скорость витания однородного сыпучего груза, м/с.

Для практических целей при выборе машины пользуются опытными данными, показывающими, что скорость витания однородного сыпучего груза (наименьшая скорость восходящего воздушного потока в трубопроводе, при котором частицы находятся во взвешенном состоянии), определяется по формуле



$$v_{\text{внт}} = k_{\phi} \cdot 5,33 \sqrt{d \frac{\gamma_{\Gamma}}{\gamma_{\text{В}}}}, \quad (3.4)$$

где  $k_{\phi}$  – коэффициент, зависящий от формы частицы груза (шар – 1,0; округлая форма – 0,67; овальная – 0,57; пластинчатая – 0,45);  
 $d$  – диаметр шара, равновеликого объема частицы груза, м;  
 $\gamma_{\Gamma}$  – объемная масса груза, кг/м<sup>3</sup>.

Подставив в формулу определения производительности значение  $V_{\text{в}}$ , определим диаметр трубопровода, мм,

$$D = \sqrt{\frac{\Pi}{0,9k_{\Pi} \pi V_{\text{в}} \mu \gamma_{\text{В}}}}. \quad (3.5)$$

Диаметр трубопровода принимается в пределах 75–300 мм в соответствии с ближайшими большими по стандарту значениями.

После этого определяются необходимые перепады давления по трассе, н/м<sup>2</sup>,

$$\sum H = 1,25(H_{\text{в}} + H_{\text{м}} + H_{\Pi} + H_{\text{сп}} + H_{\text{р}} + H_{\phi}), \quad (3.6)$$

где 1,25 – коэффициент неучтенных потерь;

$H_{\text{в}}$  – разрежение (необходимый вакуум) у сопла всасывающей установки или потери при вводе материала в трубопровод;

$H_{\text{м}}$  – потери на перемещение груза и воздуха по трубопроводу диаметром  $D$  на горизонтальное расстояние  $l$ , м, и высоту  $h$ , м;

$H_{\Pi}$  – потери на вертикальный подъем груза и воздуха;

$H_{\text{сп}}$  – средние потери в колене или отводе;

$H_{\text{р}}$  – потери на разгрузателе;

$H_{\phi}$  – потери в фильтре.

Необходимая мощность привода воздушного насоса, кВт,

$$N = \frac{\sum H V_{\text{в}}}{1000 \eta_{\text{вм}} \eta_{\text{пр}}}, \quad (3.7)$$

где  $\eta_{\text{вм}}$  и  $\eta_{\text{пр}}$  – коэффициенты полезного действия воздуходувной машины и ее привода.

Выбор пневмотранспортных установок производится на основании данных о потребной производительности, размерах и конфигурации трассы перемещения, характеристик перемещаемого груза из справочной литературы.

## 3.2 Конвейеры

### 3.2.1 Назначение и классификация конвейеров

**Конвейеры** – это машины для перемещения непрерывным или почти непрерывным потоком массовых сыпучих, кусковых и относительно легких штучных грузов без остановок для загрузки и разгрузки.

Под массовыми грузами следует понимать грузы, состоящие из однородных частиц или кусков, а также однотипные штучные грузы, перемещаемые в больших количествах. Конвейеры составляют одну из самых многочисленных и конструктивно весьма разнообразных групп машин непрерывного транспорта. Обычно конвейеры используются как самостоятельные транспортирующие машины. Однако их часто используют в качестве составных агрегатов более сложных машин непрерывного транспорта.

Конвейеры классифицируются:

- по области применения;
- способу передачи движущей силы перемещаемому грузу;
- характеру приложения движущей силы и конструкции машины;
- роду перемещаемых грузов;
- назначению и положению на производственной площадке.

*В зависимости от области применения* различают машины:

- общего назначения (применяются во многих отраслях хозяйства);
- специальные (применяются в одной области);

*По способу передачи движущей силы перемещаемому грузу:*

- действующие при помощи механического привода;
- гравитационные (груз перемещается под действием собственной силы тяжести).

*По характеру приложения движущей силы:*

- с гибким тяговым органом (ленты, цепи);
- без гибкого тягового органа.

*По роду перемещаемых грузов:*

- насыпные навалочные;
- штучные.

*По назначению и положению на производственной площадке:*

- стационарные;
- переносные;
- передвижные.

Схема классификации конвейеров по типу тягового органа приведена на рисунке 3.20.

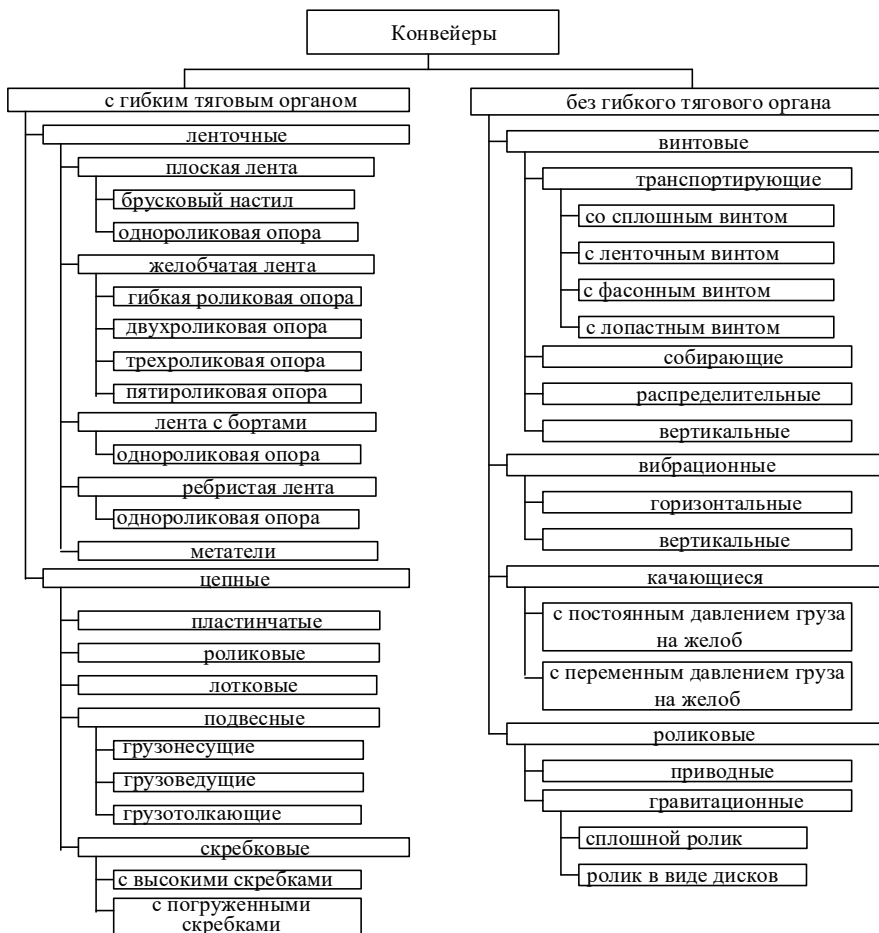


Рисунок 3.20

### 3.2.2 Устройство, принцип действия, достоинства и недостатки конвейеров с гибким тяговым органом

Ленточные конвейеры – это машины непрерывного транспорта, у которых несущим и тяговым органом является гибкая лента. Используются для перемещения грузов на короткие, средние и дальние расстояния, трасса перемещения может быть сложной с горизонтальными и наклонными участками, а также с изгибами в горизонтальной плоскости. Длина горизонтальных конвейеров может составлять до 5 км, а производительность – до 3000 т/ч.

Принципиальная схема ленточного конвейера с плоской лентой и однороликовой опорой приведена на рисунке 3.21.

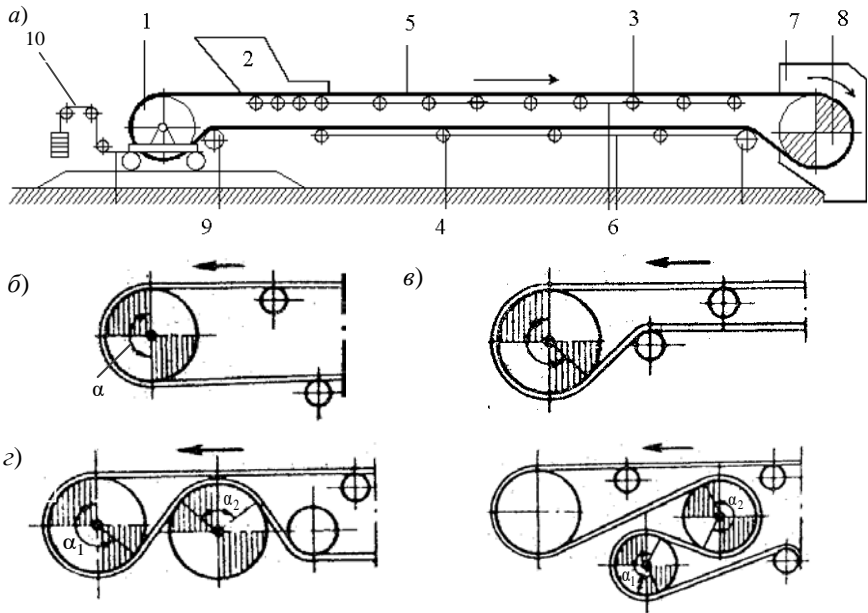


Рисунок 3.21

В ленточном конвейере на концах станины *б* установлены барабаны: приводной *8* и натяжной *1*. Замкнутая лента *5* обгибает эти концевые барабаны и по всей длине поддерживается опорными роликами (роликоопорами) – верхними *3* и нижними *4*, укрепленными на станине. Приводной барабан связан с приводом, состоящим из редуктора и двигателя. Груз подается на ленту *5* с помощью загрузочного устройства *2* и выгружается разгрузочным устройством *7*. Натяжение ленты обеспечивает грузовое натяжное устройство *10*.

Двигатель *1* (рисунок 3.21, *б*) через редуктор *2* приводит во вращательное движение приводные барабаны *3*, и конвейерной ленте вследствие действия сил трения (сцепления) передается тяговое усилие, которое приводит ленту в движение. На тяговую способность фрикционного привода существенно влияют натяжение ленты, коэффициент трения и угол обхвата  $\alpha$ .

Увеличение натяжения ленты приводит к повышенному нагружению конвейерной ленты и может быть рекомендовано лишь при недоиспользовании прочности ленты. Для повышения коэффициента трения рабочую поверхность приводного барабана облицовывают (футеруют) фрикционным материалом (резиной, металлическими листами с насечкой, пластмассой и т. п.). Угол обхвата на однобарабанном приводе можно довести с помощью отклоняющего барабана (рисунок 3.21, *в*) до  $240^\circ$ . Применение двухбарабанного привода (рисунок 3.21, *з*) позволяет увеличить общий угол обхвата барабанов до  $\alpha_1 + \alpha_2 = 400^\circ$ .

Натяжной барабан вместе с натяжным устройством служит для создания предварительного натяжения конвейерной ленты, необходимого для исключения срыва сцепления на приводном барабане, ограничения провеса ленты между опорами и компенсации ее вытяжки.

По принципу действия натяжные устройства разделяют на винтовые (рисунок 3.22, *a*), лебедочные (рисунок 3.22, *б*), грузовые (рисунок 3.22, *в*, *г*), пневмогидравлические (рисунок 3.22, *д*).

Более совершенным натяжным устройством, используемым на мощных конвейерах большой длины является лебедочное устройство. В систему автоматического регулирования натяжения ленты входят датчик 1, блок управления 3 и грузовая лебедка 2.

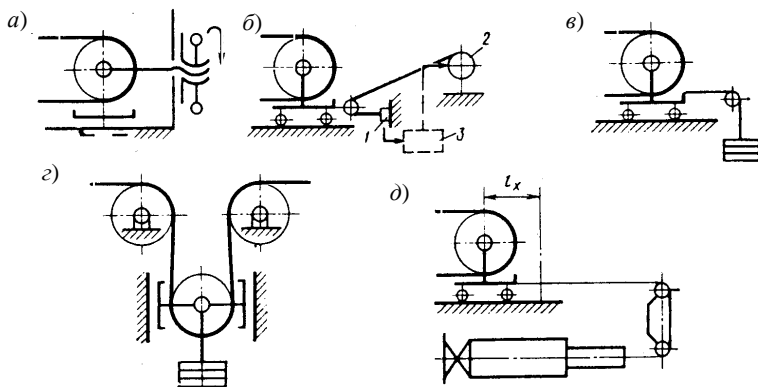


Рисунок 3.22

В конвейерах применяют резинотканевые, резинотросовые, металлические сплошные, проволочные ленты. Они используются в качестве грузонесущего элемента, осуществляя одновременно и тяговую связь между барабанами конвейера. Лента должна быть высокопрочной, гибкой в продольном (на барабанах) и поперечном (на желобчатых опорах) направлениях, обладать высокой влагостойкостью и износостойкостью рабочих поверхностей, не должна расслаиваться при многократных перегибах, должна иметь небольшое упругое и остаточное удлинение, малую гигроскопичность.

Достоинства применения гибких лент в качестве тягового органа: транспортирование грузов с высокими скоростями движения, плавность хода и высокая производительность конвейера; использование фрикционного привода, исключая зависимость тяговой способности от удлинения ленты; сравнительная простота конструкции и эксплуатации, малая собственная масса; сочетание в одной ленте функций несущего и тягового элементов; отсутствие шарниров и подобных им быстроизнашиваемых частей.

К недостаткам лент можно отнести: высокую стоимость; невысокую прочность наружной резиновой обкладки, подверженной быстрому разрушению при транспортировании острокромочных твердых и тяжелых

насыпных грузов; сложность текущего ремонта, очистки от липких грузов; повышенное первоначальное натяжение, необходимое для нормальной работы фрикционного привода.

В ленточных конвейерах в основном применяют резинотканевые и резинотросовые ленты. Резинотканевые ленты имеют многопрокладочную конструкцию: послынный тяговый каркас состоит из прокладок синтетической (полиамид, полиэфир) или комбинированной (полиэфир, хлопок) ткани. Нарезные прокладки 3 (рисунок 3.23, а, б) укладывают основной по длине ленты, пропитывают резиновой смесью и вулканизируют, соединяя их в единое целое – тяговый каркас, воспринимающий растягивающее усилие. Для дополнительной защиты у лент, предназначенных для тяжелых условий, рабочую сторону тягового каркаса покрывают брекерной тканью 4. Сверху, снизу и с торцов каркас покрыт обкладками – слоем из резины, предохраняющим его от внешнего воздействия. Верхняя обкладка ленты, обращенная к грузу, называется рабочей и имеет повышенную толщину до 10 мм. Нижняя нерабочая поверхность ленты, не соприкасающаяся с грузом, покрыта слоем резины 1. У теплостойких лент верхняя сторона тягового каркаса под обкладкой имеет теплоизолирующий слой асбеста.

Резинотросовые ленты (рисунок 3.23, в, г) состоят из резинометаллического сердечника 2 – одного ряда стальных проволочных канатиков (тросов) 4 и наружных резиновых обкладок 1. Для обеспечения каркасности применяют несколько тканевых прокладок 3. Эти ленты имеют высокую прочность и применяются в конвейерах с горизонтальными трассами до 5 км.

Ленты общего назначения применяют при ограничении температуры окружающей среды или груза от  $-45$  до  $+60$  °С.

Специальные ленты рассчитаны на особые условия эксплуатации; к ним относятся ленты теплостойкие ( $+100$  °С), повышенной теплостойкости ( $+150$  °С), морозостойкие ( $-60$  °С), трудно воспламеняющиеся (огнестойкие), пищевые (для продуктов питания), маслостойкие, магнитостойкие (притягивающиеся к магниту) и магнитотвердые (способные к намагничиванию). Специальные ленты изготавливаются из особых сортов резины. Они намного дороже лент общего назначения. Существует множество разновидностей негладких лент с идентичным лентам общего назначения тяговым каркасом. Для штучных грузов удобна лента с прямоугольной насечкой (рисунок 3.23, д) или волнообразными (рисунок 3.23, е) выступами. Для сыпучих нелипких грузов можно применять ленты с мелкими (рисунок 3.23, д) и глубокими (рисунок 3.23, ж) фасонными выступами (перегородками) (рисунок 3.23, и, к, л).

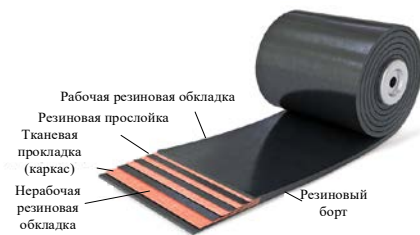
При ограничении скорости перемещения груза высокая производительность достигается за счет применения ленты с высокими гофрированными бортами, создающими увеличение площади поперечного сечения груза (в 1,5–2,5 раза) (рисунок 3.24).

Длина выпускаемых резинотканевых и резинотросовых лент не превышает 300 м. На месте эксплуатации производится соединение концов лент.

а)

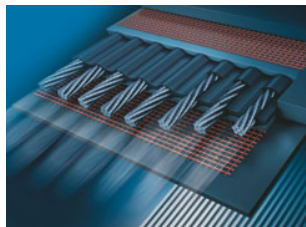


б)



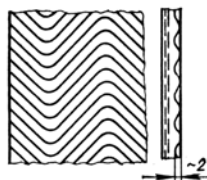
в)

з)



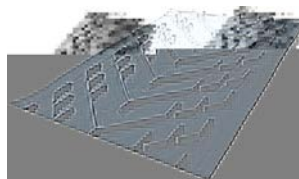
д)

е)



жс)

и)



к)

л)



Рисунок 3.23



Рисунок 3.24

Лучшим способом соединения концов ленты является *горячая вулканизация* ( $t = 140 \dots 150 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 25–60 мин) (рисунок 3.25: *а* – резинотканевая; *б* – резинотросовая лента). Такой способ обеспечивает высокопрочность соединения (до 0,9 сплошного сечения).

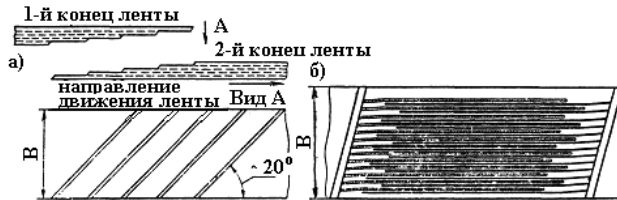


Рисунок 3.25

Для неответственных конвейеров и дешевых лент применяют различные *механические способы стыковки*. При простоте и малой стоимости эти соединения обладают невысокой прочностью: 0,5 (от прочности сплошного сечения) – для скоб и шарниров (рисунок 3.26, *а*); 0,35 – для заклепок и установки концов ленты внахлестку (см. рисунок 3.26, *б*).

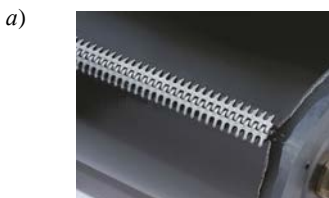


Рисунок 3.26

Для транспортирования абразивных материалов, нагретых до 120–300 °С, или агрессивных грузов применяют стальные ленты из углеродистой или коррозионно-стойкой стали шириной 500–650 мм и толщиной 1 мм. Длина конвейера с этой лентой – 1 км и более. Недостаток стальных лент – их малая гибкость, вследствие чего необходимо применять натяжные и приводные барабаны больших диаметров.

Проволочные ленты различного плетения используются в особых случаях при совмещении технологии промывки или просеивания с транспортированием (рисунок 3.27).



Для опирания ленты на участке между концевыми барабанами устанавливают *настилы* (рисунок 3.28) ( $B$  – ширина ленты,  $b$  – ширина ленты заполняемая грузом) или *роликоопоры* (рисунок 3.29) ( $\rho_0$  – угол естественного откоса груза;  $\rho_k$  – угол образующей груза к ленте конвейера;  $\alpha''_{II}$ ,  $\alpha''_{II}$  – углы наклона осей роликоопор к горизонту).



Рисунок 3.27

Изготовление настилов из дерева или листовой стали проще и дешевле роликовых опор, но движение ленты по настилам приводит к большому износу ленты и увеличению расхода энергии. Поэтому настилы применяют при малых скоростях и только для коротких конвейеров (до 20 м) с нагрузкой до 50 кг на 1 м<sup>2</sup> ленты.

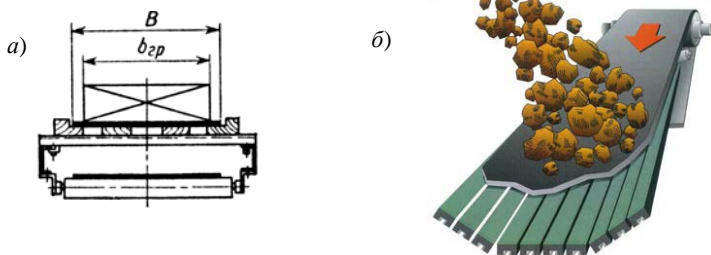


Рисунок 3.28

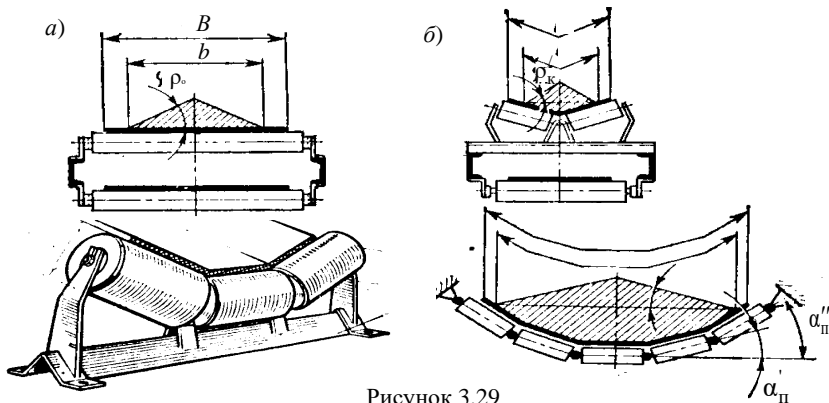


Рисунок 3.29

По расположению и назначению роликоопоры бывают верхние (грузонесущие) и нижние (для обратной ветви). Роликоопоры бывают прямыми и желобчатыми на двух и больше роликах.

Ролики выполняют литыми или из труб и устанавливают на подшипниках качения.

Для уменьшения массы ролики целесообразно делать возможно меньшего диаметра, при этом следует учитывать, что с уменьшением диаметра возрастает частота вращения и уменьшается долговечность подшипников.

Для предотвращения бокового сбега ленты применяют поворотные центрирующие роlikоопоры 1 (рисунок 3.30).

Для обеспечения ровного хода ленты все роlikовые опоры располагают строго нормально к продольной оси конвейера. Центрирующие роlikоопоры устанавливают через пять роlikоопор на рабочей ветви.

Для стальной ленты в качестве роlikоопоры для рабочей ветви применяют вращающиеся пружины, на которых лента прогибается приблизительно по параболе (рисунок 3.31). Можно использовать провисающие опоры в виде ряда резиновых или пластмассовых роликoв 1, укрепленных на гибком обрезиненном стальном канате 2 (рисунок 3.32). Канат подвешивают между шариковыми подшипниками. Такие роликoв сопротивляются абразивному изнашиванию лучше стальных и поэтому более долговечны и хорошо центрируют ленту.

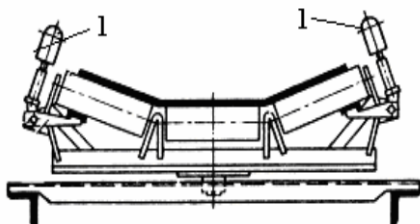


Рисунок 3.30

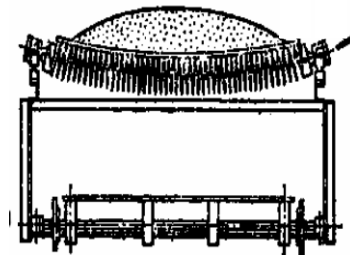


Рисунок 3.31

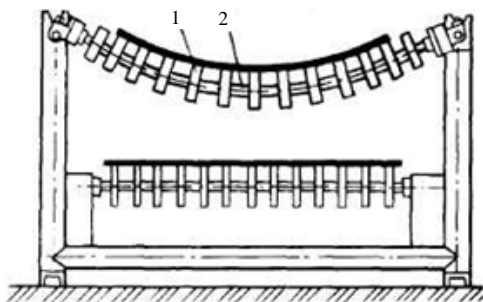


Рисунок 3.32

Для поглощения энергии удара от падающего материала в местах загрузки используют обрезиненные роликoв или роликoв с ребристыми резиновыми бандажами. На обратных ветвях конвейеров устанавливают несколько винтовых роликoв, очищающих рабочую сторону ленты от налипшего материала (рисунок 3.33). Навивка на роликoв до половины левая, с другой стороны – правая.

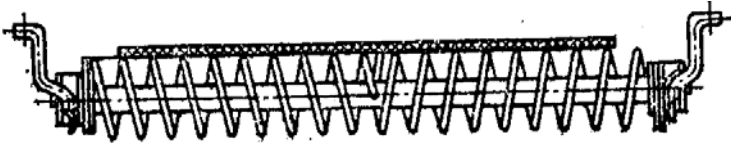


Рисунок 3.33

Расстояние (шаг) между рабочими роlikоопорами

$$l_p = A - 0,625B, \quad (3.12)$$

где  $A$  – коэффициент, при объемной массе груза менее  $1 \text{ т/м}^3$   $A = 1750 \text{ мм}$ , а более  $1,5 \text{ т/м}^3$   $A = 1550 \text{ мм}$ ;

$B$  – ширина ленты, мм.

Шаг роликов холостой ветви ленты конвейера

$$l_x = 2 l_p. \quad (3.13)$$

В местах загрузки ленты расстояние между рабочими роликами уменьшают до  $500 \text{ мм}$ . При штучных грузах расстояние между роликами должно быть таким, чтобы груз опирался не менее чем на два ролика.

Загрузочные устройства. Конструкция определяется характеристикой транспортируемого груза и способа его подачи на конвейер. Штучные грузы подаются на конвейер направляющими спусками или укладываются на него непосредственно. Насыпные грузы  $1$  падают на конвейер (рисунок 3.34) загрузочной воронкой  $2$  и направляющими лотками  $3$ .

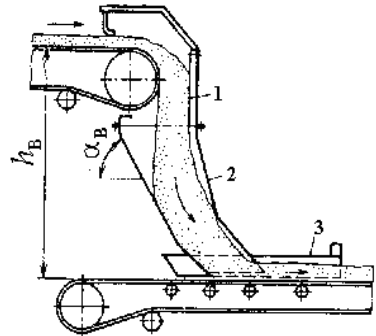


Рисунок 3.34

Воронка и лоток формируют поток груза и направляют его в середину ленты. Для обеспечения высокого срока службы ленты и роlikоопор высота падения из воронки на ленту должна быть минимально возможной, а скорость и направление подачи груза должны быть близки к скорости и направлению движения ленты. Это условие лучше выполняется при параболическом очертании направляющей стенки воронки, которая воспринимает удары падающего груза. Углы наклона стенок воронки  $\alpha_B$  должны быть на  $10\text{--}15^\circ$  больше углов трения груза о стенки. На концах боковых и задней стенок направляющего потока устанавливают дополнительные полосы из мягкой износостойкой резины.

При транспортировке пылевидных грузов загрузочную воронку делают герметичной и снабжают устройствами для отсоса пыли.

Разгрузочные устройства. Разгрузка конвейера производится с концевых барабанов или на трассе конвейера при помощи плужковых или барабанных разгрузателей (рисунок 3.35).

*Плужковые разгрузатели* применяют на горизонтальных конвейерах с лентой шириной 400–2000 мм для разгрузки пылевидных, зернистых и мелкокусковых грузов с малой влажностью при скоростях ленты до 2 м/с. Плужковые разгрузатели не рекомендуются для разгрузки твердых и высокоабразивных грузов из-за быстрого изнашивания щитов и ленты.

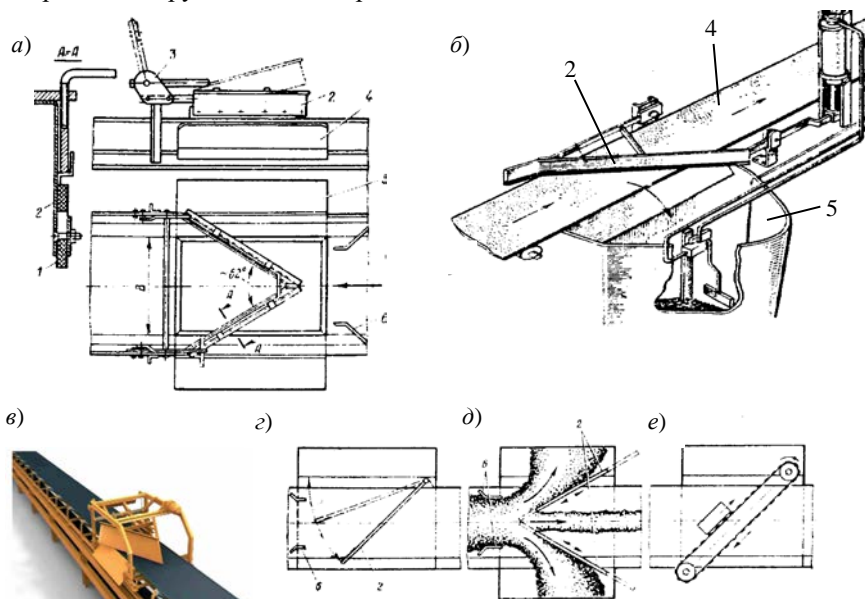


Рисунок 3.35

*Плужковый сбрасыватель* (см. рисунок 3.35, а, б, в) состоит из разгрузочного (сбрасывающего) 2 и зачистного 1 щитов, установленных параллельно друг другу под углом 30–45° к продольной оси ленты, опорного стола 4, приемной воронки 5 и подъемного механизма 3, подгребателей б (для направления потока груза). Разгрузочный пункт, изготавливаемый из стального листа, устанавливают с некоторым зазором от поверхности ленты. Он отводит с ленты основную часть транспортируемого груза. Зачистный щит с кромкой, оснащенной резиновой полосой, опирается на поверхность ленты и сдвигает с нее оставшуюся часть груза. Груз попадает в разгрузочную воронку.

В нерабочем положении плужковый сбрасыватель приподнят и свободно пропускает под собой ленту с грузом.

По направлению разгрузки ленты различают двусторонние (см. рисунок 3.35, а, в, д) и односторонние (см. рисунок 3.35, б, з, е) разгрузатели. Дву-

сторонние предпочтительнее, так как у них силы бокового сдвига ленты уравновешены. По интенсивности разгрузки разгрузатели бывают с полной (см. рисунок 3.35, а, б), частичной (см. рисунок 3.35, г, д) разгрузкой ленты с поворотным щитом и двусторонние с раздвинутыми щитами (см. рисунок 3.35, е).

Для штучных грузов используются разгрузатели с подвижной лентой (см. рисунок 3.35, е).

Опорный стол служит для выпрямления ленты в месте установки разгрузателя и выполняется в виде гладкого стального листа.

*Барабанный разгрузатель* (рисунок 3.36) состоит из тележки 4, установленных на ней оборотных барабанов 1 и 2, разгрузочной воронки 3. Транспортируемый груз сбрасывается с верхнего барабана 2 в воронку и направляется вправо или влево или одновременно в обе стороны конвейера. Тележка движется вдоль горизонтального участка конвейера по всему фронту разгрузки.

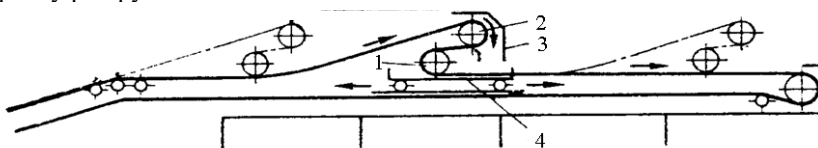


Рисунок 3.36

Очистные устройства (рисунок 3.37). Очистка ленты от прилипших частиц транспортируемого груза – важная задача обеспечения надежной и экономичной эксплуатации ленточных конвейеров. Количество налипающего на ленту материала зависит от влажности груза, склонности к налипанию, крупности размера частиц. Опытным путем установлено, что к ленте прилипает от 3 до 5 % общего количества нелипких материалов и от 15 до 20 % липких.

По принципу действия очистные устройства можно разделить на скребковые, вибрационные, щеточные, барабанные:

- скребок 1 с пружинным поджатием 2 (см. рисунок 3.37, а);
- скребок 1 с грузовым поджатием 3 (см. рисунок 3.37, б);
- скребок 1 с гидравлическим поджатием 4 (см. рисунок 3.37, в);
- скребок с винтовыми лопастями 5 (см. рисунок 3.37, г);
- вибрационный скребок 6 (см. рисунок 3.37, д);
- щеточный очиститель 7 (см. рисунок 3.37, е);
- барабанный очиститель (см. рисунок 3.38).

Барабанный очиститель состоит из лотка 1, придающего ленте 4 вогнутую форму, опорной конструкции 2, приводного очистного барабана 3, взаимодействующего с лентой очистными элементами 5, 6 по всей ширине.

При транспортировке сильно налипающих материалов первую по ходу движения ленты секцию выполняют в виде шнека, а вторую – в виде щетки.

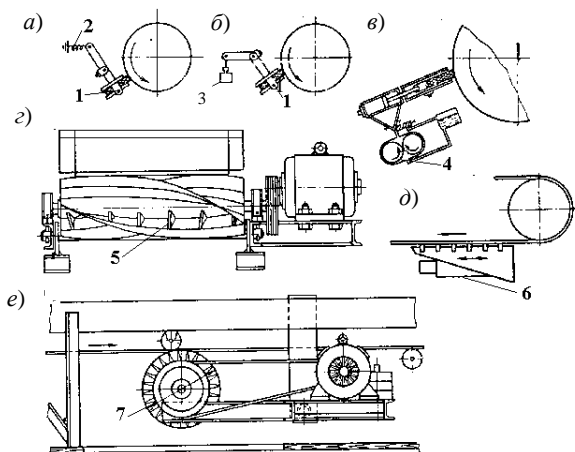


Рисунок 3.37

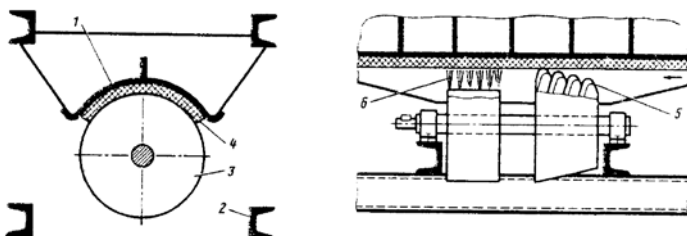


Рисунок 3.38

К ленточным инерционным конвейерам относятся *короткие ленточные (метатели)*, у которых лента движется с большой скоростью, а для увеличения сцепления частиц с быстродвижущейся лентой придают ленте криволинейную форму с помощью полого барабана с ребрами по его краям (рисунок 3.39).

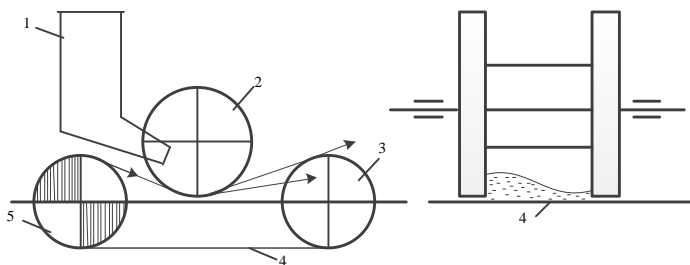


Рисунок 3.39

Груз из бункера 1 поступает на быстродвижущуюся ленту 4 между ребордами отклоняющего барабана 2 и под влиянием центробежной силы развивающейся при движении слоя груза по кривой, приобретает скорость, равную скорости движения ленты. При помощи приводного 5 и натяжного 3 барабанов лента приводится в движение.

Скорость движения ленты, а следовательно, и груза составляет 15–18 м/с, а расстояние его полета – 15–20 м. Применяют эти конвейеры в тех случаях, когда требуется разравнивание грузов по всей площади склада или пола подвижного состава. Основной недостаток – расслаивание груза: более тяжелые частицы груза отбрасываются дальше, более легкие – ближе.

Пластинчатые конвейеры служат для перемещения в горизонтальном или близком к нему наклонном направлении грузов: тяжелых штучных, крупнокусковых, остроконечных, а также грузов, нагретых до высокой температуры (рисунок 3.40).

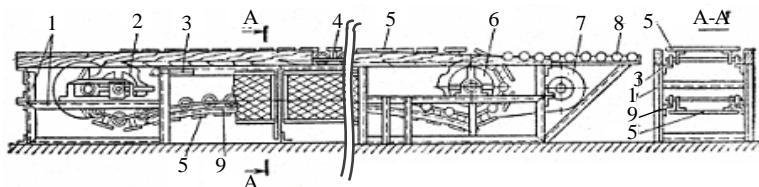


Рисунок 3.40

Пластинчатые конвейеры выполняются в основном стационарными с основанием 1, на котором крепятся две пары звездочек, одна из которых натяжная 2, а звездочки 6 – приводные. Каждая пара звездочек, лежащих в одной плоскости, огибается бесконечной цепью 4, а к цепям прикреплены пластины 5. Ролики цепей на рабочей ветви катятся по направляющим 3, а на холостой ветви – по направляющим 9. Приводные звездочки соединены с приводом 7. Прием груза производится на роликовый стол 8.

В отличие от ленточных конвейеров у цепного тяговое усилие передается зацеплением звездочки за цепь и роль натяжного устройства заключается в устранении провисания тягового органа.

Вследствие малой вытяжки цепей натяжное устройство изготовляют винтовым с ходом, обеспечивающим возможность изъятия одного звена цепи.

Конвейеры с настилом коробчатого сечения (рисунок 3.41, а и б) и пластинами обортованными, поставленными внахлестку (рисунок 3.42), используются для перемещения навалочных грузов. Но такие конвейеры являются тяжелыми и дорогими. Поэтому чаще применяют конвейеры с плоскими пластинами, установленными внахлестку, а для повышения производительности вдоль конвейера укрепляют неподвижные борта (рисунок 3.43).

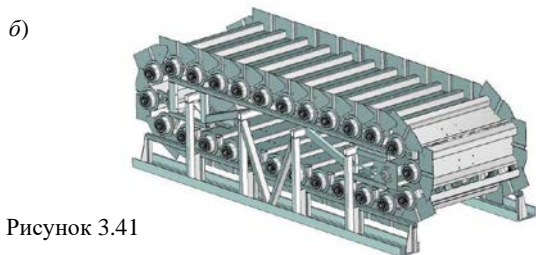
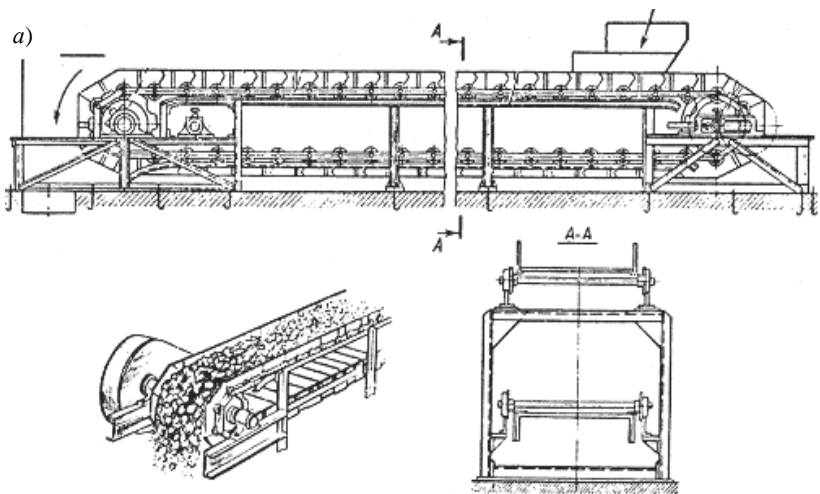


Рисунок 3.41

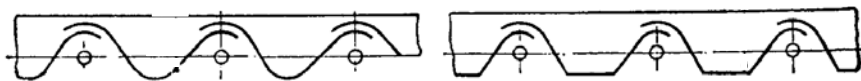


Рисунок 3.42

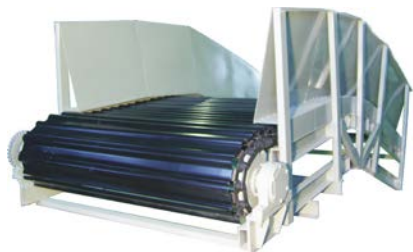


Рисунок 3.43

Приводные роликовые конвейеры. Эти конвейеры широко распространены в металлургической, деревообрабатывающей промышленности, в целлюлозно-бумажном производстве, на складах и в линиях с другими конвейерами. Преимуществами их являются стабильность скорости движения



груза, простота присоединения к технологическим машинам, возможность транспортирования тяжелых и горячих грузов, невысокая энергоемкость. Вместе с тем они имеют более сложную конструкцию и повышенную стоимость.

Используются конвейеры с одной общей тяговой цепью (рисунок 3.44), где при помощи цепи 1, звездочек 2, закрепленных на рамках, и промежуточных натяжных звездочек 3 производится перемещение груза вращающимися роликами.

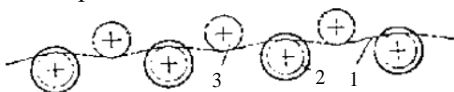


Рисунок 3.44

Скребокковые конвейеры используют для транспортирования самых разнообразных грузов, как легкосыпучих, мелко-, средне- и крупнокусковых, так и связных. По универсальности применения они занимают одно из первых мест среди машин непрерывного транспорта, а по длине рабочего органа их общая протяженность приблизительно на порядок выше, чем ленточных.

На рисунке 3.45 приведена схема конвейера порционного волочения с высокими скребками с одной рабочей ветвью.

Высокими называют скребки высотой, равной высоте боковых стенок (бортов) желоба или в несколько раз больше высоты тяговых цепей.

В конвейере с одной рабочей ветвью груз перемещается по желобу 6, укрепленному на станине 5 вдоль нижней ветви вертикально замкнутой цепи 1. Цепь с консольно прикрепленными к ней скребками 2 опирается на катки, движущиеся по направляющим. Цепь приводится в движение от привода через звездочку 3. Ее предварительное натяжение создается натяжным устройством, воздействующим на звездочку 7.

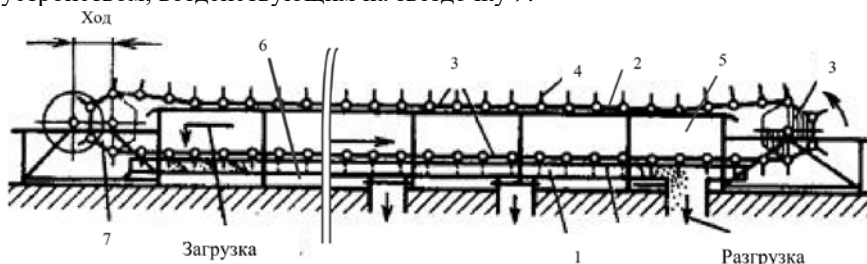


Рисунок 3.45

Цепной конвейер с погруженными скребками состоит из желоба, разделенного на две части: одна для рабочей ветви, другая для холостой, приводных и натяжных звездочек, тягового органа (цепь) и скребков, при-

крепленных к цепи. Высота желоба примерно равна высоте цепей. Груз заполняет сплошной массой все сечение рабочей ветви желоба или большую его часть. Такие конвейеры могут иметь сложную по очертаниям трассу и позволяют перемещать грузы в горизонтальном (см. рисунок 3.46, *a*), горизонтально-пологонаклонном (см. рисунок 3.46, *б*), вертикальном (рисунок 3.46, *в*), крутонаклонном (рисунок 3.46, *з*), *L*-образном (см. рисунок 3.46, *д*), *Z*-образном (см. рисунок 3.46, *е*) направлениях. Скорость движения груза 0,1–0,26 м/с. При движении цепи груз увлекается скребками и перемещается вдоль желоба. Для перемещения груза вверх необходимо, чтобы сопротивление проходимых скребков через сыпучий груз было больше сопротивления трения груза о гладкие стенки желоба.

Преимуществами скребковых конвейеров являются простота конструкции, малая высота, безопасность, возможность транспортирования разнообразных грузов (хорошо сыпучих, связных, порошкообразных, остrokромчатых, химически активных и ядовитых, горячих и при низкой температуре) по сложным трассам и без перегрузки; герметичность, отсутствие пыления, пожаро- и взрывоопасности, потерь и загрязнения груза; простота автоматизации загрузки и разгрузки во многих точках трассы.

К недостаткам можно отнести измельчение грузов (в меньшей степени у конвейеров сплошного волочения с низкими скребками), значительный расход энергии, повышенный износ движущихся частей и желобов, шум, создаваемый при трении груза и элементов конвейера о желоб и направляющие, возможность образования заторов груза и заклинивания скребкового полотна в конвейерах с закрытым желобом.

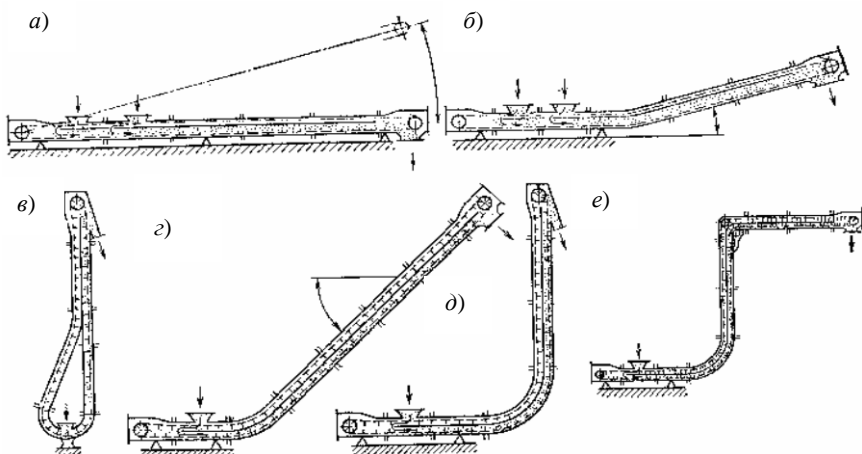


Рисунок 3.46

Цепные подвесные конвейеры используются на складах много-ярусного хранения. Служат для непрерывной, реже периодической транспортировки грузов по замкнутому контуру сложной, в большинстве случаев пространственной трассы. Подвесными они называются потому, что грузы размещаются на подвесках или в специальной таре, подвешенной к кареткам или тележкам, движущимся по подвесному пути. Подвесной грузонесущий конвейер (рисунок 3.47) состоит из замкнутого рельсового пути 1, грузовой подвески 2, тяговой цепи 3, тележек 4 с ходовыми колесами 5, натяжного и проводного устройств, устройств загрузки и выгрузки грузов.

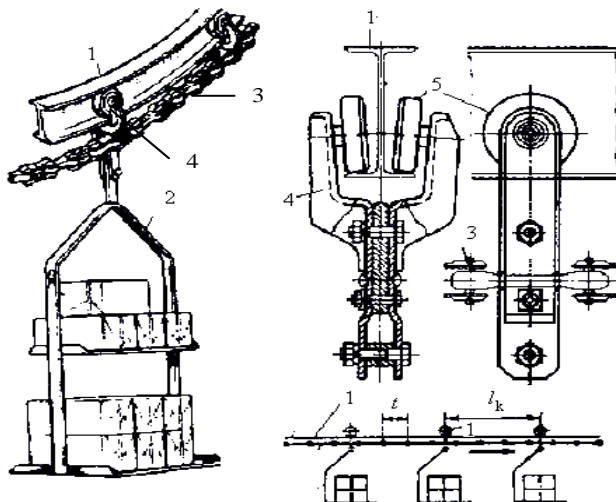


Рисунок 3.47

Подвесные конвейеры загружают и разгружают вручную или при помощи полуавтоматических и автоматических устройств. Схема автоматической загрузки приведена на рисунке 3.48, а разгрузки – на рисунке 3.49.

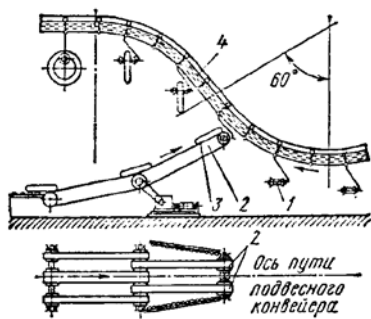


Рисунок 3.48

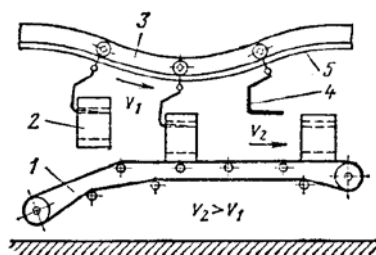


Рисунок 3.49

Автоматическая загрузка конвейера 4 (см. рисунок 3.48) осуществляется конвейером 2, подающим грузы 3 в позицию загрузки, где они удерживаются остановом до тех пор, пока очередная порожняя подвеска 1 не захватит очередной груз 3.

Выгрузка груза 2 (см. рисунок 3.49) осуществляется на двойном перегибе подвесного пути 3. Скорость движения конвейерной ленты  $IV_2$  больше скорости движения цепи  $5 V_1$ , благодаря чему груз 2 автоматически снимается с подвески 4.

У подвесного толкающего конвейера (рисунок 3.50) тележки с подвесками для грузов 4 не прикреплены к тяговой цепи и движутся по отдельному подвесному пути 5 толкателями 2. Последние закреплены на тяговой цепи 3 и толкают находящиеся перед ними тележки с грузами 4. Цепь с каретками 1 и толкателями 2 движется по тяговому подвесному пути 6, а тележки с грузами – по самостоятельному грузовому пути, который может иметь ответвления.

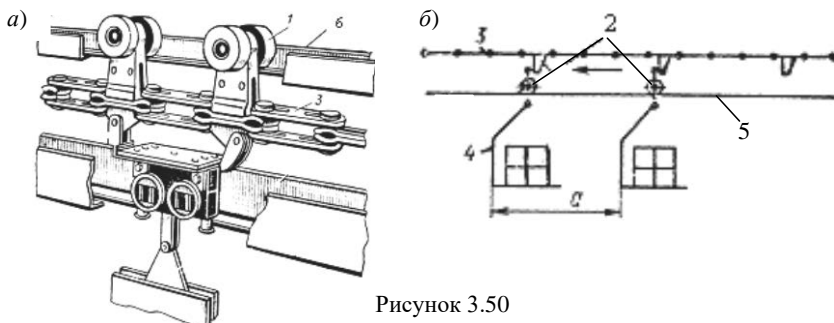


Рисунок 3.50

У подвесного грузоведущего (грузотянущего) конвейера (рисунок 3.51) транспортируемый груз размещается на напольной тележке 4, передвигаемой по полу склада. Тележка снабжена ведущей штангой 2, с ней сцепляется захват или толкатель 5, укрепленный на каретке 1, присоединенный к тяговой цепи 3 и перемещающийся по подвесному пути 1.

Скорость движения рабочего органа подвесного конвейера зависит от его назначения. Для технологических конвейеров скорость определяется ритмом производственного процесса, для транспортных конвейеров зависит от заданной производительности, способов загрузки и разгрузки. Обычно скорости колеблются в пределах 0,1–30 м/мин.

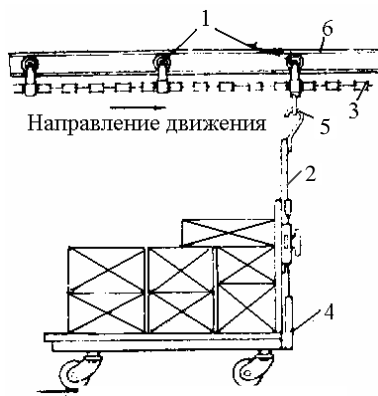


Рисунок 3.51

Подвесные конвейеры имеют следующие преимущества:

- пространственная трасса и ее большая протяженность до 3 км и более позволяют одним конвейером обслужить полный производственный цикл, выполняемый в помещениях на разных уровнях или в разных корпусах.
- легкая приспособляемость трассы конвейера к возможным изменениям технологического процесса, возможность создания на конвейере подвижного запаса изделий для ликвидации промежуточных складов.
- малый расход энергии на транспортировку.
- возможность широкого применения автоматизации распределения грузов.

### 3.2.3 Устройство, принцип действия, достоинства и недостатки конвейеров без гибкого тягового органа

Винтовым конвейером называется устройство, осуществляющее транспортировку материала по желобу при помощи вращающегося винта. Винтовые конвейеры применяют для транспортирования пылевидных, порошкообразных, зернистых, мелкокусковых навалочных грузов по горизонтальным и пологонаклонным – до  $18-20^\circ$  (горизонтальные винтовые конвейеры), а также крутонаклонным и вертикальным (вертикальные винтовые конвейеры) трассам.

Винтовой транспортирующий конвейер (рисунок 3.52) имеет желоб 4 полукруглой формы, внутри которого расположен винт 5, вращающийся в подшипниках 3 при помощи привода 8. Груз загружается через загрузочное отверстие 2, а выгружается через отверстие 6 с задвижкой 7. Желоб обычно закрыт крышкой 1.

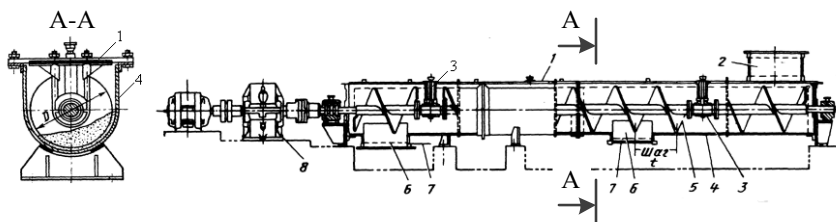


Рисунок 3.52

Диаметр винта конвейера должен быть в 12 раз больше размера типичных кусков сортированных грузов и в 4 раза больше размера типичных кусков рядовых грузов. Если это условие не будет соблюдаться, то возможно образование в зоне подвесных подшипников заторов, нарушающих нормальную работу конвейера.

Диаметр винта  $D_v$  выбирается из ряда 100, 125, 150, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800 мм.

Шаг винта равен диаметру винта горизонтального конвейера и 0,8 диаметра винта наклонных конвейеров, работающих на подъем. Меньшие зна-

чения шага принимают для абразивных грузов, имеющих значительный коэффициент трения о стенки желоба.

По числу спиралей винта различают *конвейеры с однозаходным и многозаходным винтами*. При многозаходном (обычно двухзаходном) винте материал перемещается с большей скоростью, чем при однозаходном, соответственно, производительность конвейера повышается.

Длина горизонтальных винтовых конвейеров составляет до 60 м. Вертикальные имеют высоту до 20 м.

По конструкции винта различают *конвейеры со сплошным (рисунок 3.53, а), ленточным (рисунок 3.53, б), фасонным (рисунок 3.53, в), лопастным (рисунок 3.53, г) винтами*.

Тип винта выбирают с учетом следующих соображений. Хорошо сыпучие материалы (цемент, мел, зола, сухой песок, гранулированный шлак) транспортируются сплошным винтом при коэффициенте заполнения желоба 0,3–0,45 и частоте вращения винта 50–120 об/мин. Кусковые материалы (крупный гравий, песчаник, известняк, шлак негранулированный) перемещаются ленточным или лопастным винтом при коэффициенте заполнения 0,25–0,4 и частоте вращения винта 40–100 об/мин. Тестообразные слеживающиеся и мокрые материалы (мокрая глина, бетон, цементный раствор) транспортируются лопастным или фасонным винтом при коэффициенте заполнения 0,15–0,3 и частоте вращения винта 80–60 об/мин.

Направление движения груза в желобе зависит от направления вращения винта и направления витков винта.

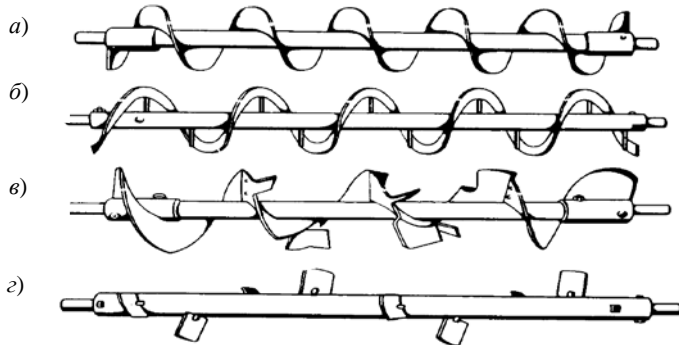


Рисунок 3.53

Применяются конвейеры *распределяющие* (рисунок 3.54), *собирающие* (рисунок 3.55).

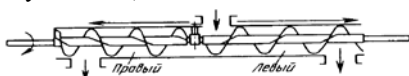


Рисунок 3.54

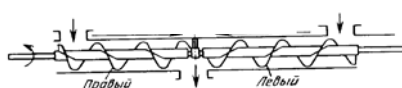


Рисунок 3.55

Схема винтового вертикального конвейера приведена на рисунке 3.56.

Электродвигатель 1 через муфту 2 и редуктор 3 приводит во вращательные движения посредством зубчатой цилиндрической 4 и конической 5 передач горизонтальный 6 и вертикальный 7 винты. Груз подается из бункера 8, винт 6 перемещает груз к вертикальному конвейеру, который поднимает его на определенную высоту и выгружает через окно 9.

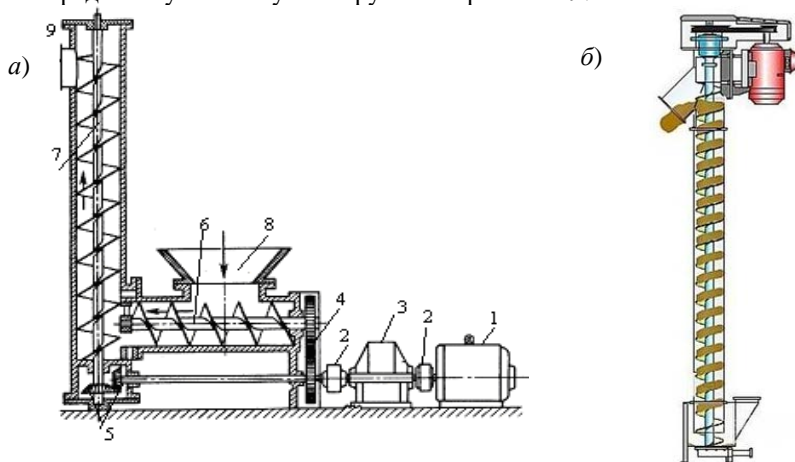


Рисунок 3.56

Вертикальный винтовой конвейер более эффективен для подъема легкосыпучих, малоабразивных грузов. Недостатком является необходимость в специальных питающих устройствах.

К преимуществам винтовых конвейеров относятся: надежность в эксплуатации; простое обслуживание; безопасность при транспортировании ядовитых, пылящих материалов; компактность; удобство загрузки и разгрузки.

Для перемещения всех видов насыпных грузов широко используются качающиеся конвейеры.

Качающийся конвейер с постоянным давлением груза на желоб (рисунок 3.57) состоит из желоба 1, совершающего возвратно-поступательные движения в горизонтальной плоскости на опорных катках 2 при наличии двухкривошипного привода 5. Двигатель вращает кривошип 3. От кривошипа и качающегося рычага 4 движение передается на шатун и связанный с ним желоб. В начале прямого хода груз перемещается вместе с желобом, силы трения при этом удерживают груз в неподвижном относительно желоба состоянии. В конце прямого хода ускорение желоба изменяет знак и резко возрастает по абсолютному значению. Инерционные силы становятся больше сил трения, и груз, получив импульс, начинает скользить по желобу вперед. Скорость груза при постоянном сопротивлении линейно уменьшается и наконец становится равной скорости желоба. С этого момента груз опять движется вместе с желобом без скольжения.

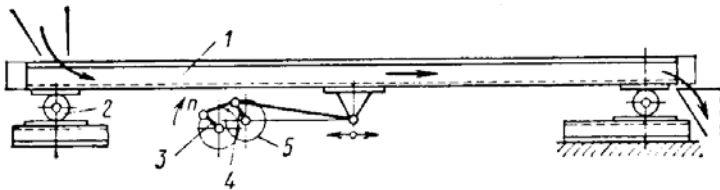


Рисунок 3.57

Средняя скорость перемещения груза – не более 0,2 м/с при амплитуде 50–150 мм и частоте вращения кривошипа 40–85 об/мин, ширине желоба 20–1200 мм и длине до 50 м.

Инерционный качающийся конвейер с переменным давлением груза на желоб (рисунок 3.58) состоит из стального желоба 1, совершающего колебательные движения на упругих стойках 2, установленных под углом 15–20°, под действием кривошипного механизма 3, приводимого в движение от двигателя.

При движении желоба вперед и его подъеме вертикальная составляющая силы инерции направлена вниз и увеличивает силу трения груза о желоб, направленную в сторону движения. При обратном ходе желоба и его опускании вертикальная составляющая сила инерции направлена вверх и тем самым уменьшает силу трения между грузом и желобом. Так как горизонтальная составляющая силы инерции больше силы трения при обратном ходе, то груз продолжает движение вперед. Скорость движения груза 0,15–0,2 м/с. Амплитуда колебания – 30–40 мм при числе циклов в минуту 300–400.

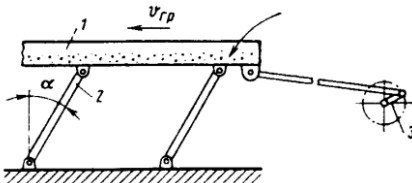


Рисунок 3.58

Качающиеся конвейеры просты по конструкции, надежны и удобны в эксплуатации. Недостатками этих устройств являются изнашивание желоба при перемещении абразивных грузов, образование пыли при перемещении пылевидных веществ, непригодность для перемещения липких грузов.

Вибрационные горизонтальные конвейеры транспортируют груз с отрывом от поверхности желоба. Схема однотрубного конвейера приведена на рисунке 3.59. Труба 4 (желоб), свободно подвешенная на упругих связях 1, получает колебания от прикрепленного к ней вибратора 3. На случай обрыва упругих подвесок предусмотрены подхватывающие предохранительные пояса б. Для загрузки и разгрузки применяются гофрированные натрубки 2 и 5.

Принцип действия аналогичен качающимся, но в отличие от них в вибрационных груз отрывается от желоба в виде непрерывно следующих один за другим микрополетов. Амплитуда колебаний – 0,2–2 мм, а частота – до 3000 в минуту.

Возбудителями колебаний являются инерционные, электромагнитные, эксцентриковые и поршневые вибраторы. Наиболее совершенные из них



электромагнитные. Они не имеют трущихся и быстроизнашивающихся деталей, имеют возможность плавного регулирования амплитуды колебаний без прекращения работы установки. Недостаток – малая амплитуда колебаний, исключающая транспортирование пылевидных грузов.

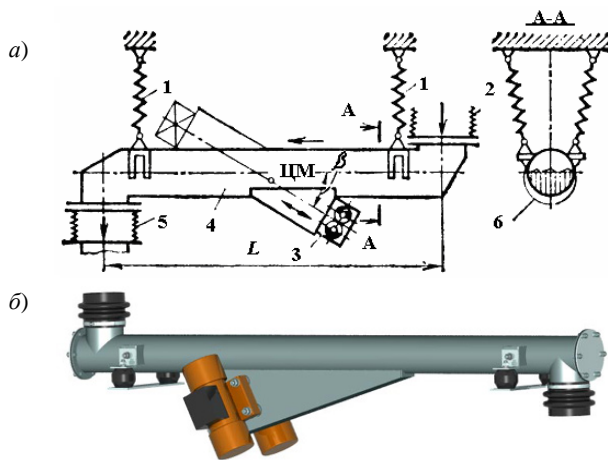


Рисунок 3.59

Длина транспортирования горизонтально транспортирующих конвейеров – до 80 м, производительность – до 600 т/ч при скорости движения груза до 0,5 м/с.

Вертикальный вибрационный конвейер (рисунок 3.60) состоит из стальной трубы 1 и прикрепленного к ней спирального желоба 2. Желоб 3 вместе с трубой подвешен сверху и снизу на упругих связях 4 малой жесткости.

Основные преимущества вибрационных конвейеров: возможность транспортирования груза в условиях полной изоляции от окружающей среды в герметически закрытых трубах; отделение транспортируемого груза от соприкосновения с движущимися частями конвейера; возможность выполнения одновременно с транспортированием различных технологических операций: сушки, охлаждения, смешивания, грохочения и т. п.; малый износ несущего элемента (трубы, желоба); сравнительная про-

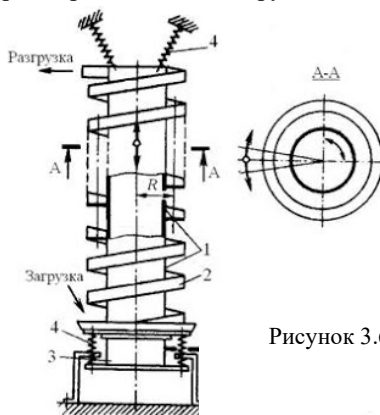


Рисунок 3.60

стота конструкции; возможность промежуточной загрузки и разгрузки; малый расход энергии при установившейся работе.

К недостаткам этих конвейеров можно отнести значительное снижение производительности при транспортировке по наклону вверх (за исключением вертикальных конвейеров) (на каждый градус угла подъема производительность снижается на 3–5 %, а при подаче вниз увеличивается в таком же соотношении); малая долговечность упругих элементов и опорных подшипников привода.

К роликовым приводным конвейерам без гибкого тягового органа относятся конвейеры, у которых ролики приводятся во вращение общим трансмиссионным валом (рисунок 3.61).

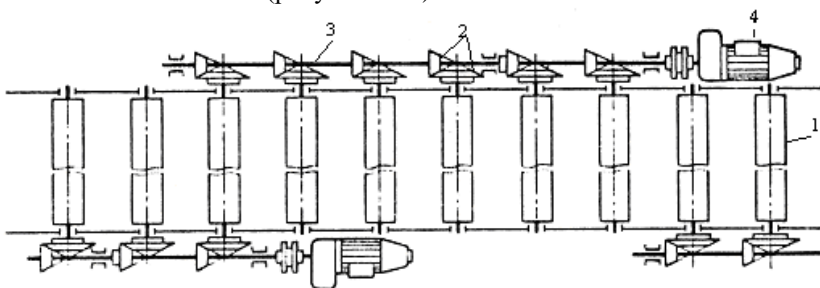


Рисунок 3.61

В конвейерах (см. рисунок 3.61) ролики 1 приводятся во вращение через конические зубчатые колеса 2 от общего трансмиссионного вала 3 и двигателя 4.

Гравитационные роликовые и дисковые конвейеры служат для перемещения по горизонтали или под небольшим углом наклона штучных грузов, поддонов, контейнеров. Грузы перекатываются по роликам под действием силы тяжести, если конвейеры устанавливаются с небольшим наклоном в сторону движения.

Достоинствами неприводных роликовых конвейеров являются простота в эксплуатации, экономичность, удобство укладки и съема грузов. К их недостаткам относятся невысокая производительность, нестабильность скорости движения, возможность остановки и самопроизвольного сбрасывания грузов, необходимость восстановления потерянной по наклонной трассе высоты.

Неприводные роликовые конвейеры выполняют *стационарными* (рисунок 3.62, а), *передвижными на колесном ходу* (рисунок 3.62, д), *с раздвижными роликами* (рисунок 3.62, е).

Для крупных тяжелых грузов используют сдвоенные конвейеры (рисунок 3.62, б), для цилиндрических – с наклонными роликами (рисунок 3.62, в) и дисками (рисунок 3.62, г).

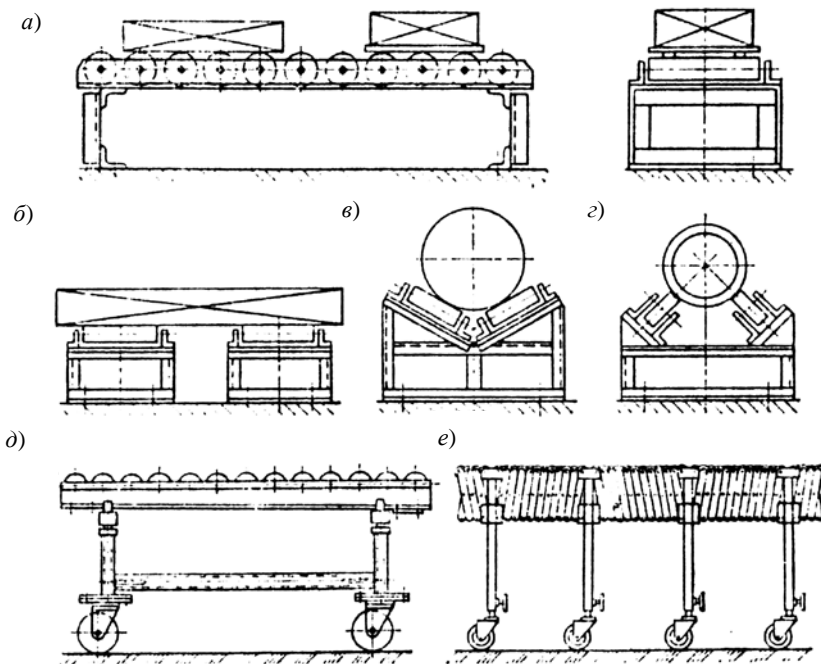


Рисунок 3.62

Неприводные роликовые конвейеры (рисунок 3.63, *а, б*) могут иметь прямолинейные *1*, криволинейные *3* секции в одно- и двухрядном исполнении, а на местах пересечения трасс – вращающиеся *2* роликовые и не вращающиеся *5* шариковые столы. Шариковые столы (рисунок 3.64) позволяют вращать и изменять направление движения груза в любом направлении. Для сохранения проходов применяют откидные секции *4*. На разветвлениях трассы устанавливают механический стрелочный перевод (см. рисунок 3.63, *в*). Для соединения нескольких линий роликовых конвейеров служат передаточные рельсовые тележки *7* с роликовыми настилами и канатным (цепным) приводом *8* (см. рисунок 3.63, *г*).

Ширина конвейера (длина ролика)  $B$  без бортов определяется по ширине груза  $b_{гр}$ . Обычно принимают  $B = K_{зш} b_{гр}$  (где  $K_{зш} = 1,1 \dots 1,2$  – коэффициент запаса ширины). Для крупногабаритных грузов  $B \geq 0,77 b_{гр}$ . При установке бортов расстояние между ними должно обеспечивать свободное прохождение груза и составлять  $B_6 = 1,05 b_{гр}$ .

Длину цилиндрических роликов  $B$  и шаг их расстановки  $l_p$  выбирают из ряда чисел:  $B = 160, 200, 250, 320, 400, 500, 650, 800, 1000, 1200$  мм;  $l_p = 50, 60, 80, 100, 125, 200, 250, 315, 400, 500, 630$  мм.

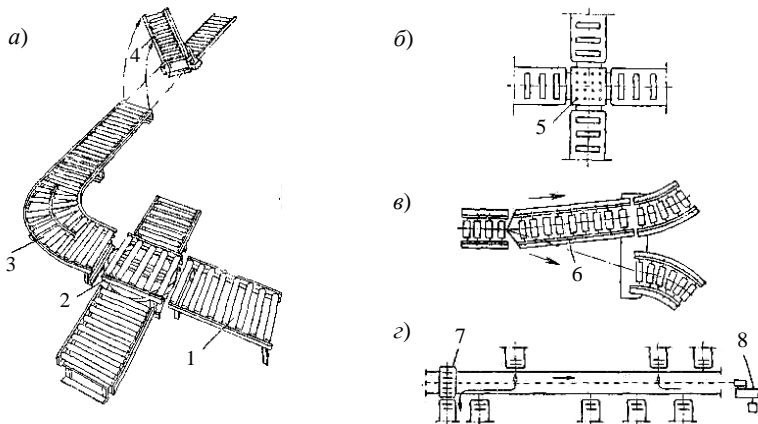


Рисунок 3.63

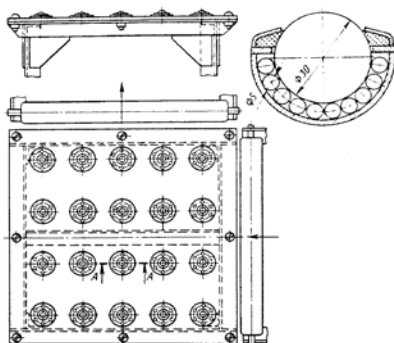


Рисунок 3.64

Наклон роликовых конвейеров к горизонтали на практике принимают равным 0,5–1,5 % для отливок и литейных форм; 1,0–1,5 % – для листовой и рихтованной стали; 0,5–2,5 % – для ящиков из строганных досок; 1,0–3,0 % – для металлических контейнеров; 2,5–4,0 – для досок; 4,0–7,0 % – для картонных коробок; 5,0–7,0 % – для автопокрышек и 10 % – для мешков с мукой. Увеличение значения наклона соответствует легким грузам. На криволинейных секциях к средним значениям наклона необходимо прибавить для конических роликов 1,5–2,0 %, а для цилиндрических – 3,0–4,0 %. Все исполнения стрелочных переводов должны иметь повышенные наклоны, равные 7,0–9,0 %.

### 3.2.4 Расчет производительности и выбор конвейеров

При выборе конвейеров необходимо учитывать следующие факторы:  
 – состояние транспортируемого материала, его физические и химические свойства (крупность кусков, хрупкость, коррозионные свойства, возможное

измельчение при перемещении, склонность материала транспортирующих машин к слипанию и слеживанию, плотность, угол естественного откоса, размеры);

- необходимую производительность машины;
- длину и направление пути перемещения, размеры и форму помещений;
- технологический процесс, перспективы расширения предприятия;
- технику безопасности;
- способы загрузки и разгрузки конвейеров;
- способ хранения груза в пункте загрузки;
- характеристику места установки машины (на открытой местности, в отапливаемом или неотапливаемом помещении);
- обеспечение показателей надежности;
- экономические показатели.

Анализ перечисленных факторов позволяет выбрать рациональный тип машины для заданных условий.

Определение основных параметров конвейеров начинают с выбора размеров несущего рабочего органа в зависимости от заданной расчетной производительности.

Для *ленточных конвейеров* минимальная ширина ленты  $B = 2a_{\max} + 200$  мм для несортированных грузов и  $B \geq 3,3a_{\max} + 200$  мм для сортированных ( $a_{\max}$  – максимальный размер куска груза, мм).

При транспортировании штучных грузов ширина ленты или настила пластин должна быть на 50–100 мм больше максимального размера груза.

Принимаемая ширина ленты или другого несущего рабочего органа и скорость их движения должны обеспечивать необходимую производительность.

Для всех типов конвейеров производительность *при перемещении штучных грузов*, т/ч,

$$\Pi = 3,6 \frac{G_{\text{гр}}}{l_{\text{гр}}} v_{\text{гр}}, \quad (3.14)$$

где  $G_{\text{гр}}$  – масса единичных грузов, кг;

$l_{\text{гр}}$  – расстояние между грузами на рабочем органе конвейера, м;

$v_{\text{гр}}$  – скорость движения груза рабочим органом конвейера, м/с.

*При перемещении сыпучих и кусковых грузов*

$$\Pi = 3600 F v_{\text{г}} \gamma_{\text{г}}, \quad (3.15)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения, перемещаемого рабочим органом груза, м<sup>2</sup>;

$v_{\text{г}}$  – скорость движения груза, м/с;

$\gamma_{\text{г}}$  – объемная масса груза, т/м<sup>3</sup>.

Для конвейеров с плоской несущей поверхностью поперечное сечение груза, м<sup>2</sup>,

$$F = \psi F_{\max} = \frac{(0,9B - 0,05)^2}{4} \text{тгр}_д, \quad (3.16)$$

где  $\psi$  – коэффициент заполнения несущей поверхности (0,5–0,6);

$F_{\max}$  – максимальная площадь заполнения несущей поверхности, м<sup>2</sup>;  
 (0,9*B* – 0,05) – расчетная ширина поверхности ленты, перемещающей груз, с учетом свободного поля у бортов во избежание его просыпания, м;

$\rho_d$  – угол естественного откоса груза в движении; определяется гранулометрическим составом груза, его влажностью, техническим состоянием конвейера (рекомендуется принимать  $\rho_d = (0,75 \dots 0,8)\rho_0$ ,  $\rho_0$  – угол естественного откоса груза в покое).

Производительность конвейера с плоской лентой, т/ч,

$$P_{\Pi} = 900 (0,9B - 0,05)^2 v \operatorname{tg} \rho_d \gamma_{\Gamma} \quad (3.17)$$

Производительность конвейера с желобчатой лентой, т/ч,

$$P_{\text{ж}} = K_{\Pi} (0,9B - 0,05)^2 v \gamma_{\Gamma} K_{\beta}, \quad (3.18)$$

где  $K_{\Pi}$  – коэффициент производительности, зависящий от вида роликоопор (формы поперечного сечения потока груза) и среднего значения угла откоса груза на ленте;

$K_{\beta}$  – коэффициент уменьшения сечения потока груза на наклонном конвейере.

Значения  $K_{\Pi}$  и  $K_{\beta}$  приведены соответственно в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1

Характеристика роликоопор		Угол наклона роликов, град	$K_{\Pi}$ при угле откоса			
			10	15	20	25
Однорولیковая		0	160	250	330	420
Двухроликовая		15	–	500	580	640
		20	–	370	615	660
Трехроликовая		20	393	470	550	640
		30	480	550	625	700
		36	–	590	660	730
		45	580	635	690	750
Пяти-роликовая	крайние боковые	54	–	565	635	705
	средние боковые	18	–			
Однорولیковая с гибкой осью		–	–	520	570	640

Таблица 3.2

Угол откоса груза на ленте	Значение $K_{\beta}$ при угле наклона резиновой гладкой ленты к горизонту, град				
	1–5	6–10	11–15	16–20	21–24
10	0,95	0,90	0,85	0,80	–
15	1,00	0,97	0,95	0,90	0,85
20	1,00	0,98	0,97	0,95	0,90
25	1,00	0,98	0,97	0,95	0,90

Производительность конвейеров с использованием ленты с бортами, т/ч,

$$\Pi_6 = 3600 \left( Bh_1 + \psi \frac{B^2}{4} \operatorname{tg} \rho_d \right) v \gamma K_n, \quad (3.19)$$

где  $h_1$  – высота груза у бортов (0,65–0,80 от высоты борта);

$\psi$  – коэффициент заполнения ленты конвейера (0,40–0,60);

$K_n$  – коэффициент снижения производительности (при угле наклона 10–20°  $K_n = 0,95$ , свыше 20°  $K_n = 0,90$ ).

Производительность скребковых конвейеров, т/ч,

$$\Pi_c = 3600 K_n \psi' b_{ж} h_{ж} v_{\Gamma}, \quad (3.20)$$

где  $K_n$  – коэффициент снижения производительности с увеличением угла наклона к горизонту; при угле наклона 10°  $K_n = 0,85$ ; при 11–20°  $K_n = 0,7 \dots 0,5$ ; при 30–45°  $K_n = 0,5 \dots 0,45$ ;

$\psi'$  – коэффициент заполнения желоба;

$b_{ж}, h_{ж}$  – ширина и высота желоба, м;

$v$  – скорость движения скребков, м/с.

Производительность винтовых конвейеров, т/ч,

$$\Pi_B = 47 K_n \psi' S n D^2 \gamma_{\Gamma}, \quad (3.21)$$

где  $K_n$  – коэффициент снижения производительности от угла наклона конвейера; при  $\beta = 5^\circ$   $K_n = 0,9$ ; при 10° – 0,8; при 15° – 0,7 и при 20° – 0,6;

$S$  – шаг винта, м;

$n$  – частота вращения винта, об/мин;

$D$  – диаметр винта, м.

Производительность инерционных и вибрационных конвейеров, т/ч,

$$\Pi_{ив} = 3600 \psi' F_{ж} v_{cp} \gamma_{\Gamma}, \quad (3.22)$$

где  $F_{ж}$  – площадь поперечного сечения желоба, м<sup>2</sup>;

$v_{cp}$  – средняя скорость транспортирования груза с учетом уклона желоба, м/с (кусковые и зернистые грузы – 0,5–0,6 м/с, пылевидные – 0,2 м/с).

Производительность подвесного цепного конвейера, т/ч,

$$\Pi_{пк} = 3600 \psi P v_{кр} / l_{п}, \quad (3.23)$$

где  $\psi$  – коэффициент загрузки конвейера, равный 0,75...0,90;

$P$  – масса груза, перемещаемого на одной подвеске, т;

$v_{кр}$  – скорость движения кареток (тележек), м/с;

$l_{п}$  – шаг грузовых подвесок, м.

### 3.3 Элеваторы

#### 3.3.1 Назначение и классификация элеваторов

**Элеваторы** – это машины для перемещения в вертикальном или близком к нему наклонном направлении сыпучих грузов с помощью непрерывно движущихся ковшей или для перемещения штучных грузов с помощью люлечных или полочных захватов.

Элеваторы применяют для транспортирования материала на высоту до 200 м при производительности до 1000 т/ч. Наиболее целесообразно использовать их для заполнения высоких хранилищ-силосов, бункеров, для перемещения пылевидных, зернистых и кусковых грузов, ящиков, бочек, мешков, деталей машин.

Элеваторы по характеру установки разделяются на вертикальные и наклонные; по роду тягового органа – ленточные и цепные; по типу грузонесущего элемента – ковшовые, полочные и люлечные; по числу цепей, к которым крепятся грузонесущие элементы, – одно- и двухцепные; по скорости движения ковшей – тихоходные и быстроходные.

Схема классификации элеваторов приведена на рисунке 3.65.

Элеваторы с сомкнутыми ковшами предназначены преимущественно для подъема крупнокусковых и абразивных грузов, а также для грузов, свойства которых ухудшаются при крошении.

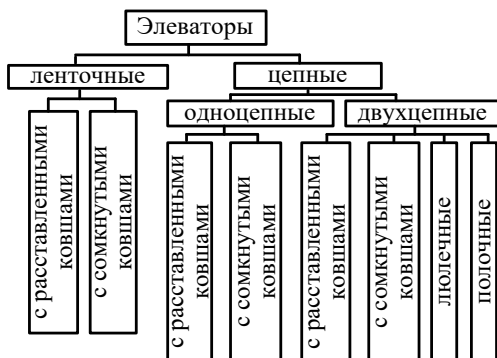


Рисунок 3.65

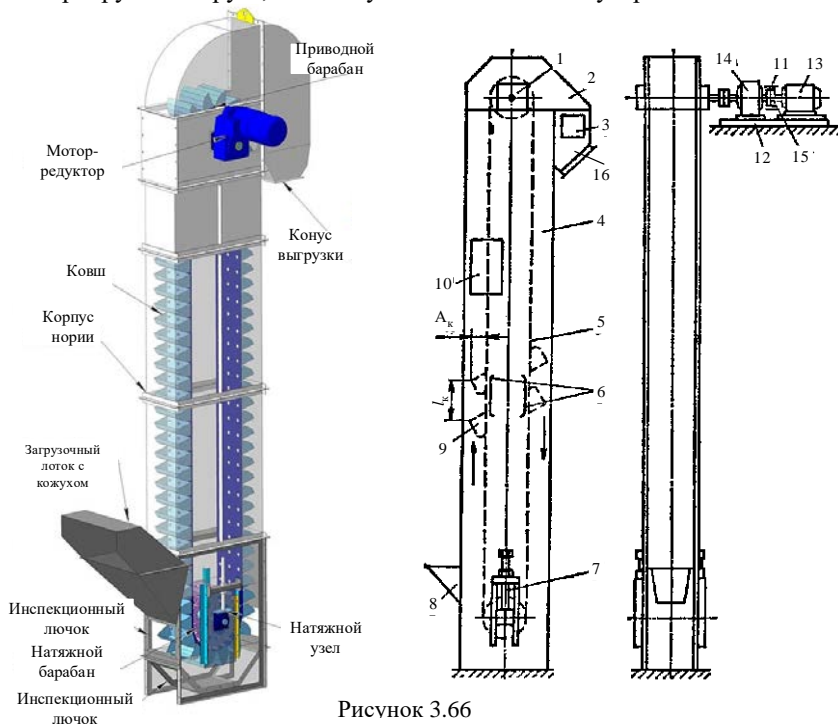
Элеваторы с расставленными ковшами применяют для транспортирования мелкофракционных грузов. Они имеют в качестве тягового органа ленту или цепь (одноцепные, двухцепные). Элеваторы с расставленными ковшами чаще выполняют быстроходными (скорость движения 1,25–2,5 м/с), а с сомкнутыми – тихоходными (0,4–1,0 м/с).

#### 3.3.2 Устройство, принцип действия, достоинства и недостатки элеваторов

Для подъема насыпных грузов предназначены ковшовые элеваторы (рисунок 3.66), имеющие тяговый элемент 5 (ленты или цепи), к которому при-



креплены ковши 9. Лента приводится в движение барабаном 1 (а цепь – звездочкой), соединенным муфтой с приводом 12, состоящим из электродвигателя 13, муфты сцепления 15 и редуктора 14. Необходимое прижатие ленты к барабану создается силой тяжести движущихся частей элеватора и транспортируемого груза, а также усилием натяжного устройства 7.



Насыпной груз через загрузочный патрубок 8 засыпается в ковш или подается в нижнюю часть элеватора и зачерпывается ковшами, поднимается вверх и выдается через разгрузочный патрубок 16, расположенный в головной части 2. В кожухе элеватора 4 имеются люки для осмотра и ремонта рабочих элементов 3, 10 и направляющие для тягового органа 6. Для предотвращения обратного вращения в случае отключения электричества применяют тормоза 11 и стопорные устройства (центробежно-храповые, роликовые).

Схемы ковшовых элеваторов приведены на рисунке 3.67 (*a* – ленточного с расставленными ковшами; *b* – двухцепного с расставленными ковшами; *в* – одноцепного с сомкнутыми ковшами; *г* – наклонного с сомкнутыми ковшами в кожухе; *д* – открытого наклонного с сомкнутыми ковшами). Тяговым элементом элеваторов может служить лента, пластинчато-втулочные и втулочно-роликовые цепи. При ширине ковшей до 250 мм допустимо применять одну тяговую цепь.

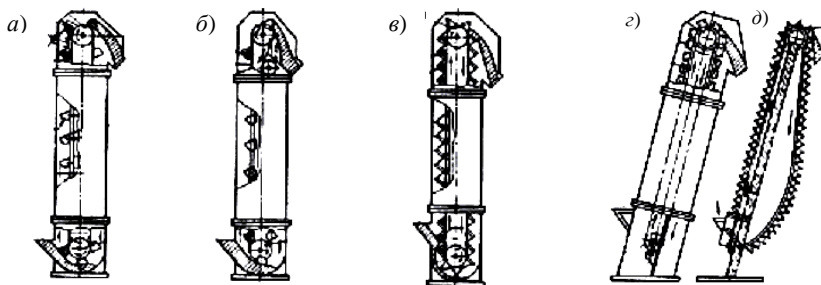


Рисунок 3.67

Ковши. В элеваторах для насыпных грузов применяют полукруглые расставленные (мелкие и глубокие) и сомкнутые (остроугольные и скругленные трапециевидные) ковши (рисунок 3.68) (*a, д* – остроугольные для средне- и крупнокусковых материалов (крупный щебень); *б* – закругленные трапециевидные для средне- и крупнокусковых материалов при большей производительности и при боковом креплении к тяговому элементу; *в* – мелкие полукруглые ковши для транспортирования сыпучих материалов, обладающих малой подвижностью (порошковый мел); *г* – глубокие полукруглые ковши для хорошо сыпучих материалов (песок, цемент, щебень)).

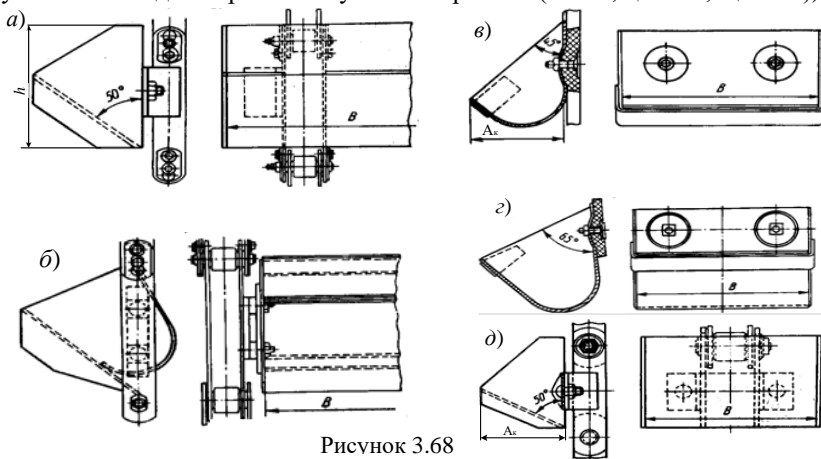


Рисунок 3.68

Остроугольные и трапециевидные ковши устанавливают на тяговом элементе вплотную друг к другу; они имеют бортовые направляющие для высыпаемого груза, который скатывается по передней стенке впереди расположенного ковша. Задняя стенка этих ковшей имеет высоту, равную или кратную шагу цепного тягового элемента. Ковши имеют ширину от 100 до 650 мм, емкость 0,1–148 литров и устанавливаются на тяговом элементе с шагом 200–630 мм.

Диаметр приводного барабана, мм,

$$D_6 = (125 \dots 150) i_{\text{п}}, \quad (3.24)$$

где  $i_{\text{п}}$  – число прокладок ленты.

В ленточных и цепных элеваторах натяжные устройства (только винтовые) устанавливают в башмаке; ход устройства 0,2–0,5 м соответствует 1,0–1,5 шага цепи в цепном элеваторе и 0,01–0,02 длины ленточного элеватора, так как при большом перемещении натяжного барабана в башмаке постепенно накапливается материал и усложняется загрузка элеватора.

*Наполнение (загрузка)* ковшей производится зачерпыванием груза из нижней части кожуха элеватора (рисунок 3.69, в) или засыпанием в ковши (см. рисунок 3.69, з).

Чаще всего используется смешанный способ загрузки. Пылевидные и мелкокусковые грузы лучше загружать зачерпыванием, а крупнокусковые и абразивные – засыпанием. Этот способ лучше реализуется при непрерывном, сомкнутом расположении ковшей, что не позволяет грузу просыпаться между ковшами.

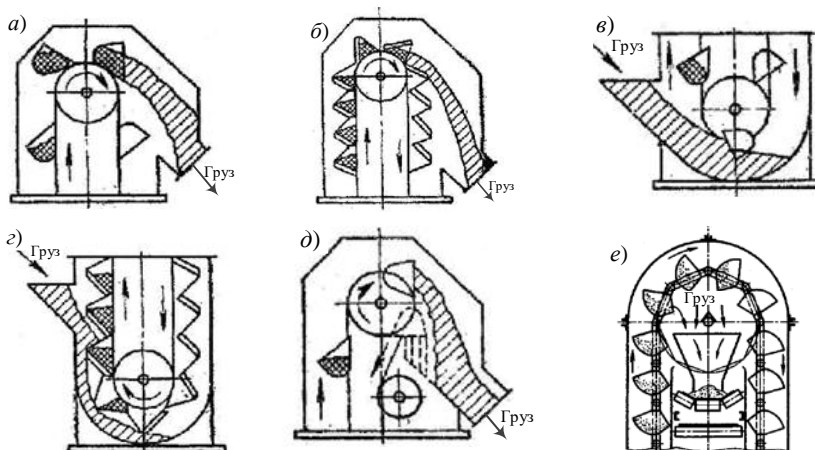


Рисунок 3.69

*Разгрузка* ковшей бывает центробежной (см. рисунок 3.69, а), самотечной направленной (см. рисунок 3.69, б) и самотечной свободной (см. рисунок 3.69, в, е).

Центробежная разгрузка может быть как у наклонных, так и у вертикальных элеваторов. Самотечную свободную разгрузку применяют только в элеваторах, холостая ветвь которых наклонена. Самотечная направленная разгрузка осуществляется при помощи лотка, образованного торцевой стенкой с бортами впереди идущего ковша. Эту разгрузку применяют в тихоходных элеваторах.

Тихоходные элеваторы с расставленными ковшами могут иметь только самотечную свободную разгрузку и поэтому должны быть наклонными,

хотя бы в верхней части. При использовании двухцепных элеваторов в зоне разгрузки необходимо устанавливать отклоняющие звездочки.

Для перемещения штучных грузов применяют полочные и люлочные элеваторы. *Полочные вертикальный* (рисунок 3.70, а) и *крутонаклонный* (см. рисунок 3.70, б) элеваторы состоят из двух вертикально замкнутых пластинчатых тяговых цепей 6, движущихся в направляющих 5 и огибающих приводные 4 и натяжные 1 звездочки. К цепям с определенным шагом консольно прикреплены грузонесущие полки 3, форма которых определяется родом перемещаемого груза. Загружаются и разгружаются полочные элеваторы вручную или автоматически. При автоматизации этих операций груз подают на стол 2 (см. рисунок 3.70, а), где его подхватывает гребенчатая полка восходящей ветви элеватора и поднимает на необходимую высоту. Разгружается элеватор с помощью отклоняющих звездочек (см. рисунок 3.70, в) или верхних проводных звездочек (см. рисунок 3.70, а, б).

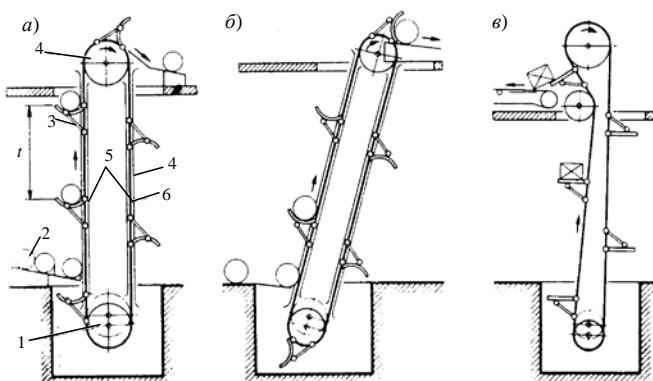


Рисунок 3.70

*Люлочный элеватор* (рисунок 3.71) предназначен для вертикального транспортирования штучных грузов на люльках 2, шарнирно подвешенных к двум вертикальным замкнутым пластинчатым тяговым цепям 4, огибающим приводные 3 и натяжные 6 звездочки. Схема крепления люльки к цепям приведена на рисунке 3.72. Загрузка и выгрузка грузов производятся с использованием устройств 1 и 5.

Конструкция люлек зависит от формы, размеров и массы перемещаемого груза, способа его загрузки и разгрузки.

Преимуществами элеваторов являются сохранность транспортируемого груза, простота конструкции, надежность при эксплуатации, возможность создания герметичного и звукоизолирующего кожуха, обеспечивающего защиту окружающей среды от пыли и шума, малые габаритные размеры в поперечном направлении, возможность подачи груза на значительную высоту, большой диапазон производительности.

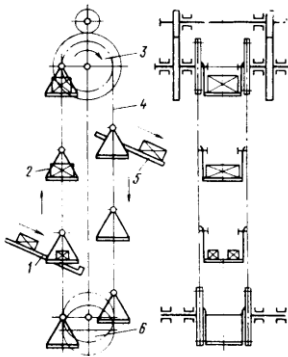


Рисунок 3.71

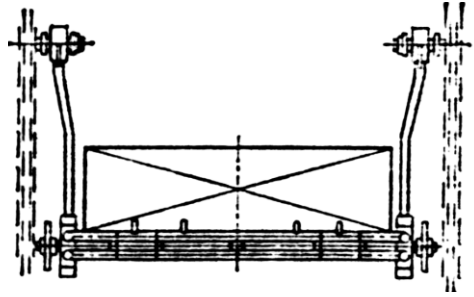


Рисунок 3.72

К недостаткам относятся имеющие место отрывы ковшей при перегрузках и необходимость равномерной подачи груза.

### 3.3.3 Расчет производительности и выбор элеваторов

Тип элеватора и форму ковшей выбирают в зависимости от характеристики транспортируемого груза и заданной производительности. Техническую производительность ковшового элеватора, т/ч, определяют по формуле

$$\Pi = 3,6 \frac{e}{l_k} \psi v \gamma, \quad (3.25)$$

где  $e$  – вместимость ковша, л;

$l_k$  – шаг ковшей, м (см. рисунок 3.66);

$\psi$  – коэффициент наполнения ковшей грузом, принимаемый для порошкообразных грузов и продуктов размолы 0,8–1,0; для зерновых – 0,75–0,90; кусковых грузов средних размеров – 0,6–0,7; тяжелых крупнокусковых грузов – 0,5–0,6;

$v$  – скорость движения ковшей, м/с;

$\gamma$  – объемная масса груза, т/м<sup>3</sup>.

Техническая производительность элеватора для штучных грузов

$$\Pi = 3,6 \frac{G_{гр}}{l_{гр}} v, \quad (3.26)$$

где  $G_{гр}$  – масса единичных грузов, кг;

$l_{гр}$  – расстояние между грузами, м.

Для выбора ковшового элеватора вначале определяют погонную вместимость ковша

$$\frac{e}{l_k} = \frac{\Pi}{3,6 \psi v \gamma}, \quad (3.27)$$

а затем подбирают ковш, расстояние между ковшами. Вылет ковша  $A_k$  (см. рисунок 3.66)

$$A_k \geq K_k a_{\max}, \quad (3.28)$$

где  $K_k$  – коэффициент, равный 2,0 при содержании до 10 % кусков размером  $a_{\max}$ , соответственно  $K_k = 2,5$  при 11–25 %;  $K_k = 3,25$  при 26–50 %;  $K_k = 4,5$  при 51–80 %.

Шаг ковшей  $l_k$  принимается равным  $l_k = (2...3) h$ , где  $h$  – высота ковша (см. рисунок 3.66). Для элеваторов с сомкнутыми ковшами  $h = l_k$ .

Для полочных и люлечных элеваторов по заданной производительности и выбранной скорости движения груза определяют расстояние размещения грузозахватных приспособлений на тяговом органе

$$l_{гр} = \frac{3,6G_{гр}v}{\Pi}. \quad (3.29)$$

### 3.4 Механические погрузчики непрерывного действия

#### 3.4.1 Назначение и классификация механических погрузчиков непрерывного действия

**Погрузчики непрерывного действия** предназначены для погрузки сыпучих и кусковых грузов со складов в транспортные средства (вагоны, автомобили). Изготавливаются погрузчики обычно самоходными на колесном или гусеничном ходу, отличаются высокой производительностью и простотой эксплуатации. Во время подачи груза из штабеля в транспортное средство погрузчик перемещается с небольшой скоростью без сложного маневрирования. Однако эти машины малоуниверсальны. Многие из них могут работать только с определенными разновидностями груза.

Схема классификации погрузчиков приведена на рисунке 3.73.

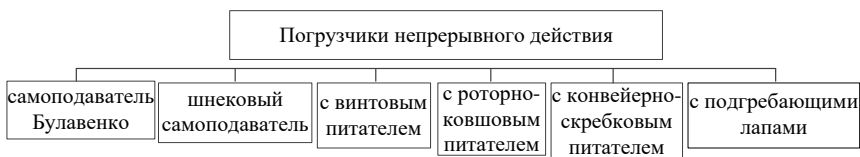


Рисунок 3.73

#### 3.4.2 Устройство, принцип действия, производительность, достоинства и недостатки механических погрузчиков непрерывного действия

Самоподаватель конструкции Булавенко (рисунок 3.74) используется для забора зерна и других легкосыпучих грузов из штабеля и загрузки в транспортное средство.

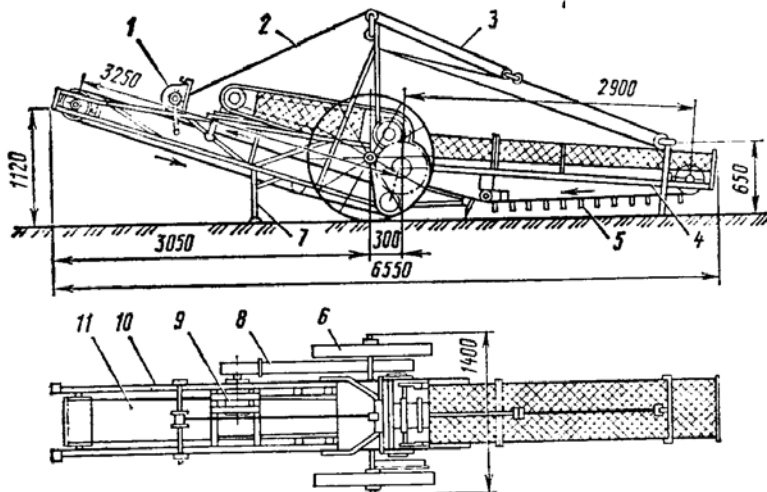


Рисунок 3.74

Захватный орган – скребковый конвейер 5 с рабочей нижней ветвью – смонтирован на раме 4, шарнирно соединенной со станиной 10. По наклонному лотку скребки поднимают порции груза и сбрасывают их на ленту конвейера 11, который загружает приемную воронку приставного конвейера или кузов транспортного средства. Привод скребкового и ленточного конвейеров – общий от электродвигателя 9 через ременную передачу 8, промежуточный вал и две зубчатые передачи. Устойчивость при работе обеспечивают откидные стойки. Угол наклона изменяется от 0 до  $50^\circ$  с помощью ручной лебедки 1, каната 2 и полиспаста 3. Для передвижения вручную машина имеет два ходовых колеса 6.

Шнековый самоподаватель (рисунок 3.75) представляет собой трубу 1, внутри которой находится винт 7.

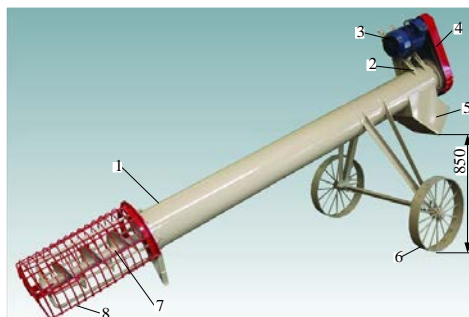


Рисунок 3.75

Привод от электродвигателя 3 на опорной раме 2 связан с винтом клиноременной передачей 4. Нижняя заборная часть винта 8 выходит из трубы 1 и находится в решетчатом каркасе 8. Разгрузочный натрубок 5 обеспечивает разгрузку на высоте 850 мм от опорной поверхности. Перемещают машину вручную на ходовых колесах 6.

Многоковшовый погрузчик с винтовым питателем (рисунок 3.76) предназначен для погрузки в транспортные средства минеральных удобрений, строительных инертных материалов, угля и других насыпных навалочных грузов с размерами куска не более 100 мм, а также штабелирования этих грузов. Погрузчик – самоходный. Он смонтирован на специальном пневмошасси с двумя ведущими мостами. Груз захватывает ковшовый элеватор 2 и передает на отвальный ленточный конвейер 1 и далее в штабель или транспортное средство. Подгребающие шнеки 3 подгребают груз к ковшовому элеватору.

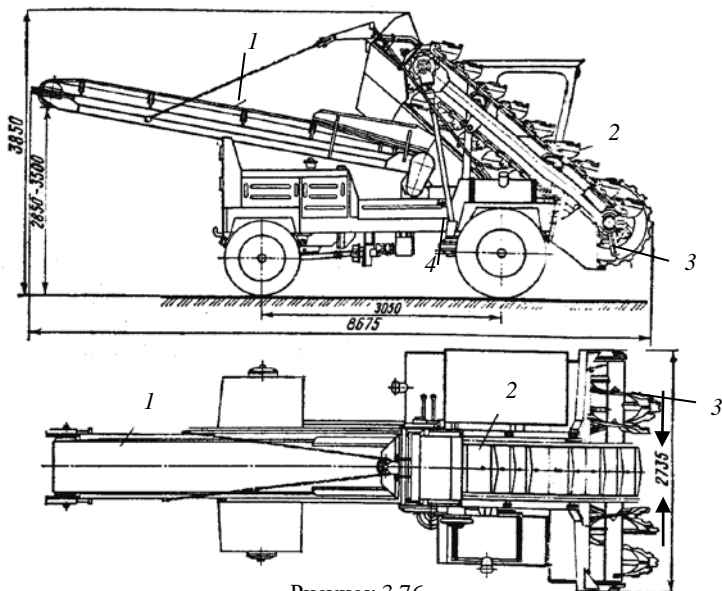


Рисунок 3.76

Для приведения в транспортное положение нижняя часть элеватора и шнеки поднимаются двумя гидроцилиндрами 4. Отвалный конвейер может поворачиваться в горизонтальной плоскости на  $\pm 72,5^\circ$ , а в вертикальной – на 3,5 м от опорной поверхности.

В движение погрузчик приводится от дизельного двигателя. Обеспечивается бесступенчатое регулирование рабочих скоростей в больших диапазонах. Производительность погрузчика составляет до  $200 \text{ м}^3/\text{ч}$ .



Погрузчики с винтовыми питателями наиболее распространены. Однако они плохо работают со слежавшимися и крупнокусковыми грузами, сильному износу подвержены подгребающие винты, ковши при работе с абразивными грузами.

Схемы винтовых питателей, определяющих производительность машины, приведены на рисунке 3.77.

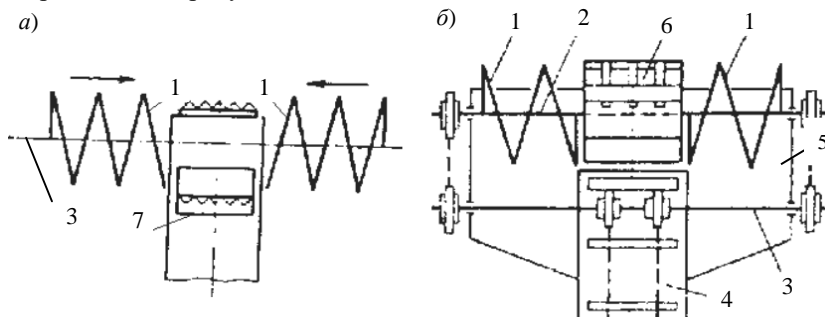


Рисунок 3.77

При использовании элеватора в качестве устройства, передающего груз на отгрузочный конвейер, применяют питатель, приведенный на рисунке 3.77, а. Здесь нижний ведомый вал 3 элеватора является одновременно и валом винтового питателя 1. На концевых частях ведомый вал несет винтовые лопасти, имеющие с одной стороны левую, а с другой – правую навивку. При работе элеватора лопасти винта подгребают груз к продольной оси погрузчика. Здесь груз захватывается ковшами 7 и перемещается вверх.

В процессе работы погрузчик по мере выработки груза наезжает на штабель. Заполнение ковшей происходит за счет зачерпывания из штабеля и подачи груза лопастями винта.

Рассмотренный питатель имеет простую конструкцию и обеспечивает значительный фронт захвата груза (2,5 м), что сокращает число смен позиций погрузчика в процессе работы. Недосток – измельчение материала, повышенный расход энергии, большая нагрузка на ковши и тяговую цепь элеватора при зачерпывании.

В погрузчиках с винтовым питателем может использоваться вместо элеватора скребковый конвейер. В этом случае схема питателя изменяется (см. рисунок 3.77, б).

Винтовые лопасти 1 монтируются на самостоятельном валу 2, расположенном параллельно ведомому валу 3 скребкового конвейера 4, с которого он получает вращение с помощью цепной передачи 5. В средней части вала винтового питателя монтируется барабан 6 с продольными лопастями. Использование этого питателя позволяет освободить скребковый конвейер от больших нагрузок по отрыву груза из штабеля.

В результате скребковый конвейер имеет более легкую и простую конструкцию.

Погрузчик (см. рисунок 3.76) может оснащаться скребковым конвейером вместо ковшового элеватора и дисковым питателем (рисунок 3.78).

Подгребающие диски 1 имеют ребра 2, которые при вращении захватывают груз и сбрасывают его на скребки 3 конвейера 4.

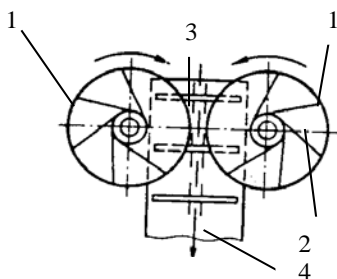


Рисунок 3.78

Роторно-ковшовые погрузчики на колесном (рисунок 3.79), гусеничном или рельсовом ходу используются для забора угля, бокситов, руды и минерально-строительных грузов и погрузки в подвижной состав.

Роторное колесо 3, смонтированное на поворотной стреле приемного конвейера 2, несет симметрично расположенные зубчатые ковши, обращенные режущей кромкой в сторону зачерпывания. Параллельно плоскости колеса расположен приемный конвейер. При вращении колеса ковши, внедряясь в штабель, заполняются грузом, а поднимаясь вверх, освобождаются от него. Высыпавшийся из ковшей груз по лотку направляется на приемный конвейер и далее на отгрузочный 1. Роторный питатель развивает большие усилия при зачерпывании. Он может работать с любым грузом и при погрузке груза из естественных пластов, надежен в работе, так как износу подвержены в основном режущие, легко заменяемые кромки ковшей.

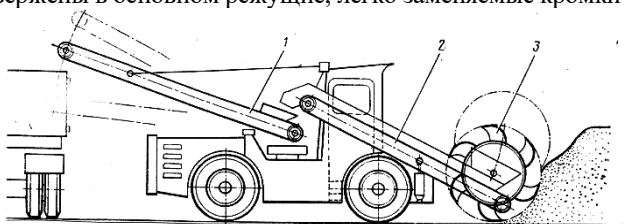


Рисунок 3.79

Стрела с отгрузочным контейнером может изменять положение в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Производительность 200–1000 м<sup>3</sup>/ч.

Производительность роторно-ковшового питателя, т/ч,

$$П = 60 \psi e n Z \gamma, \quad (3.30)$$

где  $\psi$  – коэффициент заполнения ковшей;

$e$  – вместимость ковша, м<sup>3</sup>;

$n$  – частота вращения ротора, об/мин;

$Z$  – общее число ковшей на роторе;

$\gamma$  – объемная масса груза, т/м<sup>3</sup>.

Погрузчики с конвейерно-скребковыми питателями (рисунок 3.80) широко применяются для погрузки зерновых грузов. Питатель – скребковый конвейер 4 – смонтирован на подъемной стреле 2. Во время работы конвейерная стрела 3 опускается на штабель, скребками перемещает груз по лоткам и передает его на отгрузочный ленточный конвейер 1, который может изменять положение в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Питатель может забирать груз в значительных количествах без частых передвижений, обладает высокой производительностью (до 100 т/ч), надежностью, прост в эксплуатации, имеет небольшую массу и сравнительно низкую стоимость. Производительность машины определяется производительностью скребкового конвейера.

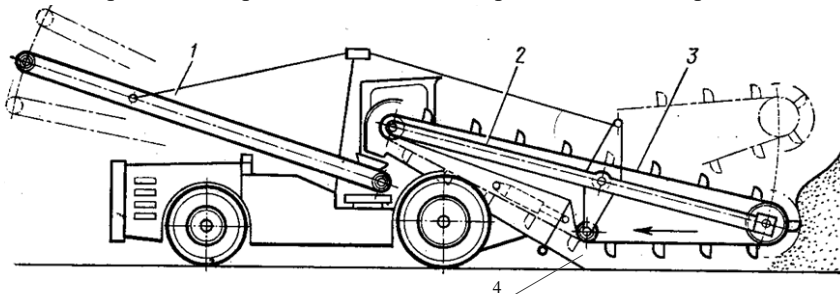


Рисунок 3.80

При погрузке мелко- и среднекусковых материалов, преимущественно малоабразивных, можно применять погрузочные машины с питателем в виде лап. Погрузчик имеет самоходные шасси (рисунок 3.81: *a* – на пневмоходу; *б* – гусеничном ходу).

Питатель 1 погрузчика работает по способу подгребания лапами 3 груза из штабеля на скребковый конвейер 2, откуда груз поступает на отвальный конвейер 4. Нижняя часть рамы конвейера и плита могут быть опущены на 100 мм ниже уровня опорной поверхности или приподняты на 700 мм (транспортное положение). Высота разгрузки груза – от 2450 до 3600 мм. Производительность достигает 450 м<sup>3</sup>/ч.

Производительность питателя с подгребающими лапами, т/ч,

$$P = 120 e_{л} n_{л} \gamma, \quad (3.31)$$

где  $e_{л}$  – объем груза, подаваемого каждой лапой за один оборот кривошипного диска, м<sup>3</sup>;

$n_{л}$  – частота вращения лапы, об/мин.

Питатель с подгребающими лапами развивает значительные усилия при зачерпывании, благодаря чему может работать на погрузке крупнокусковых и слеживающихся грузов, он отличается высокой производительностью и компактностью. К недостаткам питателя относятся: динамическая неурав-

новешенность; большое количество деталей, подверженных износу; сложность устройства и высокая стоимость.

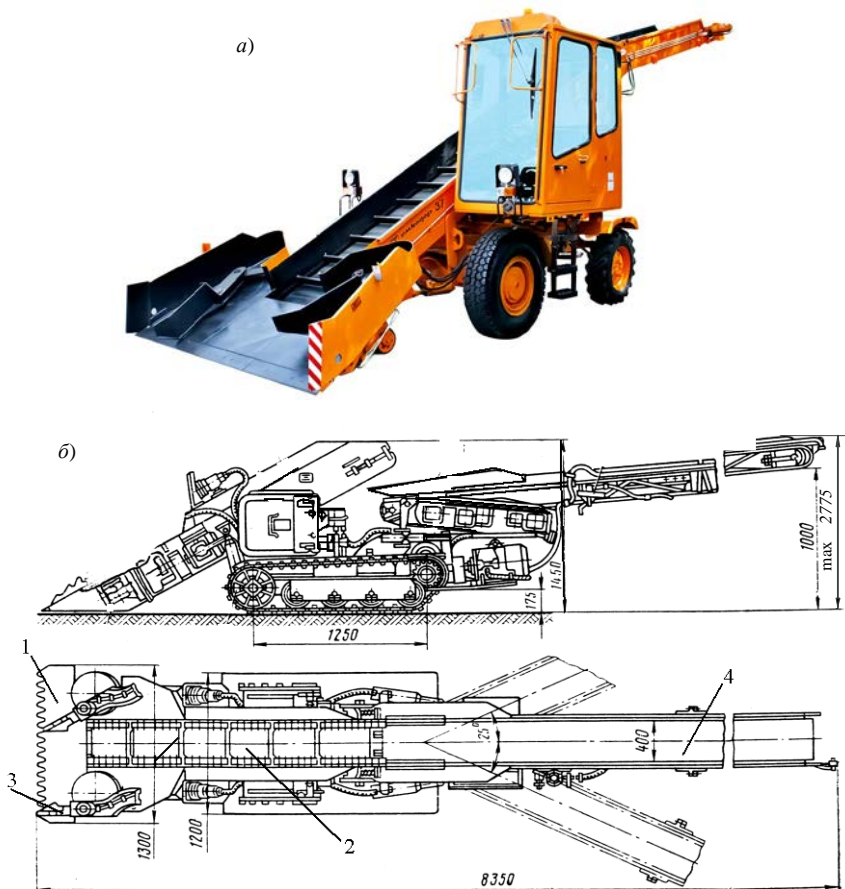


Рисунок 3.81

### 3.5 Механические разгрузчики непрерывного действия

#### 3.5.1 Назначение и классификация механических разгрузчиков непрерывного действия

Разгрузчики непрерывного действия предназначены для выгрузки из вагонов сыпучих кусковых и слеживающихся грузов. Изготавливаются самоходными на гусеничном, железнодорожном и пневмоходу. Классификация разгрузчиков приведена на рисунке 3.82.

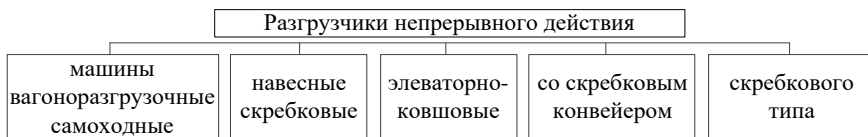


Рисунок 3.82

### 3.5.2 Устройство, принцип действия, производительность, достоинства и недостатки механических разгрузчиков непрерывного действия

Машина вагоноразгрузочная самоходная (МВС) предназначена для выгрузки из крытых вагонов слеживающихся насыпных грузов (рисунок 3.83).

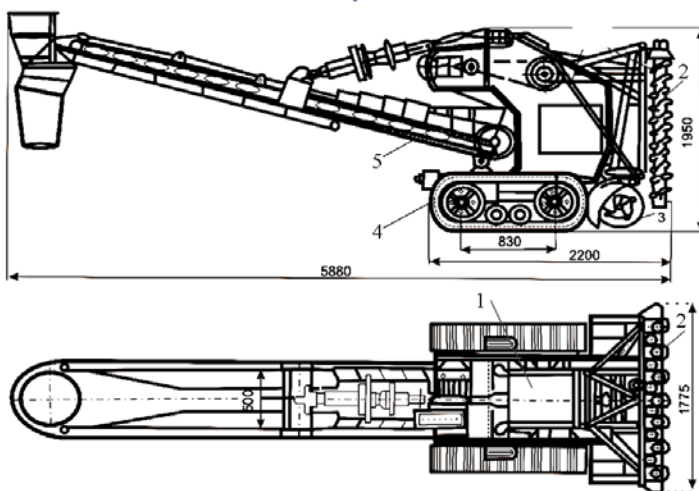


Рисунок 3.83

Машина состоит из самоходной гусеничной тележки 4, заборного ковшового элеватора 1, винтового питателя 3, вертикального многошнекового рушителя 2, отвального поворотного ленточного конвейера 5.

При выгрузке груза из крытого вагона машина заходит в него через дверной проем, проходит к боковой стенке, а затем разворачивается и от середины передвигается к торцевым стенкам вагона, разрыхляя слежавшийся груз шнековым рушителем, а винтовой питатель подгребают груз к приемному устройству ковшового элеватора. Элеватор поднимает груз и передает его на отгрузочный конвейер.

Машина имеет дистанционное управление, маневренная, обслуживают ее 2–3 человека. Техническая производительность – до 60 м<sup>3</sup>/ч, эксплуатационная – до 30 м<sup>3</sup>/ч. Машина компактна, но относительно сложна, имеет

значительную массу (3,3 т), поэтому в процессе эксплуатации часто происходят поломки пола и стенок вагона.

Аналогичной по устройству является машина МГУ (рисунок 3.84). Ее отличает горизонтальное расположение шнекового рушителя, более проста по конструкции, техническая производительность – 45 м<sup>3</sup>/ч, масса – 2,02 т.

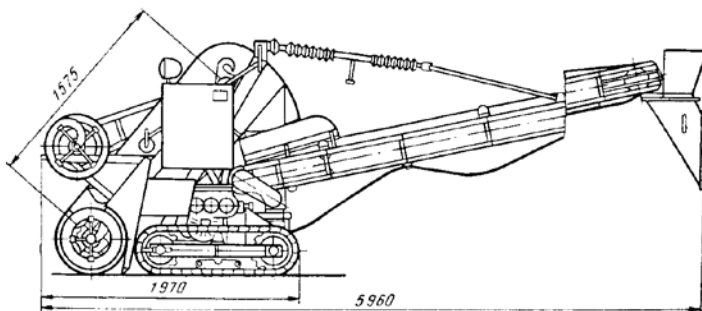


Рисунок 3.84

Навесной скребковый разгрузчик системы ХИИТ (Харьковский институт инженеров транспорта) представляет собой навесное оборудование к автопогрузчику в виде скребкового конвейера (рисунок 3.85, а).

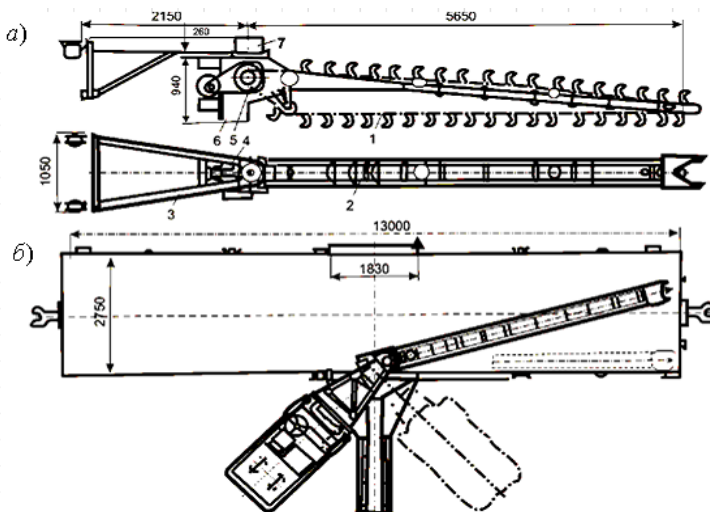


Рисунок 3.85

Разгрузочное устройство состоит из рамы 3, навешиваемой на каретку автопогрузчика, и шарнирно подвешенного к ней на вертикальном валике скребкового одноцепного конвейера 2 с нижней открытой рабочей ветвью 1, электроприводом 5. Скребковый конвейер может поворачиваться в горизон-

тальной плоскости относительно опорного устройства 7 удлинительной рамы на  $50^\circ$  в обе стороны с помощью гидроцилиндров 4. Для отбрасывания груза в сторону от оси конвейера служит перекидной клапан 6.

Схема разгрузки вагона показана на рисунке 3.85, б. Возможность разгрузки вагона только с одной стороны и необходимость переезда автопогрузчика на другую сторону вагона является его существенным недостатком. После разгрузки в вагоне остается до  $3 \text{ м}^3$  груза. Техническая производительность – до 120 т/ч, эксплуатационная – до 40 т/ч.

Разгрузчики ТР2 (С-492) и РН-350 предназначены для выгрузки сыпучих и мелкокусковых материалов с размерами частиц до 80 мм из открытого железнодорожного подвижного состава. Используются для перегрузки грузов с железнодорожного подвижного состава на автомобильный, водный транспорт и в штабеля на склад. Разгрузчики самоходные на рельсовом ходу работают по принципу зачерпывания груза ковшовыми элеваторами.

Разгрузчик ТР-2 (С-492) (рисунок 3.86) состоит из самоходного портала 1, двух ковшовых элеваторов 2 с приводом 4, передаточного реверсивного ленточного конвейера 3, отвального ленточного конвейера 7. Ковшовые элеваторы и передаточный ленточный конвейер установлены на передвижной раме 6, которая может подниматься и опускаться с помощью лебедки 5. Отвальный ленточный конвейер может устанавливаться под углом  $15\text{--}20^\circ$  к горизонту и имеет передвижной плужковый сбрасыватель для сброса материала с любого участка ленты конвейера.

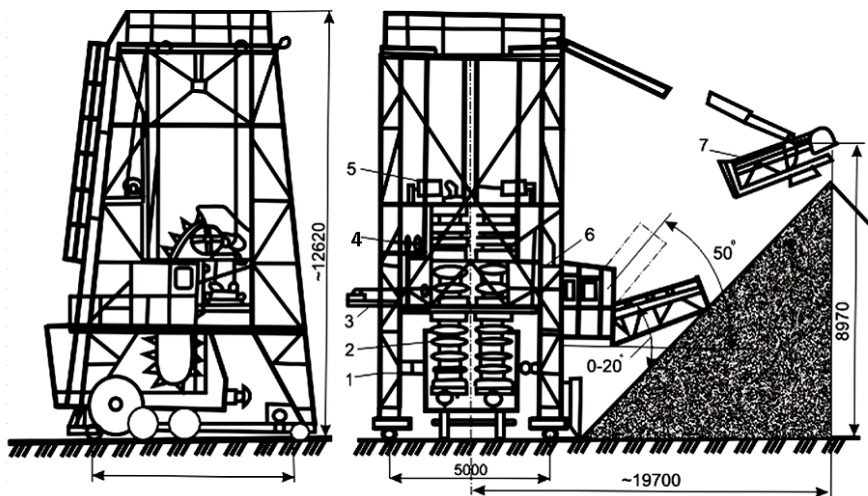


Рисунок 3.86

Машина может оборудоваться двумя отвальными ленточными конвейерами.

При разгрузке полувагона рама с ковшовыми элеваторами опускается вниз у торцевой стенки, и элеваторы, зачерпывая материал, погружаются до пола вагона (зазор 50–60 мм). После этого машина передвигается своим ходом вдоль разгружаемого вагона, производя разгрузку за один проход. Зачерпываемый материал подается элеваторами на передаточный конвейер и далее через промежуточный бункер поступает на отвальный конвейер. После выгрузки в кузове вагона остается до 6 % груза.

Техническая производительность разгрузчика – до 450 т/ч, эксплуатационная – до 300 т/ч. Машина не приспособлена для выгрузки смерзшихся и крупнокусковых грузов.

Разгрузчик РН-350 (рисунок 3.87) в отличие от С-492 выгружает сыпучие и кусковые грузы из полувагонов и платформ не за один проход, а полойно, выдавая выгружаемый материал на расстояние до 14,5 м от оси выгрузочного железнодорожного пути.

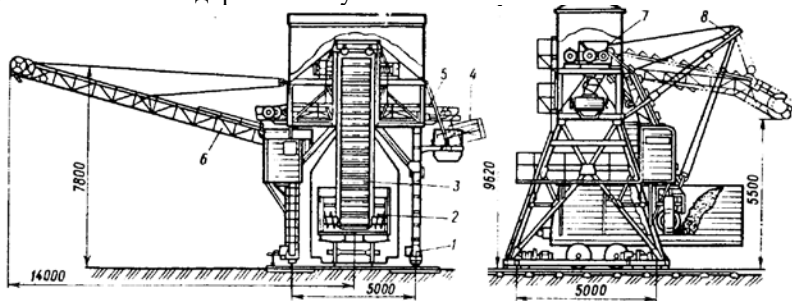


Рисунок 3.87

Разгрузчик состоит из самоходного портала 1, подгребающих шнеков 2, ковшового элеватора 3, передаточного реверсивного ленточного конвейера 5 и отвального ленточного конвейера 4 или 6. Рама элеватора шарнирно подвешена на портале машины. Для подъема и опускания зачерпывающей головки элеватора с подгребающими шнеками служат электрическая лебедка 7 и стрела 8. Ковшовый элеватор, зачерпывая материал из вагона, подает его на передаточный конвейер и далее через бункер на отвальный конвейер.

Остаток груза в вагоне после выгрузки несколько выше, чем у машины С-492.

Для разгрузки навалочных сыпучих грузов с железнодорожных платформ используются машины со скребковым конвейером (рисунок 3.88).

Состоит машина из передвижного или стационарного остова 1, подъемно-опускного скребкового конвейера 2, отгрузочного ленточного конвейера 3. Если машина стационарная, вагоны продвигаются с помощью маневровых средств. Использование передвижной машины позволяет увеличить количество штабелей груза и вместимость склада. Производительность – до 200 т/ч.

У разгрузочных машин скребкового типа рабочим органом является скребок. Такие машины применяются для выгрузки навалочных грузов с



железнодорожных платформ и по характеру работы бывают с неподвижным и подвижным скребком. При использовании неподвижного скребка перемещаются вагоны, и в зависимости от типа и положения скребка груз выгружается слева, справа или на две стороны.

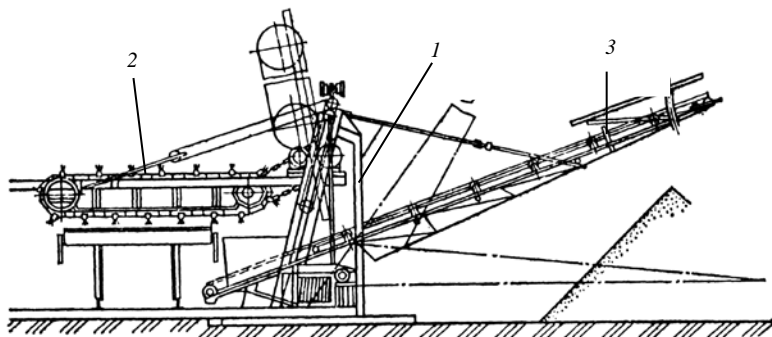


Рисунок 3.88

Для выгрузки с платформ гравия, песка, щебня используется машина с подвижным скребком Т-182А (рисунок 3.89).

Рабочим органом машины является скребок-отвал 3 на рукояти 6, совершающий возвратно-поступательные движения в горизонтальной плоскости в направлении, перпендикулярном оси пути.

Привод горизонтального перемещения 5 расположен на подъемной раме. Подъем и опускание рамы с рукоятью осуществляется приводом 7, установленным на неподвижной раме 4.

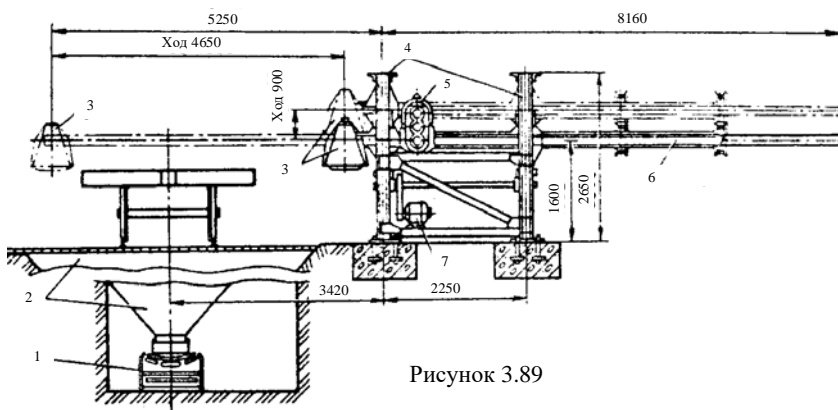


Рисунок 3.89

Машина Т-182А стационарная, поэтому в процессе разгрузки платформы перемещаются локомотивом или маневровой лебедкой со скоростью 2–3 м/мин. Скорость движения скребка – 38,5 м/мин.

Груз может сгружаться на одну или две стороны платформы в приемный бункер 2 и конвейером 1 транспортируется по назначению. Производительность Т-182А достигает 200 т/ч.

### **Контрольные вопросы**

1 Что представляют собой машины непрерывного действия, по каким признакам их классифицируют и каковы их конструктивные особенности?

2 Каковы принципы работы, достоинства и недостатки пневматических установок? Их основные элементы, принципиальные схемы.

3 Назовите конвейеры, использующие для перемещения гибкий тяговый орган.

4 Из каких основных элементов состоит ленточный конвейер?

5 Приведите принципиальную схему ленточного конвейера.

6 Из каких основных элементов состоит цепной скребковый конвейер?

7 Приведите принципиальную схему цепного скребкового конвейера с высокими скребками.

8 Приведите принципиальную схему ленточного конвейера-метателя.

9 Какие ленты используются в конвейерах?

10 Назовите конвейеры, перемещающие грузы без применения гибкого тягового органа.

11 Винтовой конвейер. Схема и принцип действия.

12 Устройство и принцип действия инерционных и вибрационных конвейеров.

13 Цепные подвесные конвейеры. Устройство, принцип действия.

14 Назовите механические погрузчики, разгрузчики непрерывного действия и их область применения.

15 Из каких элементов состоят элеваторы? Принципиальные схемы элеваторов. Область применения.

16 Формулы расчета производительности машин непрерывного действия.

## **4 МАШИНЫ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ**

### **4.1 Краны**

#### **4.1.1 Назначение и общие сведения о кранах**

Одним из наиболее распространенных средств механизации погрузочно-выгрузочных работ на промышленных предприятиях, строительных площадках, в речных и морских портах, на автомобильном и железнодорожном транспорте являются грузоподъемные краны.

Краны – универсальные грузоподъемные машины циклического действия, состоящие из остова и смонтированных на нем механизмов, при помощи которых перемещают грузы в вертикальном и горизонтальном направлениях на небольшие расстояния.

Краны применяются для погрузки, выгрузки и выполнения складских операций с грузами в пакетах, контейнерах, металлических и сборных железобетонных конструкций, сыпучих и кусковых грузов, леса.

Краны состоят из механизмов:

- подъема груза в виде лебедки в сочетании с полиспастом и устройством для захвата груза;
- передвижения, посредством которого осуществляется перемещение остова крана или какой-либо его части;
- изменения положения грузового захвата относительно остова;
- вращения поворотной части остова крана.

Каждый механизм может иметь отдельный привод или подсоединен к общему групповому приводу.

В качестве двигателя используются двигатели внутреннего сгорания (дизельные и карбюраторные) и электродвигатели (постоянного и переменного тока).

Двигатели постоянного тока обладают большой перегрузочной способностью, позволяют осуществлять рекуперацию, регулирование скорости в широких пределах и могут использоваться с большой частотой включений. Однако их применение требует наличия специальных устройств для преобразования тока. Поэтому применяются асинхронные двигатели переменного тока с инверторным управлением, обеспечивающие бесступенчатое регулирование и позволяющие осуществлять рекуперацию энергии торможения двигателем.

#### 4.1.2 Классификация кранов

Грузоподъемные краны разделяют по назначению, области применения, конструктивным признакам, эксплуатационным параметрам и другим особенностям:

- по конструктивному исполнению – краны мостового типа (мостовые, козловые), стрелового типа и краны-штабелеры;
- возможности передвижения – передвижные и стационарные;
- способу передвижения – с приводными ходовыми колесами и с неприводными ходовыми колесами;
- конструкции ходового устройства – рельсовые, пневмоколесные, гусеничные;
- способу установки – опорные (опирающиеся сверху на рельсовый крановый путь) и подвесные (прикрепленные к крановому пути снизу);
- роду привода механизмов – ручные и машинные (электрический привод, гидравлический, пневматический, двигатель внутреннего сгорания, комбинированный);
- возможности и степени поворота стрелы – полноповоротные, неполноповоротные и неповоротные;
- способу управления – управляемые из кабины, с пола, дистанционно и автоматически;
- назначению – краны общего назначения, оснащенные преимущественно крюком специального назначения.

Классификация кранов по конструктивному признаку приведена на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1

#### 4.1.3 Основные параметры кранов

Краны характеризуются следующими основными параметрами: грузоподъемностью; скоростью подъема груза, передвижения остова крана или его частей, поворота; пролетом, колесей; вылетом консолей; вылетом стрелы; высотой подъема груза; глубиной опускания; диапазоном подъема; режимами работы; массой; мощностью двигателей.

Грузоподъемностью крана называют массу номинального (максимального) рабочего груза, на подъем которого рассчитана машина.

Грузоподъемность кранов, т, принимается из номинального ряда.

Скорости движения различных механизмов выбирают в зависимости от требований технологического процесса, характера работы, типа машины и ее произ-

водительности. При малой протяженности пути перемещения высокие скорости нецелесообразны, так как механизм может не достичь значения установившейся скорости и будет работать только в пусковом и тормозном режимах.

Параметры кранов приведены на рисунке 4.2.

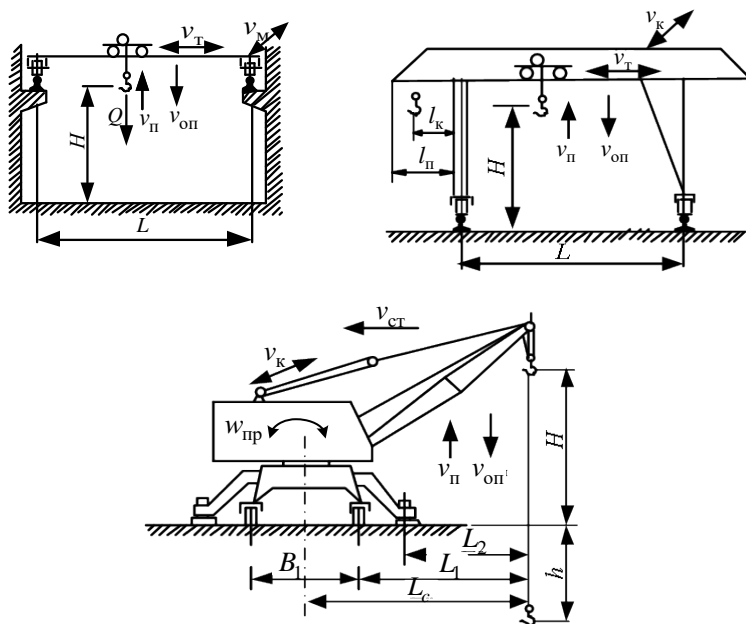


Рисунок 4.2

Пролет крана  $L$  – расстояние по горизонтали между осями рельсов кранового пути.

Колея  $B_1$  – расстояние между продольными осями, проходящими через середину опорных поверхностей ходового устройства. Возможно употребление термина «поперечная база».

Вылет консоли  $l$  – расстояние от оси опоры остова до конца консоли.

Рабочий вылет консоли  $l_k$  – расстояние от оси опоры остова до крайнего положения крюка.

Вылет стрелы  $L_c$  – расстояние по горизонтали от оси вращения крана до вертикальной линии, проходящей через точку подвеса груза.

Высота подъема  $H$  – расстояние от уровня пола до верхнего положения грузозахватного устройства.

Глубина опускания  $h$  – расстояние от уровня кранового пути до грузозахватного органа, находящегося в нижнем допустимом положении.

Диапазон подъема ( $H + h$ ) – расстояние по вертикали между верхним и нижним рабочими положениями грузозахватного органа.

Скорости: передвижения крана ( $v_k$ ); моста ( $v_m$ ); подъема ( $v_п$ ) и опускания

груза ( $v_{оп}$ ); передвижения тележки ( $v_T$ ); вращения поворотной части крана ( $w_{пр}$ ) изменения вылета стрелы ( $v_{ст}$ ).

Краны характеризуются работой при повторно-кратковременных включениях, при котором грузозахватное устройство и груз совершают периодические возвратно-поступательные движения, а механизмы последовательно изменяют направление движения. Так, работа механизма подъема состоит из процессов подъема и опускания груза, подъема и опускания грузозахватного устройства без груза, а работа механизмов поворота и передвижения – из движений в одну и другую сторону с грузом и без него. Каждый цикл характеризуется чередованием периодов работы и технологических пауз.

В периоды пауз приводы не включены и механизмы не работают. Это время используется для загрузки и разгрузки грузозахватного устройства и для подготовки проведения следующего процесса работы механизма.

Каждый процесс движения можно разделить на период неустановившегося движения, в течение которого происходит разгон (период пуска) или замедление (период торможения) поступательно движущихся и вращающихся масс груза и механизма, а также на период движения с постоянной скоростью (период установившегося движения).

Время разгона и ускорения движения кранов и крановых тележек можно определить из таблицы 4.1.

Таблица 4.1

Кран	Назначение	Условия использования	Механизм	Наибольшее время разгона, с	Расчетное ускорение, м/с <sup>2</sup>
Мостовой	Общего назначения 3К 5К	В помещении	Мост	5	0,20
				5	0,30
	Грейферный 7К–8К	В помещении	Мост Тележка	6	0,35
				3	0,30
Козловой	Общего назначения 3К–5К	На открытом воздухе	Мост Тележка	6	0,20
				3	0,25
	Контейнерный 5К–7К	На открытом воздухе	Мост Тележка	6	0,20
				3	0,30
Кран-штабелер	6К, 7К	В помещении	Мост	6	0,3

Продолжительность цикла работы механизма крана складывается из времени пуска  $\Sigma t_{п}$ , времени движения с установившейся скоростью  $\Sigma t_y$ , времени торможения  $\Sigma t_T$  и времени пауз  $\Sigma t_0$ :

$$t_{ц} = \Sigma t_{п} + \Sigma t_y + \Sigma t_T + \Sigma t_0. \quad (4.1)$$

Отношение времени работы механизма в течение цикла  $t_b$  к продолжительности цикла  $t_{ц}$  характеризует интенсивность использования механизма. Это отношение называют относительной продолжительностью включения

$$ПВ = \frac{t_{в}}{t_{ц}} \cdot 100 \% . \quad (4.2)$$

Номинальные мощности в каталогах приводятся для ПВ = 15; 25; 40; 60 %.

В зависимости от условий использования краны разделяют на восемь групп режима работы. Режим работы определяется в зависимости от класса использования и класса нагружения.

Класс использования крана (таблица 4.2), отражающий интенсивность использования крана при эксплуатации, характеризуется числом циклов работы, которое кран должен совершить за срок службы.

Таблица 4.2

Класс использования	Общее число циклов крана за срок его службы
C 0	До $1,6 \cdot 10^4$
C 1	От $1,6 \cdot 10^4$ до $3,2 \cdot 10^4$
C 2	» $3,2 \cdot 10^4$ » $6,3 \cdot 10^4$
C 3	» $6,3 \cdot 10^4$ » $1,25 \cdot 10^5$
C 4	» $1,25 \cdot 10^5$ » $2,5 \cdot 10^5$
C 5	» $2,5 \cdot 10^5$ » $5,0 \cdot 10^5$
C 6	» $5,0 \cdot 10^5$ » $1,0 \cdot 10^6$
C 7	» $1,0 \cdot 10^6$ » $2,0 \cdot 10^6$
C 8	» $2,0 \cdot 10^6$ » $4,0 \cdot 10^6$
C 9	Более $4,0 \cdot 10^6$

Цикл работы крана включает перемещение грузозахватного устройства к грузу, подъем и перемещение груза, освобождение грузозахватного устройства и возвращение его в исходное положение.

Класс нагружения крана определяется распределением массы перемещаемых краном грузов относительно номинальной грузоподъемности  $Q_{ном}$  крана за срок его службы. Масса грузозахватного устройства включается в значение массы перемещаемого краном груза. Класс нагружения характеризуется коэффициентом нагружения, отражающим влияние нагружения на выносливость элементов конструкции.

Коэффициент нагружения

$$K_p = \sum \frac{N_i}{N_T} \left( \frac{Q_i}{Q_{ном}} \right)^3, \quad (4.3)$$

где  $N_i$  – число циклов работы крана за срок его службы с грузом массой  $Q_i$ ;

$N_T = \sum N_i$  – общее число циклов работы крана за срок его службы.

Характеристика классов нагружения кранов в зависимости от коэффициента нагружения приведена в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Класс нагружения		$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$
Коэффициент нагружения $K_p$	Более	0,063	0,125	0,250	0,500
	До	0,125	0,250	0,500	1,000

В тех случаях, когда трудно подсчитать число циклов, для определения классов использования можно воспользоваться ориентировочными данными из таблицы 4.4.

Таблица 4.4

Класс использования	Качественная характеристика работы крана	Срок службы, год
C 0	Редкая (эпизодическая)	–
C 1	Редкая в одну смену	–
C 2	Относительно регулярная в одну смену	15
C 3	Относительно регулярная в одну смену	20
C 4	Малоинтенсивная в одну смену	20
C 5	Малоинтенсивная в две смены	20
C 6	Среднеинтенсивная в две смены	20
C 7	Интенсивная в две смены или среднеинтенсивная в три смены	20
C 8	Интенсивная в три смены	30
C 9	Весьма интенсивная в три смены	30

Когда отсутствуют исходные данные для расчета  $K_p$ , класс нагружения определяют по данным, приведенным в таблице 4.5 [13].

Таблица 4.5

Класс нагружения	Качественная характеристика классов нагружения кранов
Q 1	Работа с грузами массой, преимущественно меньшей номинальной, средней и редко номинальной
Q 2	Работа с грузами массой, близкой к средней, и реже – номинальной
Q 3	Работа с грузами массой выше средней (в основном близкой к номинальной)
Q 4	Постоянная работа с грузами массой, близкой к номинальной

Группу режима работы кранов в зависимости от класса использования и класса нагружения определяют по данным таблицы 4.6 [13].

Таблица 4.6

Класс нагружения	Класс использования									
	C 0	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9
Q 1	–	1	1 К	2 К	3 К	4 К	5 К	6 К	7 К	8 К
Q 2	1 К	1 К	2 К	3 К	4 К	5 К	6 К	7 К	8 К	–
Q 3	1 К	2 К	3 К	4 К	5 К	6 К	7 К	8 К	–	–
Q 4	2 К	3 К	4 К	5 К	6 К	7 К	8 К	–	–	–

При транспортировании грузов, нагретых до температуры более 300 °С, расплавленного металла, шлака, ядовитых и взрывчатых веществ и других опасных грузов, группу режима работы крана принимают не менее 6 К; исключение составляют самоходные стреловые краны, группа режима работы которых для транспортирования указанных грузов должна быть 3 К.



#### 4.1.4 Сферы применения кранов

Краны мостового типа нецелесообразно применять при нерегулярной работе и ограниченной интенсивности, а также тогда, когда по планировочным условиям возможно использование напольных грузоподъемных средств (преимущественно на открытых площадках), на складах штучных и тарных грузов в случае возможности использования кранов штабелеров.

Применение козловых кранов допускается в следующих случаях: при невозможности или экономической нецелесообразности выполнения перегрузочных работ с помощью напольных средств механизации (погрузчиков, стреловых кранов и др.), например, вследствие необходимости увеличения площади складов при установке крановых путей, невозможности обеспечения требуемой производительности, при возможной организации движения без пересечения крановых путей рельсовыми или безрельсовыми транспортными средствами.

Установка мостовых кранов на эстакадах открытых площадок допускается в следующих случаях: при отсутствии козловых кранов необходимой грузоподъемности и группы режима; при наличии стесненных условий для регулярного движения наземных транспортных средств с пересечением крановых путей.

Мостовые краны следует устанавливать внутри здания тогда, когда невозможно использование менее дорогостоящего и не требующего увеличения размеров и стоимости строительной части здания грузоподъемных средств, например, талей, переставных кранов и др.

При установке мостовых кранов внутри здания должны быть учтены следующие факторы:

- при ограниченной работе и средней интенсивности (группы режима крана 1К–3К), массе грузов 1–5 т и пролетах крана до 35 м следует устанавливать *подвесные электрические краны*;

- применение *опорных однобалочных кранов* группы режима 1К–3К и грузоподъемностью 1–5 т допускается только в тех случаях, когда установка подвесных кранов невозможна или связана со значительным повышением стоимости здания, а также при необходимости управления краном из кабины;

- применение *двухбалочных электрических кранов* всех групп режима и грузоподъемности 1–5 т допускается только при выполнении установочных операций на пониженных скоростях и отсутствии однобалочных кранов с соответствующими скоростными характеристиками, а также при ограничении высоты крана;

- *ручные краны* следует применять при эпизодически проводящихся монтажных и ремонтных работах, невозможности подвода электропитания и обеспечения беспрепятственного доступа к цепям привода кранов.

При выборе системы управления краном необходимо руководствоваться следующим:

- дистанционное управление с помощью подвесного кнопочного пульта следует принять при скоростях передвижения кранов до 0,83 м/с, возмож-

ности беспрепятственного и безопасного перемещения оператора и крана, отсутствии повышенных требований к точности установки груза;

– дистанционное управление с проводным или радиоканалом следует применять для кранов всех групп режима, а также при невозможности обеспечения необходимых условий комфортности работы оператора или при нахождении оператора в непосредственной близости от груза;

– в случаях, не указанных выше, допускается применять управление из кабины, расположенной на мосту крана.

Рекомендуется избегать применения кранов с механизмами главного и вспомогательного подъема; такие краны следует устанавливать только при необходимости использования механизма вспомогательного подъема для технологических операций, например, для кантования грузов; использования механизма главного подъема только для эпизодической работы (монтажные, ремонтные и другие операции).

#### 4.1.5 Мостовые краны

**Назначение и классификация мостовых кранов.** Мостовым краном называется подъемно-транспортная машина, передвигающаяся по рельсовому пути на определенной высоте от пола и способная перемещать грузы в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Кран обслуживает площадь прямоугольной формы и не занимает ее полезную площадь. Используется на открытых площадках и в крытых складах для погрузки, выгрузки грузов из транспортных средств и для внутрискладского перемещения грузов.

Схема классификации мостовых кранов приведена на рисунке 4.3.

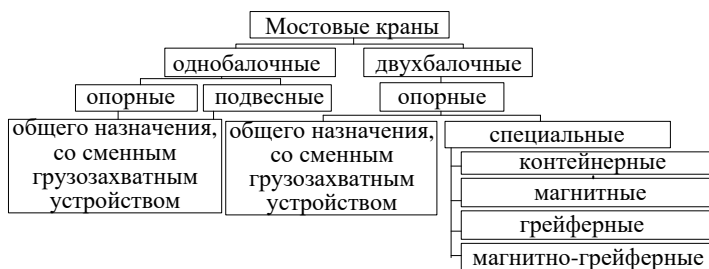


Рисунок 4.3

Мостовые краны состоят из двух основных узлов: моста, крановой тележки или тали, передвигающейся по мосту.

В зависимости от конструкции моста краны подразделяются на *однобалочные* и *двухбалочные*. Однобалочный мост состоит из главной балки, соединенной с двумя концевыми балками. Двухбалочный имеет две главные балки, соединенные с двумя концевыми балками.

По способу опирания на крановый путь различают мостовые краны *опорные* и *подвесные*. У опорного ходовые колеса перемещаются по рельсам,

уложенным на балках эстакады или на колоннах, кронштейнах, выступающих в стенах здания. У подвесных кранов ходовые колеса опираются на нижние полки двутавровых балок, подвешенных к потолочным конструкциям.

В зависимости от назначения мостовые краны подразделяются на *общего назначения* (используется в основном грузовой крюк) и *специальные* (грейферные, магнитные, контейнерные).

**Устройство, принципиальные схемы, принцип действия, основные параметры мостовых кранов.**

*Однобалочные мостовые краны (кран-балки)* применяют при небольших пролетах (5–17 м) малой грузоподъемности (1–5 т) и легких условиях работы. Мост крана – двутавровая балка, по которой перемещается таль (электрическая или ручная). Для придания жесткости при малых пролетах устраивают ферму в горизонтальной плоскости, а при больших пролетах – устраивается ферма и в вертикальной плоскости. Двутавровая балка соединена с двумя концевыми балками, на которых расположены ходовые колеса.

Для повышения жесткости концевые балки соединяются с мостом подкосами (при пролетах 7–9 м).

Схема мостового однобалочного опорного крана приведена на рисунке 4.4.

Кран представляет собой двутавровую ездовую балку 1, которая опирается на поперечные концевые балки 4. В качестве подъемного механизма и перемещения вдоль балки служит электроталь (тельфер) 3 или ручная таль. Ходовые колеса концевых балок приводятся в движение от общего вала, центрального привода, если пролет до 11 м, или имеют отдельные приводы при больших пролетах. Управление кранами может осуществляться из кабины 2 или дистанционно.

Тельфер (рисунок 4.5) состоит из самоходной тележки 1, передвигающейся по ездовой двутавровой балке, и электротали 5, служащей грузоподъемным механизмом. Тележка имеет самостоятельный привод. Электродвигатель 2 вращает барабан 3, на который наматываются две ветви канатов с облойкой и грузозахватным крюком 4. Механизм передвижения тельфера оборудован тормозом. Управление работой двигателей осуществляется с пульта 6.

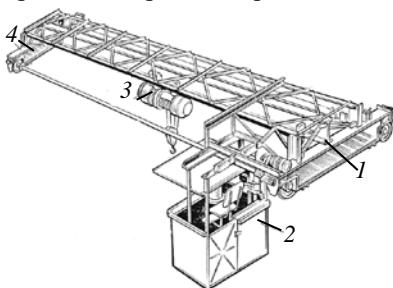


Рисунок 4.4

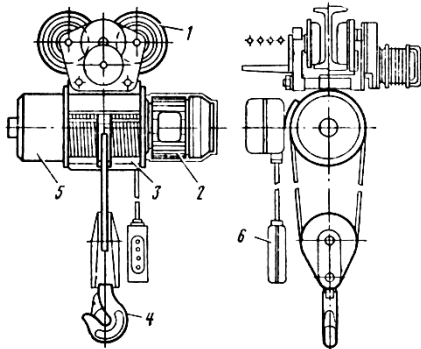


Рисунок 4.5

Соотношение между длиной базы крана  $K$  и пролетом крана  $L_k$

$$K = L_k (1/6 \dots 1/5). \quad (4.4)$$

Мостовые опорные однобалочные краны имеют следующие значения параметров:

- грузоподъемность, т – 1–5;
- пролет, м – 4,5–28,5;
- высота подъема, м – 6, 12, 18;
- скорость, м/с:
  - подъема груза – 0,13;
  - передвижения тали – 0,33 и 0,53;
  - передвижения крана – 0,4 и 0,63 (управление с пола),  
– 0,63 и 1,0 (управление из кабины).

Для кранов, управляемых с пола, масса ниже на 10–25 %.

*Однобалочный подвесной кран* (рисунок 4.6) представляет собой конструкцию, у которой ездовая балка 1 с тельфером 2 укреплена к ходовым кареткам 3, передвигающимся по двутавровым путям 4, прикрепленным к строительным фермам или балкам перекрытия. Кран характеризуется пролетом ( $L_{п} = 4,5 \dots 28,5$ ), вылетом консоли  $l$ , длиной базы.

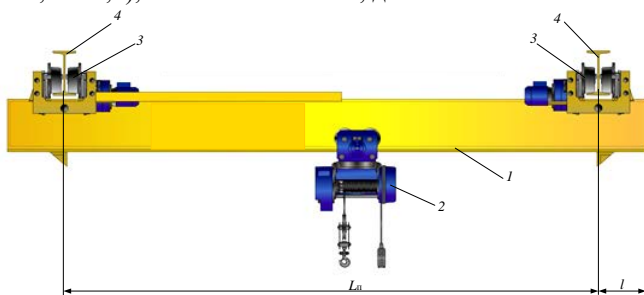


Рисунок 4.6

У подвесных однобалочных кранов длины консолей принимают кратными 0,3 м в пределах 0,3–1,5 м, высота подъема – 6–32 м, скорость подъема – 0,125 и 0,130 м/с, передвижения тали – 0,33 и 0,40 м/с, передвижения крана – 0,5 м/с. Изготавливаются одно-, двух- и многопролетными.

Длина крана: однопролетного – от 3,6 до 18 м, двухпролетного – от 16,2 до 27 м и многопролетного может достигать 100 м.

Схема трехпролетного крана приведена на рисунке 4.7.

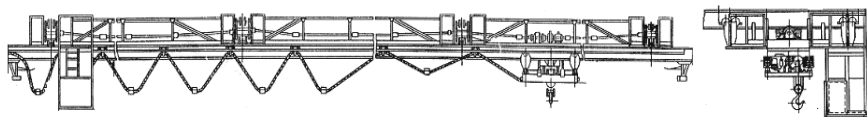


Рисунок 4.7

Применение подвесных кранов позволяет осуществить передачу грузов из одного пролета в другой пролет склада или на консоли при выдаче груза с крытого склада или приема в склад. Это достигается путем стыкования несущих балок двух подвесных кранов, расположенных в соседних пролетах, или путем стыкования несущей балки крана с балкой консоли.

Ручные подвесные краны, как правило, комплектуются червячными или шестеренчатыми ручными талями.

Однобалочные мостовые краны отличаются меньшей металлоемкостью, особенно при больших пролетах (25–30 м). Используются при ограниченной интенсивности использования. Группа режима работы 1К–3К.

*Мостовые двухбалочные опорные краны общего назначения* имеют электрический привод, грузоподъемность 5–50 т, скорость подъема груза 0,05–0,32 м/с, скорость передвижения тележки 0,32–0,63 м/с, скорость передвижения крана 0,40–2,50 м/с, высоту подъема 8–16 м, пролет 7,5–34,5 м, группы режима работы 3К–7К.

На рисунке 4.8 приведена схема двухбалочного мостового крана опорного типа с основным и вспомогательным механизмами подъема груза.

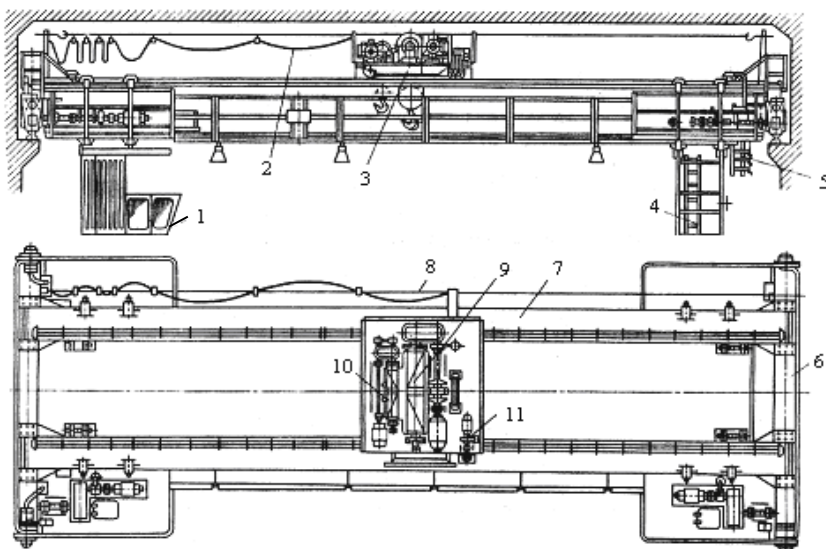


Рисунок 4.8

Мост крана состоит из двух главных 7 и двух концевых 6 балок. Мост опирается ходовыми колесами на рельсы. По рельсам, уложенным на главных балках, передвигается грузоподъемная тележка 3 опорного типа, оснащенная основным 9 и вспомогательным 10 механизмами подъема. Тележка самоходная и приводится в движение от электропривода 11. К мосту крана

прикреплена кабина управления 1. Электроэнергия к электродвигателям подается с помощью токоведущих шин (троллеев) 5. Для осмотра троллеев имеется кабина 4. Электроэнергия от троллеев к электродвигателям подается с помощью гибкого кабеля 2, подвешенного к канату 8.

Главный и вспомогательные механизмы подъема имеют краны с грузоподъемностью свыше 10 т, что позволяет поднимать тяжелые грузы главным механизмом подъема с меньшей скоростью, а менее тяжелые – с большей скоростью – вспомогательным. Грузозахватные приспособления выбираются в зависимости от массы, формы груза, типа тары.

*Специальные мостовые краны* имеют двухбалочный мост, опорную грузовую тележку. Их изготавливают на базе крюковых мостовых кранов.

К особенностям специальных кранов, отличающих их от кранов общего назначения, можно отнести следующие: большее число механизмов, а следовательно, возможность выполнения значительного числа рабочих движений (4–7); ограниченное применение в зависимости от вида перемещаемого груза и технологического процесса, оснащение специальными грузозахватными устройствами, лебедками и другими механизмами.

*Контейнерные краны* оснащаются специальными грузозахватными устройствами, обеспечивающими автоматический захват за римы и фитинги контейнеров и освобождение. Грузовые тележки оборудуются поворотными платформами, позволяющими производить поворот контейнера в горизонтальной плоскости.

*Магнитные краны* предназначены для подъема и транспортирования ферромагнитных материалов. Эти краны снабжены грузовыми электромагнитами, подвешенными на крюковой подвеске или траверсе. Отличается от мостовых кранов общего назначения более тяжелой конструкцией и наличием оборудования, необходимого для работы электромагнита (размещается на мосту крана). Механизмы передвижения этих кранов и их тележек не имеют отличий по сравнению с механизмами мостовых кранов общего назначения.

*Грейферные краны* предназначены для подъема и транспортирования сыпучих и кусковых материалов. В качестве грузозахватного устройства эти краны имеют грейферы различного исполнения.

Грейферные краны имеют грейферную лебедку с двумя барабанами, один из которых предназначен для наматывания замыкающего каната при закрытии челюстей грейфера (замыкающий), а другой – для наматывания поддерживающего каната (подъемный). Подъемный барабан работает совместно с замыкающим при подъеме и опускании грейфера.

*Магнитно-грейферные краны* предназначены для перегрузки ферромагнитных, а также сыпучих и кусковых грузов. Для захвата ферромагнитных грузов используется ферромагнит, а для сыпучих и кусковых – двухчелюстной грейфер. В зависимости от назначения их выполняют с двумя тележками: магнитной и грейферной или с одной тележкой, оборудованной магнитной и грейферной лебедками.

В качестве магнитно-грейферных кранов могут быть использованы мостовые краны общего назначения тяжелого режима работы.

К недостаткам мостовых кранов относится значительная стоимость эстакады, устанавливаемой вдоль всей площадки, на которой выполняются погрузочно-разгрузочные операции.

Масса двухбалочных кранов выше массы однобалочных кранов, однако двухбалочные имеют следующие достоинства:

- используется устойчивая двухрельсовая тележка, позволяющая монтировать на нее разнообразное рабочее оборудование;
- строительная высота минимальна и равна высоте механизма подъема;
- меньше подходы грузового крюка;
- более надежна работа механизма передвижения тележки;
- более удобное обслуживание механизма подъема груза;
- благодаря жесткой в горизонтальной плоскости конструкции моста краны могут иметь скорость передвижения 1,5–2 м/с и более.

#### 4.1.6 Козловые краны

**Назначение и классификация козловых кранов.** Козловые краны представляют собой разновидность мостовых кранов. Их отличие состоит в том, что мост крана устанавливается на высоких опорах-ногах, присоединяемых к мосту жестко или шарнирно. Каждая опора состоит из двух стоек, нижними концами закрепленных на ходовых балках крана, снабженных ходовыми тележками. Такое устройство исключает необходимость в сооружении эстакад, подкрановые пути укладываются на уровне земли. Этим объясняется преимущественное распространение козловых кранов на открытых складах.

Козловые краны получили широкое применение на перегрузке контейнеров, тяжеловесов, металла, лесных и строительных материалов, навалочных грузов и др.

В козловых кранах, так же, как и в мостовых, реализуются три самостоятельные операции: подъем-опускание груза на требуемую высоту, перемещение груза по мосту крана поперек обслуживаемой площадки и перемещение груза краном вдоль обслуживаемой площадки. Выполнение этих операций позволяет перемещать грузы в любые точки склада прямоугольной формы.

В козловых кранах в качестве привода используются в основном электродвигатели. Грузоподъемные устройства монтируются на тележках, аналогичных мостовым кранам, или используются электротельферы.

В качестве грузозахватных устройств используются крюки, электромагниты, грейферы, автостропы и другие устройства.

Козловые краны эксплуатируют на открытых складах, обслуживаемых средствами наземного рельсового и безрельсового транспорта. Грузоподъ-

емность кранов – 3,2–50 т, пролеты – 10–40 м, высота подъема груза – 7–16 м, скорость подъема – 5–10 м/мин, передвижения тележки – 20–40 м/мин, передвижения крана – 20–60 м/мин.

Козловые краны предназначены для перегрузки штучных и сыпучих грузов на складах, в портах, на железнодорожных станциях. По количеству балок моста краны бывают однобалочные и двухбалочные. В зависимости от взаимного расположения моста и его опор различают краны бесконсольные, одно- и двухконсольные. При одной и той же длине мост двухконсольного крана значительно легче, чем мост крана бесконсольного, за счет меньшего расстояния между опорами пролета крана.

Классификация козловых кранов в зависимости от количества балок приведена на рисунке 4.9.

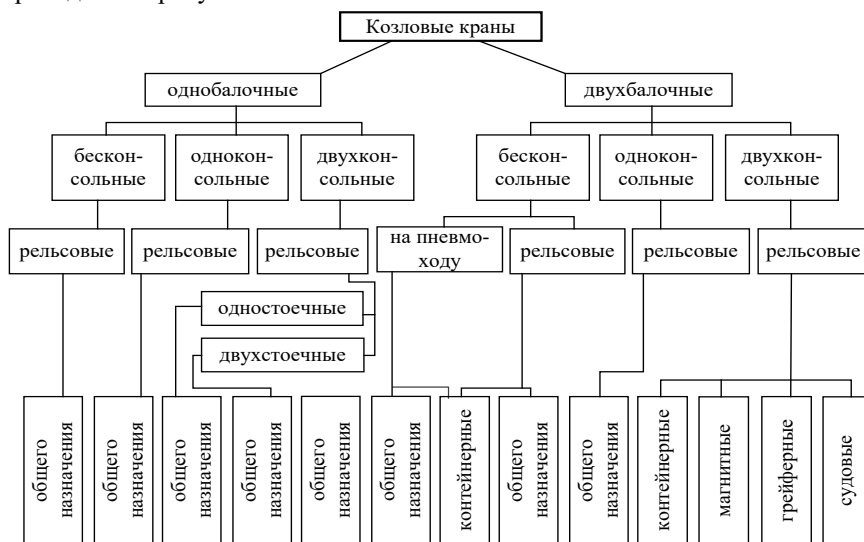


Рисунок 4.9

Простота конструкции, управления и обслуживания, относительно низкая стоимость изготовления кранов и их эксплуатации обусловили их широкое внедрение. Затраты на эксплуатацию козловых кранов незначительно превышают те же затраты на эксплуатацию мостовых кранов с аналогичными параметрами. К недостаткам кранов следует отнести малую высоту подъема груза (в сравнении со стреловыми кранами), ограниченную площадь рабочей зоны.

**Устройство, принципиальные схемы, принцип действия, основные параметры козловых кранов.**

К основным параметрам козловых кранов относятся: грузоподъемность, пролет, вылеты консолей, рабочие вылеты консолей, высота подъема захватного органа над уровнем головок подкрановых рельсов, скорости рабо-



чих движений, расстояние от грузовой подвески до передней грани опорной стойки.

Для устойчивого передвижения кранов по крановым путям должно быть обеспечено определенное (обычно 1:5–1:7) отношение пролета к колесной базе. Ширина ходовых тележек и нижних частей крана определяет возможные пределы приближения к подкрановым путям штабелей груза, транспортных средств, сооружений и наземного оборудования. Имеет значение также и уровень расположения выступающих элементов ходовой части.

При производстве погрузочно-разгрузочных работ применяют бесконсольный кран, схема которого приведена на рисунке 4.10.

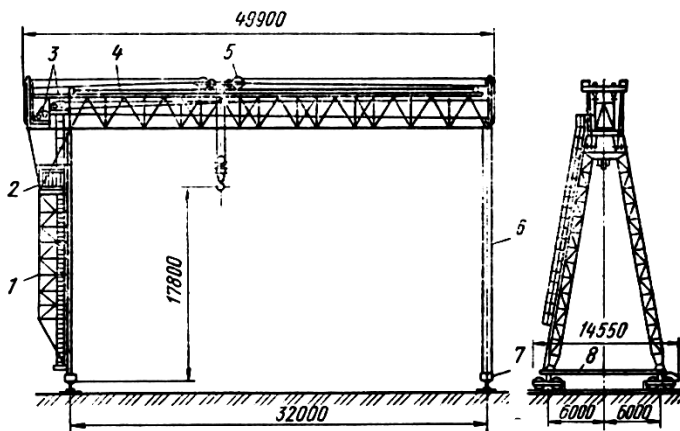


Рисунок 4.10

Козловой бесконсольный кран состоит из моста 4 балочной или решетчатой конструкции, опертого на две пары стоек 1 и 6. По мосту крана передвигается грузовая тележка 5. Краны грузоподъемностью до 5 т обычно имеют мост в форме двутавра, по которому передвигается электроталь. Козловые краны различают по виду соединения моста со стойками: жесткое или шарнирное. При больших пролетах козлового крана одну пару стоек соединяют с мостом жестко (стойки 1), а другую – шарнирно, что исключает опасность возникновения значительных напряжений в металлоконструкции крана при воздействии переменных температур или отклонения размера колеи кранового пути от номинального значения.

Стойки крана опираются на четыре ходовые тележки 7. Две ходовые тележки (по одной с каждой стороны крана) – приводные для передвижения крана вдоль рельсового пути. Для обеспечения устойчивости крана стойки попарно (в плоскости движения крана) связаны жесткими тягами 8. Кабину управления 2 обычно размещают на стойке крана, жестко связанной с мостом. На специальной платформе над этой стойкой размещают механизмы

подъема груза и передвижения грузовой тележки 3, если они не установлены на раме самой тележки. Для обслуживания металлоконструкций и механизмов грузоподъемных кранов устанавливают лестницы и ограждения.

Устройство однобалочного одноконсольного козлового крана – аналогично приведенному на рисунке 4.10 бесконсольному с отличием в том, что имеется одна консоль (рисунок 4.11).

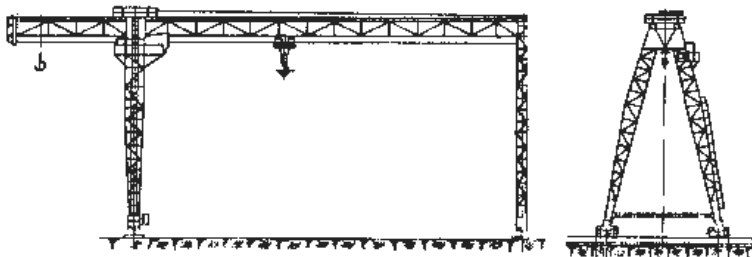


Рисунок 4.11

Схема однобалочного двухконсольного крана приведена на рисунке 4.12. Кран оборудован монорельсовой тележкой, перемещающейся с помощью тягового каната. Лебедки механизмов подъема груза и перемещения тележки смонтированы на мосту над жесткой опорой. В грейферном исполнении кран оборудуется дополнительной лебедкой для замыкания и размыкания челюстей грейфера. Устанавливается лебедка на мосту крана.

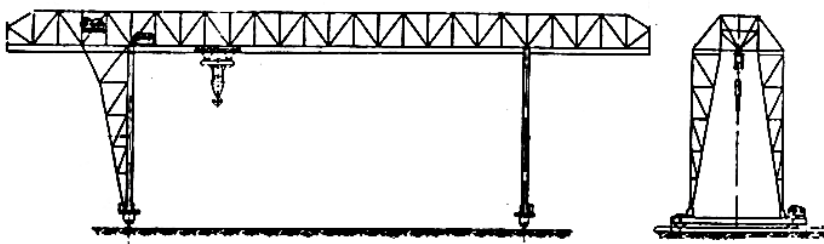


Рисунок 4.12

Электротали применяются в козловых кранах легкого и среднего режимов работы и соответствующей грузоподъемности. Однако следует иметь в виду, что технические характеристики и эксплуатационные качества электроталей не полностью удовлетворяют условиям работы на козловых кранах. Тали недостаточно защищены от атмосферных осадков, поэтому на мосту крана следует предусматривать специальный стояночный участок, оборудованный щитом, предотвращающим попадание осадков на корпус электротали.

Серийно выпускаемые тали имеют одну скорость подъема груза (0,13 м/с) и передвижения (0,33 м/с), что не всегда удовлетворяет условиям работы. Отсутствует тормоз механизма передвижения. Это резко снижает

точность установки тали и не гарантирует ее от самопроизвольного перемещения вдоль моста при действии случайных нагрузок. Крюковая обойма, подвешенная на двух ветвях, слабо сопротивляется закручиванию, неизбежному при навеске на крюк поворотного захватного органа.

Козловые краны однобалочные с одностоечными 1 опорами (рисунок 4.13) имеют мост 2 прямоугольной коробчатой конструкции, по которому перемещается консольная крановая тележка опорного типа 3. Для транспортировки и перегрузки длинномерных и крупногабаритных грузов используют одновременно два таких крана. Это позволяет развернуть длинномерные грузы на 90° около стоек опор. Такие краны могут обслуживать пересекающиеся подкрановые пути, конвейеры. По сравнению с двухстоечными козловыми кранами, одностоечные имеют повышенную на 10–15 % металлоемкость, сложны в изготовлении и монтаже.

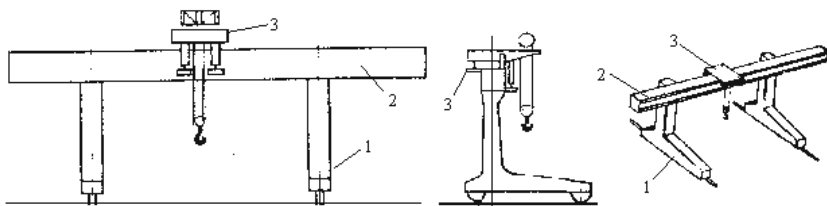


Рисунок 4.13

Для повышения мобильности козловые краны изготавливают на пневмоколесном ходу (рисунок 4.14).

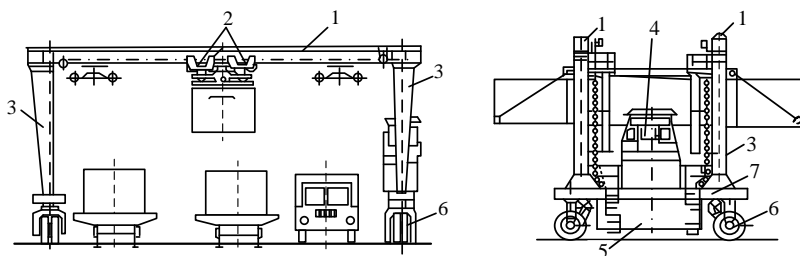


Рисунок 4.14

Кран состоит из двух мостов 1, опирающихся на четыре опоры 3, соединенные сварными поперечными балками 7. Они, в свою очередь, опираются на две тележки со спаренными колесами на пневмошинах 6, которые могут поворачиваться на 90°, что обеспечивает передвижение крана вдоль и поперек площадки. На одной из поперечных балок расположена дизель-генераторная установка 5 и кабина оператора 4. Каждый мост крана имеет механизм подъема, смонтированный на двух тележках передвижения 2,

оборудованных электроприводом. Механизмы могут работать независимо или синхронно. Грузоподъемность – до 40 т. Рабочие скорости передвижения крана, тележки, подъема груза значительно ниже, чем у козловых кранов на рельсовом ходу.

Схема козлового двухбалочного двухконсольного крана приведена на рисунке 4.15.

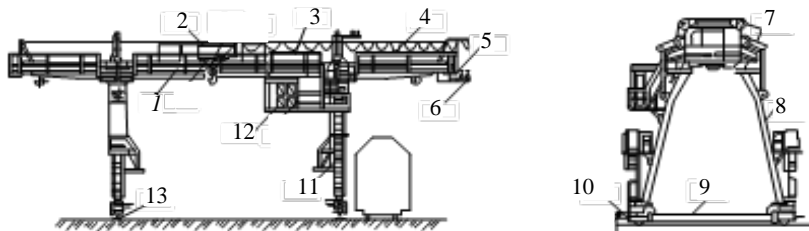


Рисунок 4.15

Кран состоит из двухбалочного моста 1, шарнирно смонтированного на двух опорах. На верхних поясах главных балок уложены рельсы, по которым перемещается грузовая тележка 2. Токосвод к ее исполнительным механизмам осуществляется посредством гибкого кабеля 4, скользящего на шторной подвеске по натянутой вдоль моста струне. Каждая опора состоит из двух стоек 8, шарнирно связанных с мостом. Стойки опор соединены друг с другом внизу стяжками 9, а вверху – специальными шарнирно-тросовыми уравнивательными механизмами 7. Стяжки 9 устанавливают после перевода крана в рабочее положение при монтаже. Уравнивательный механизм обеспечивает синхронный подъем стоек, выбирая возможные перекосы. Стойки жестко крепятся к рамам ходовых тележек 10, опирающихся своими ходовыми колесами на два подкрановых рельса 13. Приводными выполняются две или четыре тележки. Питание крана электроэнергией осуществляется от главных троллей 6 посредством токосъемников 5. Управление краном происходит из кабины 12, жестко закрепленной на нижнем поясе моста. Для входа в кабину смонтирована лестница 11. Мост оборудован металлическими настилами с ограждениями 3 для прохода по крану и его обслуживания.

Козловые контейнерные краны предназначены для перегрузки контейнеров массой брутто 10–30 т. Мост крана (рисунок 4.16) представляет собой прямоугольную сварную раму из двух широко расставленных главных балок 1, жестко связанных с двумя концевыми балками 8 посредством угловых коробок 9. Главные и концевые балки имеют коробчатую форму.

По рельсам, уложенным на верхних поясах главных балок, перемещается посредством четырех приводных колес грузовая тележка 4, на сварной раме которой смонтированы механизм подъема, поворота грузозахватного

устройства, аппаратные кабины, вспомогательный кран 3 и кабина управления 2. К грузовой тележке через механизм подъема подвешен автоматический захват (спредер) 5 с помощью пространственного полиспаста.

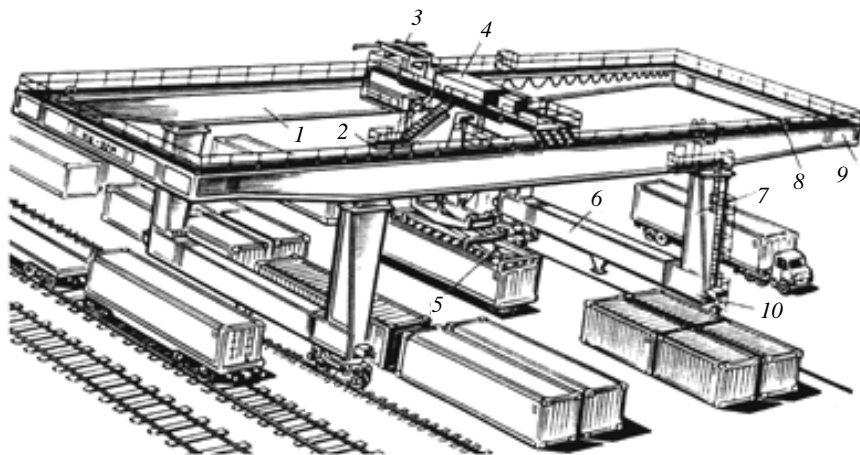


Рисунок 4.16

Вспомогательный кран предназначен для обслуживания механизмов козлового крана при монтаже, профилактике и ремонте. Кран выполнен консольным стреловым, поворотным на колонне.

Главные балки жестко связаны с четырьмя стойками 7, опирающимися на коробки 10 ходовых частей крана, связанные растяжками 6.

Кран оснащен всеми устройствами безопасной эксплуатации. В их числе – ограничитель высоты подъема, ограничитель грузоподъемности, автоматические рельсовые захваты, сигнализаторы скорости ветра, приборы звуковой сигнализации. Ограничитель грузоподъемности обеспечивает автоматическое отключение механизма подъема, если масса контейнера брутто превышает номинальную грузоподъемность на 10 % или если центр тяжести номинального груза в контейнере смещен относительно геометрического центра тяжести более чем на 1200 мм по длине и на 300 мм по ширине. Все крайние положения рабочих органов исполнительных механизмов крана обеспечены ограничителями хода. При открытых дверях кабины срабатывает блокировка, исключая возможность передвижения крана и тележки.

Большие собственные массы козловых кранов для перегрузки крупнотоннажных контейнеров, массы брутто последних, а также большие скорости и ускорения рабочих органов кранов являются причиной высокой инерционности в периоды неустановившихся движений. Это существенно усложняет процесс управления исполнительными механизмами кранов, препятствуя, например, точной подводке спредера на контейнер или контейнера на транспортное средство. В этих условиях качественное выполне-



ность перемещения без разворота наиболее часто транспортируемых грузов и разворотом – грузов всех видов, для работы с которыми предназначен кран.

Разворот груза на весу, даже при наличии приводного поворотного устройства, увеличивает длительность рабочего цикла крана. Для ручного разворота длинномерных грузов массой более 5 т необходимо не менее двух человек. Чтобы избежать разворота грузов над железнодорожными платформами и в особенности полувагонами, расстояние между стойками должно быть достаточным для перемещения при необходимой высоте поперечно расположенного груза (рисунок 4.18).

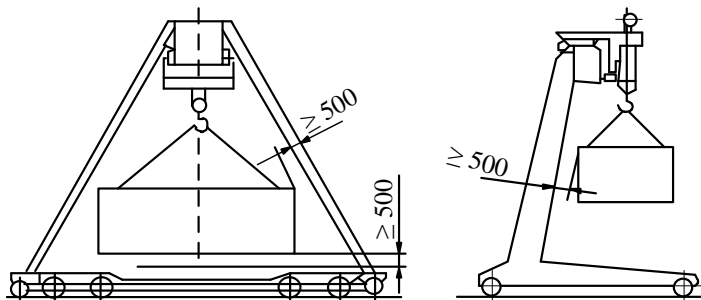


Рисунок 4.18

Груз, подвешенный на свободно вращающемся крюке, при проходе через опору может самопроизвольно развернуться. Поэтому для интенсивно эксплуатируемых кранов расстояние между стойками необходимо назначать исходя из наибольшего размера груза (например, диагонали пакета или контейнера). Зазор между грузом и стойками опор должен быть не менее 500 мм. Это же относится и к тем случаям, когда приходится разворачивать груз в пролете или под консолями.

Практика показывает, что для кранов грузоподъемностью 3,2–5,0 т универсального назначения при колесной базе  $B = 6,5 \dots 7,5$  м удастся обеспечить практически беспрепятственное транспортирование груза через опоры; у кранов большей грузоподъемности этот размер должен быть 9–11 м.

При  $B > (1,2 \dots 1,5)H$  конструкция и условия работы стоек опор и узлов их примыкания к мосту усложняются. В то же время с увеличением опорной базы удлиняются подкрановые пути. Поэтому в ряде случаев для увеличения расстояния между стойками на заданной высоте их выполняют Г-образной формы или укрепляют мост дополнительными поперечными кронштейнами. Аналогично обеспечивают и наименьшее допустимое расстояние между грузовой подвеской и передней гранью опорной стойки у крана с одностоечными опорами.

#### 4.1.7 Стреловые краны

**Назначение, область применения и классификация стреловых кранов.** Кранами стрелового типа называют краны, у которых грузозахватный орган

повешен к стреле или грузовой тележке, перемещающейся по стреле. Используются на погрузочно-разгрузочных работах.

Стреловые краны разделяют на стационарные и передвижные.

Стационарные краны предназначены для строительного-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ при нестабильных и малых объемах работы.

Самоходные (передвижные) краны способны быстро перебазироваться с одного объекта на другой и сразу приступить к работе, что обеспечило их широкое внедрение на рассредоточенных объектах с небольшими объемами работы.

Классификация стреловых кранов приведена на рисунке 4.19.

Термином «самоходные краны» определяется большая группа стреловых кранов, характеризующихся высокой транспортной маневренностью, независимым энергоснабжением и разнообразным рабочим оборудованием.

Независимое энергоснабжение обеспечивается применением в качестве базового силового агрегата двигателей внутреннего сгорания (карбюраторных и дизелей).

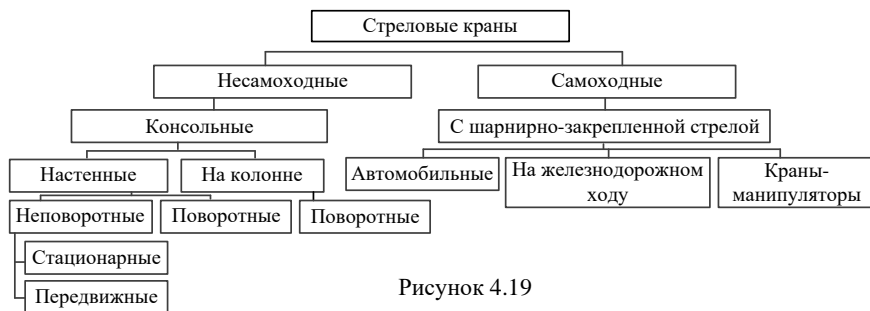


Рисунок 4.19

В качестве рабочего оборудования используются разнообразные стропы и грузозахватные устройства.

По ходовому оборудованию краны классифицируются на пневмоколесные, гусеничные и на железнодорожном ходу.

*Пневмоколесное* оборудование более маневренное, допускает движение с большой скоростью по дорогам с твердым покрытием.

Краны с пневмоколесным ходовым оборудованием классифицируют на три группы: автомобильные – монтируемые на шасси стандартных грузовых автомобилей с крановыми механизмами, приводимыми от двигателя автомобиля непосредственно через вторичные (электрические, гидравлические) агрегаты; пневмоколесные со специализированным шасси с общим двигателем, приводящим в движение автомобиль и крановые механизмы непосредственно через вторичные двигатели; краны на специальном многоосном шасси и автомобильного типа с двумя двигателями, из которых один (большой мощности) используется для передвижения крана, второй (меньшей мощности) установлен на поворотной части крана и приводит (непо-



средственно или через вторичные двигатели) механизмы крана, управление которыми осуществляется из кабины, находящейся на его поворотной части.

**Устройство, принцип действия, основные параметры стреловых консольных несамohодных кранов.** Консольный кран – грузоподъемная машина, имеющая стрелу (консоль). Стрела консольного крана прикреплена к металлоконструкции жестко. По горизонтальной стреле балочного типа передвигается грузовая тележка (электрическая таль), с помощью которой производится подъем и опускание груза.

Основными параметрами таких кранов являются: грузоподъемность, скорость подъема и опускания груза, скорость передвижения тележки и поворота крана, вылет стрелы, высота подъема, угол поворота, размеры.

Настенные стационарные поворотные краны могут иметь постоянный (рисунок 4.20) и переменный (рисунок 4.21, *а* – поворотный; *б* – неповоротный) вылет стрелы.

Кран состоит из поворотной колонны, прикрепленной к стенке склада *1*, стрелы *2*, неподвижного отклоняющего блока механизма подъема *3*, лебедки *4*.

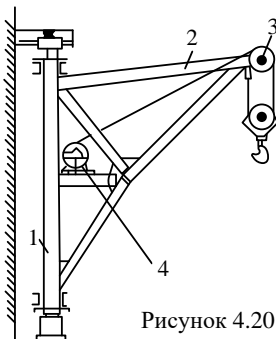


Рисунок 4.20

Кран, приведенный на рисунке 4.21, позволяет производить подъем, опускание груза на высоту  $h$  и перемещать груз по дуге сектора с радиусом, равным вылету стрелы, а кран с переменным вылетом стрелы обслуживает площадь сектора с радиусом, равным  $L$ .

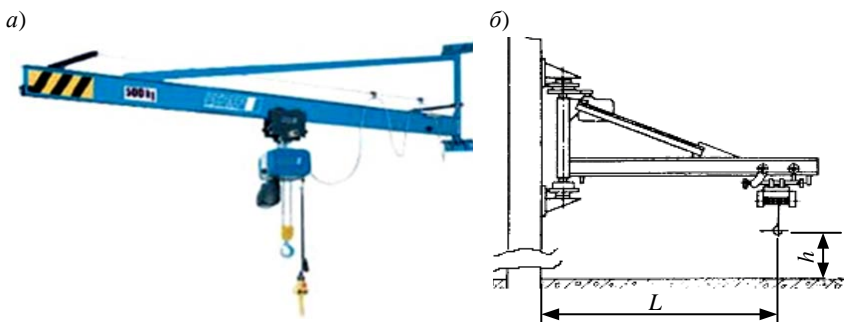


Рисунок 4.21

Настенный консольный передвижной неповоротный кран приведен на рисунке 4.22.

Кран состоит из вертикальной рамы *1*, консоли *2*, по которой передвигается тельфер *3*, приводных ходовых колес *4*. Устойчивость крана обеспечивают верхние и нижние горизонтальные ролики. Кран обслуживает площадь прямоугольной формы.



Рисунок 4.22

*Настенный консольный передвижной поворотный кран* приведен на рисунке 4.23.

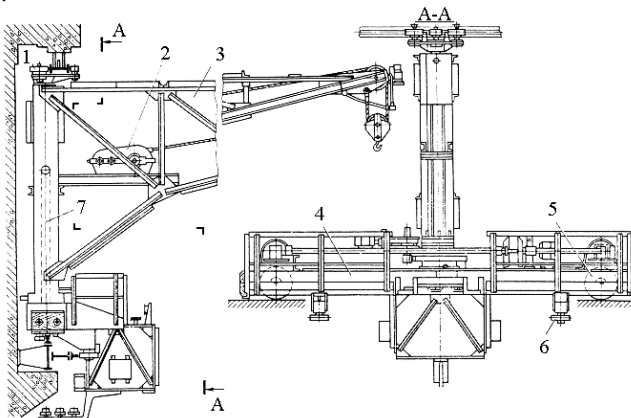


Рисунок 4.23

В тележке крана 4 жестко установлена колонна 7, относительно которой поворачивается консоль крана 3. Механизм подъема груза 2 расположен на консоли. Оба ходовых колеса 5 являются ведущими. Верхние 1 и нижние 6 горизонтальные ролики удерживают кран от опрокидывания. Кран обслуживает площадь прямоугольной формы.

У настенных кранов грузоподъемность составляет 0,5–1,0 т при вылете консоли 2,5–6,3 м, а при грузоподъемности 2,0–3,2 т – вылет 2,5–5,0 м. Высота подъема – до 4 м.

*Краны на колонне* бывают свободно стоящие на колонне (рисунок 4.24) и на колонне с верхней и нижней опорами (рисунок 4.25).

У свободно стоящих кранов относительно небольшой грузоподъемности находит применение опорно-поворотное устройство с вращающейся цапфой (рисунок 4.26). Краны обслуживают площадь круга с радиусом  $L$ . Грузоподъемность – 0,5–3,2 т, вылет стрелы – 2,5–5,0 м, высота подъема – 2–4 м.

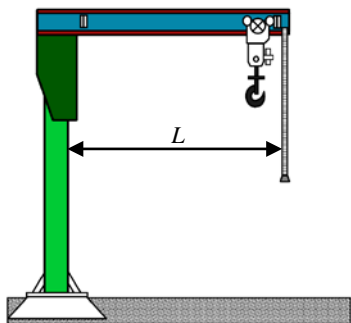


Рисунок 4.24

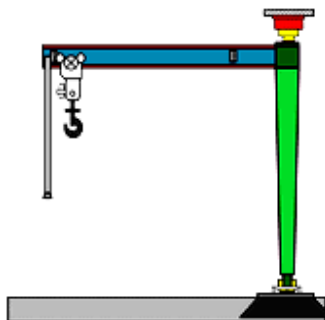


Рисунок 4.25

Наиболее распространенными стационарными кранами являются *поворотные с внешними опорами* (рисунок 4.26).

**Устройство, принцип действия, основные параметры стреловых самоходных кранов.** Среди стреловых самоходных кранов широко распространены автомобильные краны, у которых функцию ходового устройства выполняет шасси грузового автомобиля. Преимущество автокранов – высокая мобильность, позволяющая легко перебазировать их с одного объекта на другой.

Двигатель автомобиля кроме своих основных функций выполняет функции привода механизмов крана. В современных кранах групповой механический привод заменяется индивидуальным – электрическим или гидравлическим. Автомобильные краны устанавливаются на серийные и специальные автомобильные шасси, доработанные в соответствии с требованиями правил безопасной эксплуатации; грузоподъемность кранов зависит от массы серийных автомобилей и составляет от 4 до 40 т. Скорость передвижения по дорогам общего пользования ограничивается национальными правилами безопасной эксплуатации автомобильных кранов, обычно не превышает 50 км/ч.

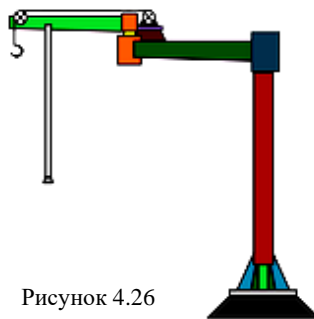


Рисунок 4.26

Автомобильные краны (рисунок 4.27) выполняют в виде оборудованной выносными опорами накладной рамы, закрепляемой на шасси автомобиля вместо кузова. На раме установлено опорно-поворотное устройство роликового типа, а на нем – поворотная часть крана со стрелой, механизмами и

кабиной управления. В кранах с электроприводом механизмы стрелы выполняют решетчатой канатно-подвесной (см. рисунок 4.27, а), в кранах с гидравлическим приводом – жестко опертой телескопически раздвижной, управляемой гидроцилиндром (см. рисунок 4.27, б, в).

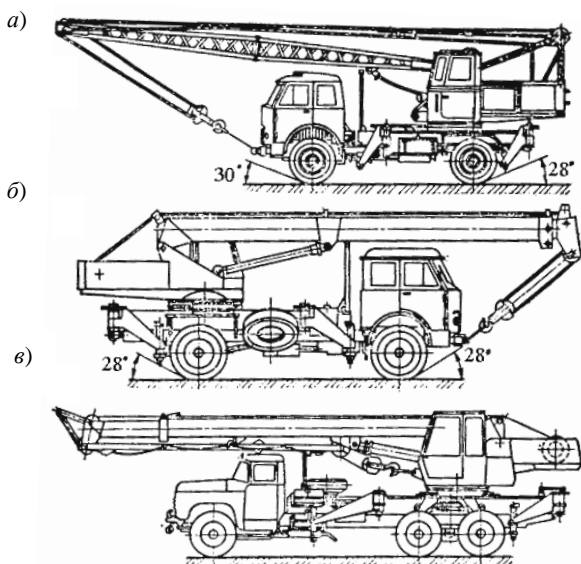


Рисунок 4.27

При гидравлическом приводе механизмы поворотной части крана резко упрощаются и сама поворотная часть становится более компактной. Применение гидравлического привода упрощает и передвижение крана с транспортной скоростью из-за меньшей длины стрелы, выступающей за габариты автомобиля. Решетчатые стрелы автомобильных кранов выполняют удлиненными (рисунок 4.28, а), башенно-стреловыми (см. рисунок 4.28, б) и гуськами (см. рисунок 4.28, в).

Основная область использования автомобильных кранов – это погрузочно-разгрузочные работы.

Положительной особенностью автомобильных кранов являются их высокая маневренность и передвижение по дорогам с высокими транспортными скоростями. При наличии механизма вспомогательного подъема краны могут работать с двухканатным грейфером и успешно использоваться при перегрузке сыпучих грузов.

В связи с лучшими технико-экономическими показателями краны с гидроприводом и телескопическими стрелами находят более широкое применение, чем краны с электроприводом и решетчатыми стрелами.

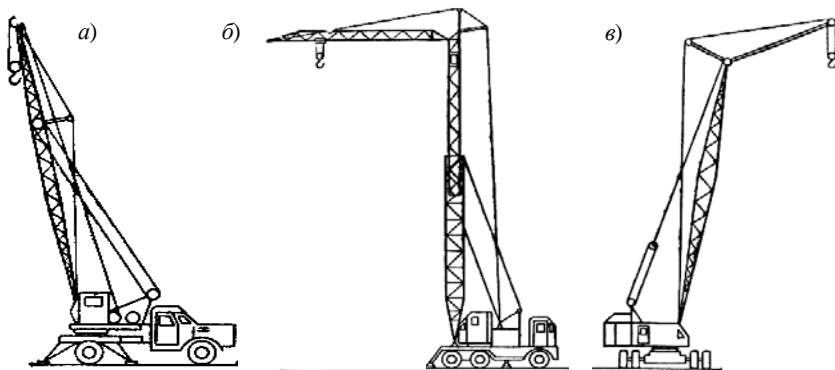


Рисунок 4.28

Если автомобильные краны не удовлетворяют условиям эксплуатации по грузоподъемности, применяют стреловые краны на специально проектируемых и изготавливаемых шасси, так называемые *пневмоколесные краны* (рисунок 4.29).

Грузоподъемность пневмоколесных кранов – до 100 т, оборудуются стрелами длиной 10–25 м. Высота подъема достигает 46 м, вылет стрелы – 20–24 м. Привод всех механизмов пневмоколесных кранов, как правило, индивидуальный с двигателем постоянного тока. Эти краны имеют генераторные установки, приводимые от дизельных двигателей, но могут питаться и от внешней сети. По маневренности пневмоколесные краны уступают автомобильным.

*Железнодорожный кран* (рисунок 4.30) состоит из неповоротной платформы 1, смонтированной на двух двухосных тележках 2 на железнодорожном ходу, из которых две оси являются приводными. Платформа оборудована автосцепкой 5. На каждом буферном брусе над рельсами укреплено по два захвата 4, которыми схватывают головки рельсов на случай перегрузки крана. По концам рамы платформы смонтированы выносные опоры с домкратами (аутригеры) 3, предусмотренные для повышения устойчивости крана при подъеме груза. Рама неповоротной платформы поддрессорена, для увеличения жесткости крана в рабочем состоянии предусмотрены выключатели рессор.

По опорному кругу 6, укрепленному на неподвижной платформе, перекатываются опорные катки поворотной платформы 7. На поворотной платформе смонтированы дизель-генераторная установка, питающая электроэнергией электродвигатели механизмов подъема груза, подъема и опускания стрелы (изменения вылета) и механизма вращения поворотной платформы, к которой шарнирно прикреплена грузоподъемная стрела 9, верхняя часть которой удерживается полиспастом 10, кабина управления 8. Механизм передвижения крана состоит из электродвигателя, подвешенного к неповоротной платформе, и зубчатой передачи движения на оси колес.

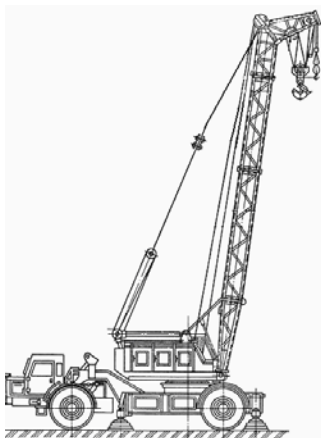


Рисунок 4.29

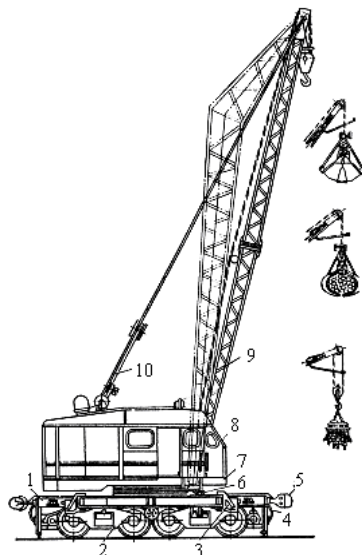


Рисунок 4.30

Кроме дизелей, на кранах применяют и карбюраторные двигатели внутреннего сгорания, но с устройством группового привода механизма крана.

Стрела в транспортном положении укладывается на другую платформу, входящую в комплект оборудования крана.

Грузоподъемность легких и средних железнодорожных кранов – 20–30 т, тяжелых – 80–250 т. Вылет изменяется в пределах 4–28 м. Грузоподъемность этих кранов при расположении стрел вдоль пути приблизительно в 2 раза больше, чем при поперечном направлении при одинаковых запасах устойчивости. Скорость подъема – 1,15–32 м/мин, передвижения крана – 60–100 км/ч, частота вращения – до 0,5 об/мин для кранов большой грузоподъемности и 1,5 об/мин для более легких кранов. Предусмотрена доводочная частота вращения 0,05–0,1 об/мин. Минимальный вылет составляет 4–8 м, максимальный – 22–28 м. Время изменения вылета – 1–6 мин.

*Краны-манипуляторы* применяются на погрузочно-разгрузочных работах. Они выполняются обычно самоходными, шарнирно-рычажными, телескопическими, гидромеханическими. Состоят из полноповоротной колонны, к которой шарнирно прикреплено двухзвенное рабочее оборудование с выдвигаемым телескопическим звеном, несущим на свободном конце грузозахватный орган, выполненный для обычных погрузочно-разгрузочных работ в виде крюка, а для специальных погрузочно-разгрузочных работ – с дистанционно управляемым грузозахватом. Схема крана-манипулятора, установленного на автомобиле,

приведена на рисунке 4.31. Такой кран-манипулятор имеет грузоподъемность 5 т (1 – автомобиль; 2 – коробка отбора мощности; 3 – гидронасос; 4 – пульт управления; 5 – опорная рама; 6 – выносная опора; 7 – механизм вращения крана; 8 – стойка манипулятора; 9, 11, 12, 14 – гидроцилиндры; 10 – рукоять; 13 – хватовая секция; 15 – шарнир гидроцилиндра; 16 – хватовик; 17 – крюк). При выдвигании удлинителя и соответствующей установке секций стрелы его вылет может достигать 12 м. Грузоподъемность при этом снижается до 0,5 т. Высота подъема – до 10 м. Стрела в плане может быть повернута в каждую сторону от продольной оси на 200°.

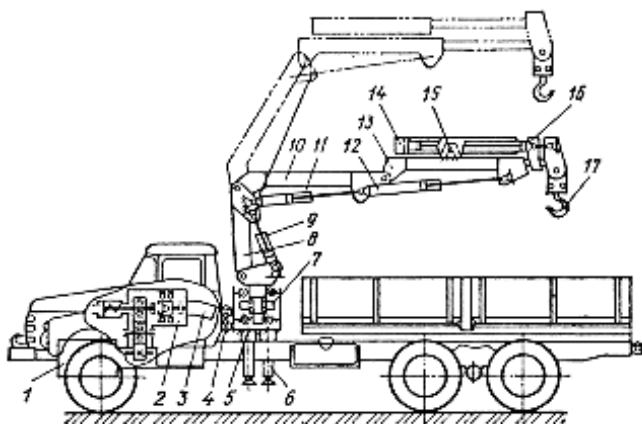


Рисунок 4.31

#### 4.1.8 Краны-штабелеры

**Назначение и классификация кранов-штабелеров.** Краны-штабелеры используют для установки стандартных пакетов и длинномерных грузов на стеллажи и съема их со стеллажей в высокомеханизированных складах с многоярусным складированием.

Кран-штабелер представляет собой грузоподъемную машину циклического действия, передвигающуюся по рельсовым путям и оборудованную вертикальной колонной, по которой перемещается захват или специальная платформа.

Схема классификации кранов-штабелеров в зависимости от функционального назначения, условий применения, конструктивных особенностей приведена на рисунке 4.32.

**Устройство, принцип действия, область применения, основные параметры кранов-штабелеров.** К основным параметрам кранов-штабелеров относятся: грузоподъемность, высота подъема груза, размеры, скорости механизмов, пролет (мостовые).

Грузоподъемность может быть от 0,1 до 30 т, высота подъема – 6–40 м, скорость подъема грузозахватного органа – 0,125–0,500 м/с, скорость передвижения

крана – 0,4–2,5 м/с, скорость передвижения грузовой тележки – 0,125–0,630 м/с, скорость выдвижения грузозахватного органа – 0,125–0,250 м/с.

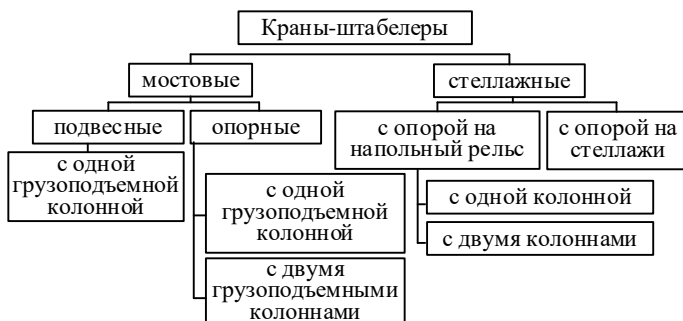


Рисунок 4.32

На крупных складах предприятий транспорта преобладают краны-штабелеры грузоподъемностью 1,0–2,0 т.

Минимальная высота склада, при которой могут быть эффективно использованы краны-штабелеры, составляет 6 м. Стеллажные краны-штабелеры применяются во всем диапазоне высот складов (6–40 м).

*Мостовые краны-штабелеры с одной грузоподъемной колонной подвесные* (рисунок 4.33, а) и опорные (см. рисунок 4.33, б) имеют мост 10, 3, перекрывающий весь пролет склада. На концевых балках моста установлены механизмы передвижения 9, 4. Мост передвигается вдоль склада по рельсам (двухтравам) 9, 5. Мост может быть в виде двухтрава и балок.

Вдоль продольных балок моста 10 и 3 передвигается тележка 11, 2 с вертикальной поворотной колонной 1, на которой располагается подъемная каретка 6 с грузозахватными вилами 7 и кабиной управления 8. Тележка может быть опорного и подвесного типов. На платформе тележки размещают механизмы подъема каретки с грузозахватными вилами и поворота колонны. Поворот колонны осуществляют на 90, 180 и 360°. Подача электроэнергии ко всем механизмам производится по гибкому кабелю 12.

Мостовые краны-штабелеры имеют грузоподъемность 0,125–12,000 т, пролеты – 5,1–28,5 м, высоту подъема грузозахватного органа – 4,8–13,2 м, скорости подъема – 0,125–0,300 м/с. Поворотные колонны могут быть выполнены жесткими или выдвижными телескопическими. В зависимости от типа перегружаемых грузов вместо грузозахватных вилок применяют вакуумные, магнитные, клешевые и другие виды грузозахватных приспособлений.

Мостовые краны-штабелеры, управляемые с пола, применяют на складах с высотой до 7,2 м (плохой обзор верхних ячеек), а управляемые из кабины – с высотой не менее 8,4 м и не более 13,2 м (для кранов грузоподъемностью до 5 т) и 15,6 м (для грузоподъемности до 12,5 т). Это вызвано тем, что для создания требуемой жесткости колонны с грузом и металло-



конструкций моста при увеличении высоты крана-штабелера свыше указанной необходимо увеличить его массу и габариты и, следовательно, ухудшить его экономические показатели.

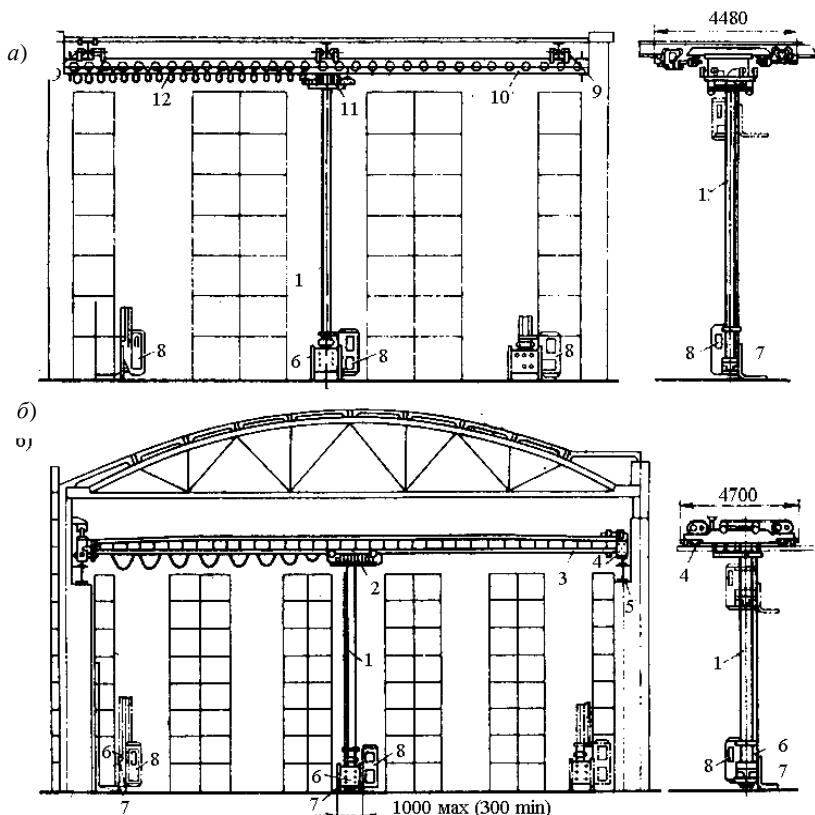


Рисунок 4.33

В многопролетных складах краны-штабелеры подвесного типа обеспечивают возможность передачи грузов из одного пролета в другой. Для этого между пролетами устанавливают неподвижные монорельсовые пути, на которые передвигают тележки с грузом.

*Мостовые опорные краны-штабелеры с двумя колоннами* используются на складах длинномерных грузов (до 7 м). Грузоподъемность этих кранов – до 5 т. Кран (рисунок 4.34) состоит из моста 1, тележки 2 и грузовой платформы 3, связанной с подъемной кабиной оператора 4.

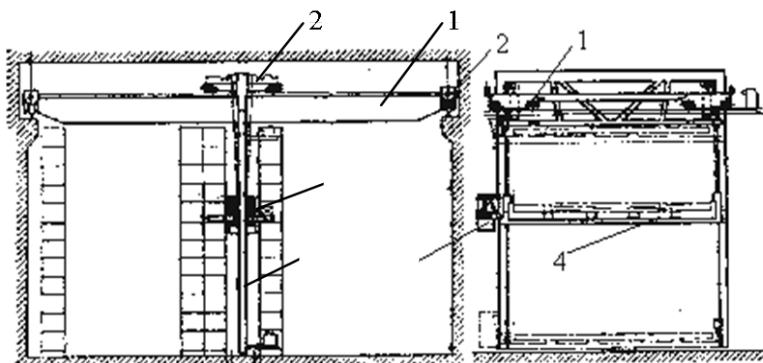


Рисунок 4.34

*Стеллажный кран-штабелер с одной грузоподъемной колонной, опирающийся на стеллаж (рисунок 4.35), состоит из тележки 3, опирающейся*

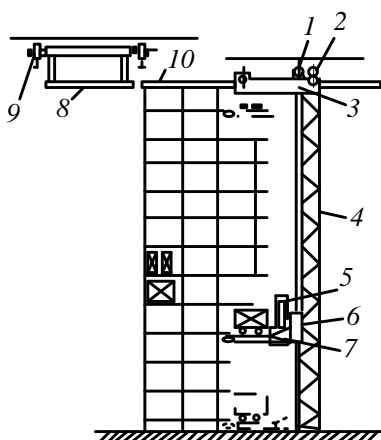


Рисунок 4.35

четырьмя колесами на рельсы 10, уложенные на стеллажи. Тележка снабжена механизмами подъема 1 и передвижения 2. На тележке закреплена вертикальная ферма 4, по которой с помощью механизма перемещается вверх и вниз подъемная каретка 6. На ней установлена кабина управления 5 и выдвижные или поворотные грузозахватные вилки 7. Выдвижные вилки позволяют устанавливать груз на стеллажи с одной стороны проезда, а поворотные – на обе стороны. Краны-штабелеры, опирающиеся на стеллажи, имеют меньшую собственную массу, чем краны-штабелеры мостового типа. Однако

в их конструкции имеются существенные недостатки: увеличивается нагрузка на стеллажи, не полностью используется высота складского помещения для устройства стеллажей, затруднен доступ для ремонта и технического обслуживания механизмов подъема и передвижения тележки. Для передачи штабелеров этого типа из одного проезда между стеллажами в другой используют специальную передающую тележку 8, которая перемещается поперек склада по рельсам 9. Тележка имеет стыковочные пути для соединения с рельсами 10.

Стеллажные краны-штабелеры с одной грузоподъемной колонной, опирающиеся на напольный рельс 6 (рисунок 4.36), исключают недостатки предыдущих, поэтому они получили наибольшее распространение на практике. Привод механизмов подъема 3 и передвижения 4 тележки 5 расположен внизу и удобен для ремонта и технического обслуживания. Тележка передвигается по напольному рельсу 6. Вертикальная ферма жесткокреплена на тележке, а сверху поддерживается через ролики направляющим рельсом 1. По вертикальной ферме передвигается подъемная каретка 2 с грузозахватными устройствами и кабиной управления. В кранах-штабелерах в механизмах подъема и передвижения применяют электродвигатели постоянного тока. Это позволяет обеспечить более точную установку грузов в складские ячейки стеллажей. Управление кранами-штабелерами может быть ручное и автоматическое.

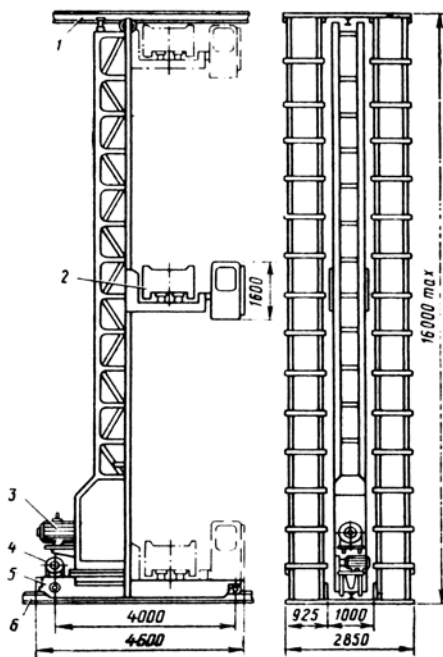


Рисунок 4.36

Схема стеллажного двухколонного крана-штабелера, опирающегося на напольный рельс, приведена на рисунке 4.37.

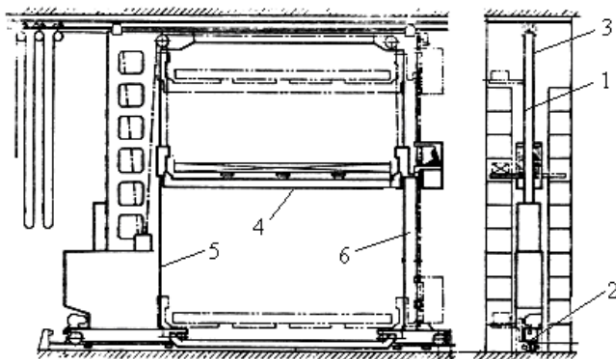


Рисунок 4.37

Кран-штабелер обслуживает два стеллажа, в проходе между которыми уложен рельс для перемещения крана. Сверху стеллажи связаны в горизонтальной плоскости металлоконструкциями, к которым прикреплены направляющие рельсы, удерживающие кран в вертикальном положении.

Основным элементом крана-штабелера является рама 1. На ней смонтированы ходовые 2 и направляющие колеса 3, приводы, грузовая платформа 4. Рама имеет две колонны: первую – усиленную, в виде плоской фермы 5, в нижней части опирающуюся на концевую балку с двумя ходовыми колесами, и вторую – в виде коробчатой балки 6, также опирающуюся на концевую балку с двумя ходовыми колесами. Каждую из колонн устанавливают ходовыми колесами на крановый рельс. Сверху и снизу колонны соединены шарнирными тягами.

#### **4.1.9 Устойчивость передвижных кранов и устройства против их опрокидывания и угона ветром**

**Общие сведения об устойчивости самоходных грузоподъемных машин против опрокидывания.** Под устойчивостью передвижных кранов понимают способность крана противодействовать опрокидывающим его моментам от действующих на него сил.

Устойчивость передвижного крана характеризуется коэффициентами устойчивости, представляющими собой отношение восстанавливающего момента к опрокидывающему моменту относительно ребра опрокидывания от нагрузок, действующих на кран. За ребро опрокидывания принимают линию, относительно которой проверяют устойчивость крана с учетом конструктивных особенностей ходовой части крана, а для кранов, работающих с выносными опорами, за ребро опрокидывания принимают линию, соединяющую шарниры соответствующих опорных плит аутригеров.

Некоторые краны для работы с грузами номинальной массы, кроме дополнительных опор, имеют ходовую часть, позволяющую крану перемещаться по рабочей площадке при транспортировании грузов меньшей массы. В этих случаях устойчивость крана проверяют для обоих рабочих положений, причем за ребра опрокидывания принимают линии, соответствующие работе крана как на дополнительных опорах, так и на ходовой части в продольном и поперечном направлениях.

Различают *грузовую* и *собственную устойчивость* кранов. Проверка грузовой устойчивости позволяет оценить работоспособность крана при работе с грузами номинальной массы. Проверка собственной устойчивости позволяет оценить устойчивость крана в нерабочем состоянии (без груза) под действием ветровой нагрузки.

При определении грузовой и собственной устойчивости стреловых кранов не учитывают вес рельсовых захватов и других узлов и деталей, не предназначенных для удержания крана от опрокидывания. Топливные баки, баки и котлы с

водой, бункеры с топливом, инструментальные ящики и другие емкости крана, масса которых может изменяться при эксплуатации, принимаются полностью заполнены материалом (рабочей жидкостью), если она уменьшает устойчивость. Если перечисленные выше элементы увеличивают устойчивость, то уровень воды в котле принимается минимальным, а баки, бункера, ящики и др. должны быть не заполнены материалом. Дополнительные опоры (ауригеры) и стабилизаторы при расчете собственной устойчивости крана во внимание не принимают.

*Устойчивость стреловых самоходных кранов.* Коэффициентом грузовой устойчивости называется отношение момента относительно ребра опрокидывания, создаваемого силой тяжести всех частей крана с учетом дополнительных нагрузок, уклона пути к моменту, создаваемому рабочим грузом относительно того же ребра опрокидывания.

Коэффициентом собственной устойчивости называется отношение момента, создаваемого силой тяжести всех частей крана с учетом уклона пути в сторону опрокидывания при минимальном вылете стрелы и при снятом грузе, относительно ребра опрокидывания к моменту, создаваемому ветровой нагрузкой относительно того же ребра опрокидывания.

В качестве дополнительных нагрузок рассматриваются: ветровые; инерционных сил, возникающих при пуске или торможении механизмов подъема груза от поворота и передвижения крана, а также от усилий, возникающих от допустимого при работе крана уклона местности или пути.

Грузовая устойчивость определяется для трех положений.

Расчетное положение крана (рисунок 4.38) при определении коэффициента грузовой устойчивости (первое положение): стрела поперек пути с грузом  $G_1$ , находящимся на максимальном вылете; угол уклона местности  $\beta$  – максимально допустимый; ветровая нагрузка, создаваемая давлением ветра на поверхность крана  $W_k$  и на поверхность груза  $W_r$  и направленная в сторону опрокидывания крана.

Коэффициент грузовой устойчивости

$$K_{гр} = \frac{M_G - M_B - \sum M_{и}}{M_{гр}} \geq 1,15, \quad (4.5)$$

где  $M_G$  – момент, создаваемый силой тяжести массы крана, частей его оборудования и противовеса относительно ребра опрокидывания, проходящего через точку скатов тележки А, с учетом максимально возможного уклона пути крана  $\beta$

$$M_G = G [(b + c) \cos\beta - h_1 \sin\beta], \quad (4.6)$$

$G$  – вес крана, т;

$b$  – расстояние от оси вращения до ребра опрокидывания, м;

$c$  – расстояние от плоскости, проходящей через ось вращения крана параллельно ребру опрокидывания, до центра тяжести крана, м;

- $h_1$  – расстояние от центра тяжести крана до плоскости, проходящей через точки опорного контура, м;
- $M_B$  – момент, создаваемый ветровой нагрузкой рабочего состояния крана, действующей перпендикулярно к тому же ребру опрокидывания,

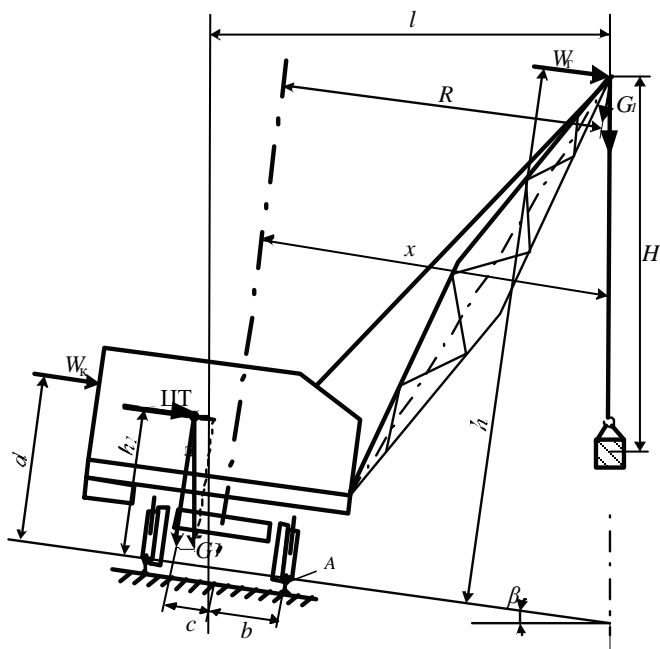


Рисунок 4.38

$$M_B = M_{BK} + M_{B,гр}, \quad (4.7)$$

$M_{BK}$  – момент относительно ребра опрокидывания, создаваемый ветровой нагрузкой рабочего состояния крана, действующей на подветренную площадь крана,

$$M_{BK} = F_{BK} d, \quad (4.8)$$

$F_{BK}$  – ветровая нагрузка на подветренную площадь крана;

$d$  – расстояние от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до центра приложения ветровой нагрузки рабочего состояния на кран;

$M_{B,гр}$  – момент относительно ребра опрокидывания, создаваемый ветровой нагрузкой рабочего состояния, действующей на подветренную площадь груза,

$$M_{B,гр} = F_{B,гр} h, \quad (4.9)$$

$F_{в.гр}$  – ветровая нагрузка на подветренную площадь груза;

$h$  – расстояние от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до головки стрелы;

$\Sigma M_{и}$  – суммарный момент сил инерции элементов крана и груза, возникающих в процессе пуска и торможения механизмов и вращения крана,

$$\Sigma M_{и} = M_{гк} + M_{гс} + M_{ц}, \quad (4.10)$$

$M_{гк}$  – суммарный момент относительно ребра опрокидывания, вызванный инерционными нагрузками от масс груза и элементов крана при работе механизма передвижения крана в неустановившемся режиме,

$$M_{гк} = \frac{G_1 v_1}{g t_1} h + \frac{G v_1}{g t_1} h_1, \quad (4.11)$$

$G_1$  – масса груза, т;

$v_1$  – скорость передвижения крана, м/с;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$t_1$  – время неустановившегося режима работы механизма передвижения крана, с;

$M_{гс}$  – суммарный момент относительно ребра опрокидывания, вызванный инерционными нагрузками от масс груза и стрелы при работе механизма подъема стрелы в неустановившемся режиме,

$$M_{гс} = \frac{(G_1 + G_c / 3) v_2'}{g t_2} h + \frac{(G_1 + G_c / 3) v_2''}{g t_2} c, \quad (4.12)$$

$G_c$  – вес стрелы, т;

$v_2', v_2''$  – горизонтальная и вертикальная составляющие окружной скорости головки стрелы ( $v_2$ );

$t_2$  – время неустановившегося режима работы механизма изменения вылета стрелы (пуск, торможение);

$M_{ц}$  – момент относительно ребра опрокидывания, вызванный центробежной силой груза при вращении крана,

$$M_{ц} = G_1 n^2 (b + c) h (900 - n^2 H), \quad (4.13)$$

$n$  – частота вращения крана, об/мин;

$H$  – длина гибкой подвески груза на расстоянии  $x$  от оси вращения крана, м.

$M_{гр}$  – момент, создаваемый весом номинального груза относительно ребра опрокидывания,

$$M_{гр} = G_1 [(R - b) \cos \beta - h \sin \beta]. \quad (4.14)$$

Коэффициент грузовой устойчивости для второго положения определяется отношением момента относительно ребра опрокидывания от веса всех частей крана без учета дополнительных нагрузок к моменту от веса поднимаемого груза номинальной массы относительно того же ребра опрокидывания

$$K_{гр}'' = \frac{G(b+c)}{G_1c} \geq 1,4. \quad (4.15)$$

Коэффициент грузовой устойчивости для третьего положения  $K_{гр}'''$  определяется отношением момента относительно ребра опрокидывания от веса всех частей крана с учетом дополнительных нагрузок к моменту от веса груза номинальной массы относительно того же ребра опрокидывания.

Кран работает на наклонной площадке с максимально допустимым углом наклона  $\beta$ . Ребро опрокидывания крана направлено в сторону уклона. Продольная ось стрелы расположена под углом  $45^\circ$  относительно рабочей площадки.

Значение  $K_{гр}'''$  определяется по формулам для первого положения с подстановкой соответствующих значений.

Расчетная схема для определения коэффициента собственной устойчивости крана против опрокидывания приведена на рисунке 4.39.

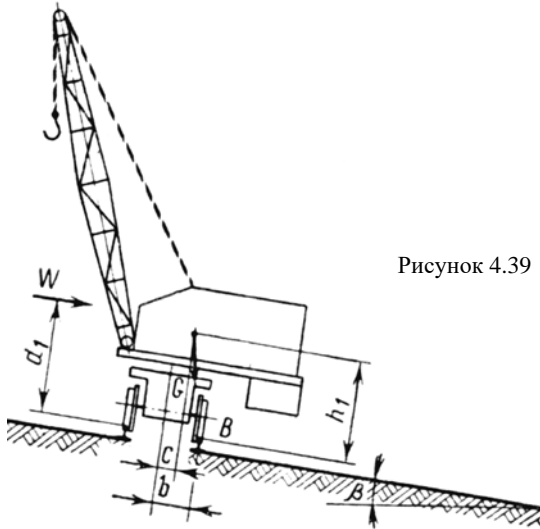


Рисунок 4.39

Значение коэффициента  $K_c$  собственной устойчивости крана определяют при наиболее неблагоприятном положении крана относительно направления действия ветровой нагрузки:

$$K_c = \frac{G[(b-c)\cos\beta - h_1\sin\beta]}{F_{вк} d_1} \geq 1,15 \quad (4.16)$$

**Устойчивость козловых кранов.** Козловые краны должны обладать достаточным запасом устойчивости, так как имеют большую подветренную площадь



и высоко расположенный центр тяжести, что при неустановившихся процессах движения кранов вызывает значительные динамические нагрузки, которые в сочетании с ветровыми могут создавать значительные опрокидывающие моменты. Запас грузовой устойчивости крана на опрокидывание определяют вдоль и поперек подкранового пути перемещения (рисунок 4.40).

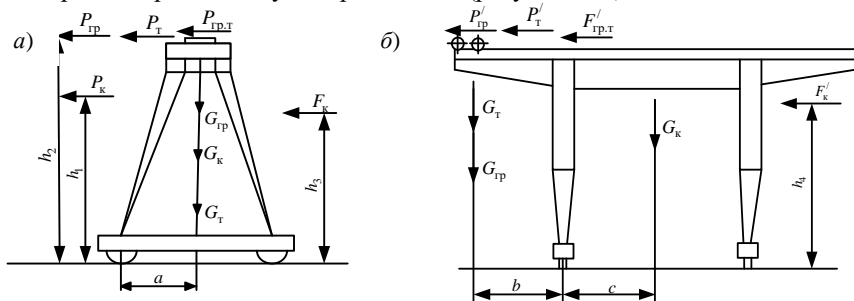


Рисунок 4.40

Коэффициент грузовой устойчивости крана при действии нагрузок на кран в рабочем состоянии в продольном направлении кранового пути (см. рисунок 4.40, а)

$$K_{гр}^{пр} = \frac{(G_к + G_{гр} + G_т) a}{P_к h_1 + (P_{гр} + P_т) h_2 + F_к h_3 + F'_{гр,т} h_2} \geq 1,15, \quad (4.17)$$

где  $G_к, G_т, G_{гр}$  – вес соответственно крана, тележки и груза;

$P_к, P_т, P_{гр}$  – силы инерции масс соответственно крана, тележки и груза при неустановившемся режиме работы механизма передвижения крана;

$F_к$  – ветровая нагрузка на кран в рабочем состоянии в продольном направлении крановых путей;

$F'_{гр,т}$  – ветровая нагрузка на кран в рабочем состоянии, на груз и тележку;

$a, h_1, h_2, h_3$  – плечи действующих нагрузок относительно ребра опрокидывания.

Коэффициент грузовой устойчивости при действии нагрузок на кран в рабочем состоянии в поперечном направлении крановых путей (см. рисунок 4.40, б)

$$K_{гр}^{п} = \frac{G_к c - (P'_т + P'_{гр}) h_2 - F'_к h_4 - F'_{гр,т} h_2}{(G_{гр} + G_т) b} \geq 1,15, \quad (4.18)$$

где  $P'_т, P'_{гр}$  – силы инерции тележки и груза, вызванные экстренным торможением тележки;

$F'_к$  – ветровая нагрузка на кран в поперечном направлении крановых путей;

$F'_{гр.г}$  – ветровая нагрузка на тележку с грузом в поперечном направлении;

$c, b, h_2, h_4$  – плечи действующих нагрузок относительно ребра опрокидывания.

Проверка грузовой устойчивости не требуется, если длина консолей составляет не более 0,35 длины пролета, а высота подъема груза не превышает 10–13 м.

**Устройства против опрокидывания и угона ветром кранов.** Для исключения возможных аварийных ситуаций от неправильных и непреднамеренных действий обслуживающего персонала в грузоподъемных кранах применяют различные устройства безопасности. К ним относятся ограничители грузоподъемности, высоты подъема, вылета стрелы, перекоса крана, противоугонные устройства, буфера и ограничительные упоры, а также различные концевые выключатели.

Ограничители грузоподъемности исключают перегрузку элементов крана от подъема избыточного груза (более чем на 25 % у кранов мостового типа, стреловых передвижных – 10 %).

Ограничители грузоподъемности на стреловых кранах должны обеспечивать также защиту от опрокидывания.

Ограничитель грузоподъемности представляет собой прибор для аварийного отключения привода механизма при подъеме груза, масса которого превышает допустимое значение. В крюковых кранах необходимость применения ограничителей обусловлена тем, что такие краны, как правило, не имеют грузозвешивающих устройств. В магнитных кранах при подъеме холодных магнитных материалов подъемная сила электромагнита может существенно превышать расчетную грузоподъемную силу крана. При работе грейферных кранов возможно зачерпывание смерзшихся грузов, для отрыва которых механизм зачерпывания должен развивать значительно большее усилие, чем при подъеме заполненного грейфера.

Ограничители грузоподъемности устанавливают на стреловых кранах и кранах мостового типа, грузоподъемниках погрузчиков. Основным назначением ограничителей грузоподъемности является защита механизма подъема и несущей конструкции от чрезмерных нагрузок, ведущих к появлению остаточных деформаций и трещин в металлоконструкциях, ускорению изнашивания элементов крана.

Любой ограничитель грузоподъемности состоит из датчика, измеряющего массу поднимаемого груза, и исполнительного устройства, управляющего механизмом подъема. *Датчики* могут быть пружинные, диафрагменные, торсионные, электрические, гидравлические и комбинированные. *Исполнительный механизм* воздействует на механизм подъема двумя способами. При первом способе срабатывание ограничителя грузоподъемности приводит к отключению электродвигателя механизма подъема и включению тормоза. При втором способе исполнительное устройство при срабатывании

ограничителя грузоподъемности включает на некоторое время электродвигатель на режим опускания груза, а затем включение тормоза. При этом исключает отрыв избыточного груза от опоры и перегрузки элементов крана.

Ограничители высоты подъема бывают *рычажного* и *шпindelного* типов. В первом случае при подъеме крюковой подвески в крайнее верхнее положение она взаимодействует с шарнирно закрепленным рычагом, связанным с концевым выключателем механизма подъема. Поворот рычага приводит к отключению электродвигателя и включению тормоза механизма подъема.

Такие ограничители высоты подъема устанавливаются на мостовых кранах и электроталях. После срабатывания ограничителя высоты подъема минимальный зазор между грузозахватным органом и выступающим элементом на пути его движения должен быть не менее 200 мм в мостовых кранах и не менее 50 мм в электроталях.

Ограничители высоты подъема шпindelного типа обычно применяют на стреловых передвижных кранах. Они состоят из нарезного шпинделя (винта), гайки и концевого выключателя. Винт барабана механизма подъема или изменения вылета стрелы соединяют со шпindelем. При вращении шпинделя гайка смещается в продольном направлении и взаимодействует с концевым выключателем. Установка двух выключателей позволяет ограничить и величину сматывания каната с барабана при опускании груза.

Машинист, управляющий стреловым краном с переменным вылетом стрелы, для обеспечения нормальной работы должен знать вылет и допустимую при этом вылете грузоподъемность крана.

Самоходные стреловые краны оборудуют *указателями вылета стрелы*. В качестве *ограничителей угла наклона стрелы* могут использоваться упоры, гибкие тяги и складывающиеся упоры.

Передвижение кранов мостового типа сопровождается перекосом их пролетных строений вследствие забега одной опоры крана относительно другой.

Основными причинами перекоса пролетного строения являются монтажный перекося ходовых колес в горизонтальной плоскости, неравенство сил сопротивления передвижения опор крана, различие между механическими характеристиками приводных двигателей. Кроме повышенного износа ходовых колес и уровня нагрузок на металлоконструкцию крана и крановые пути, движение крана с перекосом может явиться причиной заклинивания или схода ходовых колес с рельсов.

Козловые краны и мостовые перегружатели любых пролетов должны быть снабжены ограничителями перекоса, которые предназначены для аварийной остановки крана при недопустимом перекосе пролетного строения.

Работа ограничителей перекоса основана преимущественно на двух принципах: измерения разности расстояний, пройденных двумя опорами крана, или измерения упругой деформации пролетного строения или опор крана.

Определение разности путей, проходимых опорами крана, производится измерением углов поворота двух холостых колес противоположных опор крана либо измерением расстояний, проходимых опорами крана от упоров, установленных в конце рельсового пути. Для этого вдоль рельсового пути с двух сторон крана на равных расстояниях друг от друга устанавливают *реперы*, а на ходовых тележках крана – *импульсные датчики перемещения*. Перекос определяется по разности импульсов, получаемых с двух сторон крана.

Ограничители перекаса предотвращают работу крана с опасными забегами опор, но не устраняют этот забег. Уменьшить забег опор можно только при использовании систем автоматической стабилизации бесперекосного прямолинейного движения крана, которые применяют на козловых кранах больших пролетов.

Грузоподъемные крана на рельсовом ходу, работающие на открытом воздухе, снабжены противоугонными средствами, предотвращающими угон крана по рельсовому пути под действием ветровой нагрузки нерабочего состояния крана.

По принципу действия противоугонные устройства разделяют на *ручные, механические и автоматические*.

Ручные противоугонные устройства наиболее часто выполняют в виде рельсовых захватов клещевого типа. Удержание крана от угона ветром осуществляется прижатием рычагов с губками к боковым поверхностям рельсов или зажатием их за головку рельса. Захваты установлены на каждой стороне крана. Механические противоугонные устройства выполняют в виде клещевых захватов с электроприводом либо в виде эксцентриковых самозатягивающихся захватов, которые имеют механический привод (в основном электромагнитный). Зажатие головки рельса механического клещевого захвата осуществляется под действием силы тяжести замыкающего груза, например, тяжелого клина, а освобождение рельса происходит с помощью электрического или электрогидравлического привода.

Управление механическими рельсовыми захватами осуществляется крановщиком из кабины крана. Во избежание резкой остановки крана и возникновения при этом недопустимых динамических нагрузок включение рельсовых захватов должно осуществляться после предварительного торможения крана.

Автоматические противоугонные устройства являются наиболее надежными и перспективными для всех типов рельсовых кранов. Они срабатывают при отключении подачи на кран электрической энергии и при скорости ветра, превышающей допустимую. Эти устройства, так же как и механические, выполнены в виде клещевых захватов или в виде эксцентриковых самозатягивающихся рельсовых захватов и отличаются от механических только приводом, обеспечивающим их автоматическое срабатывание.

Для аварийного отключения механизма передвижения крана и введения в действие автоматических захватов при недопустимой скорости ветра ис-

пользуют *анемометры*, измеряющие скорость ветра в направлении вдоль рельсовых путей – направлении угона крана ветром.

Упоры применяют для ограничения перемещения кранов, крановых тележек по рельсовым путям, а также для ограничения верхнего положения стрел. Краны на рельсовом ходу и грузовые тележки для уменьшения ударных нагрузок при подходе к упорам или друг к другу снабжают буферами. При полностью исправных тормозах и концевой автоматической защите кранов установка буферов позволяет расширить рабочий ход крана или тележки, а при возможной неисправности тормозов и автоматической защиты – повысить надежность и безопасность работы кранов.

Если на рельсовом пути работает один кран, то буфера устанавливают на концевых упорах; при работе двух и более кранов на одном пути буфера располагают на кранах по два буфера с каждой стороны. В этом случае буфера прикрепляют к концевым балкам моста или крайним ходовым тележкам. В грузовых тележках используют в основном один буфер двустороннего действия.

В кранах находят применение деревянные, резиновые, пружинные, пружинно-фрикционные и гидравлические буфера. Вместо буферов применяются так называемые тупиковые упоры-отрезки рельсового пути, плавно поднимающиеся вверх. При наезде на тупиковый упор кинетическая энергия крана переходит в потенциальную энергию поднятой массы крана, что предотвращает жесткий удар по упорам.

Деревянные буфера, состоящие из набора брусков, используют только на кранах с ручным приводом.

Резиновые буфера обладают хорошей поглощающей способностью кинетической энергии. Применяются для кранов грузоподъемностью до 5 т и малых пролетов.

Пружинные буфера просты по конструкции и наиболее часто применяются. Буфера состоят из одной или нескольких винтовых пружин, имеют незначительный коэффициент поглощения. В крупных кранах эти буфера имеют значительные размеры.

Пружинно-фрикционные буфера имеют очень высокий коэффициент поглощения, однако они отличаются сложностью конструкции.

Наиболее совершенными являются гидравлические буфера, имеющие коэффициент поглощения, близкий к единице.

#### **4.1.10 Производительность кранов и выбор грузозахватных устройств**

**Определение производительности кранов.** Производительность крана измеряется количеством груза, перемещаемого в единицу времени, обычно в час. В качестве измерителя количества применяют массу груза, объем или число единиц и, соответственно, вводятся термины: массовая производительность (или просто – производительность) –  $Q$ , т/ч, объемная –  $Q_v$ , м<sup>3</sup>/ч, и штучная –  $Q_{шт}$ , шт/ч.

Различают три вида производительности:

– теоретическая

$$\Pi_T = G_H n_{ц}, \quad (4.19)$$

– техническая

$$\Pi_{\text{тех}} = G_H K_{\text{гр}} n_{ц}, \quad (4.20)$$

$$Q_{\text{тех}} = G_{\text{ф}} n_{ц}, \quad (4.21)$$

– эксплуатационная

$$\Pi_3 = G_H K_{\text{гр}} K_{\text{вр}} n_{ц}, \quad (4.22)$$

$$\Pi_3 = G_{\text{ф}} K_{\text{вр}} n_{ц}, \quad (4.23)$$

где  $G_H$  – номинальная грузоподъемность машины;

$n_{ц}$  – количество рабочих циклов машины, выполняемых за единицу времени,

$$n_{ц} = 1 / T_{ц}^c, \quad (4.24)$$

$T_{ц}^c$  – продолжительность рабочего цикла машины с учетом совмещения (параллельного выполнения) операций;

$K_{\text{гр}}$  – коэффициент использования машины по грузоподъемности (отношение массы груза, перемещаемой в среднем за один рабочий цикл, к номинальной грузоподъемности);

$G_{\text{ф}}$  – масса груза, перемещаемая машиной в среднем за один цикл;

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

Продолжительность цикла складывается из времени машинного, необходимого для выполнения краном отдельных операций с учетом возможного совмещения (одновременного выполнения) некоторых из них, и времени, затрачиваемого на вспомогательные операции.

Продолжительность цикла

$$T_{ц}^c = \varphi \sum_{i=1}^n t_i + t_{\text{в}}, \quad (4.25)$$

где  $\varphi$  – коэффициент, учитывающий сокращение времени цикла за счет совмещения некоторых операций по времени;

$\sum_{i=1}^n t_i$  – машинное время, затрачиваемое на выполнение операций;

$t_i$  – время на выполнение краном  $i$ -й операции;

$n$  – количество операций, выполняемых краном за цикл;

$t_{\text{в}}$  – время, затрачиваемое на вспомогательные операции при выполнении каждого цикла (застропка и отстропка груза, установка крана на аутригеры и др.).

Машинное время

$$\sum_{i=1}^n (t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n), \quad (4.26)$$

где  $t_1$  – время, затрачиваемое на подъем (опускание) на высоту  $h$  груза со скоростью  $v_1$ ,

$$t_1 = \frac{h}{v_1} + t_{\text{пр}}; \quad (4.27)$$

$t_2$  – время передвижения тележки или крана на расстояние  $l$  со скоростью  $v_2$ ,

$$t_2 = \frac{l}{v_2} + t_{\text{пр}}; \quad (4.28)$$

$t_3$  – время, затрачиваемое на поворот крана на угол  $\alpha$  в градусах при скорости вращения поворотной части крана,  $n$

$$t_3 = \frac{\alpha}{n} + t_{\text{пр}}; \quad (4.29)$$

$t_{\text{пр}}$  – время на разгон и торможение механизма изменения положения крана или отдельных его частей (2–4 с);

$t_n$  – время, затрачиваемое на застропку и отстропку груза грузозахватным устройством.

Время на наводку, захват и освобождение груза приведено в таблице 4.7.

Таблица 4.7

Вид груза	Грузозахватный орган	Затраты времени, с	
		на захват и наводку	на освобождение
Контейнеры массой 3–5 т	Цепной или канатный строп	20–30	10–20
	Приводной захват (автостроп)	10–15	5–10
Контейнер массой 20 т	Канатный строп	80–100	60–80
	Приводной захват (спредер)	10–20	4–8
Пачка круглого леса массой 3–8 т	Канатный строп	50	40
	Радиальный моторный рейфер	80	15
Пакет пиломатериалов массой 2–4 т	Канатный строп	50	15
	Вилочный подхват	40	10
Стеновые панели массой 2–6 т	Канатный строп	50	20
Лестничные марши		80	30
Редукторы, двигатели и другие узлы механизмов массой, т:			
до 3		60	25
3,1–6,0		93	35
Пакеты кирпича на поддоне массой до 2 т	Специальный захват	25	6

Средние значения коэффициента использования машины по грузоподъемности:  $K_{\text{гр}} = 1$  – при перегрузке насыпных грузов рейферами;  $K_{\text{гр}} = 0,7$  – при перегрузке насыпных грузов бадьями, другими устройствами;  $K_{\text{гр}} = 0,6$  – при перегрузке штучных грузов различной массы и конфигурации.

Коэффициент  $K_{\text{вр}}$  использования машины во времени зависит от системы организации работ на площадке.

**Выбор грузозахватных устройств.** Грузозахватные устройства служат для захвата (застропки), надежного удержания, ориентирования и освобождения

дения (отстропки) грузов при производстве погрузочно-выгрузочных операций с различными грузами.

Время на застропку и отстропку груза составляет от 20 до 80 % общей продолжительности рабочего цикла крана. Поэтому производительность кранов находится в прямой зависимости от конструктивных качеств захватных устройств и правильного их подбора к конкретному грузу и условиям работы с ним.

При выборе грузозахватных устройств к ним предъявляются следующие требования:

- простота и прочность конструкции, обеспечивающие надежность и безопасность работы;
- минимальная собственная масса, что связано с производительностью крана и расходом энергии на 1 т перерабатываемого груза;
- минимальная продолжительность захвата и освобождения груза (автоматизация этих операций – передача управления захватными органами в кабину машиниста крана и др.);
- обеспечение сохранности перерабатываемого груза и подвижного состава;
- соответствие требованиям охраны труда и окружающей среды.

Большинство грузоподъемных кранов снабжаются крюками, которые в зависимости от способа изготовления разделяются на *кованые* (штампованные) и *пластинчатые*, а по форме – на *однорогие* и *двурогие* (рисунок 4.41, *а* – однорогий с замком; *б* – двурогий с замком; *в* – однорогий пластинчатый; *г* – двурогий пластинчатый).

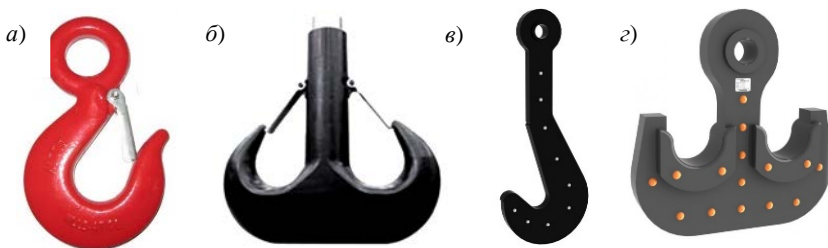


Рисунок 4.41

Кованые однорогие крюки применяют для грузоподъемных машин при грузоподъемности 0,4–100 т, а двурогие – 5–100 т. Пластинчатые крюки однорогие применяют для литейных кранов грузоподъемностью 40–315 т, а двурогие – для кранов общего назначения грузоподъемностью 80–320 т.

Крюк выбирается в зависимости от грузоподъемности и расчет его не требуется. В эксплуатации износ крюка в его зеве не должен превышать 10 % первоначальной высоты сечения. При большом износе крюк заменяют на новый. На крюк навешиваются грузозахватные устройств. Для соединения крюка с канатом служат крюковые подвески (рисунок 4.42 *а* – нормальная подвеска, *б* – укороченная



подвеска: 1 – щека; 2 – блок; 3 – крышка; 4 – подшипник; 5 – ось; 6 – стяжные болты; 7 – гайка хвостовика крюка; 8 – упорный подшипник; 9 – траверса; 10 – крюк; 11 – болт; 12 – кожух; 13 – стопорная планка).

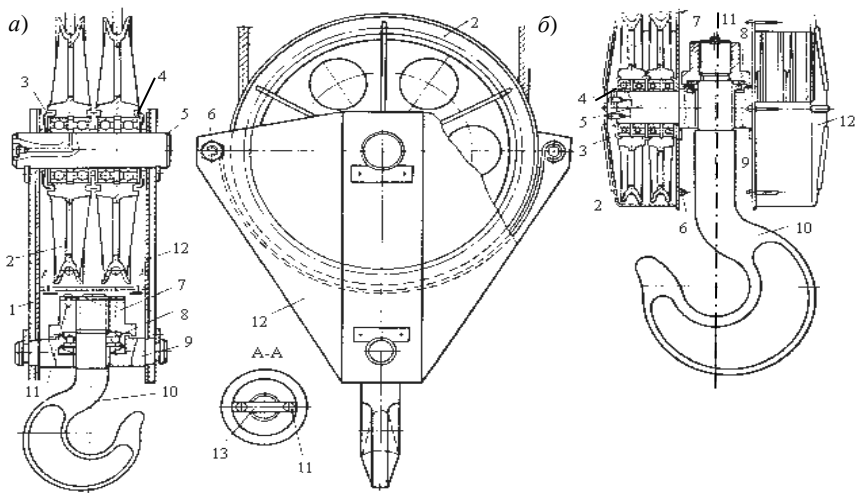


Рисунок 4.42

Схема классификации крановых грузозахватных устройств по назначению и принципу действия приведена на рисунке 4.43.



Рисунок 4.43

Номенклатура, типы и размеры тары, геометрическая форма, плотность и другие особенности штучных грузов предопределили применение на погрузочно-разгрузочных работах разнообразных захватных устройств.

## 4.2 Механические погрузчики

### 4.2.1 Назначение и классификация механических погрузчиков

Погрузчики периодического (циклического) действия предназначены для погрузки (выгрузки) в транспортные средства, контейнеры и складской перегрузки штучных, насыпных и мелкокусковых грузов.

Схема классификации погрузчиков приведена на рисунке 4.44.

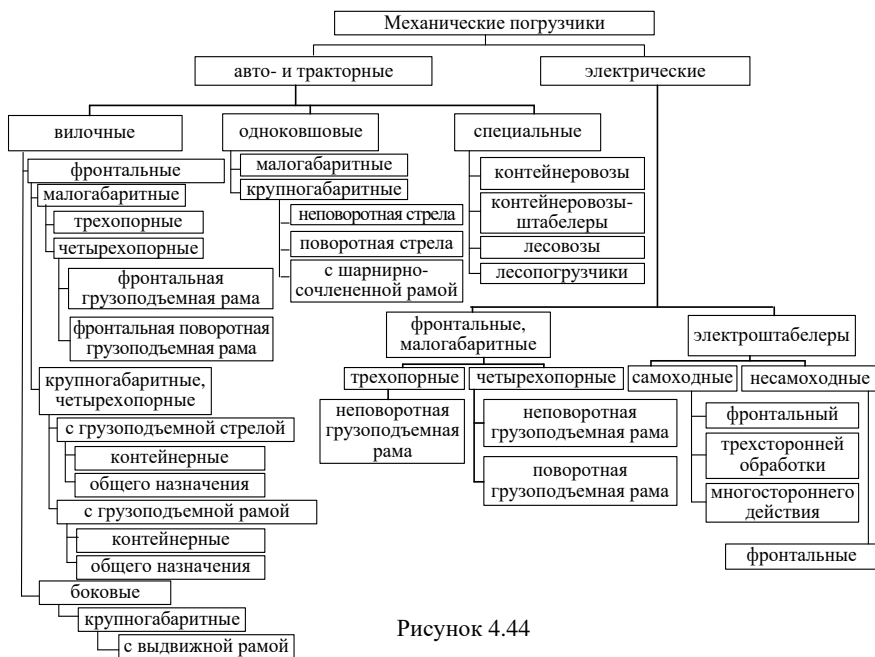


Рисунок 4.44

Механические погрузчики – это самоходные машины на колесном или гусеничном ходу с приводом от электродвигателя и питанием от аккумуляторной батареи или от внешней сети по гибкому кабелю или с приводом от двигателя внутреннего сгорания, позволяющие циклично перемещать груз в результате перемещения самого погрузчика и его рабочих органов.

В зависимости от источника энергии питания привода погрузчики разделяются на электропогрузчики и автопогрузчики, а по конструкции основного рабочего органа – на вилочные и ковшовые. У вилочных погрузчиков основным рабочим органом являются вилы, а у ковшовых – ковш. В каче-

стве сменных грузозахватных устройств могут использоваться стрелы, грейферы, различные механические захваты. Использование сменного рабочего оборудования увеличивает универсальность погрузчика.

Вилочные погрузчики в зависимости от расположения рабочего органа грузоподъемника и способа выполнения перегрузочных операций разделяются на фронтальные с передним расположением рабочего органа и боковые с расположением рабочего органа сбоку, а по устройству – с подвижным грузоподъемником относительно корпуса погрузчика и с подвижным (выдвижным); с неповоротным грузоподъемником относительно продольной оси погрузчика или смещаемым вдоль оси переднего моста погрузчика.

Одноковшовые погрузчики разделяются на фронтальные с передним зачерпыванием и передней разгрузкой ковша, полуповоротные с передним зачерпыванием и боковой разгрузкой ковша.

По назначению погрузчики бывают: универсальные (для работы с различными грузами); специальные (для перегрузки и транспортирования длинномерных грузов, крупногабаритных, для работы в трюмах судов, загрузки и выгрузки в контейнеры, штабелирования на большую высоту, транспортирования).

Для работы внутри вагонов и складов закрытого типа необходимы малогабаритные погрузчики, обладающие высокой маневренностью. В закрытых помещениях используются электропогрузчики и автопогрузчики, оборудованные нейтрализаторами выхлопных газов, а на открытых складских площадках – автопогрузчики.

#### **4.2.2 Устройство, принцип действия, достоинства и недостатки механических погрузчиков**

Основные исполнительные механизмы авто- и электропогрузчиков аналогичны. Погрузчики снабжают унифицированными механизмами столкновения груза с вилкой; механизмом опрокидывания ковша; боковыми или вертикальными зажимами для захвата и удержания груза; механизмом, приводящим в действие грейферный захват; механизмом наклона или выдвижения рамы грузоподъемника; механизмом поворота и перемещения вил в горизонтальной плоскости и др.

Каждый погрузчик характеризуется своими размерами, радиусом поворота, высотой подъема груза, грузоподъемностью, рабочими скоростями, производительностью, устойчивостью и массой.

Габаритные размеры и радиус поворота определяют маневренность погрузчика, возможность прохода его в двери складов, вагонов, в трюмы судов, а также ширину проездов в складах. Высота подъема грузов определяет высоту штабелей и влияет на эффективность использования складов. Рабочие скорости погрузчика (передвижения, подъема и опускания груза, наклона рамы грузоподъемника) определяют его производительность.

Колесные погрузчики выпускаются на трехопорном и четырехопорном шасси. На трехопорном шасси управляемым обычно является оди́нарное

колесо. Такие погрузчики имеют наиболее простой механизм поворота и отличаются повышенной маневренностью, поскольку требуют меньше места для разворота. На четырехопорном шасси управляемые колеса при маневрировании погрузчика должны поворачиваться на разные углы. Это существенно усложняет механизм поворота, обычно выполняемый с применением рулевой трапеции. Управляемыми являются, как правило, задние колеса. Погрузчики с трехопорным шасси менее устойчивы к боковому опрокидыванию, чем четырехопорные.

Ходовые колеса погрузчиков могут быть оборудованы пневматическими или массивными резиновыми шинами. Первые используют при работе на открытых площадках, вторые – в закрытых помещениях.

Электропогрузчики используются для погрузки и выгрузки тарноштучных грузов в вагоны, для работы в складах, цехах, трюмах судов. Грузоподъемность – 0,8–2,0 т, высота подъема груза – 2,0–4,5 м.

Основные исполнительные размеры погрузчиков приведены на рисунке 4.45 ( $h_3$  – высота подъема груза;  $h_1$ ,  $h_4$  – максимальная и минимальная высота погрузчика;  $l_1$  – длина погрузчика;  $b_1$  – ширина погрузчика;  $h_2$  – высота погрузчика;  $W_a$  – радиус поворота (внешний);  $\alpha$ ,  $\beta$  – угол наклона рамы грузоподъемника вперед и назад от вертикального положения).

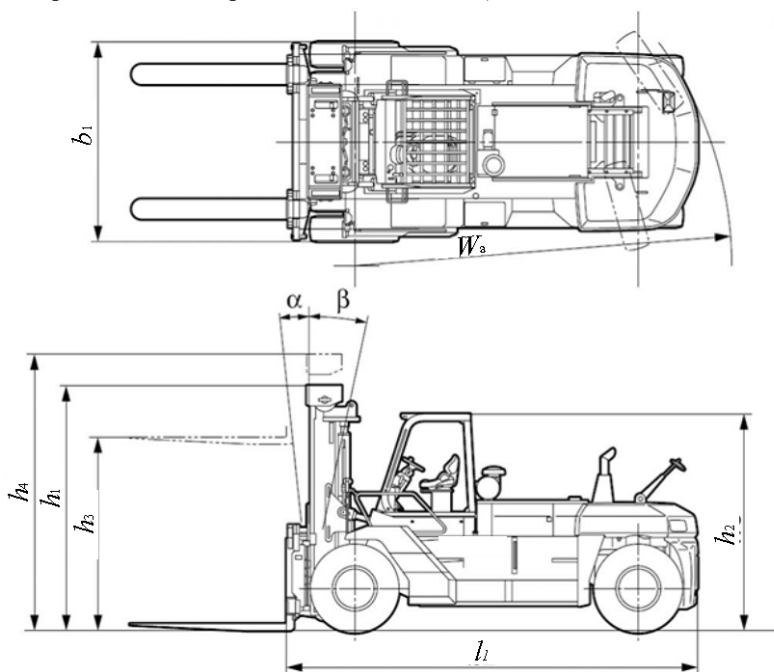


Рисунок 4.45

Конструкция четырехопорного электропогрузчика приведена на рисунке 4.46. На раме 19 погрузчика жестко закреплен ведущий мост 10, оба ходовых колеса которого получают вращение от электродвигателя 13 посредством механического дифференциала. Задний мост 17 подрессорен к раме 19 и оборудован двумя колесами, управляемыми водителем погрузчика с помощью рулевого колеса 2, червячного редуктора 6, рулевой тяги 18 и рулевой трапеции, тяги которой кинематически связывают оба колеса.

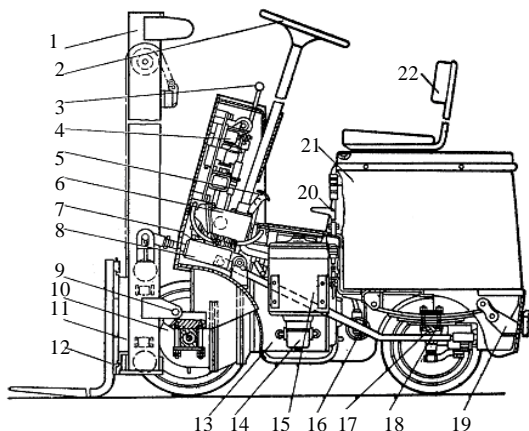


Рисунок 4.46

Рама 1 грузоподъемника консольно смонтирована над ведущим мостом с помощью двух шарниров 9 и двумя цилиндрами 8 наклона ее вперед или назад. Корпуса гидроцилиндров и их штоки шарнирно связаны соответственно с рамой погрузчика и рамой грузоподъемника. Вертикально-подвижная каретка 11 грузоподъемника оснащена закрепленными на ней грузозахватными приспособлениями, например, вилами 12. На погрузчике смонтирована гидростанция, содержащая электродвигатель 15, гидронасос 14, бак, маслопроводы и гидрораспределительную аппаратуру 4, управление которой осуществляется водителем посредством рукояток 3.

В приборном отсеке 7 наряду с гидрораспределительной аппаратурой установлена также аппаратура электроуправления механизма передвижения, гидростанцией, сигнализирующими и осветительными приборами. На раме погрузчика над задним мостом смонтирована аккумуляторная батарея 21, выполняющая также и роль противовеса, а под ней на кронштейне подвешено пусковое сопротивление 16. Сиденье 22 водителя закреплено на верхней крышке батареи. Погрузчик оборудован ножным тормозом с приводом от педали 5 и ручным стояночным тормозом с приводом от рукоятки 20.

Схемы трехопорного малогабаритного электропогрузчика приведена на рисунке 4.47. Эти электропогрузчики используются в основном для погрузки и выгрузки грузов из контейнеров.

Шасси электроштабелера состоит из двух вынесенных вперед параллельных балок 1 и опирается на четыре колеса 2, из которых два передних и правое заднее – опорные, а левое заднее – рулевое и одновременно ведущее. Передние колеса установлены по концам балок шасси. Заднее опорное имеет крепление рояльного типа и может самоустанавливаться при повороте машины. Рама грузоподъемника 3 перемещается вперед (назад) по направляющим вдоль балок шасси и может наклоняться вперед до  $2^\circ$  и назад до  $5^\circ$ . На каретке 4 устанавливаются различные сменные грузозахватные устройства.

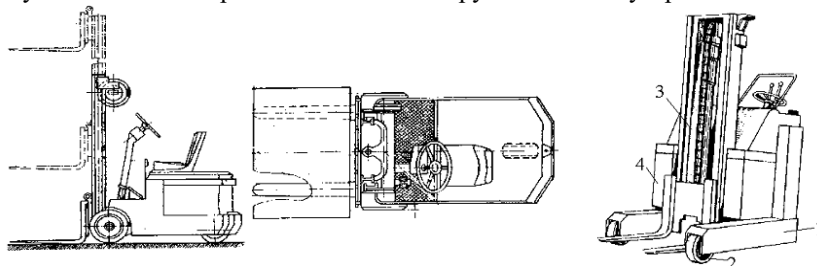


Рисунок 4.47

Электроштабелер с выдвижным в продольном направлении грузоподъемником (рисунок 4.48) предназначен для укладки в штабеля, снятия с них и перемещения на расстояния 20–30 м пакетированных грузов массой до 2 т в закрытых складах с полами, имеющими асфальто- или cemento-бетонное покрытие.



Рисунок 4.48

При захвате или укладке груза вилы выдвигаются за выносные опоры, и в этих условиях груз уравнивается массой электроштабелера. При транспортировании вилы выдвигаются так, что груз размещается над вы-

носными опорами, а его центр тяжести находится в пределах колесной базы машины (внутри опорного контура), что увеличивает его устойчивость.

Имеются конструкции штабелеров с выдвижным и поворотным грузоподъемником.

Особую группу составляют электропогрузчики, изготавливаемые во взрывозащищенном исполнении. Они предназначены для применения в помещениях с взрывоопасной средой, относительной влажностью до 80 % и температурой от  $-20$  до  $+40$  °С на открытых площадках предприятий химической, газовой, нефтяной и других отраслей промышленности.

Универсальные автопогрузчики состоят из тех же по своему назначению узлов, что и электропогрузчики, и отличаются от последних типом силовой установки и техническими параметрами. Автопогрузчики, снабженные набором сменных грузозахватных приспособлений, могут также выполнять различные грузовые операции со штучными, насыпными, кусковыми, лесными и другими грузами.

Автопогрузчики (рисунок 4.49) имеют конструктивную схему, включающую шасси 9 на пневмоколесном ходу, двигатель внутреннего сгорания 7, трансмиссии, гидроприводы, грузоподъемник 3, управляемый мост 8, ведущий мост 11, каретку 2, вилы 1, пульт управления 10, сиденье водителя 6, руль 5 и ограждение 4. В автопогрузчиках широко используются автомобильные агрегаты, узлы и детали.

У автопогрузчиков с фронтальным расположением грузоподъемника передняя ось ведущая, а задняя – управляемая.



Рисунок 4.49

Крупногабаритные автопогрузчики с фронтальным расположением грузозахватных устройств (рисунок 4.50) устроены аналогично малогабаритным (см. рисунок 4.49), но имеют большие размеры, грузоподъемность.



Рисунок 4.50

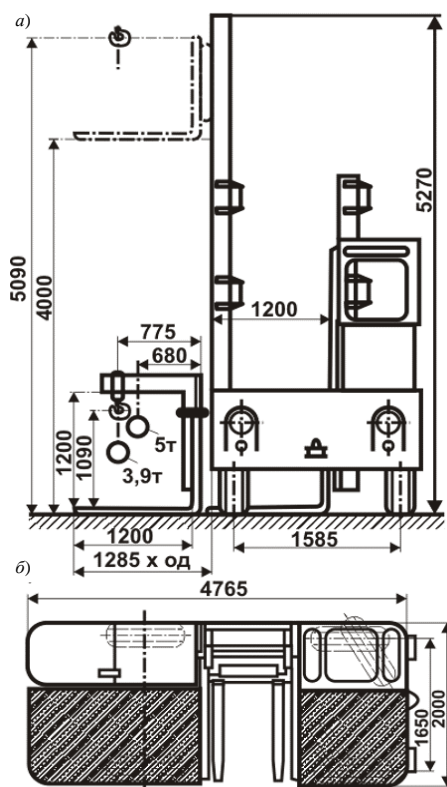


Рисунок 4.51

Погрузчики с боковым выдвижным грузоподъемником (рисунок 4.51) предназначены для погрузочно-разгрузочных и транспортных работ с длинномерными грузами и крупнотоннажными контейнерами. Они позволяют перегружать и транспортировать длинномерные грузы в узких проездах, что невыполнимо обычными универсальными (фронтальными) погрузчиками. Последние нерационально использовать для транспортировки длинномерных грузов, поскольку это может привести к потере боковой устойчивости погрузчика и, кроме того, потребует широких проездов.

Одноковшовыми погрузчиками называются самоходные погрузочно-разгрузочные машины с рабочим органом в виде установленного на конце подъемной стрелы ковша.

Одноковшовые погрузчики применяются главным образом для погрузки в транспортные средства насыпных и кусковых материалов. Иногда погрузчики используют для выгрузки насыпных материалов из железнодорожных вагонов.



Замена ковша специальными захватами позволяет использовать эти машины для переработки штучных, в том числе лесных, грузов и превращает их в универсальные погрузчики.

У одноковшового погрузчика *черпающего действия с передней разгрузкой и жесткой рамой* (рисунок 4.52) впереди кабины на шасси установлен портал 1, несущий погрузочное оборудование: фасонную изогнутую стрелу 3 с двумя рычагами 6, соединенными шарнирно тягами-толкателями 2 с поворотным ковшом 5, и две пары гидравлических поршневых цилиндров двустороннего действия 7 и 8, выполняющих подъем-опускание стрелы и поворот ковша в продольной и вертикальной плоскостях. Стрела ковша снабжена лыжами 4 для опирания на грунт при зачерпывании груза.

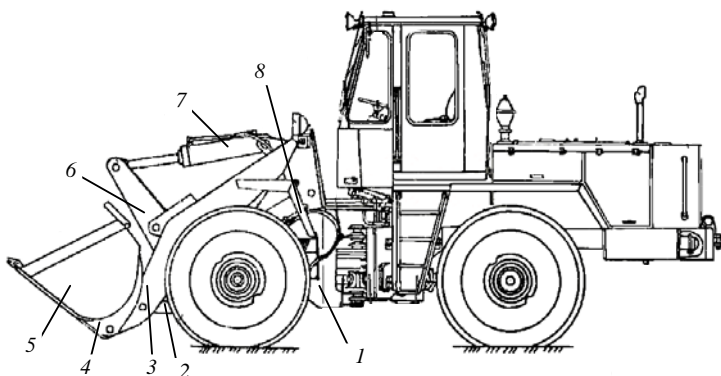


Рисунок 4.52

Ковшовые погрузчики на пневмоколесном ходу имеют конструктивное исполнение с поворотной стрелой в пределах  $120\text{--}180^\circ$ . Это позволяет производить боковую разгрузку (рисунок 4.53).

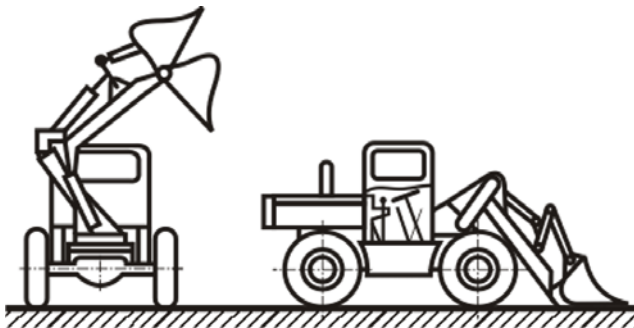


Рисунок 4.53

Устройство одноковшового погрузчика с сочлененной рамой приведено на рисунке 4.54.

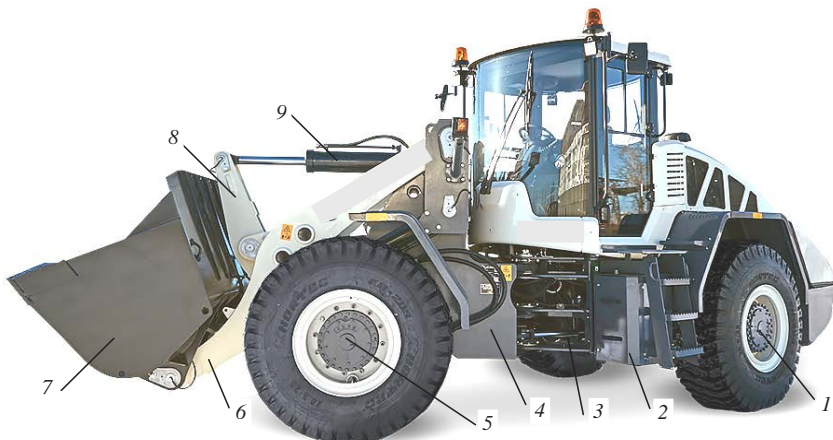


Рисунок 4.54

Все узлы и агрегаты погрузчика смонтированы на шарниросочлененной раме, содержащей переднюю 4 и заднюю 2 полурамы, связанные между собой вертикальным шарнирным устройством 3. Это обеспечивает изменение направления движения погрузчика поворотом полурам относительно друг друга, повышая маневренность и сокращая продолжительность его рабочего цикла. С передней рамой 4 жестко связан передний мост 5. Задний мост 1 подвешен к полураме 2 посредством горизонтального шарнирного устройства. Такая балансирующая подвеска заднего моста позволяет ему поворачиваться в вертикальной плоскости при наезде ходовыми колесами на неровной поверхности дорожного покрытия или при движении по пересеченной местности.

В результате обеспечивается постоянство сцепления колес с дорогой, а рама избавляется от скручивающих деформаций. Оба моста имеют одинаковую унифицированную конструкцию и являются ведущими с возможностью отключения заднего моста в транспортном режиме.

Основной рабочий орган погрузчика – ковш 7 опрокидного типа. Он шарнирно закреплен на внешнем конце подъемной стрелы 6 и рычажной системой 8 связан с двумя гидроцилиндрами его поворота 9.

Внутренним концом стрела шарнирно смонтирована на передней полураме. Поворотом относительно шарнира производится подъем и опускание стрелы с помощью гидроцилиндров. Гильзы гидроцилиндров поворота ковша и подъема стрелы шарнирно закреплены на стойках передней полурамы. Силовой агрегат погрузчика – дизельный четырехтактный двигатель.

Контейнеровоз (рисунок 4.55) может захватывать, поднимать и транспортировать контейнер. Он обеспечивает двухъярусное штабелирование контейнеров, погрузку и выгрузку их с автомобильного подвижного состава.

Контейнеровозы-штабелеры (рисунок 4.56) обеспечивают не только транспортировку, но и штабелирование контейнеров в 2–3 яруса. Для перемещения контейнера они наезжают на него своим порталом 1, захватывают специальным захватом 2 (спредером) и поднимают на необходимую высоту.

Некоторые портално-боковые погрузчики могут захватывать спредером 3 контейнер с железнодорожной платформы (автомобиля) и транспортировать к месту складирования. В погрузчиках все четыре колеса устраивают приводными, и они могут поворачиваться на 90°, что обеспечивает движение погрузчика во всех направлениях без разворота.



Рисунок 4.55

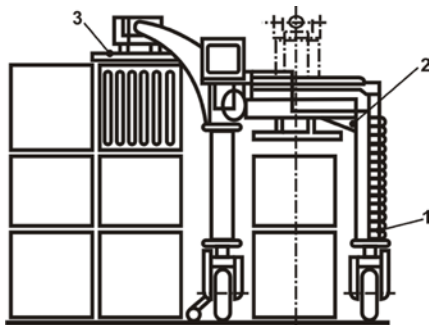


Рисунок 4.56

Лесовозы (рисунок 4.57) служат для перемещения на открытых складах преимущественно пиломатериалов и других длинномерных грузов, сформированных пакетами или уложенных пачками.



1, 3 – управляемые и ведущие ходовые колеса;  
2 – грузозахватное устройство

Рисунок 4.57

Погрузчики могут работать на спланированных площадках с твердым покрытием. Груз размещается между правыми и левыми ходовыми колесами. Шасси – недрессоренные. Ходовая часть содержит четыре колеса с пневмошинами, из них передние – управляемые, а задние – ведущие. Погрузчик оборудован четырьмя поворачивающимися на 90° в горизонтальной плоскости

вилочными подхватами, расположенными попарно с левой и правой сторон. После захватывания груза вилы поднимаются в транспортное положение.

Грузоподъемник позволяет опускать грузозахватное устройство на 2 м ниже своей опорной поверхности.

Лесопогрузчик на пневмоходу (рисунок 4.58) предназначен для механизации погрузки на железнодорожный открытый подвижной состав, автомобили и прицепы (полуприцепы) к ним, а также выгрузки с них тарноштучных грузов, сформированных пакетами и перемещаемых отдельными единицами и длинномерных грузов, преимущественно лесоматериалов. Погрузчик применяется на открытых складах с твердым ровным покрытием с установленным карбюраторным двигателем 1. Грузоподъемник выполнен в виде шарнирно-рычажной сочлененной стрелы 5 с механизмом сохранения постоянного положения вил. Подъем-опускание стрелы производится плунжерным гидроцилиндром 4. На стреле установлены два поршневых гидроцилиндра двухстороннего действия: изменения наклона захвата (вил) в продольном направлении 7 и замыкания (размыкания) 6 верхней челюсти. Для повышения продольной устойчивости погрузчика имеются две передние выдвижные опоры 3. Противовес 2 может выдвигаться назад за очерта-ние машины в транспортном положении.

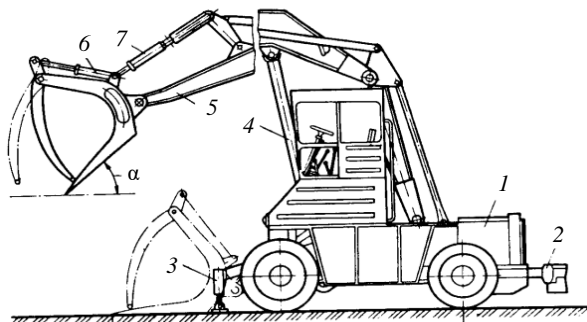


Рисунок 4.58

#### 4.2.3 Сменные грузозахватные устройства механических погрузчиков

Применение сменных грузозахватных устройств значительно расширяет сферы применения погрузчиков и повышает эффективность их использования.

К грузозахватным устройствам предъявляются следующие основные требования: соответствие свойствам и форме перегружаемых грузов, обеспечение их сохранности, максимальное использование грузоподъемности погрузчика; минимальные затраты времени на выполнение элементов начальных и конечных операций по обработке груза; минимальные размеры и собственная масса; надежность; быстрота навешивания и демонтажа; соответствие выполнения работ технологическим нормам и правилам безопасности труда.

Навесные грузозахватные устройства погрузчика жестко связаны с грузоподъемником, что позволяет интенсифицировать перегрузочные работы и исключить ручной труд при застропке и отстропке груза.

Современные навесные грузозахватные устройства погрузчиков в основном являются многооперационными, выполняющими не только захват груза, но и смещение его относительно продольной оси погрузчика, а также кантование в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Схема классификации сменных грузозахватных устройств для погрузчиков приведена на рисунке 4.59.

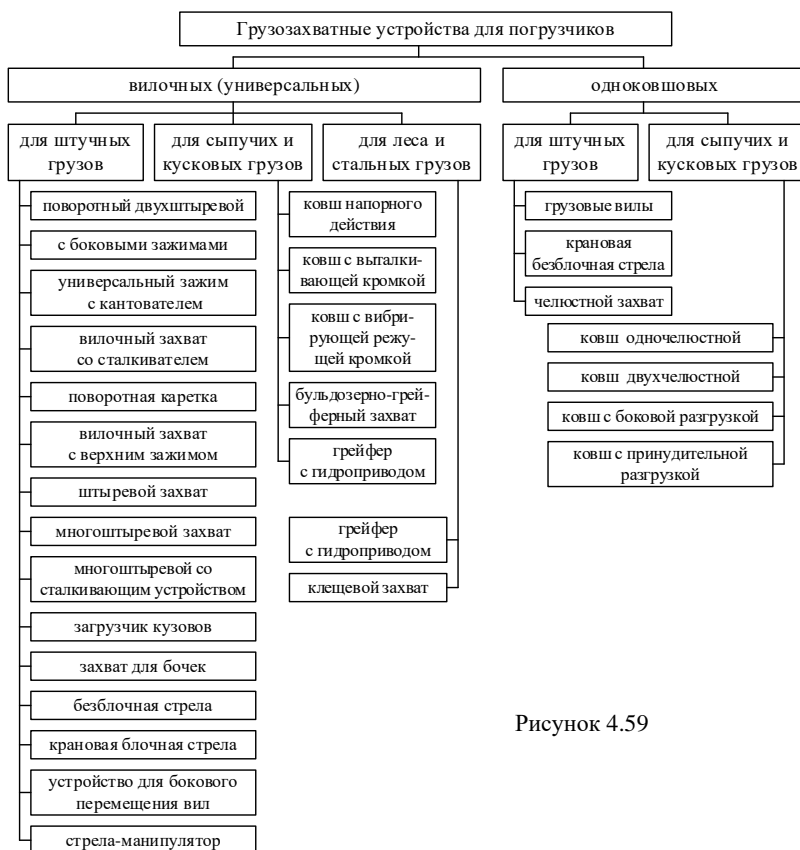


Рисунок 4.59

Погрузчики оснащаются различными сменными захватными приспособлениями. Основные из них – вилочный захват, размеры двух его плоских вилок соответствуют типу и грузоподъемности погрузчика. Длина их колеблется от 800 до 1200 мм. Центр тяжести груза от передней спинки вилок находится на расстоянии 400–600 мм, что позволяет поднимать пакеты не более 800–

1200 мм. Если же масса пакетов меньше грузоподъемности погрузчика, то их можно перегружать даже при большем расстоянии центра тяжести груза от спинки вил. В этом случае приходится иногда удлинять вилы, надевая на них насадки-удлинители.

*Двухштыревой поворотный захват* (рисунок 4.60, а) предназначен для механизации погрузочно-разгрузочных работ с грузами, затаренными в мягкие контейнеры. Захват (см. рисунок 4.60, б) содержит штыревую насадку 1, жестко прикрепленную к планшайбе 2. Последнюю болтами закрепляют на механизме кантователя, который обеспечивает поворот штыревой насадки на 180°. Принцип работы захвата заключается в следующем: горловину мягкого контейнера перегибают через один штырь и надевают петлю горловины на другой штырь. Вращением планшайбы 2 производят закручивание горловины мягкого контейнера.

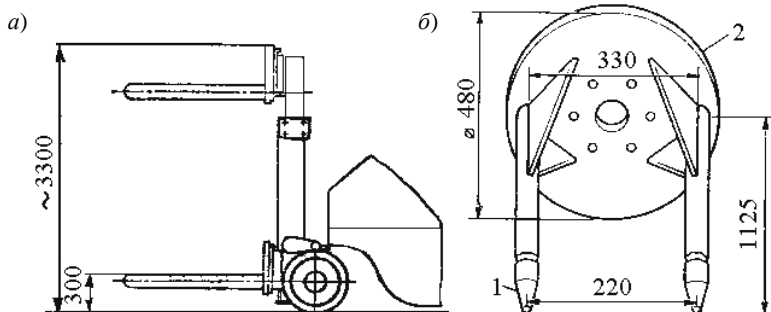


Рисунок 4.60

*Захват с боковыми зажимами* (рисунок 4.61, а) предназначен для погрузочно-разгрузочных и складских работ с грузами в деревянных ящиках без поддонов. Захват (см. рисунок 4.61, б) состоит из корпуса 1, двух направляющих 2, по которым с помощью гидроцилиндра перемещаются каретки с закрепленными на них обрезиненными лапами 3. В гидросистему приспособления встроен гидрозамок 4, обеспечивающий надежное удержание транспортируемого груза.

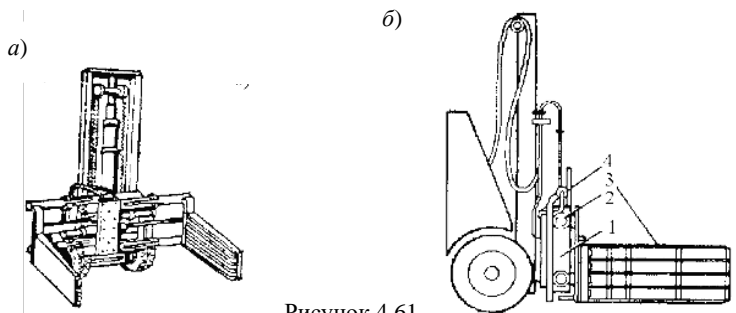


Рисунок 4.61

Универсальный зажим с кантователем (рисунок 4.62) для рулонных грузов, бумаги и картона, бочек, барабанов и т. п. позволяет захватывать и штабелировать грузы либо вертикально, либо горизонтально с возможностью их кантования в вертикальной плоскости на угол до  $180^\circ$  как в одну, так и в другую сторону.

Захват имеет два основных механизма: кантования и захвата 2. Механизм кантования состоит из корпуса, гидроцилиндра 4, шток которого закреплен в проушинах корпуса.

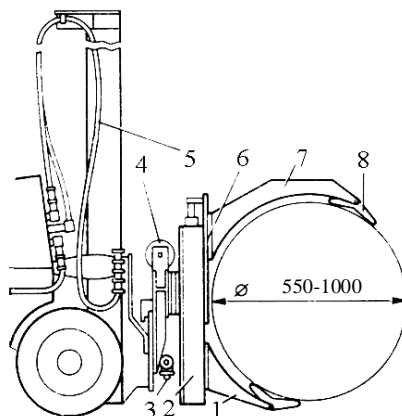


Рисунок 4.62

В корпусе на роликовых подшипниках установлен вал с шестерней, которая находится в зацеплении с зубчатой рейкой на гидроцилиндре 4. На другом конце вала закреплен механизм захвата 2.

При подаче рабочей жидкости по трубопроводу 5 в гидроцилиндре 4 шток остается неподвижным, а цилиндр, перемещаясь с зубчатой рейкой, вращает шестерню и вал, поворачивая захват 2 вокруг продольной оси погрузчика на угол  $180^\circ$ . На корпусе захвата закрепляют неподвижную лапу 1, а к ползуну 6 – подвижную лапу 7. В зависимости от перегружаемого груза на лапы устанавливают различные щеки 8.

Вилочный захват со сталкивателем (рисунок 4.63) состоит из толкающей решетки 1, задней рамы 3 с двумя кронштейнами, которыми сталкиватель навешивается по подъемную каретку электропогрузчика, и системы рычагов 2. Смещение в горизонтальном направлении толкающей решетки производят гидроцилиндром двухстороннего действия через систему перекрещивающихся рычагов 2.



Рисунок 4.63

Для удобства работы со штучными грузами, размещенными на вилочном захвате, последний оборудуется в случае необходимости поворотной кареткой для вилок в вертикальной и горизонтальной плоскостях (рисунок 4.64).

*Штыревой захват* (рисунок 4.65) предназначен для перегрузки грузов, имеющих отверстия (керамические трубы, бухты проволоки, рулоны и т. д.).



Рисунок 4.64



Рисунок 4.65

*Многоштыревой захват* (рисунок 4.66) предназначен для работы с грузами в мешках, стандартных бочках, рулонах, уложенных горизонтально, а также с большими по объему, но легкими грузами, имеющими отверстия для ввода штырей. Захват состоит из плиты, которую крепят на подъемной каретке погрузчика при помощи Г-образных направляющих, штырей и ограждения.

*Грузозахватное приспособление с прижимным устройством* (рисунок 4.67) предназначено для надежной фиксации шгучных грузов при транспортировке путем прижима их к вилам погрузчика. Прижим пригоден для фиксации грузов различной высоты и позволяет транспортировать груз на более высоких скоростях. Прижимная плита с кареткой захвата перемещается по направляющим гидроцилиндрам двойного действия. Форма плиты может быть круглой или прямоугольной.



Рисунок 4.66



Рисунок 4.67

*Захват-кантователь для бочек* (рисунок 4.68) предназначен для перегрузки бочек. Приспособление обеспечивает одновременный захват двух бочек. Захват состоит из штыревого поддерживающего устройства 1, опорного кронштейна 2 и из опрокидывающего захвата 3.

*Безблочная крановая стрела* служит для перегрузки тяжеловесных грузов и контейнеров автопогрузчиками. Она состоит из горизонтальных швеллеров, внутри которых перемещается роликовая тележка с крюком, приводимая в движение при помощи шарнирно-рычажного механизма и гидроцилиндра.



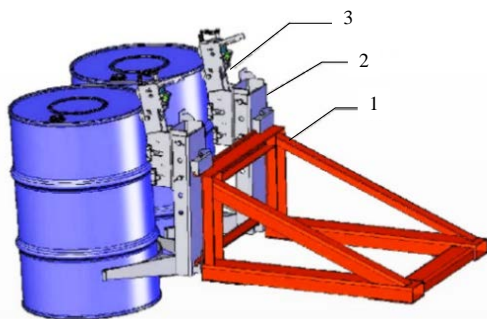


Рисунок 4.68

Для малогабаритных электро- и автопогрузчиков применяются более простые конструкции крановых безблочных стрел (рисунок 4.69), у которых вручную перемещается крюк при необходимости изменения вылета стрелы, фиксируя его в определенных местах горизонтальной балки.

Стрела крепится к плите горизонтальной каретки погрузчика. Скорость и высота подъема определяется параметрами погрузчика и стрелы.

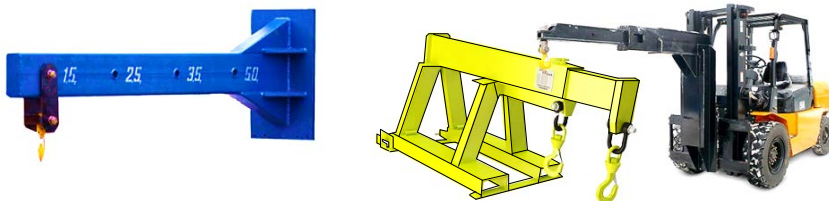


Рисунок 4.69

У блочной стрелы высота и скорость подъема захвата определяются не только размерами вертикальной части стрелы и скоростью подъема каретки, но и параметрами полиспадной системы. Блочный захват (рисунок 4.70) позволяет поднять груз на высоту в 2 раза большую высоты каретки грузо-подъемника, со скоростью, вдвое превышающей скорость движения каретки.

Устройство для бокового перемещения (рисунок 4.71) предназначено для сдвига груза вправо и влево до 150 мм относительно продольной оси погрузчика. Это устройство устанавливают в сочетании с различными грузозахватными устройствами.

Применение устройства для бокового перемещения повышает маневренность погрузчика, облегчает захват пакета груза, обеспечивает плотную укладку груза в складе, вагоне, автомобиле, уменьшает время на переработку груза и повышает производительность труда, но снижает номинальную грузо-подъемность погрузчика на 15 %.



Рисунок 4.70



Рисунок 4.71

На рисунке 4.72 показана *стрела манипулятора к погрузчику, составленная из двух звеньев*.

Она имеет двухшарнирное соединение. Их взаимное перемещение осуществляется под воздействием двух пар гидроцилиндров. При синхронном движении звенья стрелы перемещаются в вертикальной продольной плоскости, а при асинхронном – происходит поворот звеньев в горизонтальной плоскости. Угол поворота каждого звена – не более  $20^\circ$ . Однако при совместном повороте двух звеньев поворот всей стрелы составляет до  $40^\circ$ .

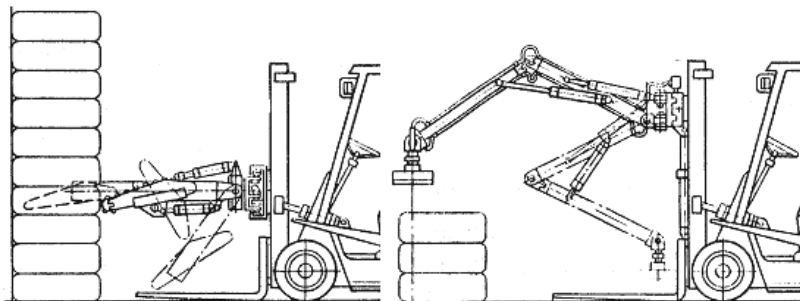


Рисунок 4.72

*Грейфер для лесных грузов с гидроприводом* (рисунок 4.73) предназначен для штабелевочно-погрузочных работ с круглым лесом и лесоматериалами. Челюсть грейфера состоит из двух клещей, соединенных между собой балкой. Концы клещей опущены немного вниз, что способствует лучшему заполнению грейфера. Открытие-закрытие челюстей выполняет гидравлический привод.

*Захват клещевой для лесных грузов* (рисунок 4.74) предназначен для штабелевочно-погрузочных работ с круглым лесом и пакетами пиломатериалов. Он состоит из рамы, трех цилиндров двойного действия и двух лап: верхней, служащей для прижатия груза при транспортировке, и двух нижних вилок для под-

хвата груза. Лапы поворачиваются на оси, закрепленной к раме. Поворот нижней лапы осуществляется от двух гидроцилиндров, подключенных к гидросистеме параллельно. Поворот верхней лапы производится одним гидроцилиндром, который работает от отдельного золотника.

Крупногабаритные автопогрузчики оборудуются *ковшом с нижним центром поворота напорного действия с силовым гидроцилиндром двустороннего действия* (рисунок 4.75). Для заполнения этого ковша грузом необходимо горизонтальное внедрение ковша в штабель с предварительным разгоном погрузчика и последующим отрывом от штабеля массы груза при повороте ковша вверх.



Рисунок 4.73



Рисунок 4.74

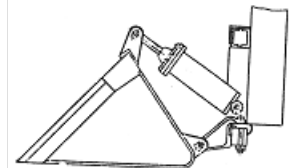


Рисунок 4.75

Особенность зачерпывания груза *ковшами напорного действия* (рисунок 4.76) – внедрение их в штабель под действием динамических усилий, которые возникают при разгоне погрузчика и приводят к значительным перегрузкам. При этом, как правило, заполняется ковш недостаточно, особенно если грузы уплотненные.

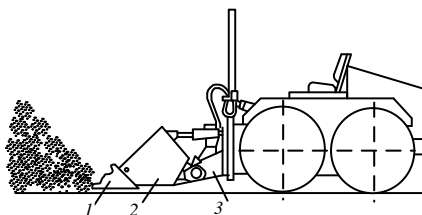


Рисунок 4.76

Одна из возможностей снизить сопротивление внедрению в сыпучий груз – использование в ковше 2 вибрирующей передней кромки 1. Привод ее осуществляется от двигателя 3.

#### 4.2.4 Устойчивость механических погрузчиков

Устойчивость вилочных электро- и автопогрузчиков имеет важное значение для нормальной их эксплуатации, охраны труда и сохранности грузов. Эти машины часто эксплуатируются в весьма неблагоприятных условиях: движение по неровной поверхности площадок; движение по кривым с малым радиусом; при трогании с места и торможении погрузчика; в начале и в конце подъема или при опускании груза; при маневрировании погрузчиком; при подаче груза в штабель значительной высоты и сталкивании его с вил; при максимальном наклоне рамы грузоподъемника в сторону штабеля; при маневрировании автопогрузчика с ковшом, заполненным грузом и поднятым в крайнее верхнее положение при наклонном положении грузоподъ-

емника в сторону опрокидывания; при движении погрузчика под уклон и экстренном сильном торможении.

Наиболее опасной операцией по условиям устойчивости считается стелкивание или скатывание круглых грузов с поднятых и наклоненных вперед вил. Во всех этих случаях на погрузчик, кроме статических, действуют динамические нагрузки, влияющие на его устойчивость.

При работе погрузчиков на открытых площадках опасным является воздействие сильного ветра.

Устойчивость погрузчика обеспечивается до тех пор, пока равнодействующая всех сил, действующих на погрузчик, находится в пределах опорного контура машины, а при выходе за пределы его погрузчик теряет устойчивость.

Устойчивость погрузчиков рассчитывается аналогично устойчивости кранов, но с учетом специфики их устройства и эксплуатации.

В практике для определения устойчивости вилочных электро- и автопогрузчиков применяется экспериментальный метод на специальном стенде с наклоняемой платформой (рисунок 4.77, а), которая позволяет изучать силы, действующие на погрузчик во все периоды его работы.

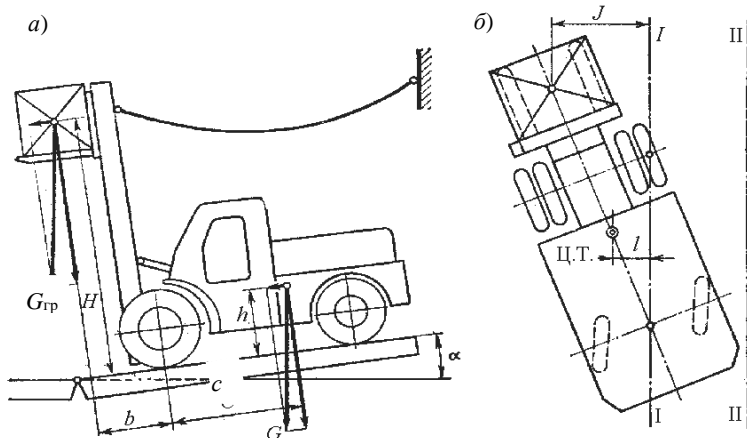

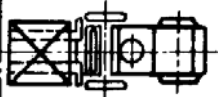
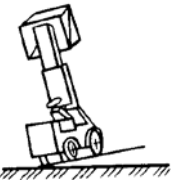


Рисунок 4.77

В ходе статических испытаний имитируется действие продольных сил инерции при торможении погрузчика и центробежных сил (см. рисунок 4.77, б), возникающих при его поворотах. На платформу устанавливают погрузчик с заторможенными ходовыми колесами. Показателем устойчивости является предельный угол наклона платформы до начала отрыва от нее соответствующих колес (или колес) погрузчика, т. е. до начала его опрокидывания. Для предохранения от опрокидывания к погрузчику сверху прикрепляются предохранительные канаты так, чтобы натяжение их не оказывало силового влияния в начальный момент потери устойчивости.

Для фронтальных погрузчиков с противовесом предусматриваются четыре вида испытаний: два – на продольную и два – на поперечную боковую устойчивость (таблица 4.8). Каждый вид испытаний учитывает устойчивость погрузчика при штабелировании груза и нахождении его в движении.

Таблица 4.8

Номер испытаний	Устойчивость	Выполняемая операция	Нагрузка	Высота подъема	Положение грузоподъемника	Угол наклона платформы, %	Установка погрузчика		
I	Продольная	Штабелирование	Минимальный груз	Максимальная	Вертикальное	4			
II		Движение		300 мм					Максимальный наклон назад
III	Поперечная	Штабелирование		Максимальная	6				
IV		Движение		Без груза 300 мм					15±1,1v max50

**Продольная устойчивость при штабелировании.** Груз должен быть поднят на максимальную высоту. Положение грузоподъемника – перпендикулярно плоскости опорной платформы. Платформа с погрузчиком наклонена к горизонтальной плоскости.

Опорная линия передних колес погрузчика параллельна оси поворота платформы. Погрузчик в этом положении сохраняет равновесие.

При испытаниях груз принимается соответственно грузоподъемности погрузчика и должен представлять собой однородный куб, ребро которого равно удвоенному вылету центра тяжести груза. На вилах груз устанавливается так, чтобы его центр тяжести находился в средней продольной плоскости погрузчика. Если испытываются погрузчики с высотой подъема груза свыше 3,2 м, у которых по соображениям устойчивости грузоподъемность при подъеме выше указанного уровня должна снижаться, вес груза берется согласно допускаемой величине. При использовании грузозахватных приспособлений испытательный груз берется согласно диаграмме грузоподъемности приспособления.

При наклоне платформы погрузчик удерживается тормозами. Если стояночный тормоз не в состоянии удержать машину, допускается использование других средств, при которых не возникают дополнительные внешние силы. Перед началом испытаний проверяется давление в пневмошинах погрузчика, которое должно точно соответствовать паспортному значению. Для определения начала наклона погрузчика используют бумажные или тонкие металлические листы, подкладываемые под колеса, которые должны оторваться в первую очередь при наклоне платформы. После начала отрыва колес листы можно свободно двигать.

Требование продольной устойчивости при штабелировании можно получить из уравнения моментов всех сил относительно ребра возможного опрокидывания (рисунок 4.77, а), тогда *коэффициент запаса продольной устойчивости при штабелировании*

$$K_{ш} = \frac{G(c \cos \alpha_1 - h \sin \alpha_1)}{G_{гр}(b \cos \alpha + H \sin \alpha_1)} > 1, \quad (4.30)$$

где  $G$  – вес погрузчика, т;

$G_{гр}$  – масса груза, т;

$c$  – расстояние от центра тяжести погрузчика до центра переднего ведущего колеса, мм;

$h$  – высота от центра тяжести погрузчика, мм;

$\alpha_1$  – фактический или полный угол наклона погрузчика;

$b$  – расстояние от центра переднего ведущего колеса до центра тяжести груза, мм;

$H$  – высота центра тяжести груза.

Вследствие просадки шин передних колес, прогиба рамы грузоподъемника, разгрузки задних колес и рессор погрузчик наклоняется относительно платформы дополнительно на угол  $\Delta\alpha$  (от  $1^\circ$  до  $1^\circ 30'$ ). Большее значение относится к погрузчикам на пневматических шинах при большой высоте подъема.

Полный угол наклона погрузчика

$$\alpha_1 = \alpha + \Delta\alpha. \quad (4.31)$$

*Продольная устойчивость при движении.* Номинальный груз поднят на высоту 300 мм от пола. Грузоподъемник максимально отклонен назад. Платформа наклонена к горизонтальной плоскости на 18 % или 10°12'. Погрузчик должен сохранять равновесие.

Высота подъема груза 300 мм измеряется до нижней точки груза, вил или другого приспособления над платформой. Испытание имитирует условия, возникающие при неожиданном торможении полностью нагруженного погрузчика, движущегося вперед с максимальной скоростью. При этом условии тормозной путь погрузчика, движущегося со скоростью 12 км/ч, должен быть не более 3 м.

Коэффициент запаса продольной устойчивости при движении можно получить при соблюдении условия

$$K_{\text{дв}} = \frac{G(c' - h' \text{tg}\alpha_1)}{G_{\text{гр}}(b' + H' \text{tg}\alpha_1)} > 1, \quad (4.32)$$

где  $c'$ ,  $h'$ ,  $b'$ ,  $H'$  – соответствуют положению груза, поднятого на высоту 300 мм от уровня пола, и максимально отклоненной назад раме грузоподъемника;

$$\alpha_1 = 10^\circ 12' + \Delta\alpha. \quad (4.33)$$

*Поперечная устойчивость при штабелировании.* Грузоподъемник максимально отклонен назад. Груз поднят на наибольшую высоту. Погрузчик устанавливается на платформе таким образом, чтобы линия, проведенная через центр заднего управляемого моста и середину переднего приводного колеса, была параллельна оси поворота наклоняемой платформы. Задние управляемые колеса установлены так, чтобы они были параллельны оси поворота платформы с расчетом получения максимального сопротивления скольжению.

Плоскость, на которой устанавливается погрузчик, наклонена к горизонтальной плоскости на 6 % или 3°26'. Погрузчик должен сохранять равновесие.

Коэффициент запаса поперечной устойчивости погрузчика при штабелировании можно получить при соблюдении условия (рисунок 4.77, б)

$$K_{\text{пш}} = \frac{G_{\text{гр}}J + Gl}{(G_{\text{гр}}H + Gh) \text{tg}\alpha_1} > 1, \quad (4.34)$$

где  $J$  и  $l$  – расстояние центра тяжести соответственно груза и погрузчика от линии возможного опрокидывания на горизонтальной площадке (на рисунке 4.77, б I–I – линия опрокидывания, II–II – ось поворота платформы).

Поперечная устойчивость при движении без груза достигается, когда грузоподъемник максимально отклонен назад; вилы подняты на высоту 300 мм. Плоскость, на которой находится погрузчик, должна быть наклонена к горизон-

тальной плоскости на  $(15 + 1,1 v) \%$ , где  $v$  – максимальная скорость ненагруженного погрузчика, км/ч, но не более 50 % для погрузчиков грузоподъемностью до 5 т и не более 40 % для погрузчиков грузоподъемностью от 5 до 10 т.

Погрузчик устанавливается на платформе, как и в предыдущем случае. В этом положении он должен сохранять равновесие. Это требование может быть выражено *коэффициентом запаса поперечной устойчивости погрузчика при движении без груза* при соблюдении условия

$$K_{п.дв} = \frac{Gl}{Ghtg\alpha_1} > 1. \quad (4.35)$$

Поскольку  $tg\alpha = 0,15...0,011v$ ,

$$\alpha_1 = \arctg(0,15...0,011v) + \Delta\alpha. \quad (4.36)$$

Последние два испытания имитируют силы, действующие на погрузчик при повороте его с грузом и без груза, в результате чего учитывается действие центробежной силы и силы тяжести.

При имитации реальных условий погрузчик устанавливается на платформе так, чтобы линия, соединяющая середину одного из передних колес с серединой задней оси (или задним колесом в трехколесной машине), была параллельна оси наклона платформы. Чтобы погрузчик не сползал при наклоне, его задние колеса устанавливаются параллельно оси платформы. Центробежная сила, действующая на поворачивающийся погрузчик, равна  $\frac{mv^2}{r}$ , где  $m$  – приведенная масса погрузчика с грузом и без груза;  $v$  – скорость движения;  $r$  – радиус поворота центра тяжести. Погрузчик будет устойчив при повороте, когда

$$\frac{mv^2}{r} \leq mgtg\alpha. \quad (4.37)$$

Из этого соотношения:

– скорость движения

$$v \leq \sqrt{rgtg\alpha}; \quad (4.38)$$

– радиус поворота

$$r \geq \frac{v}{gtg\alpha}; \quad (4.39)$$

– угол наклона платформы

$$\alpha \geq \arctg \frac{v^2}{rg}. \quad (4.40)$$

Угол  $\alpha$  определяет скорость, при которой погрузчик остается устойчивым при повороте на заданном радиусе. Можно также найти угол  $\alpha$ , кото-



рый необходимо достичь в процессе испытаний, чтобы погрузчик был устойчив при указанной скорости и радиусе поворота.

Для погрузчиков, работающих в узких проходах с выдвинутой грузоподъемной рамой, кроме приведенных испытаний, проводятся испытания проверки задней продольной устойчивости погрузчика при штабелировании с грузом и без груза, а также испытание, имитирующее условия, возникающие при неожиданном торможении порожнего погрузчика, движущегося назад с максимальной скоростью. Наклон платформы при этом испытании определяется по формуле  $(15 + 0,5 \alpha + 1,55 \nu) \%$ , где  $\alpha$  – максимальный уклон, %, преодолеваемый погрузчиком. Установка на платформе погрузчиков для работы в узких проходах при испытаниях продольной устойчивости производится аналогично фронтальным погрузчикам, а при испытаниях боковой устойчивости зависит от конструкции ходовой части и устанавливается так, что ось возможного опрокидывания погрузчика параллельна оси наклона платформы.

#### 4.2.5 Производительность механических погрузчиков

Производительность вилочных и одноковшовых погрузчиков зависит от количества груза  $G_{гр}$ , т, шт или  $m^3$ , перемещаемого за один рабочий цикл погрузчика, и количества циклов  $c$ , которое он сделает в течение 1 ч. Техническая производительность

$$\Pi = G_{гр} c. \quad (4.41)$$

Для сыпучих и кусковых грузов

$$G_{гр} = \psi V_k \gamma, \quad (4.42)$$

где  $\psi$  – коэффициент заполнения ковша;

$V_k$  – вместимость ковша,  $m^3$ ;

$\gamma$  – объемная масса груза,  $t/m^3$ .

Количество циклов, выполняемое погрузчиком в течение часа,

$$c = \frac{3600}{\varphi \sum_{i=1}^n t_{Mi} + t_b}, \quad (4.43)$$

где  $\varphi$  – коэффициент совмещения отдельных операций цикла по времени (определяется из графика рабочего цикла);

$t_{Mi}$  – машинное время, затрачиваемое на отдельные операции, с;

$n$  – количество операций выполняемых краном за цикл;

$t_b$  – время, затрачиваемое на вспомогательные операции, с.

Время, затрачиваемое на отдельные операции, выполняемые вилочным погрузчиком, складывается из времени:

– на наклон грузоподъемной рамы вперед;

– захват груза и подъем его на высоту до 300 мм или опускание до высоты транспортного положения и наклон рамы назад до отказа (примерно 10–15 с);

- разворот погрузчика с грузом и без него (при развороте на  $90^\circ$  это время равно  $6\dots 8$  с и на  $180^\circ$  –  $10\dots 15$  с);
- передвижение погрузчика со скоростью  $v_{\text{пр}}$  с грузом и без него  $v_{\text{п}}$ ;
- преодоление расстояния  $L_{\text{п}}$  с учетом разгона и замедления  $t_{\text{рз}}$ ;

$$t_{\text{п}} = \frac{L_{\text{п}}}{v_{\text{пр}}} + \frac{L_{\text{п}}}{v_{\text{п}}} + 2t_{\text{рз}}; \quad (4.44)$$

- подъем груза со скоростью подъема  $v$  на необходимую высоту  $H_{\text{п}}$  с учетом разгона и замедления

$$t_{\text{п}} = \frac{H_{\text{п}}}{v} + t_{\text{рз}}; \quad (4.45)$$

- штабелирование груза (5–8 с);
- отклонение грузоподъемной рамы назад без груза (2–3 с);
- опускание каретки с вилами в нижнее положение (определяется, как и на подъем, с учетом скорости опускания);
- суммарное время, затрачиваемое на управление погрузчиком между операционными интервалами (6–8 с).

Аналогично определяется цикл погрузчика при взятии груза из штабеля и погрузке в вагон или автомобиля.

При определении длительности цикла одноковшового погрузчика с передней загрузкой и задней разгрузкой время заполнения ковша составляет примерно 10–15 с, подъема ковша в транспортное положение – 8–10 с, поворота ковша на разгрузку – 6–10 с. Общая длительность рабочего цикла одноковшового погрузчика (при наиболее удобном расположении автомашины для погрузки в непосредственной близости от места зачерпывания) в среднем составляет: 25–30 с – для погрузчиков с задней разгрузкой ковша; 30–40 с – для погрузчиков с передним расположением ковша и боковой его разгрузкой; 30–40 с – для фронтальных погрузчиков на пневмоколесном ходу и 60–80 с – для фронтальных погрузчиков на гусеничном ходу.

### 4.3 Тележки, тягачи: назначение, классификация, устройство, принцип действия

Грузовые тележки предназначены для горизонтального межоперационного перемещения сырья, материалов, готовой продукции в цехах и на складах. Тележки рассчитаны для перевозки грузов небольшой массы, небольшими партиями и на короткие расстояния. Их размеры обеспечивают хорошую проходимость в складах между стеллажами и штабелями.

Тележки изготовляют самоходными и несамоходными. Самоходные тележки имеют электрический привод передвижения (аккумуляторные и троллейные) от двигателя внутреннего сгорания (автотележки) и от двигателя сжатого воздуха или газа (пневмотележки).

В конструкционном отношении тележки различают: с жесткой высокой или низкой платформой, служащей для укладки на нее груза; с подъемной

платформой для укладки груза на специальные низкие столики или стеллажи, подъезжая под которые тележка поднимает их с грузом, и после перемещения груженого столика к месту хранения платформа с грузовым столиком опускается, столик устанавливается на пол, а тележка освобождается для перемещения следующего столика; с подъемным вилочным захватом для перемещения грузов, предварительно уложенных на поддоны или сформированных в специальные пакеты, перемещаемые тележкой; и малогабаритные тягачи для перевозки груза только на прицепных тележках.

Схема классификации тележек приведена на рисунке 4.78.



Рисунок 4.78

*Грузовая несамоходная тележка* (рисунок 4.79) с неподвижной платформой предназначена для транспортирования тарно-штучных грузов. Ее можно использовать в качестве грузонесущего органа на грузоведущих цепных конвейерах. Конструкция тележки может предусматривать установку сменной транспортной технологической оснастки (этажерки-стола, этажерки со съемными полками, этажерки с откидными полками, бункера, стеллажи и т. д.). Тележка имеет четыре колеса, два из которых – поворотные и два – неповоротные.



Рисунок 4.79

*Грузовая несамоходная тележка с подъемной платформой* (рисунок 4.80) предназначена для перевозки, подъема и опускания различных грузов. Она состоит из рамы, сваренной из труб, подъемной платформы и ручного привода. Рама тележки опирается на четыре обрешиненных колеса: два задних – поворотных, два передних – неповоротных. При помощи цепной передачи платформа может перемещаться по вертикальным направляющим рамы вверх и вниз.



Рисунок 4.80

*Ручная несамоходная тележка с подъемными вилами* (рисунок 4.81) предназначена для механизации погрузочно-разгрузочных, транспортных операций с контейнерами и пакетами на стандартных поддонах в местах, где невозможно применение погрузчиков (узкие проходы).

Подъем и транспортирование осуществляются следующим образом. Оператор подкатывает тележку к пакету с грузом таким образом, чтобы грузовые вилы зашли под основание поддона или типовую производственную тару. При движении рукоятки управления вниз-вверх с помощью гидропривода вилы перемещаются вверх. Оператор двигает рукоятку управления до тех пор, пока вилы с грузом не поднимутся на необходимую высоту. Затем грузовой пакет транспортируется по назначению. Для опускания вил с грузом оператор нажимает ногой на педаль.

Самоходные тележки с неподвижной платформой (рисунок 4.82) применяются преимущественно для перемещения тарно-штучных грузов между пунктами, имеющими подъемно-транспортное оборудование для механизации погрузки и разгрузки. Они часто дооборудуются поворотным краном.



Рисунок 4.81



Рисунок 4.82

Самоходные т ел еж ки с подъемной плат ф ормой (рисунок 4.83, 1 – рама; 2 – подъемная платформа; 3 – ведущие колеса; 4 – рукоятка рулевого управления; 5 – аккумуляторная батарея) используются для перевозки контейнеров на ножках высотой 350 мм и расстоянием между ножками по ширине 800 мм.

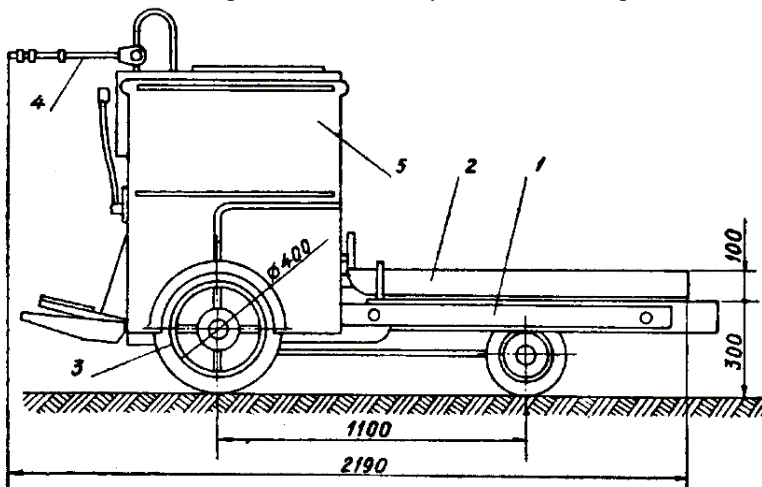


Рисунок 4.83

Для перевозки грузов на одинастильных поддонах используются самоходные т ел еж ки с подъемным вилочным захват ом (рисунок 4.84, 1 – шкаф управления; 2 – щит; 3 – гидропривод; 4 – вилочный захват).

При дальности транспортировки более 500 м и массовых грузопотоках при доставке грузов на склады, оборудованные подвесными кранами, экономически целесообразнее применять проездные сост авы из т ягачей и прицепных т ел еж ек.

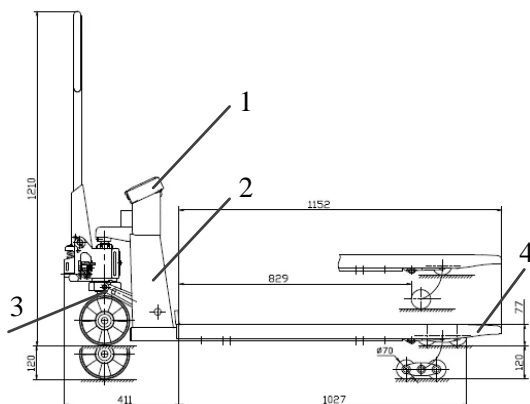


Рисунок 4.84



Рисунок 4.85

*Элект ро- и авт от ягачи (рисунок 4.85) имеют устройство, аналогичное тележкам, но у них отсутствует платформа для укладки груза. При помощи более мощного тягового двигателя они развивают тяговое усилие до 10 кН, необходимое для перемещения прицепных тележек. Тягачи имеют большой сцепной вес и радиус действия за счет более мощных аккумуляторных батарей или большего запаса горючего.*

Скорость перемещения электротягачей – 8–10 км/ч и автотягачей – 10–20 км/ч. Производительность определяется по формулам (4.1)–(4.5) с подстановкой времени выполнения технологических операций, входящих в цикл работы соответствующей тележки.

#### **4.4 Вагонопрокидыватели, автомобилеразгрузчики, инерционные вагоноразгрузочные машины**

##### **4.4.1 Назначение, классификация, устройство, принцип действия вагонопрокидывателей**

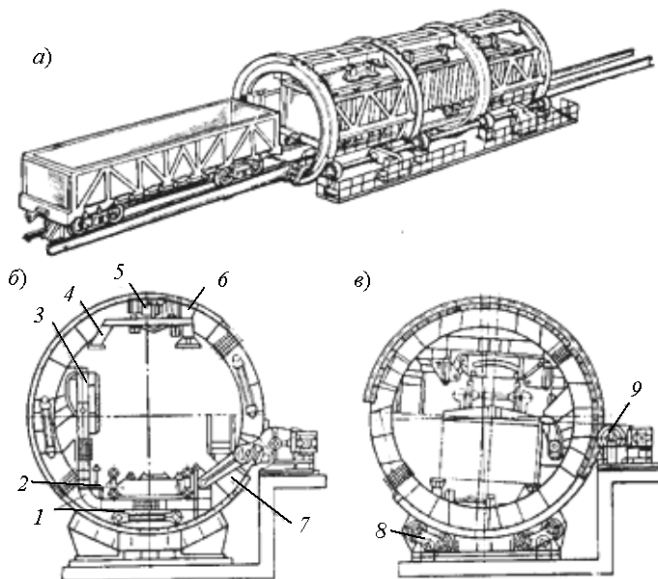
Вагонопрокидыватели предназначены для выгрузки из вагонов сыпучих и кусковых грузов путем наклона или поворота вагона в соответствующее положение с применением иногда дополнительных устройств, способствующих высыпанию груза.

В зависимости от способа поворота и типа разгружаемых вагонов различают следующие типы вагонопрокидывателей:

- роторные – с поворотом вагона на  $160\text{--}170^\circ$  относительно продольной геометрической оси, проходящей через боковую стенку;
- мостороторные – с поворотом вагона на  $160\text{--}170^\circ$  путем перекачивания ротора с вагоном по мосту и выгрузкой груза через боковую стенку;
- боковые – с поворотом вагона на  $160\text{--}170^\circ$  относительно продольной оси, расположенной сбоку значительно выше уровня рельсового пути и продольной оси вагона, и высыпанием груза через боковую стенку;
- башенные – с подъемом и поворотом вагона на  $160^\circ$  относительно продольной оси вагона с выгрузкой через боковую стенку;
- торцевые – с поворотом вагона на  $50\text{--}70^\circ$  относительно поперечной оси, при котором высыпание груза происходит через откидную торцевую стенку вагона;
- комбинированные – с поворотом крытого вагона в разных направлениях относительно продольной и поперечной осей вагона;
- платформоопрокидыватели – с поворотом на  $50\text{--}70^\circ$  в боковом направлении.

По способу обслуживания разгрузочного фронта различают стационарные и передвижные вагонопрокидыватели.

Наибольшее распространение получили *рот орные вагонопрокидыватели* (рисунок 4.86), применяемые для выгрузки угля, руды и других сыпучих грузов из четырех-, шести- и восьмиосных полувагонов колеи 1520 мм.



*a* – общий вид; *б* – ротор в исходном положении;  
*в* – ротор в положении разгрузки

Рисунок 4.86

Роторный вагонопрокидыватель состоит из ротора 7, люльки 1, подвешенной на вертикальных тросах моста-платформы 2, опорных роликов 8, привода вращения ротора вагонопрокидывателя 9. Ротор имеет четыре кольцевых диска, связанных между собой продольными трубчатыми фермами и верхними балками с подвешенными к ним вибраторами 5. Каждый из этих четырех дисков опирается круговыми бандажами 6 на две двухроликовые балансирные опоры 8. Рядом с бандажами на диске укреплены зубчатые венцы, находящиеся в зацеплении с шестернями ведущего вала электропривода.

В роторе расположены две люльки, основная несущая часть которых имеет форму изогнутой рамной конструкции. В каждой люльке установлена проволочная стенка 3, армированная резиной толщиной 100 мм. Обе люльки соединены между собой средней проволочной стенкой.

Мост подвешен к люльке на тросах, что обеспечивает при повороте ротора привалку вагона к стенкам люльки. На этих же тросах предусмотрена установка тензометрических датчиков для взвешивания вагонов.

В начальный период поворота ротора происходит смещение моста с вагоном в поперечном направлении до упора боковой стенки вагона в привалочную стенку. Далее люлька, направляемая роликами, под действием силы тяжести перемещается с вагоном к упорам 4 вибраторов. В опрокинутом положении полувагон полностью опирается на вибраторы и привалочную стенку. После включения вибраторов происходит очистка полувагона от остатков груза. На вагонопрокидывателе установлены три вибратора с мощностью двигателя по 11 кВт. Два электродвигателя поворота имеют мощность по 48 кВт каждый. Общая масса вагонопрокидывателя – 220 т, часовая производительность – 30 четырех- или шестиосных полувагонов или 25 восьмиосных.

На рисунке 4.87 приведен *передвижной мост орот орный вагонопрокидыватель*, базой которого служит мост, составленный из четырех или шести балок 1, опирающихся на тележки 4. На балках моста находится ротор 2 с рельсовой колесей, люлькой, привалочной стенкой, верхними зажимами и блочно-канатным приводом вращения. К передней и задней балкам шарнирно примыкают наклонные въезд 3 и съезд, предназначенные для накатывания и последующего выкатывания вагонов из ротора. Управление производится из кабины 5.

В процессе выгрузки опрокидывание вагона достигается тем, что ротор перекачивается по направляющим балкам моста из положения I в положение II на угол 160° над приемной траншеей. Основным недостатком этого типа вагонопрокидывателей – большой расход металла и недостаточная надежность канатного привода, особенно при работе в зимних условиях. Общая масса – 445 т, часовая производительность – 25 вагонов.



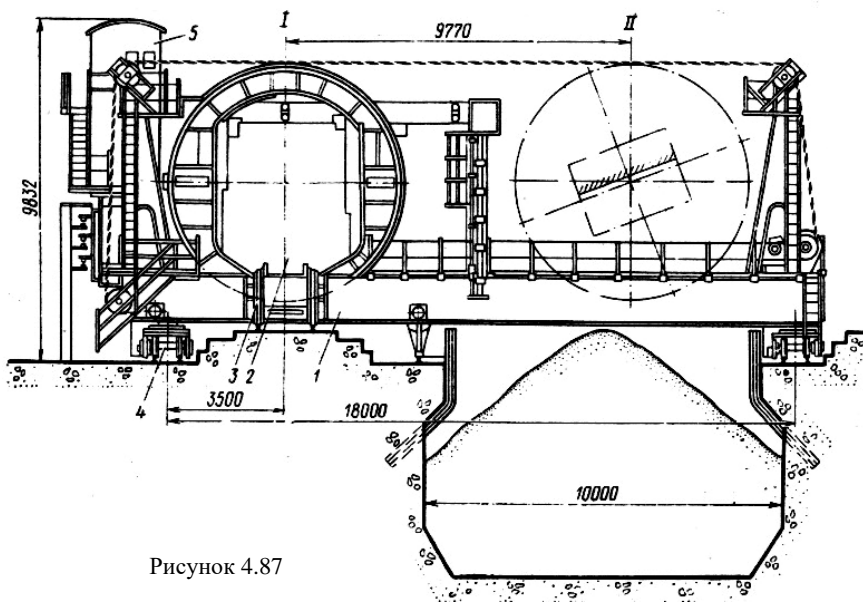


Рисунок 4.87

*Боковые подъемно-поворотные вагонопрокидыватели* изготавливают стационарные (рисунок 4.88) и передвижные (рисунок 4.89). Стационарный состоит из двух закрепленных на валу фигурных роторов 5, двух люлек 1, к которым на тягах подвешены платформы 2, электропривода механизма опрокидывания и четырех опорных колонн с подшипниками. На подшипники колонн опираются валы роторов, связанные между собой эластичной муфтой.

Люльки снабжены привальными стенками 3 и верхними прижимами 4. Подвеска платформы и связь люлек с роторами выполнены также, как и в стационарном роторном вагонопрокидывателе. Поворотная часть вагонопрокидывателя частично уравновешена противовесами 6.

Поворот роторов осуществляется от двух отдельных приводов мощностью по 100 кВт каждый. Пульт управления расположен в кабине 7.

Для выгрузки груза из полувагона роторы поворачивают на  $170\text{--}175^\circ$ , и груз выгружается на высоте 7 м над уровнем земли, что позволяет обойтись без глубоких приямков, устраиваемых при использовании роторных ваго-

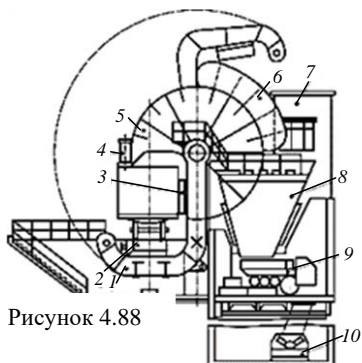


Рисунок 4.88

нопрокидывателей для размещения приемных бункеров и конвейеров. Груз из вагона поступает в приемный бункер 8, откуда питателем 9 подается на конвейер 10. По сравнению с роторным боковой вагонопрокидыватель имеет большую массу и стоимость изготовления в два раза выше. Производительность – 20 вагонов в час.

*Передвижной боковой вагонопрокидыватель* имеет такую же конструкцию, как и стационарный, но он установлен на специальную платформу, перемещающую его вдоль фронта разгрузки. Вагоны подаются в люльку вагонопрокидывателя и убираются по специальным накатам.

*Башенные вагонопрокидыватели* (рисунок 4.90) устанавливаются на металлургических заводах на рудных дворах и служат для выгрузки руды и угля из четырех- и шестисосных полувагонов.

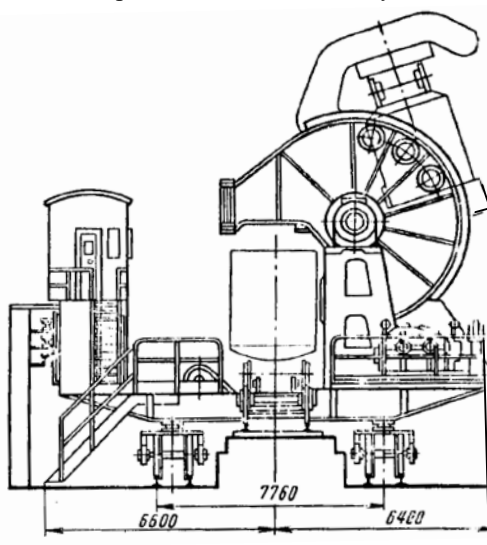


Рисунок 4.89

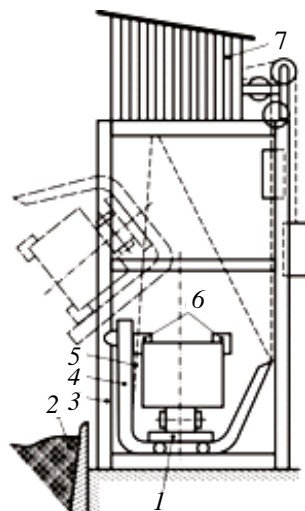


Рисунок 4.90

Башенный вагонопрокидыватель состоит из передвижного самоходного или стационарного портала 3, внутри которого размещена люлька 4 с подвесной платформой 1, несущей рельсы для установки разгружаемого вагона. Люлька подвешена на двух цапфах к колоннам портала со стороны приемной траншеи.

Портал передвижного вагонопрокидывателя опирается на восемь приводных балансирных тележек. К portalу примыкают с двух сторон наклонные пути для подачи вагонов в люльку и уборки их после выгрузки. Люлька с подвесной платформой оборудована стопорными устройствами 6 для закрепления вагона. В верхней части портала в кабине 7 размещена подъемная лебедка механизма опрокидывания, а также система канатов и противовесов. Концы канатов и лебедки закреплены на люльке.

При включении лебедки люлька поднимается канатами и поворачивается относительно цапфы. Как только люлька повернется на 10–15°, платформа 1 с установленным на ней груженым вагоном переместится в сторону привалочных брусьев 5, закрепленных на вертикальной стенке люльки. После этого автоматически включается привод вертикальных зажимов, а затем и привод подъема: люлька опрокидывается в сторону приемной траншеи 2, куда и высыпается содержимое вагона. После этого люлька возвращается в исходное положение, зажимы отключаются и вагон выталкивается из люльки. Противовесы понижают степень статической неуравновешенности люльки с груженым вагоном. Угол поворота люльки – 160°, производительность – 20 вагонов в час, общая мощность электродвигателей – 530 кВт, масса – 667 т.

*Торцевой вагоноопрокидыватель* (рисунок 4.91) состоит из поворотной платформы 1, привода 2 с канатным полиспастом, расположенным в углублении 3. При разгрузке полувагон упирается в буферный брус 5. Груз сыпается в приемный бункер 4 через торцевую стенку. Применяются эти вагоноопрокидыватели для выгрузки груза из полувагонов западноевропейской колеи, у которых открываются торцевые стенки наружу.

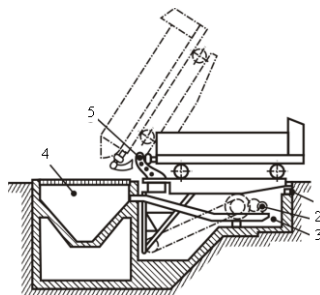


Рисунок 4.91

По конструкции торцевые вагоноопрокидыватели просты, надежны в эксплуатации, но требуют значительной затраты энергии вследствие неуравновешенности платформы с вагоном относительно оси поворота. Производительность – до 20 вагонов в час.

*Комбинированные вагоноопрокидыватели* предназначены для выгрузки из крытых вагонов хорошо сыпучих сухих грузов. Машина состоит из моста 1 (рисунок 4.92), поддерживающего всю верхнюю конструкцию вагоноопрокидывателя. Средняя часть моста двумя боковыми цапфами опирается на подшипники, установленные на металлических колоннах 2. Снизу к мосту крепится секторный зубчатый венец 3, находящийся в зацеплении с шестерней привода 4 торцевого опрокидывания.

В нерабочем состоянии при накатывании вагона и его закреплении мост опирается также на два концевых рычажных роликовых упора 5. Перед началом торцевого опрокидывания каждый из них отклоняется в сторону при помощи винтового механизма 6. На мосту расположен привод 7 бокового опрокидывания люльки. Вагон с помощью зажима 8 зажимается клеммами за концевые балки, расположенные с противоположных торцевых стен. Привалочная стена 9 перемещается до упора в вагон при помощи винтового механизма. После вкатывания вагона на люльку, открытия двери и уборки дверного щита включают механизм перемещения привалочной стенки, и кроме того вагон зажимается клеммами. Сначала его наклоняют набок до 50°, а затем

последовательно делают два-три торцевых наклона на  $50^\circ$ . Порожний вагон возвращают в исходное положение и выталкивают из опрокидывателя следующим за ним груженым вагоном. Масса вагоноопрокидывателя – 90 т, производительность – 10 вагонов в час.

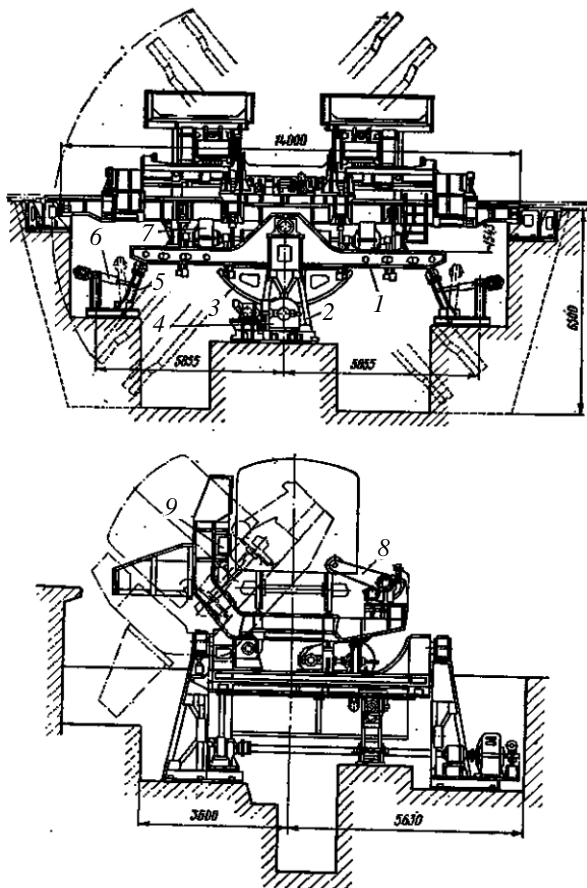


Рисунок 4.92

*Передвижной боковой плат* формоопрокидыват ель (рисунок 4.93) используют для разгрузки платформ на одну или обе стороны от железнодорожного пути. Платформа накатывается на опрокидыватель по наклонным рельсовым звеньям 1. Платформа с грузом закрепляется специальными упорами 2 на опрокидной платформе 3 опрокидывателя, которая наклоняется на  $50^\circ$ . Мощность установленных электродвигателей – 125 кВт, производительность – 10–12 платформ в час.

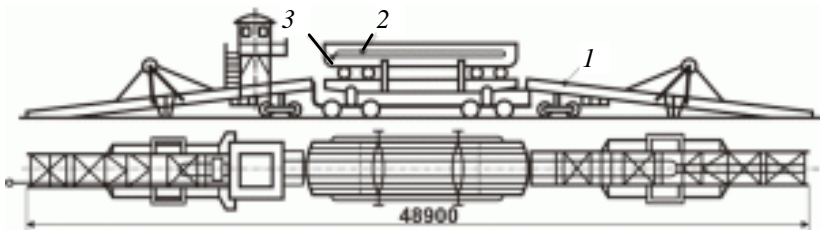


Рисунок 4.93

#### 4.4.2 Назначение, классификация, устройство, принцип действия автомобилеразгрузчиков

Выгрузка грузов из бортовых автомобилей и автопоездов осуществляется автомобилеразгрузчиками путем наклона автомобиля или прицепа в сторону заднего или бокового борта до положения, при котором сыпучие грузы, находящиеся в кузове, под действием силы тяжести приходят в движение и разгружаются в приемный бункер.

Стационарные автомобилеразгрузчики (рисунок 4.94) предназначены для разгрузки сыпучих грузов из бортовых автомобилей и автопоездов в пунктах со значительным их поступлением и с сосредоточенной выгрузкой.

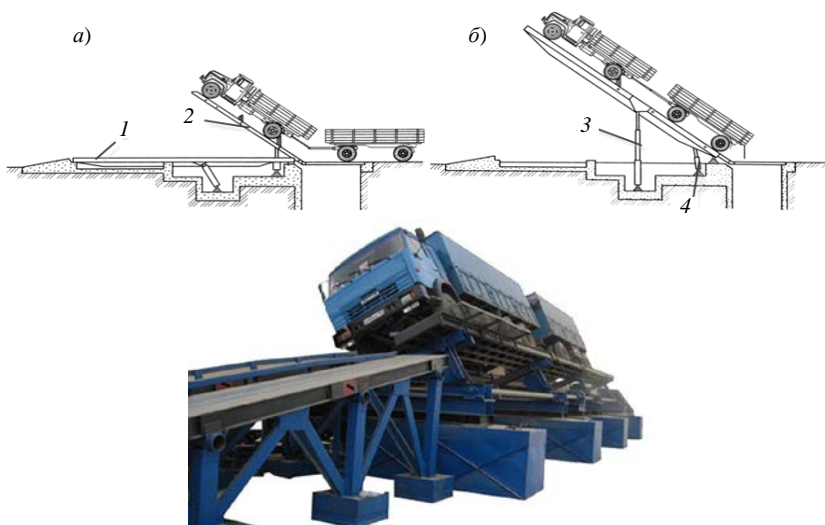


Рисунок 4.94

Современные стационарные автомобилеразгрузчики приспособлены для разгрузки одиночных автомобилей, автопоездов в составе автомобилей-тягачей с полуприцепами без отцепки автомобиля-тягача и автопоездов в составе автомобиля и прицепа.

Платформа разгрузчика *1* (см. рисунок 4.94, *а*) выполнена проездной; она состоит из двух половин, одна из которых представляет собой малую платформу *2*, предназначенную для разгрузки одиночных автомобилей.

Обе половины составляют большую платформу, предназначенную для разгрузки автопоездов массой до 25 т (см. рисунок 4.94, *б*). Для наклона большой платформы предусмотрены два гидроподъемника телескопического типа *3*, наклон малой платформы осуществляется от двух гидравлических поршневых цилиндров *4*. Время наклона малой платформы – 23 с, а большой – 65 с. Время опускания той и другой платформы – 15–20 с. Угол наклона платформы – 37°. Мощность электропривода – 22 кВт. Управление дистанционное.

#### **4.4.3 Назначение, классификация, устройство, принцип действия инерционных вагоноразгрузочных машин**

К инерционным вагоноразгрузочным машинам относятся такие машины, в процессе работы которых перемещение груза в кузове разгружаемого вагона от торцевых стен к дверям происходит за счет направленных сил инерции, возникающих в частицах груза при определенной амплитуде и частоте колебаний. Вагон наклонен под небольшим углом в сторону разгрузки.

Инерционные вагоноразгрузочные машины используются для выгрузки из крытых вагонов хорошо сыпучих грузов (зерновые, магнезитовый концентрат, картофель и др.) и по конструкции бывают: мостового типа, рамной конструкции, на подвижных площадках.

Схема инерционной вагоноразгрузочной машины мостового типа приведена на рисунке 4.95.

Машина имеет мост-платформу *4*, опирающуюся на две пары наклонных рычагов-балансиров *6* и комплектов пружин *5*, составляющих шарнирные опорные узлы, смонтированные на нижней раме *7* и служащие основанием; на мосту уложен рельсовый путь, у которого уровень одного рельса превышает уровень другого на 265 мм, что обеспечивает поперечный наклон на 10° в сторону выгрузки груза; четыре стабилизатора *3*, фиксирующие мост в среднем положении; два подвижных зажима-упора *2* с винтовыми механизмами их передвижения *1* и с односторонним механизмом гидроподжима; электро- и гидрооборудование *14*, *15* с приводом *16*; дисбалансовый возбудитель колебаний *8*, расположенный в средней части моста; пульт управления *12*, размещенный в изолированном помещении *13*. Для выгрузки зерновых грузов предусматривается щитовыжиматель *10* с прижимной плитой *9*, механизмом *11* передвижения его вдоль вагона по направляющим.

Кинематическая схема колебаний инерционной машины такова, что когда какая-либо точка пола вагона приближается к средней поперечной плоскости системы, вертикальная составляющая ускорения в этой точке

направлена вверх и увеличивает давление частицы на пол вагона так, что проскальзывание груза затруднено и частица груза устремляется совместно с полом к середине. Если же точка пола удаляется от средней поперечной плоскости и ее ускорение направлено вниз, что снижает давление частиц на пол вагона и облегчает проскальзывание, частицы груза скользят по полу и таким образом приближаются к середине вагона.

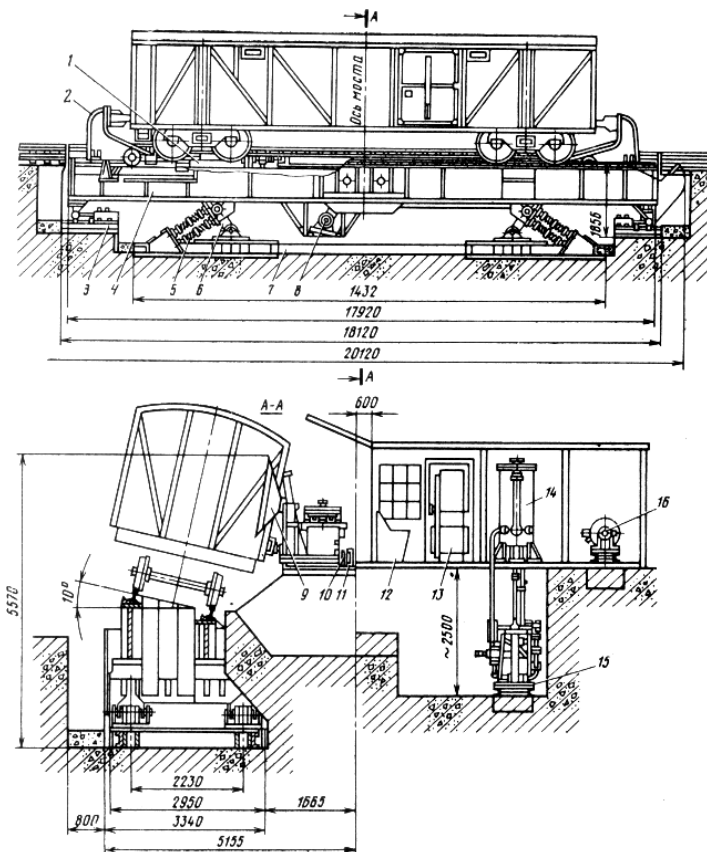


Рисунок 4.95

Под выгрузку вагоны подаются поодиночке. Оператор включает двигатели упоров, которые выходят из межрельсовых углублений, подходят к вагону и центрируют его. Одновременно включается гидросистема и поджимаются упоры, выводятся из работы пружинные аппараты автосцепных приборов вагона и убираются стабилизаторы. При выгрузке зерна, открыв дверь вагона со стороны

выгрузки и закрепив ее струбциной, к дверному проему подводят щитовынима- тель и включают обслуживающую насосную станцию. С помощью прижимной плиты с шипами и горизонтального цилиндра хлебный щит отжимается вовнутрь вагона, а посредством вертикального цилиндра поднимается вверх и удерживается в поднятом состоянии. В течение 70–80 с зерно выгружается из вагона самотеком. После чего включается привод возбудителя колебаний. Раз- гон привода (до 85–90 об/мин) занимает 6–8 с, и зерно начинает течь через двер- ной проем в приемный бункер под действием сил инерции. К концу выгрузки частота колебаний составляет 118–124 колебания в минуту и амплитудой 65–70 мм. Через 4,5–5,0 мин работы вагон полностью освобождается от груза. Общая про- должительность разгрузки четырехосного вагона – 10–12 мин.

### **Контрольные вопросы**

- 1 По каким признакам классифицируются машины циклического действия?
- 2 Классификация кранов, основные параметры, область применения.
- 3 Мостовые краны, их разновидности, принципиальные схемы, назначение, рас- чет производительности.
- 4 Козловые краны, их разновидности, принципиальные схемы, назначение, рас- чет производительности.
- 5 Стреловые краны, их разновидности, принципиальные схемы, назначение, рас- чет производительности.
- 6 Краны-штабелеры, их разновидности, принципиальные схемы, назначение, расчет производительности.
- 7 Классификация крановых грузозахватных устройств, рекомендации по их ис- пользованию при перегрузке различных грузов.
- 8 Грузовая и собственная устойчивость кранов, как она определяется?
- 9 Устройства, обеспечивающие устойчивость кранов и предотвращающие угон ветром.
- 10 По каким признакам классифицируются погрузчики?
- 11 Устройство погрузчиков, принципиальные схемы, назначение.
- 12 Достоинства, недостатки и область применения электро- и автопогрузчиков.
- 13 Какие сменные грузозахватные устройства применяются на погрузчиках? Ре- комендации по применению грузозахватных устройств в зависимости от рода пере- мещаемого груза и используемой тары.
- 14 Как оценивается устойчивость погрузчиков? Какие грузовые операции наибо- лее опасны с точки зрения устойчивости?
- 15 Как рассчитать производительность погрузчиков?
- 16 Какие тележки используются для перемещения грузов в складах?
- 17 Какие типы вагоноопрокидывателей используются при выгрузке грузов из ва- гонов? Достоинства и недостатки вагоноопрокидывателей. Принципиальные схемы, производительность.
- 18 Какие типы автомобилеразгрузчиков используются для выгрузки сыпучих гру- зов из автомобилей? Принципиальные схемы, производительность.
- 19 Принципиальная схема инерционной вагоно-разгрузочной машины. Область применения, производительность.



## 5 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

### 5.1 Устройства для очистки вагонов от остатков груза

Для механизации операций по выгрузке остатков грузов создан ряд устройств, применение которых значительно ускоряет процесс очистки, обеспечивает условия охраны труда и техники безопасности работников, занятых на разгрузочных операциях. Схема классификации этих устройств приведена на рисунке 5.1.

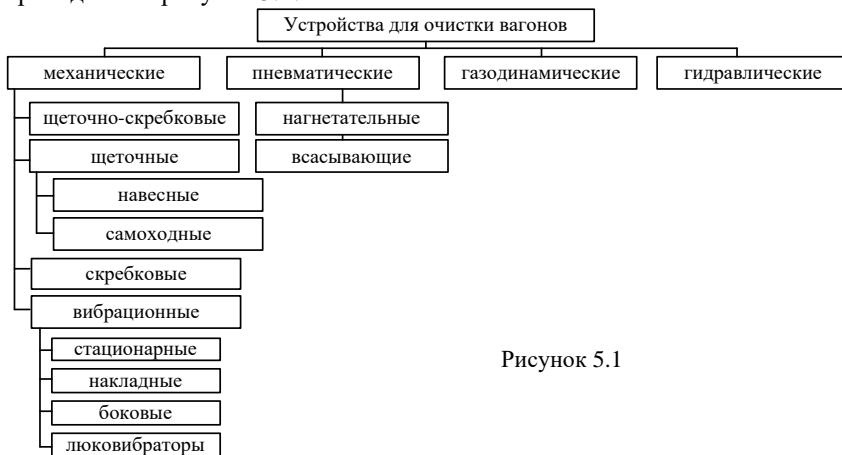


Рисунок 5.1

При существующих способах разгрузки полувагонов в их кузовах остается значительная часть невысыпавшегося или невычерпанного груза. Основная его масса обычно задерживается на крышке нижних люков, нижнем обвязочном поясе кузова и верхних полках хребтовой, шкворневых и поперечных балок. Наибольшее количество остатков наблюдается на крышках надтележечных люков, угол открывания которых ( $26^\circ$ ) значительно меньше угла естественного откоса насыпных грузов в покое ( $40-45^\circ$ ).

При выгрузке на вагоноопрокидывателях остатки груза в полувагоне составляют 0,3–1,0 т, при выгрузке грейферным краном – 2–6 т, а при гравитационной выгрузке через нижние люки достигают 10–15 т.

*Щеточные очистные устройства* механически очищают полувагоны от остатков груза, воздействуя на насыпной материал непосредственно своими рабочими органами-щетками из металлической проволоки. Щетки могут располагаться вертикально, горизонтально и комбинированно в зависимо-

сти от того, какую часть внутренней поверхности кузова они очищают: боковые стенки, днище или одновременно всю поверхность кузова.

Достоинства щеточных устройств: малый шум в процессе работы, простота конструкции, сравнительная дешевизна изготовления.

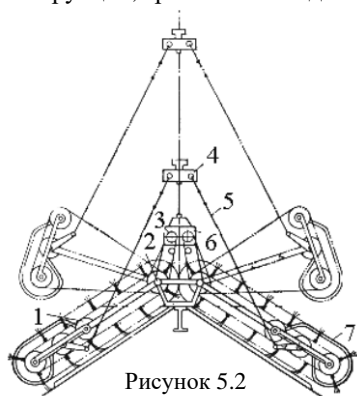


Рисунок 5.2

Щеточное устройство (рисунок 5.2) выполнено в виде сменного навесного оборудования к козловому крану. Оно предназначено для очистки полувагонов, разгружаемых через нижние люки. Для одновременной очистки крышек двух пар люков устройство имеет комплект из четырех очистных элементов, поворачивающихся относительно приводных валов 2 основной продольной рамы 3. Каждая пара очистных элементов 1 на противоположных сторонах кузовов имеет электропривод 6 со специальным редуктором.

Очистные элементы 1 представляют собой сдвоенные щеточные конвейеры с плоскими щетками, которые равномерно распределены на тяговых цепях конвейеров. Тяги 5 на подъемной траверсе 4 создают третью точку подвеса для каждого очистного элемента. Для исключения ударов щеток о стенки кузова предусмотрены защитные дуги-ограничители 7.

Крышки люков очищают при включении конвейеров движением щеток в сторону открытого люка. По окончании очистки траверсу 6 поднимают вверх и за счет имеющихся в рамах очистных элементов балансиров уменьшают габарит элементов по ширине. При этом нижняя рабочая ветвь каждого из них занимает горизонтальное положение. Это обеспечивает очистку поверхностей балок рамы полувагона в процессе переноса устройства к следующей группе люков.

Схема *самоходного щеточного устройства* для очистки полувагонов с закрытыми люками приведена на рисунке 5.3. Вращающаяся горизонтальная щетка 14 рабочего органа машины и движущиеся перед нею два подгребающих лопастных шнека 13 подают остатки груза к скребковому питателю, который передает их в загрузочную воронку ковшового элеватора 15. Поднятый элеватором груз выдается на один из двух поперечных отвальных ленточных конвейеров 3. Портал 12 машины, установленный на четырех тележках 1, перекрывает два пути и перемещается с помощью электроприводов 2. На верхней ферме портала размещены рельсы 5, по которым движется с помощью электропривода 11 и концевого блока 4 тележка 10 с поворотной фермой 7, опирающейся катками на опорно-поворотный круг 6. В направляющих поворотной фермы установлен ковшовый элеватор 15 с электроприводом 8, а в нижней ее части смонтирована зачистная головка со скребковым питателем, подгребающими шнеками 13 и щеткой 14.

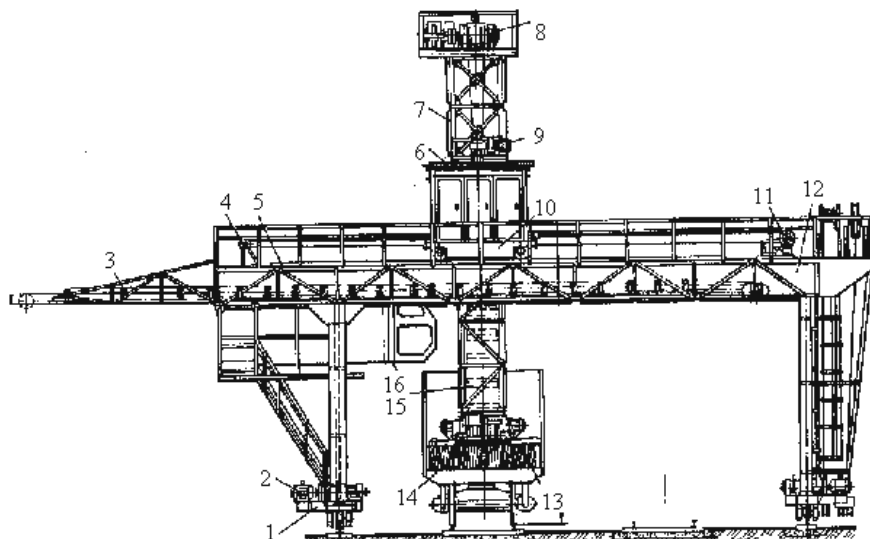


Рисунок 5.3

Шнеки и скребковый питатель, щетки и привод смонтированы на качающихся рамах, каждая из которых удерживается пружинами и может поворачиваться на небольшой угол. Такая конструкция подвески обеспечивает плотное прилегание щетки к днищу полувагона и необходимый зазор между подгребающими шнеками и их отражательным щитом и днищем полувагона. Управляют установкой из кабины 16. В нерабочем положении тележку с элеватором и зачистной головкой выводят за пределы габарита подвижного состава в сторону от железнодорожного пути.

Для очистки группы полувагонов оператор опускает в первый из них (вплотную к его торцевой двери) зачистную головку с включенной в работу щеткой. По достижении щеткой днища полувагона оператор включает механизм передвижения портала и со скоростью 9 м/мин очищает полувагон от остатков насыпного груза. После подхода кожуха элеватора 15 к плоскости, противоположной торцевой двери кузова полувагона, что фиксируется конечным выключателем, его поднимают с помощью электропривода 9, выводят за пределы бортов и разворачивают на 180°.

Затем рабочий орган вновь опускается внутрь кузова щеткой вплотную к этой же торцевой двери, и при обратном движении портала окончательно очищают кузов. Забранный груз подается в отвал конвейером. После этого элеватор и зачистную головку вновь поднимают из кузова вагона и подают портал к следующему вагону.

Время очистки четырехосного полувагона – не более 4 мин.

Схема *передвижного щеточного устройства* для очистки полувагонов, разгружаемых на стационарных роторных вагоноопрокидывателях, приведена на рисунке 5.4. Самоходная тележка 4 установки перемещается по рельсовому пути, уложенному вдоль приемного бункера вагоноопрокидывателя. На тележке смонтирована поворотная платформа с колонной 5, оборудованной горизонтальными и вертикальными роликами 2, между которыми перемещается стрела 6. К стреле крепится рама 1 с одной вертикальной 9 и двумя горизонтальными 8 щетками, каждая из которых имеет свой индивидуальный привод 7.

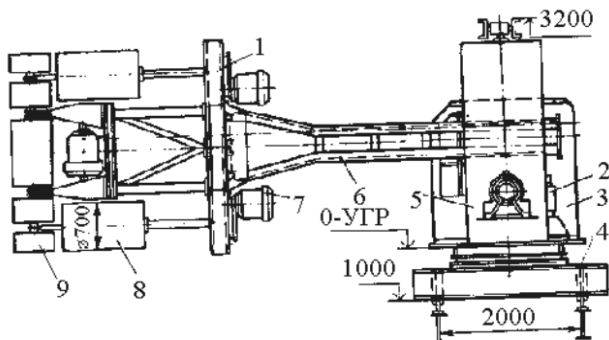


Рисунок 5.4

После опрокидывания полувагона ротор вагоноопрокидывателя устанавливают таким образом, чтобы боковые стенки кузова заняли горизонтальное положение. Затем щеточное очистное устройство выводится из тупика, и стрела поворачивается таким образом, чтобы вертикальная щетка оказалась у торца вагона. Этой щеткой очищают торцевую стенку кузова, затем в процессе передвижения установки оператор, находящийся в кабине 3, очищает боковые стенки и днище кузова. Для обеспечения лучшего прилегания щеток к днищу кузова горизонтальные щетки могут раздвигаться с помощью пневмоцилиндра. После очистки второй торцевой стенки щеточное устройство выводят из вагона и устанавливают в тупике в нерабочее положение так, чтобы ось стрелы располагалась вдоль оси ротора вагоноопрокидывателя.

Время очистки четырехосного полувагона – 2–3 мин.

*Скребковое устройство для очистки думпкаров* (рисунок 5.5) представляет собой самоходную раму 10, передвигающуюся с помощью электромеханического привода 8 вдоль вагона по рельсам опорных балок 9. В направляющих самоходной рамы привод 5 перемещает тележку 6, несущую стрелу 2 со скребком 1. На ведущей оси тележки смонтирован барабан 7 с тросом, второй конец которого крепится в зажиме 11. Такой барабан устраняет пробуксовку катков тележки. Предусмотрена специальная муфта привода для предупреждения обрыва троса при перегрузках. Стрела 2 поднимается и опускается с помощью лебедки 4 и полиспафта 3.

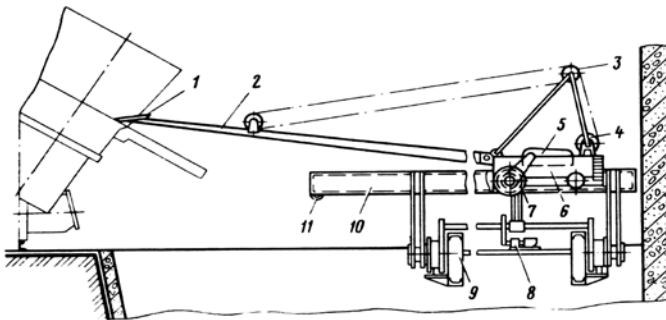


Рисунок 5.5

Управление установкой – дистанционное. Включая лебедку, опускают стрелу с ножами на днище думпкара. Очистка его начинается с момента включения электропривода тележки, которая, подавая вперед стрелу с ножами, очищает остатки груза. Затем тележку отводят в исходное положение и включают привод самоходной рамы. Чередую взаимные перемещения тележки и самоходной рамы, очищают всю рабочую поверхность днища думпкара от намерзшей и налипшей руды.

*Навесное щеточно-скребковое устройство* (рисунок 5.6) рассчитано для использования в разгрузочном комплексе на повышенном пути. Это устройство содержит основную продольную раму 13, комплект очистных элементов в виде сдвоенных щеточно-скребковых конвейеров, шарнирно подвешенных верхними концами своих рам 16 на приводных валах 15, механизмах привода 14, траверсу 6, шарнирные тяги 11 и гибкие подвески 12.

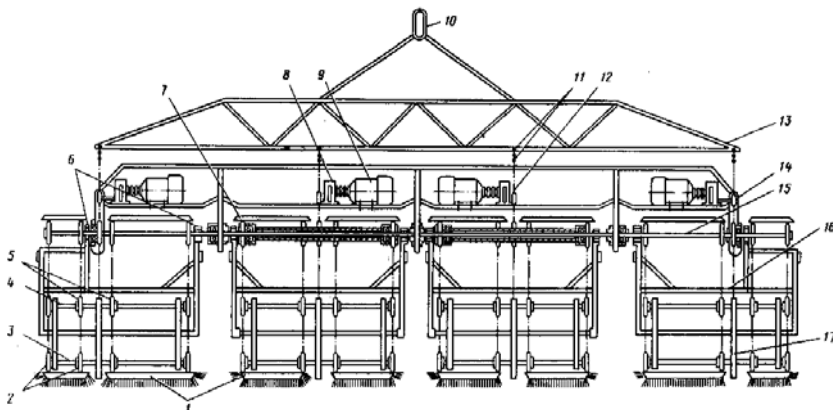


Рисунок 5.6

Рабочие очистные элементы расположены симметрично продольной оси устройства и смонтированы по числу одновременно очищаемых крышек

люков – по четыре с каждой стороны. Очистной элемент состоит из двух параллельных конвейеров, имеющих общие приводные валы 3, 4 и 15 для ведущих 7 и концевых звездочек 2 и 5. Тяговые цепи, огибающие эти звездочки, попарно оснащены плоскими щетками и скребками 1, расположенными последовательно.

В зазоре между конвейерами каждого очистного элемента проходит тяга, удерживающая раму 16 при подъеме устройства краном за серьгу 10. Электродвигатели 9 и редукторы 8 обеспечивают синхронное вращение валов 15 во взаимно противоположных направлениях. Таким образом, щетки и скребки с нижней стороны конвейеров движутся от продольной оси вагона в стороны боковых стен и обеспечивают удаление остатков груза с наклонных крышек люков за пределы кузова вагона. Для исключения ударов о стенки кузова вагона скребками и жесткими деталями щеток в зазоре каждого очистного элемента установлены защитные дуги-ограничители 17, которые обеспечивают удобную наводку устройств при установке его на открытые крышки люков.

Время очистки четырехосного полувагона – не более 4–5 мин.

Применение *вибрационных механизмов* (вибраторов) для очистки полувагонов от остатков насыпных грузов – наиболее распространенный и достаточно эффективный способ. При колебании вибратором стен кузова и крышек нижних люков полувагона с определенным ускорением свободно лежащие на их поверхностях или несильно прилипшие к ним частицы груза под действием сил инерции отрываются от этих поверхностей и постепенно начинают «стекать» в открытые люки.

Если частицам сообщить колебания с ускорением выше определенного критического значения, угол естественного откоса насыпного груза уменьшается, стремясь к нулевому значению. При этом частицы груза становятся все более подвижными, приобретают свойства текучести, благодаря чему интенсивно высыпаются из полувагона.

При работе вибрационного механизма его «рабочая зона» проходит лишь по плоскости контакта частиц насыпного груза с очищаемой поверхностью кузова, не распространяясь в глубину слоя оставшегося насыпного груза, поэтому вибрационные очистные механизмы оснащены электродвигателями небольшой мощности.

*Стационарный боковой вибратор* (рисунок 5.7) устанавливается на бункерных и эстакадных грузоприемных устройствах. Вибровозбудитель 9, имеющий два вала 3 и позволяющий регулировать амплитуду возмущающей силы, приводится в движение электродвигателем 4 посредством клиноременной передачи. Вибровозбудитель крепится болтовым соединением к привалочному брусу 1, связанному пружинными амортизаторами с нажимным брусом 2, шарнирно скрепленным стойками 8 с основной рамой 7. Штоки гидроцилиндров 5, закрепленных на опорном брусе 6, вводят вибрационное устройство в пределы габарита подвижного состава и прижимают

вибратор к нижней раме кузова полувагона. Продолжительность вибрирования кузова вагона – не более 3 мин.

*Накладной вибратор* (рисунок 5.8) состоит из вибровозбудителя 4, представляющего собой двухвальный дебалансовый привод закрытого исполнения, размещенного в средней части основной рамы корпуса вибратора 1, опирающегося лыжами 2 на борта полувагона. Асинхронный электродвигатель 3 мощностью 28 кВт и противовес 5 установлены на специальной раме 6, свободно подвешенной с помощью вертикальных и горизонтальных пружин для того, чтобы исключить вредное воздействие вибрации.

Вибратор устанавливают краном посередине кузова полувагона на его верхний обвязочный пояс. После включения электродвигателя вибратора за 4–6 мин четырех-, шести- или восьмиосный вагон очищают от остатков насыпного груза, которые ссыпаются под действием вибрации по наклонным крышкам люков за пределы кузова полувагона.

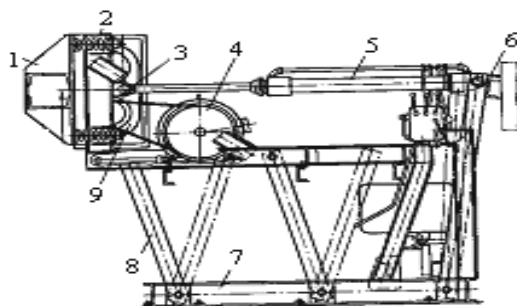


Рисунок 5.7

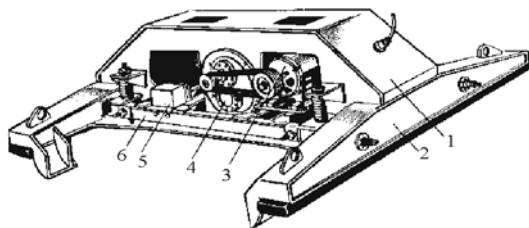


Рисунок 5.8

Перед включением вибратора несущие тросы должны быть ослаблены, чтобы не подвергать вредному воздействию вибрации конструкцию грузоподъемного крана.

*Боковой вибратор одностороннего действия* (рисунок 5.9, а), подвешиваемый на кране приспособлением 4, охватывает кузов полувагона двумя рычагами 1, шарнирно закрепленными на горизонтальной балке 2. На верхние концы рычагов воздействуют гидроцилиндры 3, прижимающие

находящийся на нижнем конце двухвальный вибровозбудитель 6. В средней части горизонтальной балки смонтирована гидронасосная станция 5. После опускания вибратора на верхнюю обвязку полувагона 8 кузов сжимается привалочными балками 7 и очищается направленными горизонтальными колебаниями. Разработан также вариант с вибровозбудителями на двух рычагах (см. рисунок 5.9, б).

*Люковибратор* (рисунок 5.10) предназначен для очистки остатков насыпных грузов из полувагонов, разгружаемых на бункерных приемных устройствах. Два его вибровозбудителя состоят из двух соосных вибраторов 1, закрепленных на опорных плитах 3. Каждая из плит оборудована двумя штырями 2. Траверса 4 с блоками подвески 5 служит основной рамой люковибратора. В нерабочем положении люковибратор поднимается электротельфером 6 за пределы габарита приближения строений.

Зачистку крышек крайних люков полувагона оператор начинает после того, как через эти люки высыплется груз. Для этого он опускает люковибратор внутрь кузова до упора штырями 2 в крышки двух противоположных люков; в течение 20–30 с после пуска электродвигателей крышки очищаются от остатков груза. Затем полувагон передвигается маневровым устройством, груз выгружается через открываемые следующие люки и люковибратор очищает следующую пару крышек.

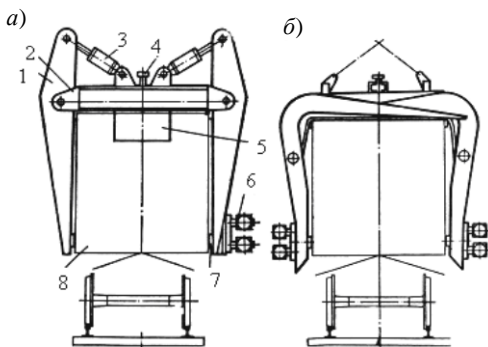


Рисунок 5.9

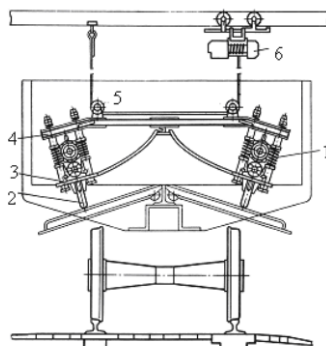


Рисунок 5.10

Общая затрата времени на очистку люков одного четырехосного полувагона составляет 8–10 мин, что объясняется цикличностью работы вибратора и необходимостью многократных (7 раз на один полувагон) перестановок; стенки и балки рамы полувагона при этом практически не очищаются.

*Вибратор продольного действия* (рисунок 5.11) устанавливается краном в промежутке между сцепленными полувагонами и очищает одновременно их кузова без отцепки от состава. Корпус 1 вибратора вклинивается между упорами-скользунами 2, опирающимися на элементы рамы каждого из вагонов.



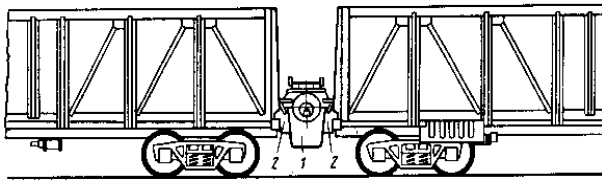


Рисунок 5.11

Поглощающие аппараты автосцепок, находящиеся в сцепленном состоянии, сжимаются так, что вибратор и полувагон образуют единую жесткую систему. Время очистки двух полувагонов составляет 1–3 мин.

*Пневматическое навесное очистное устройство конструкции ХИИТ нагнетательного действия* (рисунок 5.12) предназначено для очистки полувагонов выдуванием остатков грузов через открытые нижние люки. На раме 1 устройства смонтированы два вентилятора 2, оснащенные насадками 3, седлообразными соплами 5 и боковыми патрубками 4. Для подавления пыли устройство оснащено водяными баками и форсунками подачи воды в струи воздуха.

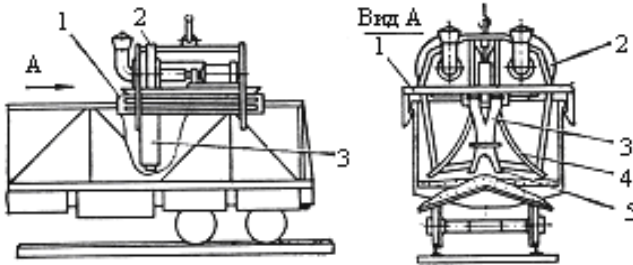


Рисунок 5.12

Струи воздуха, направленные на поверхности хребтовой балки, крышек и стен полувагона, эффективно удаляют остатки не только угля и других грузов с частицами до 50–80 мм. В процессе очистки кран перемещает устройство вдоль полувагона и опускает его в кузов.

*Всасывающая пневматическая очистная установка* используется для сухой очистки кузовов крытых вагонов от остатков грузов с частицами размером до 45 мм. Установка рассчитана на очистку одновременно двух вагонов четырьмя насадками щелевого или вихревого типа. Пылесосные насадки с гибкими шлангами перемещаются внутри вагона вручную. Крупные остатки груза, увлекаемые потоками воздуха, засасываемого воздуходувкой, оседают в циклоне и собираются в бункерах-сборниках. На очистку вагона затрачивается 10 мин.

Получил развитие газодинамический способ очистки полувагонов, позволяющий за счет теплового и динамического воздействия реактивной струи газа от турбореактивного двигателя удалять прилипшие, смешавшие-

ся и даже сильно примерзшие остатки груза. Газодинамическая очистка обеспечивает высокую производительность (до 200–250 полувагонов в час при хорошем качестве очистки). Основной недостаток – сильный шум, превышающий допустимые нормы, значительное пылеобразование.

Схема стационарной газодинамической (турбореактивной) очистной установки приведена на рисунке 5.13. Входящий в ее состав авиационный двигатель 2 установлен в специальном помещении 3.

Верхний газопровод с соплом 6 опирается на ферму стационарного портала 5 и служит для очистки внутренних поверхностей кузова. Для уменьшения пылеобразования к соплу по трубопроводу 4 насосом 1 подается вода, вследствие чего образуется направленное пароводяное облако. По газопроводу 8 обработанный газ подается из камер сгорания двигателя к соплам 7 для очистки наружных поверхностей и ходовых частей полувагона.

Вагоны передвигаются под установкой маневровой лебедкой. Удаленные из вагонов остатки грузов, скапливающиеся на площадке в зоне работы установки, периодически убираются бульдозером.

В гидравлических установках для очистки полувагонов, крытых вагонов используется динамический удар водяной струи, подаваемый через сопла на остатки груза под давлением 0,5–0,8 МПа.

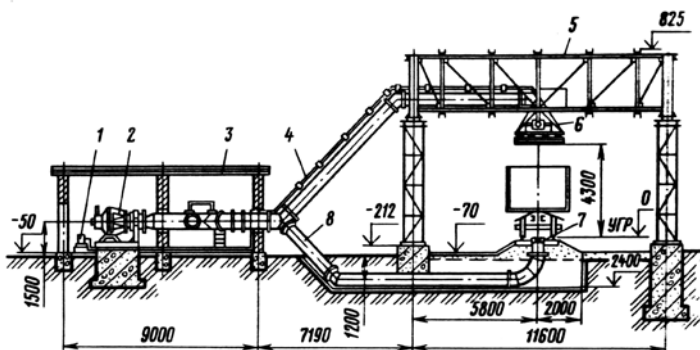


Рисунок 5.13

Гидравлическая установка для очистки полувагонов (рисунок 5.14) смонтирована в крытом ангаре. Обмывочная рамка 3 с соплами 4, установленная на портале 1, опускается в кузов вагона подъемным устройством 2. Вода для обмыва, подогреваемая в зимний период, подается насосом 6. Рамка 3 имеет привод качания сопел 4, обслуживающих внутренние поверхности кузова. Сопла наружного и нижнего 5 контуров также могут расклевываться с помощью рычажной системы от привода 7.

Передвижная гидравлическая установка для очистки крытых вагонов (рисунок 5.15) оборудована мощными приборами на трубах 1 и 4, соединенных рамой с нижними трубами, к которым присоединен питающий

напорный шланг. Трехходовые краны 9 переключают поток воды в предельных положениях. К корпусу 3 прикреплен гидродвигатель 2, вал которого через муфту 6 соединен с валом червячного редуктора 7 на колесной паре. На раме установлены также ведомая колесная пара 8 и домкрат 5 с выдвигаемым рояльным колесом для разворота машины.

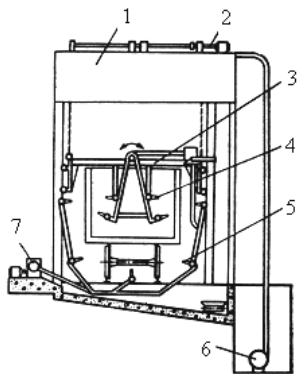


Рисунок 5.14

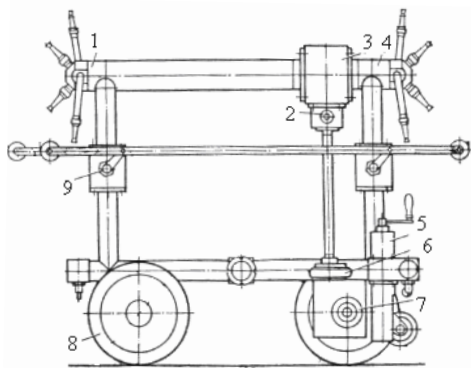


Рисунок 5.15

## 5.2 Бункеры. Затворы. Питатели

### 5.2.1 Назначение, классификация, устройство, принцип действия, пропускная способность бункеров

Бункеры представляют собой емкости, предназначенные для кратковременного хранения сыпучих материалов.

Бункеры применяются для накопления груза (аккумулирующие); обеспечения равномерного непрерывного движения грузов в технологическом процессе и при сочетании работы машины периодического действия с машинами непрерывного действия (уравнительные); временного хранения сыпучих грузов в производственном процессе до начала переработки и после (технологические).

По размерам бункеры можно разделить на *неглубокие* (или просто бункеры), у которых плоскость обрушения в самой глубокой точке массы пересекает свободную поверхность материала, и *глубокие* (или *силосы*), у которых плоскость обрушения пересекает стенки бункера, т. е. высота значительно превышает ширину. Силосы, у которых диаметры имеют большие размеры (18–24 м), называют *резервуарами*.

Схема классификации бункеров в зависимости от их формы приведена на рисунке 5.16, а схематическое изображение бункеров – на рисунке 5.17.

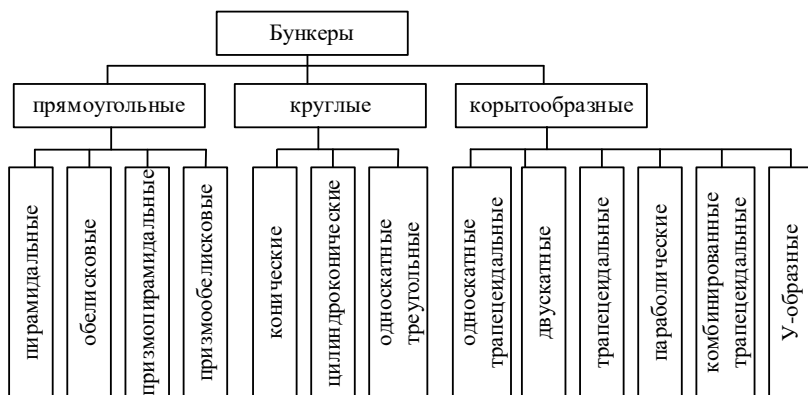
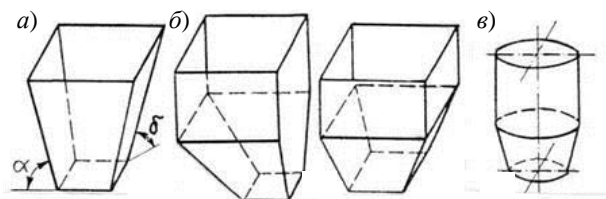


Рисунок 5.16



а – пирамидалыные; б – призм-пиримидалыные; в – цилиндрические

Рисунок 5.17

Бункеры изготавливают металлическими, железобетонными, деревянными и комбинированными.

*Металлические бункеры* имеют сравнительно небольшую массу, их опоры занимают мало места; изготавливают их на заводах с последующей сваркой на местах установки. Эти бункеры достаточно долговечны при хранении в них сухих грузов, эксплуатация их дешевле в отличие от других бункеров. При хранении влажных грузов металлические бункеры подвержены коррозии и увеличивается коэффициент трения груза о стенки, что может затруднять разгрузку бункеров.

*Железобетонные бункеры* применяют для хранения сухих и влажных грузов. Они долговечны, но, как правило, дороже и тяжелее металлических. Железобетонные бункеры малопригодны для хранения горячих материалов, так как бетон дает трещины вследствие термических деформаций.

*Деревянные бункеры* сравнительно недолговечны (срок службы 8–10 лет) и требуют частого ремонта. *Комбинированные бункеры* представляют собой сочетание отдельных конструкций, изготовленных из различных материалов. Например, железобетонный корпус бункера соединяют с металличе-

ским дном, каменный или кирпичный корпус с металлической арматурой сочленяют со сборным железобетонным дном.

Форму и размеры бункера, величину угла наклона стенок дна, размеры и расположение разгрузочного отверстия выбирают в соответствии с родом груза, подлежащего переработке, для обеспечения правильного истечения материала из бункера.

Истечение груза из выпускных отверстий полностью заполненного бункера обычно характеризуется тем, что в массе груза начинается движение вертикальный столб, расположенный над выпускным отверстием. Верхний слой груза образует воронку, по которой его частицы перемещаются в центральную зону (рисунок 5.18, а) и происходит нормальное истечение.

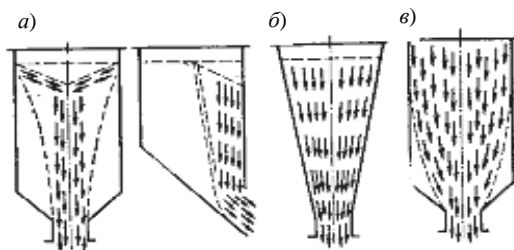


Рисунок 5.18

При углах наклона поверхностей дна более  $70\text{--}80^\circ$  происходит сплошное или *гидравлическое истечение* (см. рисунок 5.18, б). Гидравлическое истечение возникает и при выпуске из бункера сильно аэрированного насыпного груза и интенсивных вибраций груза в бункере. При нормальном истечении груза и при постоянном пополнении бункера в массе груза развивается так называемый *объем обрушения* (см. рисунок 5.18, в), в котором груз по всему сечению, кроме пограничных слоев, движется равномерно и имеет вид сплошного истечения. Однако это не исключает возможности образования сводов над выпускным отверстием и выброса груза, особенно пылевидного в момент разрушения сводов.

Своды над отверстием могут образовываться не только из кусковых грузов (рисунок 5.19, а), но и из мелкофракционных, обладающих связностью (см. рисунок 5.19, б).

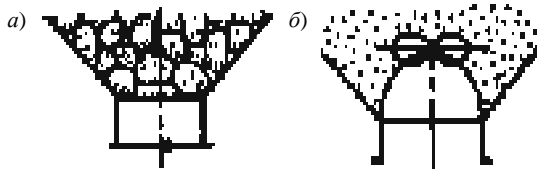


Рисунок 5.19

Для хорошо сыпучих грузов минимальная *ширина отверстия истечения*

$$A_{\text{и}} \geq (3...6) a', \quad (5.1)$$

где  $a'$  – размер типичного куска груза.

Меньшие значения  $A_{\text{и}}$  принимают для рядовых грузов, а большие – для сортированных.

*Минимально допустимый гидравлический радиус* отверстий бункеров, содержащих сыпучие грузы,

$$R_{\text{г}}^{\text{мин}} = K_0 R_{\text{св}}, \quad (5.2)$$

где  $K_0$  – коэффициент надежности истечения,  $K_0 = 1,5...2,0$ ;

$R_{\text{св}}$  – гидравлический радиус наибольшего сводаобразующего отверстия для сыпучих грузов,

$$R_{\text{св}} = \tau_0 (1 + \sin \varphi) / \rho g, \quad (5.3)$$

$\tau_0$  – начальное сопротивление груза сдвигу;

$\varphi$  – угол внутреннего трения груза;

$g$  – ускорение свободного падения;

$\rho$  – объемная плотность груза.

*Гидравлический радиус* определяется как отношение площади выпускного отверстия к периметру.

Для грузов плохо сыпучих *наименьший размер отверстия* определяют по формулам:

– для круглого отверстия диаметром  $D$  и квадратного со стороной  $b$  –

$$D = b = \frac{4(1 + \sin \varphi) K_3 \tau_0}{\rho g} + a'; \quad (5.4)$$

– для прямоугольного отверстия со сторонами  $a$  и  $b$  –

$$b = \frac{2(a - a')(1 + \sin \varphi) K_3 \tau_0}{(a - a') \rho g - 2(1 + \sin \varphi) K_3 \tau_0} + a'; \quad (5.5)$$

– для щели шириной  $b_{\text{щ}}$

$$b_{\text{щ}} = \frac{2(1 + \sin \varphi) K_3 \tau_0}{\rho g} + a', \quad (5.6)$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса (1,5–2,0).

Для предотвращения сводаобразования груза необходимо правильно выбирать конструкцию бункера, особенно углы наклона поверхностей у выпускных отверстий, использовать соответствующие питатели, а также стабилизаторы и побудители.

*Стабилизаторы*, воспринимающие давление вышележащих слоев, создают постоянное давление в нижней части бункера. Используются про-

стейшие стабилизаторы – односкатные или двускатные пластины, а также конические козырьки-рассекатели, которые устанавливаются над выпускной воронкой (рисунок 5.20, а, б).

В качестве *побудителей истечения* используют горизонтальные или вертикальные валы с лопатками, подвижные штанги (см. рисунок 5.20, в), решетки (см. рисунок 5.20, г), цепи и сетки, опущенные в толщу груза, вибропобудители (см. рисунок 5.20, д, е), накладные вибропобудители (см. рисунок 5.20 ж), аэрационные рыхлители (см. рисунок 5.20, з).

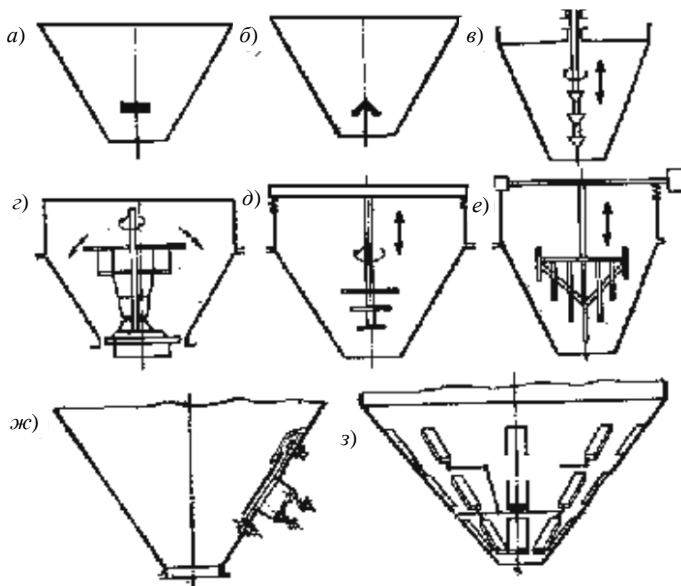


Рисунок 5.20

*Вибропобудители* воздействуют на стенки емкости или на толщину груза либо только на нижнюю сужающуюся часть бункера, которая в этом случае выполняется в виде отдельной насадки, упруго присоединенной к основной конструкции. Применяют также сотрясательные виброшетки и вибрирующие конусы, которые размещают в зоне возможного образования сводов.

*Аэрационные побудители* устанавливают в определенном порядке по всей поверхности днища бункера. Аэрирующими плитами покрывают обычно 25–40 % поверхности днища.

Для управления и регулирования работы загрузочных и разгрузочных устройств и контроля уровня заполнения бункеров и силосов применяют: мембранные и диафрагменные датчики, которые устанавливаются в стен-

ках бункеров с их внутренней стороны (рисунок 5.21, а, б); электро-механические датчики-крыльчатки, останавливающиеся при достижении заданного уровня груза (см. рисунок 5.21, в); электрические щупы (см. рисунок 5.21, г), посылающие при незначительном отклонении от вертикали при встрече с грузом сигнал в электрическую цепь за счет выкатывания шарика из гнезда (см. рисунок 5.21, д) или смещения колокола (см. рисунок 5.21, е); фото-электрические или действующие по той же схеме радиационные датчики (см. рисунок 5.21, ж), подающие сигнал при наличии некоторой толщи груза в пространстве между излучателем и индикатором.

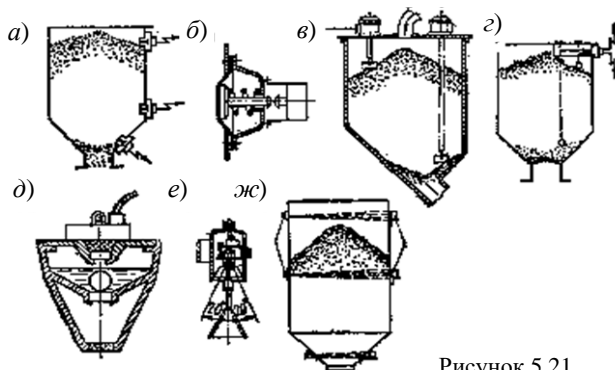


Рисунок 5.21

*Пропускная способность* определяется количеством груза, способного пройти через выпускное отверстие бункера в единицу времени,

$$\Pi = F_{\text{н}} v \rho, \quad (5.7)$$

где  $F_{\text{н}}$  – эффективная площадь отверстия истечения, определяемая с учетом размера  $a$  типичных кусков груза (размеры отверстия уменьшаются на  $a$ );

$v$  – средняя скорость движения насыпного груза из выпускного отверстия бункера.

*Средняя скорость движения из выпускного отверстия бункера при гидравлическом истечении*

$$v = \lambda_{\text{н}} \sqrt{2hg}, \quad (5.8)$$

где  $\lambda_{\text{н}}$  – коэффициент истечения, определяемый опытным путем и зависящий от подвижности и гранулометрического состава материала ( $\lambda_{\text{н}} = 0,6$  – для хорошо сыпучих порошкообразных и зернистых материалов,  $\lambda_{\text{н}} = 0,4$  – для кусковых материалов и  $\lambda_{\text{н}} = 0,22$  – для пылевидных и влажных порошкообразных материалов);

$h$  – высота столба насыпного груза.



При нормальном истечении скорость груза зависит от размеров и формы выпускного отверстия. Для расчета скорости истечения определяется сначала гидравлический радиус отверстия истечения и критическое значение этого радиуса. Гидравлический радиус

$$R_{\Gamma} = F_{\text{и}} / L_{\text{об}}, \quad (5.9)$$

где  $L_{\text{об}}$  – периметр эффективного отверстия истечения.

Гидравлический радиус для круглого отверстия

$$R_{\Gamma} = (D - a) / 4; \quad (5.10)$$

– квадратного

$$R_{\Gamma} = (b - a) / 4; \quad (5.11)$$

– прямоугольного

$$R_{\Gamma} = \frac{(a - a')(b - a')}{2(a + b - 2a')}; \quad (5.12)$$

– щелевого

$$R_{\Gamma} = (A_{\text{щ}} - a) / 2, \quad (5.13)$$

где  $A_{\text{щ}}$  – ширина отверстия.

Критический гидравлический радиус отверстия истечения

$$R_{\text{кр}} = \tau_0 / (\rho m_{\text{ид}} g) + a / 2, \quad (5.14)$$

где  $m_{\text{ид}}$  – коэффициент подвижности идеально сыпучего груза;

$$m_{\text{ид}} = (1 - \sin\varphi) / (1 + \sin\varphi) \quad (5.15)$$

или приближенно

$$m_{\text{ид}} = 0,18f, \quad (5.16)$$

где  $f$  – коэффициент внутреннего трения.

При гидравлическом радиусе отверстия истечения  $R_{\Gamma} \geq R_{\text{кр}}$  скорость истечения груза

$$v = \lambda_{\text{и}} \sqrt{2g \left( 1,6R_{\Gamma} - \frac{\tau_0}{\rho g f} \right)}; \quad (5.17)$$

при  $R_{\Gamma} < R_{\text{кр}}$

$$v = \lambda_{\text{и}} \sqrt{2g \left( 2,1R_{\Gamma} - \frac{3,4\tau_0}{\rho g f} \right)}. \quad (5.19)$$

Скорость истечения при боковой разгрузке

$$v_{\text{а}} = v \sin\alpha, \quad (5.20)$$

где  $\alpha$  – угол наклона к горизонтали выпускного лотка.

### 5.2.2 Назначение, классификация, устройство, принцип действия затворов бункеров

Для перекрытия выпускных отверстий и регулирования потока груза из бункера хорошо сыпучих грузов применяют преимущественно затворы различных типов.

Схема классификации затворов бункеров приведена на рисунке 5.22.



Рисунок 5.22

*Клапанный откидной затвор* (рисунок 5.23, а) применяют в бункерах малой вместимости, опорожняющихся за один прием, так как перекрыть выпускное отверстие здесь можно только при порожнем бункере. Затвор открывают с помощью рукоятки 1. При этом шарнирный клапан 2 поворачивается вокруг оси 3, прикрепленной к стенке бункера. В положение «закрыто» клапан возвращается противовесом 4.

Разновидностью клапанного затвора является *лотковый затвор* 5 (см. рисунок 5.23, б), при повороте которого создается подпор истекающему потоку груза. Изменяя угол наклона лотка, регулируют интенсивность опорожнения бункеров малой и средней вместимости.

В *плоском (шиберном)* затворе (см. рисунок 5.23, в, г) выпускное отверстие перекрывается плоской задвижкой 6, перемещающейся в направляющих пазах. Основные достоинства этих затворов: малые размеры и простота конструкции. Недостатки: возможность зацемяления кусков груза и значительные сопротивления закрытию и открытию задвижки.

*Односекторный затвор* (см. рисунок 5.23, д) применяют при наличии сыпучих, но не крупнокусовых грузов. Шарнирная цилиндрическая заслонка с боковыми щетками в виде секторов 7 поворачивается вокруг оси 8, закрепленной на стенке бункера. *Двухсекторный затвор* 9 (см. рисунок 5.23, е) применяют при значительных размерах выпускного отверстия бункера. По

сравнению с плоскими затворами, он требует значительно меньшего усилия для открывания и закрывания выпускного отверстия.

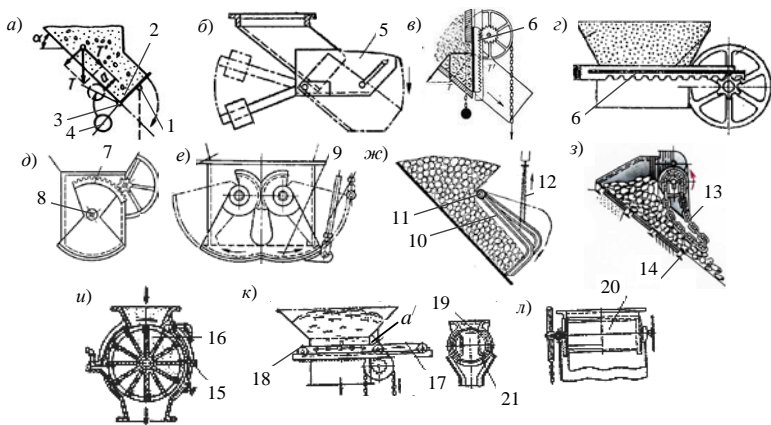


Рисунок 5.23

*Рычажный пальцевый затвор* (см. рисунок 5.23, ж) близок по конструкции к секторному затвору. Несколько массивных криволинейных рычагов 10 (пальцев), посаженных на общую ось 11 вплотную один к другому, образуют сплошную «стенку», позволяющую перекрывать поток высыпавшего груза. Рычаги поднимают и опускают с помощью гибких нитей 12. Если какой-либо рычаг ложится на скользящий по днищу выпускного отверстия груз, это не препятствует остальным рычагам опускаться до днища. Такой затвор применяют обычно при наличии тяжелых крупнокусковых грузов.

Аналогичен пальцевому *цепной затвор* (см. рисунок 5.23, з), у которого для закрытия выпускного отверстия опускают несколько обрезков цепей 13 с грузом 14 на концах. Для предотвращения просыпания мелкого груза используют планки, которые опускают перед рычагами и цепями.

Особым является *шлюзовой затвор* (см. рисунок 5.23, и), выполняемый в виде принудительно вращаемого в плотно прилегающем корпусе 15 секторного ротора 16, обеспечивающего изоляцию бункера от места выдачи материала. Такие затворы применяются в установках для пневматического транспортирования материала.

*Гусеничные затворы* разделяют на ленточные и пластинчатые (см. рисунок 5.23, к). Рабочим органом ленточного затвора является бесконечная прорезиненная лента 17, расположенная под выпускным отверстием и закрепленная в точке  $a'$ . Она огибает два барабана 18, а ее ветвь, прилегающая к выпускному отверстию, установлена на поддерживающие ролики, которые, как и барабаны, смонтированы на подвижной раме затвора, перемещаемой горизонтально-реечной передачей. При движении рамы вправо верхняя ветвь ленты до конечного барабана остается неподвижной, а нижняя движется вправо, что сопро-

вождается укорачиванием находящегося над отверстием участка верхней ветви ленты, и выпускное отверстие постепенно открывается.

*Круглый затвор* (см. рисунок 5.23, л) состоит из корпуса 19 и барабана 20, цапфы которого вращаются в подшипниках скольжения. Барабан имеет сквозные отверстия 21, пропускающие насыпной груз, вытекающий из выпускного отверстия бункера.

### 5.2.3 Назначение, классификация, устройство, принцип действия питателей бункеров

Подбункерные питатели (рисунок 5.24) применяют для выдачи из бункеров в течение длительного времени равномерного, непрерывного, регулируемого по размеру потока навалочного груза, например, на машины непрерывного действия. Питатели устанавливают под выпускными отверстиями бункеров. При этом, как правило, отпадает необходимость в затворах, так как питатели обеспечивают необходимый подпор потоку истекающего груза.

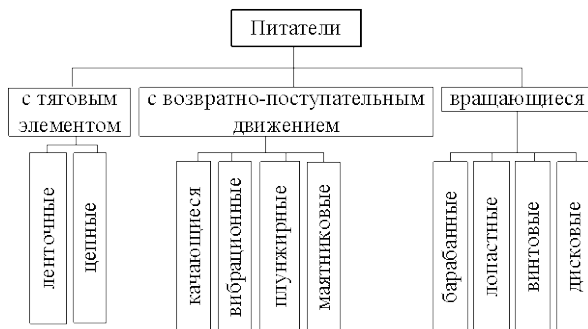


Рисунок 5.24

Схемы питателей приведены на рисунке 5.25.

*Ленточные питатели* (см. рисунок 5.25, а) применяют для выдачи из бункеров всех видов материалов – от пылевидных до среднекусковых при производительности до 300 м<sup>3</sup>/ч. Представляют собой короткий ленточный конвейер I повышенной прочности, рассчитанный на восприятие усилия от давления груза, передающегося через выпускное отверстие. В питателях используют резинотканевые ленты шириной 0,4–1,2 м. Длина питателей – до 4 м, скорость ленты – 0,05–0,5 м/с.

Производительность питателя регулируется изменением либо толщины слоя груза с помощью задвижки, либо скорости движения ленты.

*Цепные пластинчатые питатели* (см. рисунок 5.25, б) применяют, в отличие от ленточных, в тяжелых условиях под большим выпускным отверстием для грузов плохо сыпучих, крупнокусковых при производительности до 1000 м<sup>3</sup>/ч. Они допускают подъем под углом до 30°. Настилы имеют ширину 0,5–2,4 м. Длина питателей – до 18 м, скорость – 0,02–0,4 м/с.

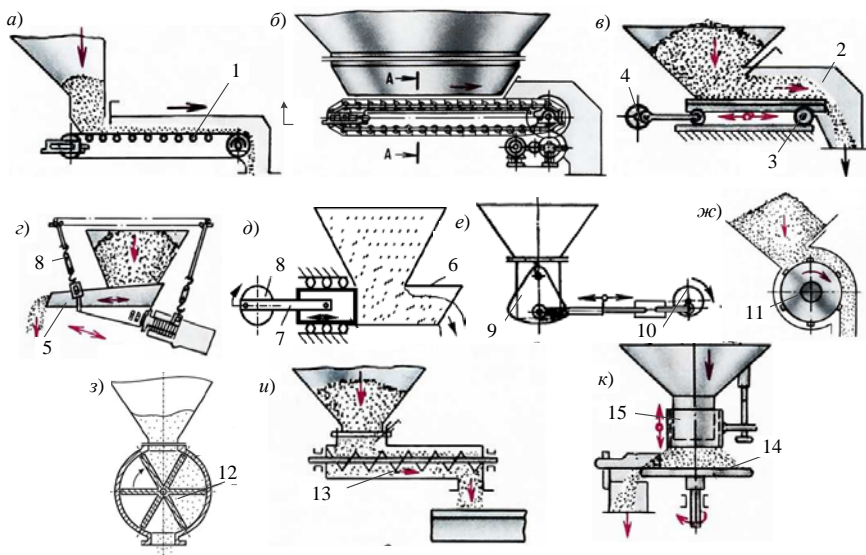


Рисунок 5.25

Ленточные и цепные пластинчатые питатели снабжают бортами, что позволяет увеличить толщину слоя перемещаемого груза и производительность питателей.

*Качающийся питатель* (см. рисунок 5.25, в) применяют для грузов хорошо сыпучих. Груз на огражденный кожухами рабочий стол питателя 2 поступает из бункера. Стол опирается на ролики 3 и получает возвратно-поступательное движение от кривошипно-шатунного механизма 4. При ходе вперед стол выносит из-под выпускного отверстия бункера порцию груза, которая при ходе стола назад ссыпается через его переднюю кромку. Поток груза, выдаваемый питателем, регулируется заслонкой или изменением частоты качения хода стола. Производительность – 50–75 т/ч.

*Вибрационный питатель* (см. рисунок 5.25, г) применяют для мелко- и среднекусковых грузов. Он является разновидностью качающихся питателей, имеет малую амплитуду (ход) и большую частоту колебаний лотка 5, а также более равномерную подачу груза. Поток груза, выдаваемый питателем 8, регулируют изменением амплитуды или частоты колебания лотка. Производительность – до 1200 т/ч, длина – до 5 м, ширина – до 1,9 м.

*Плунжерный питатель* (см. рисунок 5.25, д) снабжен лотком 6, по которому возвратно-поступательно при помощи кривошипно-шатунного механизма 8 движется плунжер 7. Стальной плунжер при ходе вперед перемещает перед собой мелкофракционный насыпной груз, который ссыпается с лотка в приемное устройство, при ходе назад плунжер освобождает место для следующей порции груза. Обычно число ходов плунжера не превышает одного в минуту,

длина хода плунжера – 75–150 мм; производительность зависит от площади сечения плунжера, его хода, скорости движения. Большие сопротивления, возникающие при проталкивании груза плунжером вдоль неподвижных лотка и стенок, ограничивают производительность питателей этого типа.

*Маятниковый питатель* (см. рисунок 5.25, е) имеет секторный затвор 9, приводимый в действие кривошипно-шатунным механизмом 10. Его производительность регулируется изменением частоты вращения колеччатого вала. Применяют при работе с мелкокусковыми и зернистыми грузами.

В *барабанном питателе* (см. рисунок 5.25, ж) в качестве рабочего элемента служит вращающийся вокруг горизонтальной оси гладкий (для грузов хорошо сыпучих мелкокусковых, зернистых и пылевидных) или граненый (для крупнокусковых грузов) барабан 11. При неподвижном положении барабан подпирает истекающий из бункера груз, выполняя функцию затвора. Во время вращения барабан увлекает груз в направлении выгрузки, обеспечивая производительность, пропорциональную окружной скорости на поверхности барабана и сечению потока, которое регулируется заслонкой. Скорость выдачи груза – 0,025–1,0 м/с.

*Лопастные питатели* (см. рисунок 5.25, з) применяют как дозаторы, т. е. при повороте на некоторый угол они могут выдавать определенную порцию груза, находящуюся между лопастями 12.

*Винтовой питатель* (см. рисунок 5.25, и) применяют для перемещения малоабразивных мелкокусковых, зернистых и пылевидных грузов. Горизонтальный винтовой конвейер 13 ограниченной длины без промежуточных опор работает с коэффициентом заполнения, близким к единице. Питатель обеспечивает надежную выдачу равномерного потока груза и надежное регулирование производительности (с помощью задвижки выпускного отверстия бункера или вследствие изменения частоты вращения винта). Производительность винтового питателя – 5–25 т/ч.

*Дисковый питатель* (см. рисунок 5.25, к) применяют для любых навальных грузов. Груз из выпускного отверстия бункера поступает на вращающийся вокруг вертикальной оси диск 14 питателя, с которого слой груза необходимой ширины сбрасывается с помощью неподвижного скребка. Выдаваемый питателем поток груза регулируют с помощью телескопического натрубка 15 и скоростью вращения диска.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Какие вспомогательные устройства используются при выполнении грузовых операций?
- 2 Какие машины и устройства используются для очистки подвижного состава от остатков груза?
- 3 Назначение, устройство, пропускная способность бункеров.
- 4 Классификация, назначение, принципиальные схемы затворов и питателей бункеров.

## ГЛОССАРИЙ

**АУТРИГЕР** – выносная опора, повышающая устойчивость мобильного стрелового крана и позволяющая поднимать груз большей массы на том же вылете.

**АЭРОЖЕЛОБ** – машина непрерывного транспорта, действующая по принципу аэрации (насыщения воздухом) насыпных грузов.

**БЕЗОТКАЗНОСТЬ** – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.

**ВМЕСТИМОСТЬ СКЛАДА** – количество грузов, которое склад может принять одновременно.

**ВОЗВРАТНАЯ ТАРА** – тара, бывшая в употреблении, которая используется повторно.

**ВЫГРУЗКА ГРУЗА** – освобождение вагона от находящегося в нем груза, производимое средствами железной дороги или получателей в зависимости от места выгрузки и рода груза.

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ УСТАНОВКИ** – машины непрерывного транспорта, предназначенные для транспортирования насыпных грузов в струе жидкости.

**ГРУЗ** – принятая к перевозке или находящаяся в процессе перевозки продукция или имущество физических либо юридических лиц, имеющее определенные транспортные характеристики.

**ГРУЗОВАЯ ЕДИНИЦА (грузовое место)** – физически неделимый груз, состоящий из одного или нескольких предметов, соединенных между собой с помощью средств пакетирования, имеющий определенную форму и линейные размеры и подготовленный к погрузке, транспортированию, хранению и разгрузке.

**ГРУЗОВОЙ ВАГОН** – единица железнодорожного подвижного состава, предназначенная для перевозки грузов.

**ГРУЗОВОЙ КОНТЕЙНЕР ИСО** – грузовой контейнер, соответствующий всем стандартам ИСО на контейнеры, существующим в момент его изготовления.

**ГРУЗОВОЙ ПОТОК (грузопоток)** – масса грузов (в тоннах), подлежащих доставке или доставленных транспортом между заданными пунктами за определенный период времени.

**ГРУЗООБОРОТ СКЛАДА** – показатель работы склада, исчисляемый количеством тонн груза, принятых на склад и/или выданных со склада, и/или переработанных на складе.

**ГРУЗООТПРАВИТЕЛЬ (отправитель)** – физическое или юридическое лицо, действующее от своего имени, передающее груз перевозчику в пункте отправления и выполняющее следующие из договора перевозки обязанности, включая упаковывание, нанесение на груз маркировки и т. п.

**ГРУЗОПЕРЕРАБОТКА** – один из основных показателей работы склада, определяемый путем умножения массы грузов на количество складских операций, которым эти грузы были подвергнуты (погрузка, разгрузка, внутреннее перемещение и др.).

**ГРУЗОПОЛУЧАТЕЛЬ (получатель)** – физическое или юридическое лицо, правомочное принять доставленный в пункт назначения груз.

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ КОНТЕЙНЕР** – специализированный контейнер для отдельных видов грузов, имеющих специфические свойства.

**КОНВЕЙЕР** – машина непрерывного транспорта, предназначенная для перемещения сыпучих, кусковых или штучных грузов.

**КОНТЕЙНЕРНЫЙ ТЕРМИНАЛ (контейнерный пункт)** – комплекс сооружений и технических средств, организационно взаимосвязанных и предназначенных для выполнения логистических операций, связанных с приемом, перегрузкой, хранением, сортировкой и выдачей контейнеров, а также с коммерческо-информационным обслуживанием грузоотправителей, грузополучателей, перевозчиков и др.

**КОНТЕЙНЕРОВМЕСТИМОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА** – максимально допустимое количество определенного типа физических или соответственно условного типа расчетных грузовых контейнеров, размещаемое на транспортном средстве.

**КРАН ГРУЗОПОДЪЕМНЫЙ** – общее название для подкласса грузоподъемных машин, предназначенных для пространственного перемещения грузов, временное зацепление которых осуществляется с применением различных грузозахватных приспособлений: крюковых подвесок, грузозахватных органов специального конструктивного исполнения.

**КРУПНОТОННАЖНЫЙ КОНТЕЙНЕР** – грузовой контейнер, максимальная масса брутто которого равна 10 т и более.

**КРЫТЫЙ ВАГОН** – вагон, предназначенный для перевозки насыпных, штучных и других грузов, требующих защиты от атмосферных воздействий; имеет крытый кузов с дверьми и люками.

**МАССА БРУТТО** – масса упаковки и продукции в ней.

**МАССА НЕТТО** – масса продукции в единице упаковки.

**МАССА УПАКОВКИ** – масса тары и вспомогательных упаковочных средств единицы упаковки.

**МНОГООБОРОТНОЕ СРЕДСТВО ПАКЕТИРОВАНИЯ** – средство пакетирования, предназначенное для использования при доставке два и более раз.

**ОДНОРАЗОВЫЙ ПОДДОН** – поддон, предназначенный для одноразового использования.

**ПАКЕТ** – транспортный пакет; укрупненная грузовая единица, предназначенная для транспортирования без расформирования от грузоотправителя до грузополучателя. Формирование пакета должно быть выполнено с учетом требований комплексной механизации погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ.

**ПАКЕТИРОВАНИЕ** – логистическая операция, заключающаяся в формировании транспортного пакета. Может выполняться с помощью специальных пакетоформирующих машин. Наиболее распространенный способ формирования пакета – укладка тарно-штучных грузов на подкладной лист или на поддон в штабель.

**ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ УСТАНОВКИ** – транспортирующие машины, предназначенные для перемещения грузов при помощи потока воздуха.

**ПОГРУЗКА** – логистическая операция, заключающаяся в подаче, ориентировании и укладке груза в транспортном средстве.

**ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ И ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИЕ РАБОТЫ (ПРТС-работы)** – термин, обозначающий различные материальные логистические опера-



ции, в том числе погрузку, разгрузку, транспортирование, хранение, размещение, сортирование, комплектацию, упаковывание, пакетирование и т. д., а также различные учетно-статистические работы по инвентаризации, переписи материальных ресурсов, оформлению документации (карточки складского учета, путевые листы и т. д.), ведению и корректировке бумажных и электронных картотек учета запасов, грузоотправителей и др.

**ПОГРУЗЧИК** – напольное безрельсовое транспортное средство периодического (прерывного) или непрерывного действия, предназначенное для погрузки, разгрузки и штабелирования грузов, а также их перемещения на короткие расстояния.

**ПОДДОН** – средство пакетирования, имеющее настил (настилы) и, при необходимости, надстройку для размещения и крепления груза (грузов).

**ПОЛУПРИЦЕП-КОНТЕЙНЕРОВОЗ** – автомобильный полуприцеп, оборудованный контейнерными фиксирующими устройствами и предназначенный для перевозки грузовых контейнеров; специализированный полуприцеп рамной конструкции (без настила) с фиксирующими устройствами, предназначенный для перевозки исключительно крупнотоннажных контейнеров.

**ПОЛУПРИЦЕП-КОНТЕЙНЕРОВОЗ-САМОПГРУЗЧИК** – полуприцеп-контейнеровоз, оборудованный устройством для погрузки и выгрузки грузовых контейнеров и/или съемных кузовов.

**ПРИЦЕП-КОНТЕЙНЕРОВОЗ** – автомобильный прицеп, оборудованный фиксирующим устройством и предназначенный для перевозки грузовых контейнеров; специализированный прицеп рамной конструкции с фиксирующими устройствами, предназначенный для перевозки исключительно крупнотоннажных контейнеров.

**ПРИЦЕП-РОСПУСК (ропуск)** – прицеп, предназначенный для длинномерных грузов (стальных труб, лесных грузов и т. п.). Имеет вертикальные стойки с боковых сторон для предупреждения скатывания груза.

**РАЗГРУЗКА** – логистическая операция, заключающаяся в освобождении транспортного средства, тары от груза (этой операции предшествуют другие: погрузка, транспортирование, хранение и т. п.). В отличие от погрузки, грузовой поток при разгрузке направлен не к транспортному средству или таре, а от них.

**СКЛАДСКАЯ ПЛОЩАДЬ** – сумма площадей помещений, предназначенных для приемки, хранения, подсортировки, фасовки, предпродажной подготовки, комплектации и выдачи товаров.

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ВАГОН** – вагон, предназначенный для перевозки одного или нескольких близких по своим свойствам видов грузов.

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ КОНТЕЙНЕР** – грузовой контейнер для грузов ограниченной номенклатуры или грузов отдельных видов.

**СПРЕДЕР** – контейнерный автоматический или полуавтоматический захват для контейнеров с угловыми фитингами; устройство для подъема крупнотоннажного контейнера за его верхние угловые фитинги при помощи поворотных стержней. При оборудовании спредера дополнительными клещевыми захватами контейнер можно поднять и за подхватные устройства его основания.

**СРЕДСТВО ПАКЕТИРОВАНИЯ (пакетирующее приспособление)** – различные многооборотные средства пакетирования, формирования и скрепления грузов в укрупненную грузовую единицу (за исключением пакетформирующих машин и пакетоскрепляющей техники): кассеты, стропы, обвязки, подкладные листы, стальная упаковочная лента, термоусаживающаяся пленка, растягивающаяся пленка, клеевая лента и т. п.

**СТЕЛЛАЖ** – многоярусное устройство для хранения штучных грузов.

**СТРОП (пакетирующий строп)** – гибкое грузозахватное приспособление для подвешивания груза к крюку крана; многооборотное средство пакетирования, состоящее из жестких и/или гибких элементов с замковым устройством.

**ТАРА** – элемент и/или разновидность упаковки, представляющий собой изделие для размещения продукции, для ее транспортирования, хранения и других логистических операций (например, ящик, мешок).

**ТЕРМИНАЛ** – комплекс устройств, расположенных в конечных или промежуточных пунктах транспортной сети и обеспечивающих взаимодействие различных транспортных систем при перевозке грузов, пассажиров, багажа и почты. Основные параметры терминала (наличие складских площадей, виды и количество подъемно-транспортного оборудования и др.) и выбор места расположения терминала определяются на основе технико-экономических исследований.

**ТРАНСПОРТНАЯ ТАРА (внешняя тара, наружная упаковка)** – тара, образующая отдельную грузовую единицу. Транспортная тара может быть оборотной или возвратной, в которую укладываются товары в потребительской таре.

**ТРАНСПОРТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУЗА** – совокупность свойств, определяющих транспортабельность груза, условия его хранения и перевалки. К основным транспортным характеристикам относятся: масса, линейные размеры груза и производные от них параметры (объемная масса, плотность, удельный погрузочный объем и др.), усредненная стоимость; различные физико-химические свойства, в том числе влажность, гигроскопичность, сыпучесть, смерзаемость, морозостойкость, угол естественного откоса, липкость, рассыпаемость, пылеемкость, скважистость, слеживаемость, спекаемость, огнеопасность, ядовитость, абразивность, вязкость, взрывоопасность, склонность к сводообразованию (для навалочных грузов), самовозгоранию и самосогреванию (для некоторых грузов растительного и минерального происхождения), к различным видам порчи (для скоропортящихся грузов).

**ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО** – устройство, предназначенное для транспортирования грузов и т. п.

**ТРАНСПОРТНЫЙ БЛОК-ПАКЕТ** – укрупненная грузовая единица, сформированная из двух или более транспортных пакетов с применением средств пакетирования.

**ТРАНСПОРТНЫЙ ПАКЕТ** – укрупненная грузовая единица, сформированная из нескольких грузовых единиц в результате применения средств пакетирования.

**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ВАГОН** – вагон, предназначенный для перевозки грузов широкой номенклатуры.

**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОНТЕЙНЕР** – грузовой контейнер для штучных грузов широкой номенклатуры, укрупненных грузовых единиц и мелкоштучных грузов.

**УПАКОВКА** – средство или комплекс средств, обеспечивающих защиту продукции от повреждения или потерь при транспортировании, хранении и перевалке, облегчающих выполнение логистических операций, разработанных с учетом требований техники безопасности погрузочно-разгрузочных, транспортно-складских работ и охраны окружающей среды.

**ЧЕТЫРЕХЗАХОДНЫЙ ПОДДОН** – поддон, конструкция которого обеспечивает возможность ввода вилочного захвата с четырех сторон.

**ШТАБЕЛИРОВАНИЕ** – способ хранения или укладки продукции, заключающийся в ее вертикальном группировании на складе, грузовом помещении транспортного средства и т. д. Хранение продукции в штабелях допускается в случаях, когда нижние ярусы не деформируются или разрушаются от вышележащих ярусов, когда геометрическая форма продукции позволяет создать прочный штабель, когда изделия невозможно уложить в стеллажи и эти изделия не требуют индивидуального подбора при комплектации заявок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Балалаев, А. С.** Транспортно-грузовые системы железных дорог / А. С. Балалаев, И. А. Чернышова, А. Ю. Костенко. – Хабаровск : ДВГУПС, 2006. – 108 с.

2 **Берлин, Н. П.** Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ / Н. П. Берлин, В. Я. Негрей, Н. П. Негрей. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 227 с.

3 **Берлин, Н. П.** Погрузочно-разгрузочные, транспортирующие и вспомогательные машины и устройства : учеб. пособие / Н. П. Берлин. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 326 с.

4 Производство погрузочно-разгрузочных работ. Терминалы / Н. П. Берлин [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 502 с.

5 **Бойко, Н. И.** Погрузочно разгрузочные работы и склады на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / Н. И. Бойко, С. П. Чередниченко. – М. : ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 292 с.

6 Емкости для сыпучих грузов в транспортно-грузовых системах / И. В. Горюшинский [и др.] ; под ред. И. В. Горюшинского. – Самара : СамГАПС, 2003. – 232 с.

7 **Зенков, Р. Л.** Машины непрерывного транспорта / Р. Л. Зенков, И. И. Иващков, Л. Н. Колобов. – М. : Машиностроение, 1987. – 432 с.

8 Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / А. А. Тимошин [и др.] ; под ред. А. А. Тимошина и И. И. Мачульского. – М. : Маршрут, 2003. – 400 с.

9 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. – Минск : ЭНЕРГОПРЕСС, 2021. – 330 с.

10 Транспортные и погрузочно-разгрузочные средства : учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / Ю. Ф. Ключин [и др.] ; под ред. Ю. Ф. Ключина. – М. : Академия, 2011. – 336 с.

11 **Туранов, Х. Т.** Транспортно-грузовые системы на железнодорожном транспорте / Х. Т. Туранов, М. В. Корнеев. – Екатеринбург : УрГУПС, 2008. – 422 с.

12 **Середа, Н. А.** Подъемно-транспортные и загрузочные устройства : учеб. пособие для вузов / Н. А. Середа. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2020. – 158 с.

13 **Игнатов, А. П.** Погрузочно-разгрузочные машины на железнодорожном транспорте : учеб. для студентов техникумов и колледжей железнодорожного транспорта / А. П. Игнатов. – М. : УМК МПС России, 2002. – 381 с.

14 **Бойко, Н. И.** Погрузочно-разгрузочные работы и склады на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / Н. И. Бойко, С. П. Чередниченко. – М. : ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 292 с.

15 **Пашков, А. К.** Складское хозяйство и складские работы / А. К. Пашков, Ю. Н. Полярин – М. : Академкнига, 2003. – 366 с.

16 **Волгин, В. В.** Погрузка и разгрузка: справочник груз-менеджера / В. В. Волгин. – М. : АВТОР, 2017. – 612 с.

17 **Киреева, Н. С.** Складское хозяйство / Н. С. Киреева. – М. : Академия, 2016. – 192 с.

Учебное издание

*БЕРЛИН Николай Петрович*  
*КИРИК Владимир Николаевич*  
*НАСТАЧЕНКО Елена Владимировна*

ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ РАБОТЫ  
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Учебное пособие

Часть I

Редактор Я. А. В а с ь к е в и ч  
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а

Подписано в печать 14.06.2023 г. Формат 60×84 1/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 10,93. Уч.-изд. л. 10,88. Тираж 150 экз.  
Зак. № 1215. Изд. № 8.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский государственный университет транспорта.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.

№ 2/104 от 01.04.2014.

№ 3/1583 от 14.11.2017.

Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель