

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ**

**Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

**Кафедра мелиоративных и строительных машин**

*В. М. Горелько, А. Л. Казаков, А. В. Пашкевич*

# **ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ И ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МАШИНЫ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ**

*Методические указания  
к лабораторно-практическим занятиям  
для студентов специальностей 1-74 06 01 Техническое  
обеспечение процессов сельскохозяйственного производства,  
1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных  
и водохозяйственных работ, 1-74 04 01 Сельское строительство  
и обустройство территорий, 1-74 05 01 Мелиорация и водное  
хозяйство*

**Горки  
БГСХА  
2013**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра мелиоративных и строительных машин

*В. М. Горелько, А. Л. Казаков, А. В. Пашкевич*

# **ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ И ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МАШИНЫ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ**

*Методические указания  
к лабораторно-практическим занятиям  
для студентов специальностей 1-74 06 01 Техническое  
обеспечение процессов сельскохозяйственного производства,  
1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных  
и водохозяйственных работ, 1-74 04 01 Сельское строительство  
и обустройство территорий, 1-74 05 01 Мелиорация и водное  
хозяйство*

Горки  
БГСХА  
2013

УДК 631.374(072)  
ББК 39.12р  
Г68

*Рекомендовано методической комиссией  
мелиоративно-строительного факультета.  
Протокол № 9 от 23.05.2012 г.*

Авторы:  
кандидаты технических наук, доценты *В. М. Горелько, А. Л. Казаков*;  
старший преподаватель *А. В. Пашкевич*

Под общей редакцией *В. М. Горелько*

Рецензент:  
кандидат технических наук, доцент *В. Е. Круглень*

**Горелько, В. М.**  
Г68 Грузоподъемные и транспортирующие машины и их элемен-  
ты: методические указания к лабораторно-практическим заняти-  
ям / В. М. Горелько, А. Л. Казаков, А. В. Пашкевич. – Горки :  
БГСХА, 2013. – 84 с.

Приведены описание составных частей механических приводов машин, эле-  
менты механизмов подъемных и транспортирующих машин, обозначения ре-  
дукторов, подшипников катков, цепей, тормозов, строительных самоходных и  
башенных кранов, области их применения, вопросы безопасного ведения работ  
при строительстве.

Для студентов специальностей 1-74 06 01 Техническое обеспечение процес-  
сов сельскохозяйственного производства, 1-74 06 04 Техническое обеспечение  
мелиоративных и водохозяйственных работ, 1-74 04 01 Сельское строительство  
и обустройство территорий, 1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство.

**УДК 631.374(072)  
ББК 39.12р**

© УО «Белорусская государственная»  
сельскохозяйственная академия», 2013

# 1. ДЕТАЛИ И УЗЛЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ И МЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИН

**Цель работы:** изучить конструкции, назначение, применение, обозначение, основные геометрические и кинематические параметры механических передач.

## 1.1. Общие сведения

Передачей называется устройство, предназначенное для передачи энергии на расстояние. В зависимости от способа передачи энергии различают механические, электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные передачи. В строительных, дорожных и мелиоративных машинах наиболее распространенными являются механические и гидравлические передачи.

Механические устройства, применяемые для передачи энергии от источника к потребителю с изменением угловой скорости ( $\omega$ ) или передаточного отношения ( $U$ ), вида движения, называют механической передачей (трансмиссией).

Применение механических передач вызвано тем, что:

а) источники энергии – двигатели – работают в режиме высоких угловых скоростей, значительно отличающихся от угловых скоростей рабочей машины;

б) изменение угловой скорости (уменьшение) путем введения передач позволяет повысить значения вращающих (крутящих) моментов на валах рабочей машины;

в) часто возникает необходимость передачи энергии от одного двигателя к нескольким рабочим машинам, валы которых вращаются с неодинаковыми угловыми скоростями;

г) двигатели обычно передают вращательное движение, а рабочие органы машин иногда требуют возвратно-поступательного, качательного, винтового и других видов движения.

В каждой передаче тело, которое передает мощность, называется ведущим, а тело, которому передается эта мощность, ведомым.

По способу передачи движения механические передачи классифицируют на передачи с непосредственным контактом тел вращения (фрикционные, зубчатые, червячные, винтовые) и передачи с гибкой

связью, в которых тела вращения связаны между собой гибким звеном (ременные, цепные, канатные).

Основным параметром любой передачи является передаточное число, под которым понимают отношение угловой скорости ведущего вала (индекс 1) передачи к угловой скорости ее ведомого вала (индекс 2) или соответствующее отношение частот вращения:

$$i = \omega_1 / \omega_2 = n_1 / n_2, \quad (1)$$

где  $\omega_1$  и  $\omega_2$  – угловые скорости ведущего и ведомого валов;

$n_1$  и  $n_2$  – частоты вращения ведущего и ведомого валов.

При  $i > 1$  ведомый вал передачи вращается медленнее ведущего ( $n_1 > n_2$ ) – передача понижающая, или *редуктор*. При  $i < 1$ ,  $n_1 < n_2$  передача повышающая, или *мультипликатор*. В строительных машинах в большинстве случаев применяются передачи, у которых  $i > 1$ , т. е. замедляющие.

## 1.2. Зубчатые передачи

Зубчатая передача – это механизм, который с помощью зубчатого зацепления передает или преобразует движение с изменением угловых скоростей и моментов. Зубчатые передачи применяют для преобразования и передачи вращательного движения между валами с параллельными, пересекающимися и перекрещивающимися осями, а также для преобразования вращательного движения в поступательное, и наоборот.

Зубчатые передачи между параллельными валами осуществляются цилиндрическими колесами с прямыми, косыми и шевронными зубьями (рис. 1, *a – з*). Передачи между валами с пересекающимися осями осуществляются обычно коническими колесами с прямыми и круговыми зубьями (рис. 1, *д – е*). Для валов со скрещивающимися осями применяют винтовые передачи (рис. 1, *ж*). Зубчатые передачи для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот осуществляются цилиндрическим колесом и рейкой (рис. 1, *з*). В зависимости от взаимного расположения колес зубчатые передачи бывают внешнего (рис. 1, *a – в, д – з*) и внутреннего (рис. 1, *е*) зацепления. В первом случае зубчатые колеса вращаются в противоположные стороны, а во втором – в одну и ту же.

В зависимости от конструктивного исполнения различают открытые и закрытые передачи. В открытых передачах зубья колес работают всухую или периодически смазываются пластичным смазочным мате-

риалом и не защищены от влияния внешней среды. Закрытые передачи помещаются в пыле- и влагонепроницаемые корпуса (картеры) и работают в масляной ванне.

Во всех случаях вращение ведущего зубчатого колеса (обычно его называют шестерней и присваивают индекс 1) преобразуется во вращение ведомого зубчатого колеса (присваивается индекс 2) через нажатие зубьев первого на зубья второго.

Профиль зубьев обычно выполняется по эвольвенте, очертание которой обеспечивает равномерное вращение колес, а, следовательно, и постоянное передаточное число.

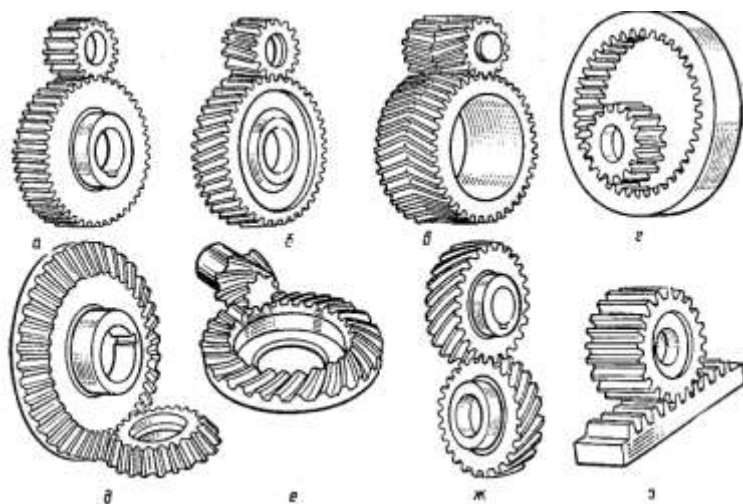


Рис. 1. Зубчатые передачи

Основными преимуществами зубчатых передач являются: высокая нагрузочная способность, малые габариты, большая долговечность и надежность, высокий к. п. д. (до 0,97...0,98) в одной ступени, возможность применения в широком диапазоне скоростей (до 150 м/с), мощностей (до 50000 кВт) и передаточных чисел (до нескольких сотен в многоступенчатой передаче).

К недостаткам зубчатых передач могут быть отнесены требования высокой точности изготовления и шум при работе со значительными скоростями.

Основным параметром зубчатого зацепления является величина, называемая модулем зацепления. Измеряется модуль в миллиметрах:

$$m = t / \pi, \quad (2)$$

где  $t$  – шаг зацепления, мм.

Значение модуля принимается по ГОСТу.

Диаметр начальной (делительной) окружности (мм)

$$d = d_w = m z, \quad (3)$$

где  $z$  – число зубьев зубчатого колеса.

Высота зуба (мм)

$$h = 2,25 m. \quad (4)$$

Для пары зубчатых колес шаг  $t$ , модуль  $m$  и угол наклона зуба  $\beta$  (для косозубых передач) должны быть одинаковы.

Для передачи вращающего момента между валами, оси которых пересекаются под углом, применяются конические передачи (рис. 1,  $\delta$ ,  $e$ ).

Наибольшее распространение имеют передачи с межосевым углом  $\delta = 90^\circ$ . Зубья конических колес могут быть прямыми (рис. 1,  $\delta$ ), косыми или криволинейными (рис. 1,  $e$ ). Их профили выполняются также по эвольвенте, но сечение зуба уменьшается по мере приближения к вершине конуса. Поэтому шаг и модуль зуба по его длине меняются, имея наибольшее значение на максимальных диаметрах начальных конусов.

Для зубчатой передачи передаточное число записывается следующим образом:

$$i = \omega_1 / \omega_2 = n_1 / n_2 = d_2 / d_1 = z_2 / z_1 = \text{const}. \quad (5)$$

Передаточное число обычных зубчатых передач с неподвижными осями колес может достигать  $i = 6 \dots 8$  в одной ступени.

Для обеспечения высокой несущей способности зубчатых колес на контактную и изгибную прочность зубьев, а также на износ целесообразно применять в качестве материалов стали.

**С т а л ь ю** называют сплав железа с углеродом (до 2 % С). По механическому составу сталь разделяют на углеродистую и легированную.

Зубчатые колеса изготавливают из легированной и углеродистой стали (сталь 35; 40; 45; 50 и др.). Цифры указывают содержание углерода в сотых долях процента.

Легированные стали (12ХНЗ; 15Х; 20Х; 35Х; 18ХГТ и др.) содержат в своем составе добавки, повышающие прочность, износостойкость, коррозионностойкость. В качестве добавок применяют хром, никель, молибден, титан и др.

### 1.3. Планетарные передачи

Кроме обычных зубчатых передач с неподвижными осями колес в строительных, дорожных и мелиоративных машинах находят применение передачи с перемещающимися осями колес – планетарные.

Наиболее распространенная простейшая однорядная планетарная передача (рис. 2, а) состоит из центрального колеса 1 с наружными зубьями, неподвижного центрального (корончатого) колеса 3 с внутренними зубьями и водила Н, на котором закреплены оси планетарных колес или сателлитов 2 (рис. 2, б – вид сбоку).

Сателлиты обкатываются по центральному колесам и вращаются вокруг своих осей, т. е. совершают движение, подобное движению планет. Водило Н вместе с сателлитами 2 вращается вокруг центральной оси.

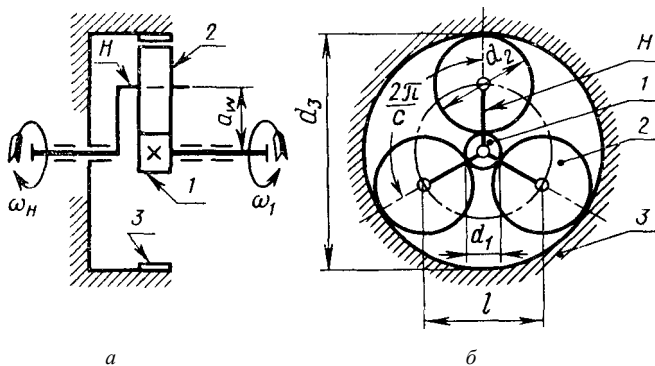


Рис. 2. Схема однорядной планетарной передачи

При неподвижном колесе 3 движение передается от колеса 1 к водилу Н или наоборот.

Если в планетарной передаче сделать подвижными все звенья, т. е. оба колеса и водило, то такую передачу называют дифференциалом. С помощью дифференциала одно движение можно разложить на два или два

сложить в одно. Например, движение от колеса 3 можно передавать одновременно колесу 1 и водилу Н или от колес 1 и 3 – водилу Н и т. д.

В планетарных передачах применяются цилиндрические и конические колеса. Зубья могут быть прямые и косые.

**Достоинства планетарных передач:**

- а) малые габариты и масса;
- б) возможность получения большого передаточного числа редуктора ( $i = 3 \dots 12$ ) в одной ступени и до  $i = 10^4$  в многоступенчатых передачах;
- в) удобны при компоновке машин, благодаря соосности ведущих и ведомых валов.

**Недостатки планетарных передач:**

- а) снижение к. п. д. передачи с ростом передаточного числа;
- б) повышенные требования к точности изготовления и монтажа передачи.

### 1.4. Червячные передачи

Червячные передачи (рис. 3) передают вращение между перекрещивающимися осями и относятся к зубчато-винтовым передачам.

Они состоят из винта-червяка 1 с трапецидальной или близкой к ней резьбой и косозубого червячного колеса 2 с зубьями особой формы, получаемой в результате взаимного огибания с витками червяка. В отличие от винтовых передач осуществляется линейный контакт.

Передаточное число определяется из условия, что за каждый оборот червячной передачи колесо поворачивается на число зубьев, равное числу заходов червяка, т. е.

$$i = n_1 / n_2 = z_2 / z_1, \tag{6}$$

где  $z_1 = 1 \dots 4$  – число заходов червяка;

$z_2 \geq 28$  – число зубьев червячного колеса.

**Достоинства червячных передач:**

- а) плавность и бесшумность работы;
- б) компактность и сравнительно небольшая масса конструкции;
- в) возможность получения больших передаточных чисел (в отдельных случаях в несиловых передачах до 1000);
- г) возможность получения самотормозящей передачи, т. е. допускающей передачу движения только от червяка к колесу. Самоторможение червячной передачи позволяет выполнить механизм без тормозного устройства, препятствующего обратному вращению колеса;
- д) высокая кинематическая точность.

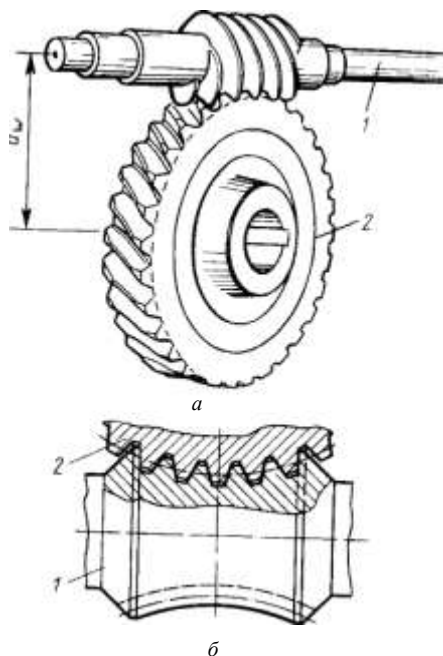


Рис. 3. Схема червячных передач: *а* – обычное зацепление (цилиндрический червяк);  
*б* – глобоидное зацепление

### Недостатки червячных передач:

- а) сравнительно низкий к. п. д. вследствие скольжения витков червяка по зубьям колеса;
- б) значительное выделение теплоты в зоне зацепления червяка с колесом;
- в) необходимость применения для венцов червячных колес дефицитных антифрикционных материалов;
- г) повышенное изнашивание и склонность к заеданию.

В строительных и дорожных машинах червячные передачи применяются с передаточным числом  $i = 8 \dots 60$  при числе заходов червяка соответственно  $4 \dots 1$ . При этом к. п. д.  $\eta = 0,9 \dots 0,65$ . Для повышения к. п. д. червячной пары за счет снижения трения зубья колеса делают из антифрикционного материала – качественной бронзы (иногда при

малой скорости скольжения – из серого чугуна), а витки червяка закаливают и шлифуют.

Червячные передачи используют в передачах с небольшими мощностями (до 40...100 кВт) при скоростях до 15 м/с.

Червячные передачи могут выполняться с нижним, боковым и верхним расположением червяка относительно колеса.

Червяки чаще всего изготавливают цилиндрическими с трапециевидальным профилем резьбы, при этом в торцовом сечении витки этого червяка очерчены архимедовой спиралью. Червяк с такой винтовой поверхностью называют архимедовым.

### 1.5. Цепные передачи

Цепные передачи относятся к передачам зацеплением с гибкой связью и предназначены для передачи движения между двумя или несколькими параллельными валами при достаточно большом расстоянии между ними (рис. 4).

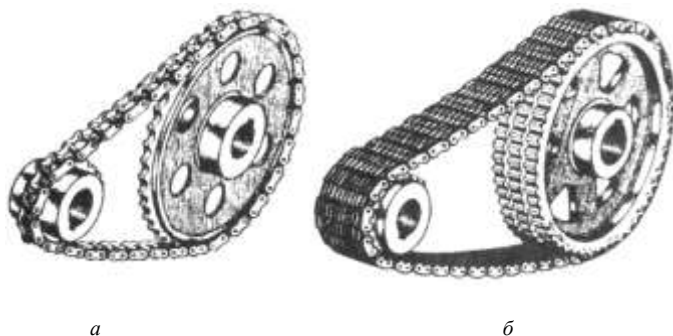


Рис. 4. Цепная передача:  
*a* – роликковой цепью; *б* – зубчатой цепью

#### **Достоинства цепных передач:**

а) по сравнению с зубчатыми цепные передачи могут передавать движение между валами при значительных межосевых расстояниях ( $a \leq 8$  м) при передаточном числе обычно  $i \leq 6$ ;

б) сравнительно небольшие (по сравнению с ременными передачами) нагрузки на валы и их опоры;

в) большой диапазон передаваемых мощностей (до 4000 кВт);

г) большой диапазон скоростей (до 30 м/с);

д) высокий к. п. д.:  $\eta = 0,95 \dots 0,98$  (при передаче полной мощности, тщательном уходе и хорошей смазке).

**Недостатки цепных передач:**

а) значительный шум вследствие удара звена цепи при входе в зацепление, особенно при малых числах зубьев звездочек и большом шаге;

б) сравнительно быстрое изнашивание шарниров цепи вследствие затруднительного подвода смазочного материала;

в) удлинение цепи из-за износа шарниров, что требует натяжных устройств.

Делительный диаметр звездочки определяется по формуле

$$d = t / \sin (180^\circ / z ), \quad (7)$$

где  $t$  – шаг цепи, мм;

$z$  – число зубьев звездочки.

В сельскохозяйственных, строительных, дорожных и транспортирующих машинах цепные передачи применяются как для приводов рабочих органов (колес, барабанов и т. д.), так и в качестве тяговых цепей и рабочих органов землеройных машин.

Приводная роликовая цепь трехрядная повышенной точности с шагом 44,45 мм с разрушающей нагрузкой 517,2 кН обозначается:

Цепь ЗПР- 44,45-517,2 ГОСТ 13568 – 75.

Приводная зубчатая цепь типа 1 с шагом 19,05 мм с разрушающей силой 74 кН и рабочей шириной 45 мм обозначается:

Цепь ПЗ-1-19.05-74-45 ГОСТ 13552 – 81.

## 1.6. Ременные передачи

Передача механической энергии, осуществляемая гибкой связью посредством сил трения между ремнем и шкивом (кроме зубчатременной), называется ременной.

Ременная передача состоит (рис. 5) из двух или большего числа шкивов и бесконечного ремня, надетого на шкивы с натяжением.

**Достоинства ременных передач:**

а) простота конструкции и малая стоимость;

б) возможность передачи мощности на значительное расстояние (до 15 м) при передаточном числе  $i = 1 \dots 7$ ;

в) плавность и бесшумность работы;

г) смягчение вибрации и толчков вследствие упругой вытяжки ремня;

д) возможность передачи большого диапазона мощностей – до 300 кВт (обычно до 50 кВт);

е) возможность работы со скоростями до 30 м/с (сверхплоские – до 100 м/с);

ж) относительно высокий к. п. д.;  $\eta = 0,91 \dots 0,97$ .

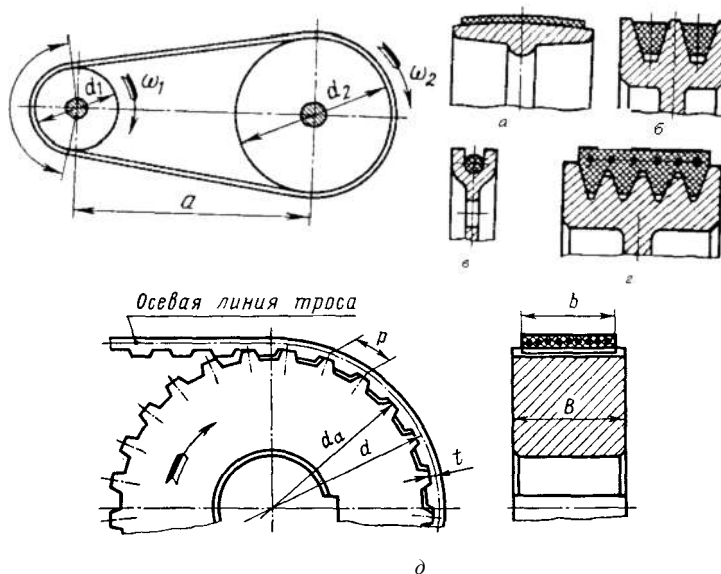


Рис. 5. Схема ременной передачи и формы ремней:  
а – плоскоремennая; б – клиноремennая; в – круглоремennая;  
г – поликлиноремennая; д – зубчаторемennая

### Недостатки ременных передач:

а) большие габаритные размеры, в особенности при передаче значительных мощностей и большом передаточном числе;

б) малая долговечность ремня в быстроходных передачах;

в) большие нагрузки на валы и подшипники от натяжения ремня;

г) непостоянство передаточного числа из-за неизбежного упругого проскальзывания ремня;

д) неприменимость во взрывоопасных местах вследствие электризации ремня.

Чаще всего ременные передачи используются для передачи движения от двигателя к насосам, вентиляторам, транспортерам и т. д.

Наиболее широкое применение нашли клиновые ремни. Они выпускаются 7 типов нормального сечения (О, А, Б, В, Г, Д, Е) и 4 типов узкого сечения (УО, УА, УБ, УВ). Размеры сечения и передаваемая мощность увеличиваются от О к Е и от УО к УВ.

Поликлиновые ремни выпускаются трех типов с сечением ремня К, Л, М.

Зубчатые ремни выпускаются в зависимости от модуля (или шага) ремня. Изготавливаются с модулем 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 7; 10 мм.

## 1.7. Редукторы

Редуктором называется механизм, выполненный в закрытом корпусе и предназначенный для понижения угловой скорости, а следовательно, повышения вращающего момента в приводах от двигателя к рабочей машине (рис. 6).

Редукторы классифицируются по типам, типоразмерам и исполнениям.

Тип редуктора определяется составом передач, порядком их размещения в направлении от быстроходного вала к тихоходному и положением осей валов в пространстве.

Типоразмер редуктора определяется типом и главным параметром тихоходной ступени.

Для цилиндрической, червячной и глобоидной передач главным параметром является межосевое расстояние  $a_w$ , конической – внешний делительный диаметр колеса  $d_{e2}$ , планетарной – радиус водила  $R_w$ .

Исполнение редуктора определяется передаточным числом, вариантом сборки и формой концевых участков валов.

Основная энергетическая характеристика редуктора – номинальный вращающий момент  $T$  на его тихоходном валу при постоянной нагрузке.

Одноступенчатые цилиндрические редукторы типа Ц (рис. 6, а) используются при передаточном числе  $i \leq 8$ . Обозначается редуктор, например, ЦУ 100-2,5-12УЗ (где 100 – межосевое расстояние; 2,5 – передаточное число; 12 – исполнение; У – климатическое исполнение; З – категория размещения).

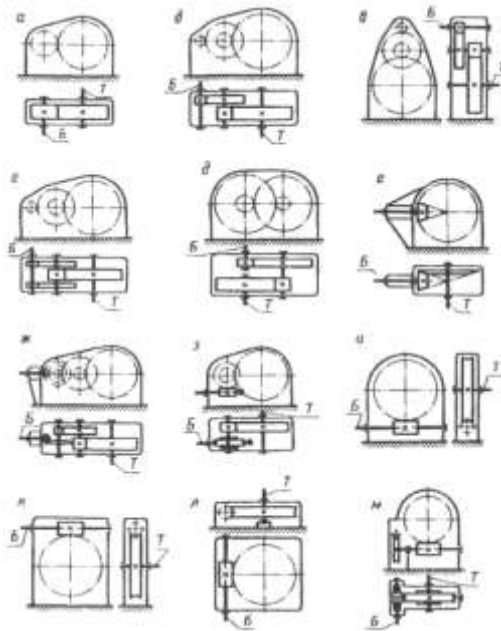


Рис. 6. Кинематические схемы редукторов:  
*Б* – быстроходный вал; *Т* – тихоходный вал

Двухступенчатые редукторы выполняют по развернутой (рис. 6, б, в) Ц 2-160, раздвоенной (рис. 6, з) Ц 2Ш-160 и соосной (рис. 6, д) Ц 2С-160 схемам (где 160 – межосевое расстояние тихоходной ступени). Полное обозначение редуктора следующее. Например, Ц 2У-200-25-12КУ2.

Цилиндрические трехступенчатые редукторы (например, Ц 3У-160) выполняют по развернутой или раздвоенной схеме при передаточном числе  $i \leq 250$ .

Конические редукторы типа К (рис. 6, е) выполняют с прямыми или круговыми зубьями (обозначение К-315, где 315 – внешний делительный диаметр колеса).

Коническо-цилиндрические редукторы (рис. 6, ж) обозначаются так: например, КЦ2-200 (коническо-цилиндрический трехступенчатый редуктор с одной конической и двумя цилиндрическими ступенями, 200 – межосевое расстояние тихоходной ступени).

Планетарные редукторы обозначаются следующим образом: например, П-31,5 (где 31,5 – радиус водила).

В мотор-редукторах к обозначению впереди добавляется буква М. Например, двухступенчатый цилиндрический соосный мотор-редуктор обозначается так: МЦ2С-160.

Червячные одноступенчатые редукторы (рис. 6, *и, к, л*) с передаточным числом  $i = 8 \dots 80$  обозначаются, например, Ч-80 (где 80 – межосевое расстояние). Тот же редуктор, но с вертикальной осью тихоходного вала обозначается Чт-80.

Двухступенчатый червячный редуктор (рис. 6, *м*) обозначается Ч2. Червячно-цилиндрические редукторы (рис. 6, *з*) обозначаются ЧЦ.

### Контрольные вопросы

1. Чем вызвана необходимость введения передачи как промежуточного звена между двигателем и рабочими органами машины?
2. Что такое передаточное число?
3. Каковы основные достоинства и недостатки зубчатых передач по сравнению с другими передачами?
4. По каким признакам классифицируются зубчатые передачи?
5. Какая зубчатая передача называется планетарной? Ее устройство и принцип работы.
6. Каковы основные достоинства и недостатки планетарных передач по сравнению с простыми зубчатыми?
7. Назовите достоинства и недостатки червячных передач по сравнению с зубчатыми.
8. Почему в червячной передаче возникает скольжение? Как оно влияет на работу передачи?
9. Почему для червячных передач опасен перегрев?
10. Каковы достоинства и недостатки цепных передач по сравнению с другими их видами?
11. Назовите основные типы приводных цепей.
12. Какие виды ременных передач различают по форме поперечного сечения ремня?
13. Какими достоинствами и недостатками обладают ременные передачи по сравнению с другими видами передач?
14. Что называется редуктором и каково его назначение в приводе машины?
15. Что является основным параметром редуктора и как он обозначается?

## 2. КОНСТРУКЦИЯ, ВЫБОР, НОРМЫ БРАКОВКИ КАНАТОВ И ЦЕПЕЙ. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

**Цель работы:** изучить конструкции канатов и цепей, их выбор и обозначение, выбраковку; ознакомиться с основными типами грузозахватных приспособлений, их выбором, применением.

### 2.1. Стальные канаты

В грузоподъемных и строительных машинах в качестве гибких грузоподъемных или тяговых органов используются стальные проволочные канаты, сварные и пластинчатые цепи.

Промышленность выпускает стальные проволочные канаты разных типов, различающихся конструкцией, характером, направлением свивки и размером проволок. Канаты изготавливают из проволоки диаметром 0,2...3 мм, выполненной из высокопрочной стали с временным сопротивлением разрыву  $\sigma_b = 1400...2600$  МПа. Высокая прочность проволоки достигается многократным холодным волочением с промежуточной химической и термической обработкой.

Канаты бывают одинарной свивки, состоящие из проволок, свитых по спирали в один или несколько концентрических слоев; двойной свивки, состоящие из прядей, свитых в один или несколько концентрических слоев; тройной свивки, состоящие из свитых стренг (канатов двойной свивки).

В грузоподъемных (ГПМ) и строительных машинах, как правило, применяются канаты двойной свивки с сердечником.

В зависимости от характера контакта касания проволок в пряди различают канаты: ТК – с точечным касанием проволок в пряди (рис. 7, а) и ЛК – с линейным (рис. 7, б).

Канаты типа ЛК имеют несколько разновидностей, а именно:

ЛК-0 – с линейным касанием проволок одинакового диаметра в отдельных слоях пряди.

ЛК-Р – с линейным касанием проволок разных диаметров в верхнем слое пряди.

ЛК-РО – с линейным касанием проволок разного и одинакового диаметра по отдельным слоям пряди.

ЛК-З – с линейным касанием проволок между слоями и проволоками заполнения.

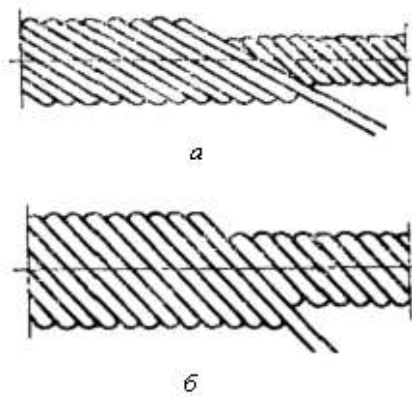


Рис. 7. Пряди или канаты одинарной свивки с точечным (а) и линейным (б) касанием проволок

По материалу сердечника различают канаты:

о.с. – с органическим сердечником, предохраняющим благодаря пропитке смазкой внутренней части каната от коррозии и способствующим уменьшению истирания проволок;

м.с.м. – с металлическим мягким сердечником из проволоки с  $\sigma_{\text{в}} \leq 900 \text{ МПа}$  ( $900 \text{ Н/мм}^2$ );

м.с. – с металлическим сердечником из канатной проволоки;

и.с. – с сердечником из искусственных материалов (асбестовые и др.).

По способу свивки различают канаты:

Р – раскручивающиеся (обыкновенные) – в этих канатах проволоки и пряди не сохраняют своего положения после снятия перевязок концов, а стремятся выпрямиться;

Н – нераскручивающиеся – это канаты, свиваемые из заранее деформированных проволок и прядей, получающих перед свивкой форму, соответствующую их положению в канате (данные канаты имеют меньшее стремление к раскручиванию и образованию узлов и петель, а также обладают большей долговечностью);

Н – некрутящиеся – это многослойные канаты, которые имеют противоположное направление свивки прядей по отдельным слоям. Однако отдельные слои при прохождении каната через блок легко сдвигаются относительно друг друга, что приводит иногда к выпучиванию прядей и преждевременному выходу каната из строя.

По направлению свивки различают канаты (рис. 8):

П – правого направления, когда пряди идут слева вверх направо (*a*);  
Л – левого направления – пряди идут справа вверх налево (*б*).

Направление свивки имеет значение только при гладких барабанах с многослойной навивкой каната.

Направление свивки каната определяется: для канатов одинарной свивки – направлением свивки проволок наружного слоя; для канатов двойной свивки – направлением свивки прядей наружного слоя.

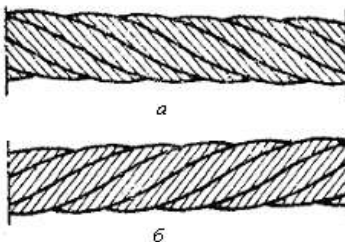


Рис. 8. Направление свивки прядей наружного слоя в канате двойной свивки: *a* – правое; *б* – левое

По сочетанию направлений свивки каната и его элементов различают канаты (рис. 9):

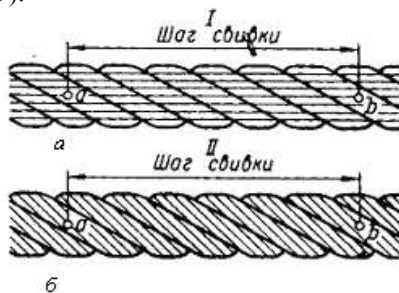


Рис. 9. Типы свивки канатов:  
*a* – крестовая свивка; *б* – односторонняя

— – крестовой свивки (или обратной) – направление свивки каната и направление свивки стренг и прядей противоположны (*a*);

О – односторонней свивки – направление свивки каната и свивки прядей по наружным проволокам одинаково (*б*);

К – комбинированной свивки – с чередующимися через одну прядь направлениями свивки прядей.

Для подъемных канатов, а также при работе канатов на блоках с канавками с подрезом и клиновидными и на плоских ободах рекомендуется крестовая свивка. В случаях, когда конструкция механизма исключает возможность кручения каната (например, тяговые канаты, канаты механизмов изменения вылета стрел) и при этом применены полукруглые канавки и однослойная навивка, рекомендуется односторонняя свивка. Канаты односторонней свивки имеют более ровную поверхность, площадь сечения в них заполнена лучше, они более гибки и долговечны, чем канаты крестовой свивки. Кроме того, такие канаты меньше изнашиваются при работе на блоках и барабанах вследствие увеличенной поверхности сопротивления проволок с поверхностью блока или барабана. Срок их службы на 25...50 % больше срока службы канатов крестовой свивки.

По механическим свойствам проволоки различают канаты из стальной проволоки марок В, I, II. Марку В следует применять только в особо ответственных случаях (пассажирские и грузопассажирские лифты и подъемники). В остальных случаях для крановых механизмов рекомендуется применять проволоку марки I.

По виду покрытия поверхности проволок и каната различают канаты:

— — без покрытия;

ОЖ – с цинковым покрытием проволоки без особо жестких условий работы;

Ж – с цинковым покрытием проволоки для жестких агрессивных условий работы;

С – с цинковым покрытием проволоки для средних агрессивных условий работы;

П – с покрытием каната или прядей искусственными материалами.

По назначению различают канаты:

ГЛ – грузоподъемные, служащие для транспортирования людей и грузов;

Г – грузовые, служащие для транспортирования грузов и других целей;

Б – бензельные, служащие для перевязок.

Маркировочная группа по временному сопротивлению (разрыву) проволок принимается обычно в пределах 1400–1800, иногда – до 2000 МПа (Н/мм<sup>2</sup>).

## 2.2. Обозначение канатов

### Характеристика стального каната

Канат	Цифровое обозначение диаметра каната	Обозначение назначения (ГЛ, Г)	Обозначение механических свойств проволок (В, I, II)
Обозначение вида покрытия поверхности проволок (–, ОЖ, Ж, С, П)	Обозначение свивки	направления прядей (–, Л)	Обозначение сочетания направления свивки проволок в прядях (–, О)
Обозначение способа свивки (Р, Н)	Цифровое обозначение расчетного предела прочности проволок на разрыв, Н/мм <sup>2</sup> (МПа)	Обозначение прочности на разрыв, МПа	№ ГОСТа на выбранный тип каната

Примеры обозначения характеристики стальных канатов: диаметром 11,5 мм, грузового, изготовленного из материала марки I со светлой поверхностью проволок, правой свивки прядей, крестовой свивки проволок в прядях, нераскручивающегося из проволок с временным сопротивлением разрыву 1600 МПа, по ГОСТ 2888–80 – Канат 11,5 – Г-I-Н-1600 ГОСТ 2888 – 80;

диаметром 12 мм, грузоподъемного назначения, из светлой проволоки марки В, левой односторонней свивки, нераскручивающегося, с временным сопротивлением разрыву 1800 МПа, по ГОСТ 3070 – 88 – Канат 12,0-ГЛ-В-Л-О-Н-1800 ГОСТ 3070 – 88;

диаметром 32,0 мм, грузового назначения, из проволоки марки I, оцинкованной по группе ЖС, правой крестовой свивки, раскручивающегося, с временным сопротивлением разрыву 1400 МПа, по ГОСТ 3069 – 88 – Канат 32,0-Г-I-ЖС-Р-1400 ГОСТ 3069–88.

Некоторые типы прядей канатов двойной свивки представлены на рис. 10.

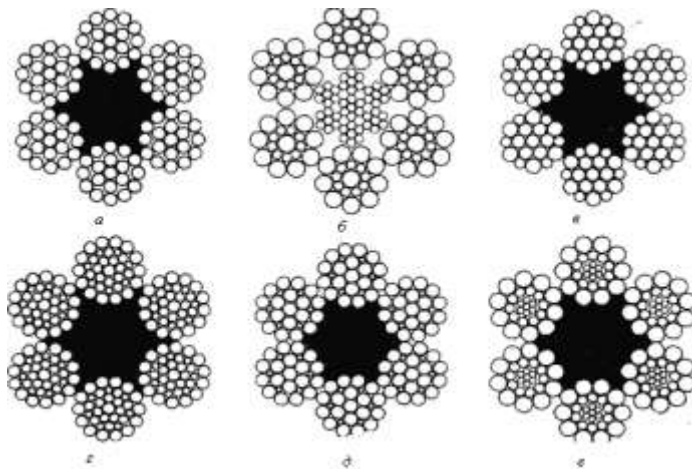


Рис. 10. Канаты двойной свивки (тросы):

- a* – ТК 6×19[1+6+12]+1 о.с. ГОСТ 3070–88; *б* – ЛК-О 6×19[1+9+9]+7×7(1+6) ГОСТ 3081 – 80; *в* – ЛК-Р 6×19 [1+6+6/6] + 1 о.с., ГОСТ 2688 – 80; *г* – ЛК-РО 6×36 [1+7+7/7+14]+ 1 о.с., ГОСТ 7669 – 80; *д* – ЛК-З 6×25 [1+6+12/6]+ 1 о.с., ГОСТ 7665 – 80; *е* – ТЛК-О 6×27 [1+6+10+10] + 1 о.с., ГОСТ 3079 – 80

Здесь цифры 6 или 8 обозначают число прядей (стренг) каната; 7; 19; 41; 36; 25; 27 – число проволок в пряди с конструктивным оформлением пряди; 1 о.с. – один органический сердечник или 7×7 – металлический сердечник из 7 прядей по 7 проволок в пряди.

### 2.3. Применение канатов

Для механизмов подъема рекомендуется применять канаты типа ЛК-Р, ЛК-О, ЛК-З и ЛК-РО, так как их долговечность в 1,5...2 раза больше, чем с прядями ТК, при работе на блоках и барабанах с полукруглой канавкой. Канаты типа ТК рекомендуется применять как канатные оттяжки.

Канаты со стальным сердечником применяются при многослойной навивке каната на барабан (при этом канат не теряет формы под воздействием нагрузки от вышележащих витков), при резкоменяющейся нагрузке и при работе в условиях высоких температур, исключающих применение канатов с органическим сердечником. В качестве стально-

го сердечника используется отдельная прядь или канат двойной свивки (рис. 10, б). Канаты с органическим сердечником более гибки, чем канаты с жестким (стальным) сердечником, лучше удерживают смазку. При работе в условиях повышенной температуры или химически активной среде используют сердечник из минеральных волокон асбеста.

Выбор каната по направлению свивки (правое или левое) является серьезным вопросом для эксплуатации. При наматывании на барабан по винтовой линии канат, кроме деформации изгиба, испытывает также деформацию кручения. В зависимости от направления свивки и порядка укладки каната на барабан, направления вращения барабана деформация кручения может увеличивать или уменьшать скручивание. Необходимо так выбирать направление свивки, чтобы в процессе эксплуатации канат дополнительно подкручивался, что увеличивает его структурную прочность.

Для грузоподъемных машин, работающих в закрытых помещениях, используются канаты, изготовленные из проволок без антикоррозийных покрытий. Канаты, изготовленные из оцинкованной проволоки, лучше противостоят коррозии; цинковое покрытие повышает срок службы канатов, что объясняется его смазывающей способностью. Недостатком цинкового покрытия является малая сопротивляемость действию кислот.

Кроме канатов с прядями, имеющими круглое сечение, находящих преимущественное применение в грузоподъемных машинах, иногда (например, в шахтных подъемниках) применяются канаты с фасованными прядями, у которых опорная поверхность при навивке на барабан или огибании блока значительно больше, чем у круглопрядных канатов, вследствие чего уменьшается давление и увеличивается срок службы канатов. К недостаткам фасоннопрядных канатов относится сложность изготовления и повышенная стоимость.

Причиной преждевременного износа канатов и их повреждений могут являться неправильный выбор конструкции каната, типа и направления свивки, навивки на барабан, неправильный выбор соотношения диаметров каната и барабана или блока, а также профиля и размера ручья блока и канавок барабана, допущение перегрузок, чрезмерных динамических воздействий на канат, наличие абразивного износа и коррозии вследствие несоблюдения правил эксплуатации каната.

## 2.4. Нормы браковки стальных канатов

Стальные канаты, находившиеся в работе, в соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов бракуют по числу обрывов проволок на длине одного шага свивки. Браковка канатов, изготовленных из проволок одинакового диаметра, выполняется согласно данным, приведенным в табл. 1 (по числу обрывов проволок на длине одного шага свивки, при котором канат должен быть забракован) и на рис. 9.

Шаг свивки каната определяют следующим образом. На поверхности какой-либо пряжи наносят метку (точка а), от которой отсчитывают вдоль центральной оси каната столько прядей, сколько их имеется в сечении каната (например, 6 в шестипрядном канате), и на следующей после отсчета пряжи (в данном случае на седьмой) наносят вторую метку (точка б). Расстояние между метками равно шагу свивки каната.

Таблица 1. Число обрывов проволок на длине одного шага свивки каната, при котором канат должен быть забракован

Конструкция каната	Первоначальный коэффициент запаса прочности $n$ при установленном Правилами отношении $D/d$		
	До 6	Свыше 6 до 7	Свыше 7
$6 \times 19 = 114+1$ о.с.	12/6	14/7	16/8
$6 \times 37 = 222+1$ о.с.	22/11	26/13	30/15
$6 \times 61 = 366+1$ о.с.	36/18	38/19	40/20
$18 \times 19 = 342+1$ о.с.	36/18	38/19	40/20

Примечание. В числителе дроби приведены данные по канату крестовой свивки, в знаменателе – данные по канату односторонней свивки.

У многопрядных канатов (например, у каната конструкции  $18 \times 19 = 342$  проволоки с одним органическим сердечником) имеется 6 прядей во внутреннем слое и 12 – в наружном (шаг свивки в этом случае определяется по числу прядей в наружном слое).

Браковка каната, изготовленного из проволок различного диаметра, конструкции  $6 \times 19 = 114$  проволок с одним органическим сердечником, проводится согласно данным, приведенным в первой строке табл. 1, причем число обрывов как норма браковки принимается за условное. При подсчете обрывов обрыв тонкой проволоки принимается за 1, а обрыв толстой – за 1,7.

Например, если на длине одного шага свивки каната при первоначальном коэффициенте запаса прочности до 6 имеется 6 обрывов тон-

ких проволок и 5 обрывов толстых проволок, то условное число обрывов составляет  $6 \times 1 + 5 \times 1,7 = 14,5$ , т. е.  $> 12$  (см. табл. 1); следовательно, канат бракуют.

Число проволок на одном шаге свивки как признак браковки каната, конструкция которого не указана в табл. 1, определяют исходя из данных, помещенных в этой таблице для каната, ближайшего по числу прядей и числу проволок.

Например, для каната конструкции  $8 \times 19 = 152$  проволоки с одним органическим сердечником, ближайшим по табл. 1, является канат  $6 \times 19 = 114 + 1$  о.с. Для определения признака браковки следует число обрывов на одном шаге свивки для каната  $6 \times 19 = 114 + 1$  о.с. умножить на коэффициент 1,33 (96:72), где 96 и 72 – число проволок в наружных слоях прядей соответственно одного и другого канатов.

Число проволок в наружных слоях прядей определяется по стандарту на канат или путем подсчета. Канаты грузоподъемных машин, предназначенных для подъема людей, бракуют при вдвое меньшем числе обрывов проволок на одном шаге свивки (см. табл. 1).

При наличии у каната поверхностного изнашивания или коррозии проволок число обрывов на шаге свивки как признак браковки должно быть уменьшено следующим образом.

Уменьшение диаметра проволок, %	Число обрывов, % нормы (см. табл. 1)
10.....	85
15.....	75
20.....	70
25.....	60
30 и более ...	50

Если в результате изнашивания или коррозии диаметр проволок уменьшился на 40 % и более от первоначального, то канат должен быть забракован. Изнашивание или коррозию по диаметру проволок определяют микрометром или иным инструментом, обеспечивающим достаточную точность. Для этого отгибают конец проволоки в месте обрыва на участке наибольшего изнашивания. Диаметр проволоки измеряют у отогнутого конца после предварительного удаления с него грязи и ржавчины.

При меньшем числе обрывов проволоки на длине одного шага свивки, чем указано в табл. 1 или чем определено согласно другим ранее приведенным указаниям, а также при наличии поверхностного изнашивания проволок без их обрыва канат может быть допущен к работе при условиях: а) тщательного наблюдения за его состоянием при периодиче-

ских осмотрах с занесением результатов в журнал осмотров; б) смены каната по достижении степени указанного ранее изнашивания.

Если груз подвешен на двух канатах, то каждый из них бракуют в отдельности, причем допускается замена одного более изношенного каната.

## 2.5. Крепление конца каната

При креплении каната к конструкции машины (рис. 11) свободный конец закрепляют посредством коуша с заплеткой (а), зажима (б), самозатягивающегося замка (в) или конусной муфты (г).

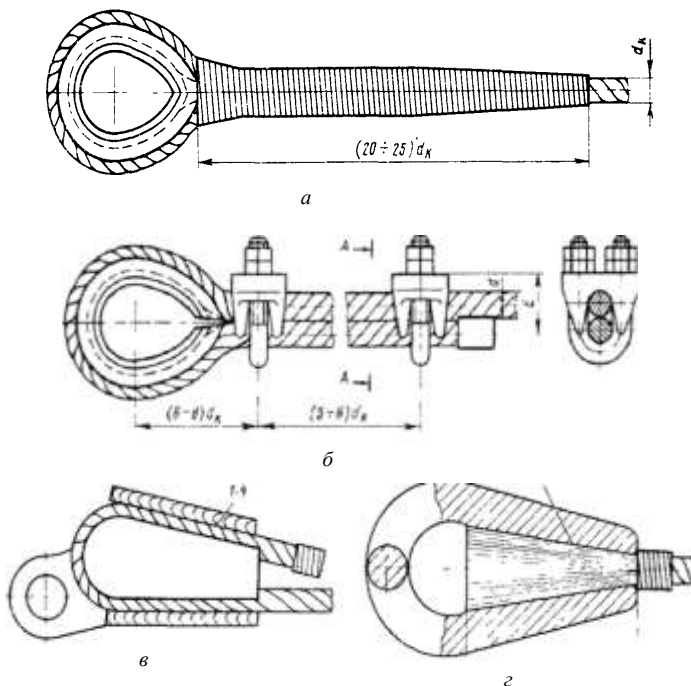


Рис. 11. Способы крепления конца каната

Коуши изготавливают штампованными из стали марки Ст. 3пс.

Если конец каната закрепляется заплеткой, ее длина составляет 20...25 диаметров каната. Прочность заплетки равна 75...90 % прочности каната (большие значения для меньших диаметров каната).

Наибольшее распространение получило крепление конца каната винтовыми зажимами. Число зажимов зависит от диаметра каната (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Зависимость числа винтовых зажимов от диаметра каната

Диаметр каната, мм	10	12...18	9...24	25...31	32...34	35...37	38...44
Число зажимов	2	3	4	5	6	7	8

Прочность соединения зажимами – около 85 % прочности каната.

Прочность соединения посредством самозатягивающегося замка составляет 75...85 % прочности каната. Крепление каната посредством конусной муфты является наиболее надежным, так как прочность соединения и прочность каната одинаковы. В конусной муфте концы проволоки каната загибают и муфту заливают легкоплавким металлом.

Соединение концов подъемных канатов заплеткой не разрешается.

Основные способы крепления канатов на барабане показаны на рис. 12.

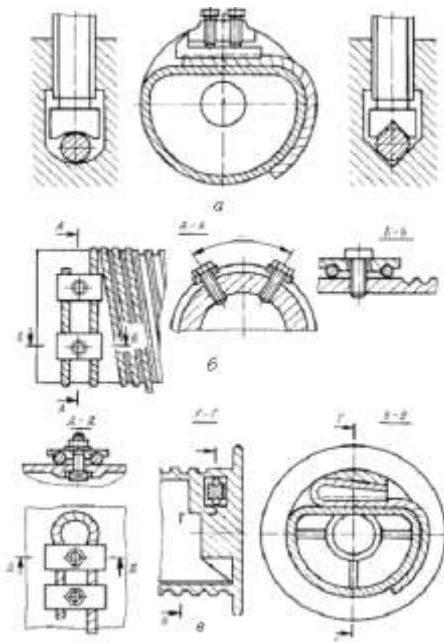


Рис. 12. Способы крепления канатов на барабанах

Они должны быть простыми, удобными для осмотра и монтажа, обеспечивать легкость замены каната и надежность его крепления, исключать его резкие перегибы. Наибольшее распространение получили крепления прижимной планкой: внутренней – (рис. 12, а), наружной (рис. 12, б, в) и клином (рис. 12, г). Количество прижимных планок (или винтов, крепящих планку) должно быть не менее двух.

## 2.6. Цепи

В грузоподъемных машинах подъемные и тяговые цепи находят ограниченное применение. Их достоинства – способность работать на звездочках значительного меньшего диаметра по сравнению с канатными барабанами, меньшая чувствительность к коррозии и нагреву. Их серьезный недостаток заключается в том, что разрушение происходит внезапно. Работоспособность пластинчатых цепей ограничивается также износом шарниров.

Сварные цепи нормальной точности по ГОСТ 2319–81 могут быть: короткозвенные (тип А), отношение  $t = 2,6 d$  и длиннозвенные (тип В), отношение  $t = 3,6 d$ ; калиброванные (исполнение 1, рис. 13, а) и некалиброванные (исполнение 2, рис. 13, б).

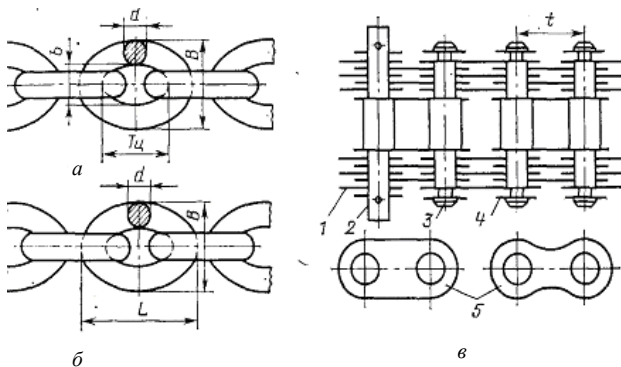


Рис. 13. Грузовые цепи

Пример обозначения сварной калиброванной короткозвенной цепи калибра 10 с шагом 28 мм: Цепь А1-10-28 ГОСТ 2319–81. Простые (некалиброванные) цепи из-за большого отклонения шага могут работать только на гладких блоках и барабанах со скоростями не более

1,5 м/с. Калиброванные цепи работают на звездочках или барабанах, имеющих специальные гнезда со скоростями не более 0,5 м/с.

Для уменьшения износа и вытягивания коэффициент запаса прочности калиброванной цепи, работающей на звездочке при машинном приводе, принимается большим, чем для простой цепи.

Преимуществом пластинчатых цепей (рис. 13, в) по сравнению со сварными является большая надежность в работе вследствие отсутствия сварного стыка, более плавное движение, нормальная скорость цепи – 0,25 м/с. В случаях крайней необходимости скорость цепи можно повысить до 1,5 м/с, соответственно увеличив запас прочности.

Недостатком пластинчатых цепей является то, что они имеют одну степень свободы, т. е. могут изгибаться только в плоскости, перпендикулярной к осям шарниров; они значительно тяжелее и дороже, чем сварные цепи, имеют большой износ шарниров цепей.

Звездочки пластинчатых цепей изготавливаются коваными из стали Ст. 4 и Ст. 5 или литыми из стали 25 Л и представляют собой зубчатые колеса, зубья которых входят между пластинами цепей, а пальцы цепи ложатся во впадины между зубьями.

Пример обозначения грузовой пластинчатой цепи с разрушающей нагрузкой 160 кН типа 1 с шагом 50 мм: Цепь G-160-1-50 ГОСТ 191–82.

## 2.7. Грузозахватные приспособления

Грузозахватные приспособления предназначены для захвата штучных и наволочных (насыпных) грузов при их перегрузке кранами и погрузчиками. Они должны обеспечивать надежность удержания груза на весу и безопасную работу людей, сохранность груза и упаковки, быстрый захват и освобождение груза.

Грузозахватные приспособления по назначению могут быть универсальными, обеспечивающими захват грузов различной конфигурации и размеров, и специальными, приспособленными для грузов определенного вида. К универсальным грузозахватным приспособлениям относятся крюковые подвески (рис. 14), стропы (рис. 15, 16), к специальным – клещевые и эксцентриковые захваты для штучных грузов (труб, рельсов, ящиков, бочек и т. п.) и пакетов, грузов на поддонах или без них, рейферы для насыпных материалов, траверсы для различных длинномерных и крупногабаритных грузов, а также захваты и спредеры для конвейеров (рис. 17).

Крюковые подвески (рис. 14) служат для соединения крюка с канатом.

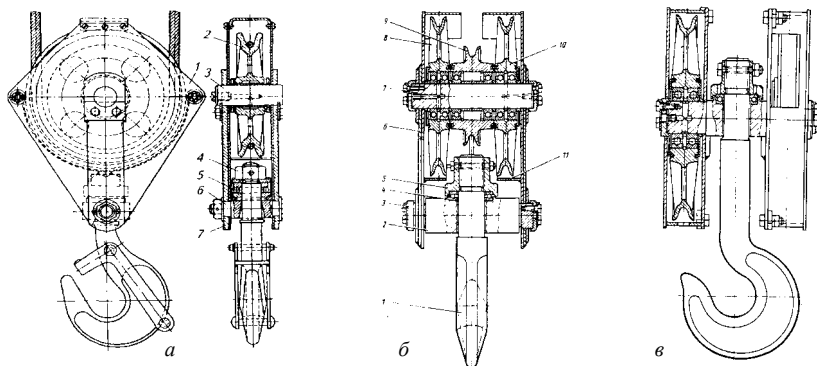


Рис. 14. Крюковые подвески:  
*а* – нормальная одноблочная; *б* – нормальная многоблочная; *в* – укороченная

Крюковые подвески подбирают в зависимости от расчетной грузоподъемности и схемы полиспаста.

Типовая крюковая подвеска состоит (рис. 14, *а*) из двух скрепленных шпильками щек *1* с серьгами *7*, блока *2*, установленного на оси *3*, и траверсы (поперечины) *б*, предназначенной для крепления крюка гайкой *4*. Нагрузка от крюка передается на траверсу через упорный подшипник *5*.

Укороченные подвески (рис. 14, *в*) применяют для канатных одианарных и сдвоенных полиспастов с четной кратностью. В этом случае траверса и ось блоков совмещаются, а в остальной конструкции идентичны.

Для подвески перегружаемых грузов к крюку грузоподъемного крана применяют простейшие грузозахватные (чалочные) приспособления, называемые стропами рис. 15, 16. Их разделяют на универсальные и специальные. Типы стропов представлены на рис. 15.

Для производства канатных стропов применяют канаты типа ТК, менее склонные к раскручиванию. Для стропов берут более мягкие канаты ( $\sigma_b = 1700\text{--}1900$  МПа).

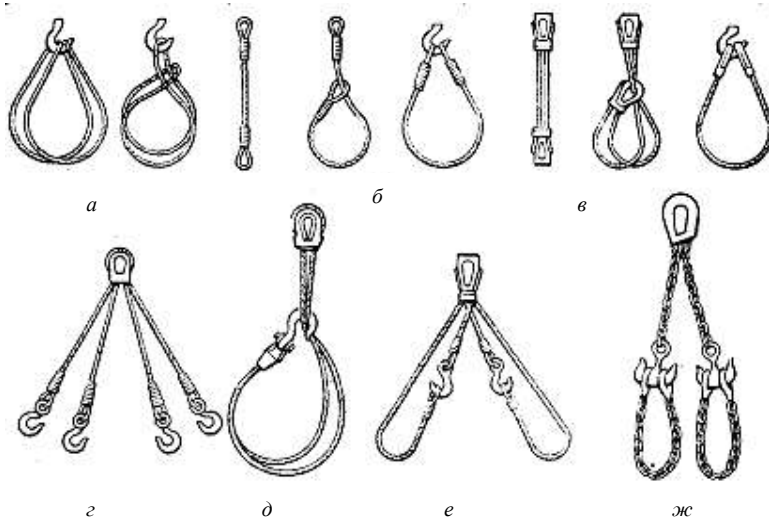


Рис. 15. Типы стропов: *а* – универсальный; *б* – облегченный с коушами; *в* – облегченный двойной с коушами; *г* – четырехстропный захват с крючьями; *д* – со скользящим крюком; *е* – с коушами, крюками и петлями; *ж* – с двойными крюками и добавочными стропами

Все чалочные приспособления, в том числе и стропы, должны регулярно проходить освидетельствование комиссией Промтехатомнадзора (или другими соответствующими органами) и снабжаться бирками с указанием допустимой грузоподъемности и даты испытания.

При работе со стропами особое внимание следует уделять правильному креплению их к поднимаемому грузу для исключения возможности аварии или несчастного случая. Поэтому к операции строповки груза допускаются только специально обученные люди – стропальщики, прошедшие соответствующий инструктаж по технике безопасности выполнения конкретных операций.

Различные схемы строп, применяемых при строительстве сооружений, представлены на рис. 16. Специальные грузозахватные приспособления предназначенные для перегрузки определенных типов грузов представлены на рис. 17.

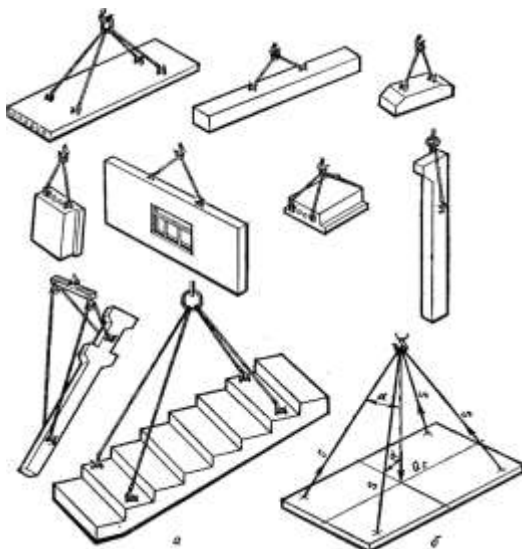


Рис. 16. Стропы для железобетонных изделий зданий:  
*а* – схема установки; *б* – расчетная схема

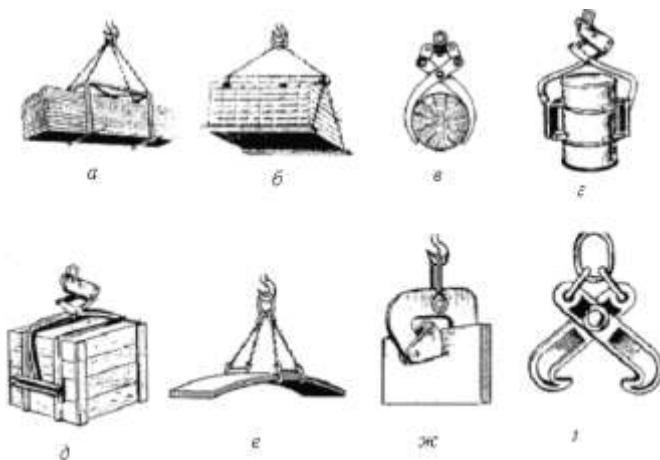


Рис. 17. Специальные грузозахватные приспособления:  
*а* – траверса для пиломатериалов; *б* – траверса для шпал; *в* – захват рычажный для круглого леса; *г* – захват для бочек; *д* – захват для ящиков; *е* – строп для листовой стали; *ж* – захват эксцентриковый для толстолистового металла; *з* – захват для рельсов

## Контрольные вопросы

1. Какие гибкие элементы используют для грузоподъемных машин?
2. Типы и структуры стальных канатов. Области применения.
3. Обозначение стальных канатов.
4. Обозначение сварных цепей. Применение.
5. Обозначение грузовых пластинчатых цепей. Применение.
6. Как выбраковываются стальные канаты с одинаковыми по диаметру проволочками?
7. Как выбраковываются стальные канаты с разными по диаметру проволочками?
8. Как учитывается поверхностный износ каната при выбраковке?
9. Какие схемы крепления конца каната на оси вы знаете?
10. Какие схемы крепления каната на барабане применяются в грузоподъемных машинах?
11. Для чего предназначены грузозахватные приспособления?
12. Какие типы крюковых подвесок применяются на кранах?
13. Что такое стропы? Их назначение.
14. Какие специальные грузозахватные приспособления применяют при подъеме и перемещении грузов?

## 3. КРАНЫ СТРОИТЕЛЬНЫЕ САМОХОДНЫЕ И БАШЕННЫЕ. ЭЛЕМЕНТЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

**Цель работы:** изучить конструкции механизмов грузоподъемных машин (подъема, передвижения, поворота и изменения вылета груза), их составные элементы (полиспасты, барабаны, муфты, тормоза); знать обозначение строительных самоходных и башенных кранов, области их применения, основы безопасной эксплуатации.

### 3.1. Общие сведения

В строительстве грузоподъемные машины используют для перемещения строительных материалов, монтажа строительных конструкций, погрузочно-разгрузочных операций на складах строительных материалов, монтажа и обслуживания технологического оборудования в процессе его эксплуатации.

По характеру работы – это машины циклического действия. Главным параметром грузоподъемных машин является грузоподъемность,

под которой понимают наибольшую массу груза, включая массу съемного грузозахватного приспособления, на подъем которой она рассчитана. Грузоподъемность выражают в единицах массы (кг, т).

Наиболее сложные и универсальные грузоподъемные машины – это краны. Они различны по конструктивному исполнению, изготавливаются в виде консольных (стреловых) или пролетных конструкций, стационарными или передвижными и соответственно с различными зонами обслуживания.

К консольным кранам относятся (рис. 18, *а–к*) стационарные мачтовые и мачтово-стреловые краны, башенные, стреловые самоходные краны и специальные краны-трубоукладчики; к пролетным (рис. 18, *л–р*) – мостовые, козловые и кабельные.

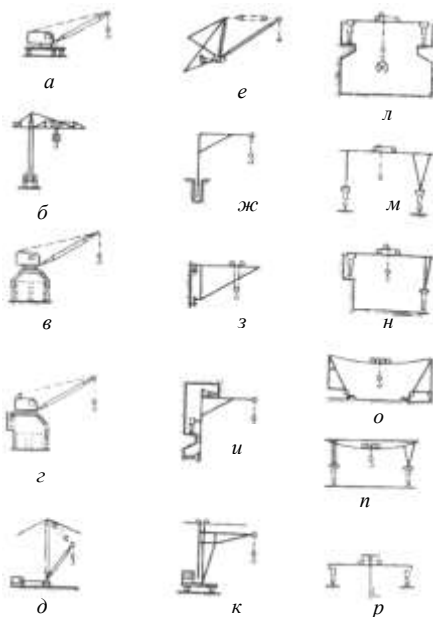


Рис. 18. Классификация грузоподъемных кранов по конструктивному исполнению: *а* – стреловой передвижной; *б* – башенный; *в* – порталный; *г* – полупортальный; *д* – вантовый; *е* – мачтовый «жестконогий»; *ж* – консольный на колонне; *з* – поворотный настенный; *и* – передвижной консольный; *к* – велосипедный; *л* – мостовой; *м* – козловой; *н* – полукозловой; *о* – кабельный; *п* – мостокабельный; *р* – мостовой кран-штабелер

Стационарные стреловые краны перемещают грузы в пределах круга или сектора, охватываемого стрелой. Башенные стреловые поворотные краны передвигаются по рельсовым путям и перемещают груз в пределах прямоугольника, длина которого равна длине путей, а ширина – двойному вылету стрелы крана. Наличие башни позволяет поднимать и монтировать крупнообъемные конструкции.

Стреловые самоходные краны (автомобильные, пневмоколесные, гусеничные, на специальных шасси автомобильного типа, тракторные) перемещаются по земле и обслуживают площадь любой конфигурации.

Пролетные козловые и мостовые краны передвигаются по специальным подкрановым путям и обслуживают зону в виде прямоугольника.

Кабельные краны перемещают грузы вдоль каната, натянутого между опорами. В зависимости от положения опор зона их обслуживания – линия, сектор или прямоугольник.

В зависимости от конструкции крана он может состоять из следующих механизмов:

- 1) подъема груза;
- 2) перемещения крана или тележки;
- 3) поворота крана;
- 4) изменения вылета стрелы или груза.

### **3.2. Механизм подъема груза**

Основным механизмом любого грузоподъемного крана является механизм подъема груза (рис. 19).

По типу привода их разделяют на механизмы с ручным и машинным (рис. 19, *а, б*) приводами (индивидуальным или групповым).

По типу полиспаста их разделяют на одинарный (рис. 2, *а*) и двоярный (рис. 19, *б*).

На рис. 19, *а, б* показаны механизмы подъема с индивидуальным приводом и одинарным и двоярным силовым полиспастом. Двоярный полиспаст применяется, например, в тележках мостовых кранов. Электродвигатель 1 валом-вставкой 3 через муфты 2 и 4 соединен с редуктором 6. На полумуфте, расположенной на входном валу редуктора, установлен нормально замкнутый тормоз 5. Такое расположение обеспечивает минимальные габариты тормоза, так как на входном валу редуктора наименьший тормозной момент, по которому подбирается тормоз. В расточке конца выходного вала редуктора установлена опора для оси 9 барабана 8. Крутящий момент от редуктора на барабан

передается через встроенную зубчатую муфту 7, что обеспечивает уменьшение габаритов механизма подъема по длине. Второй конец вращающейся оси 9 через сферические самоустанавливающиеся шарикоподшипники опирается на внешнюю подставку.

Рассмотренные механизмы с индивидуальным приводом компонуются из стандартных и унифицированных узлов. В них обеспечивается легкость сборки и разборки, простота технического обслуживания и ремонта.

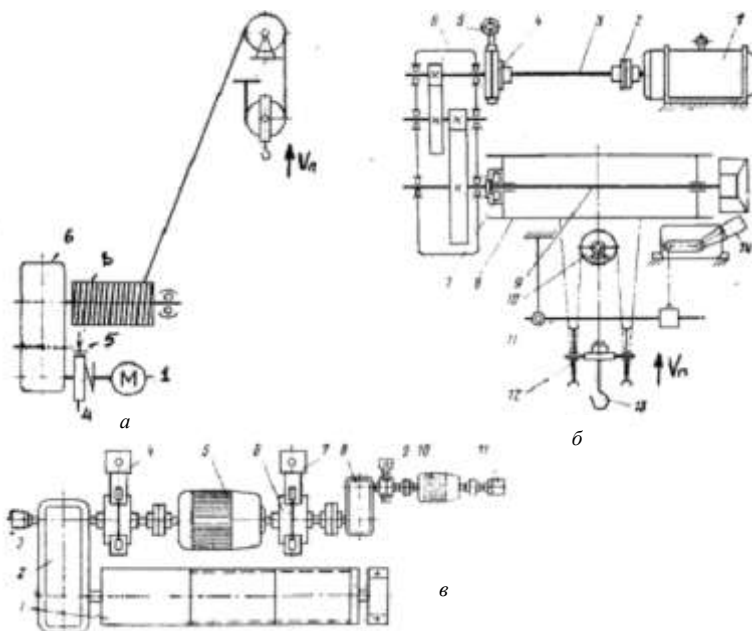


Рис. 19. Принципиальные конструктивные схемы механизмов подъема с индивидуальным приводом: *а* – при одинарном полиспасте; *б* – при двоярном полиспасте; *в* – двухскоростного с планетарной муфтой

### 3.2.1. Полиспасты

Полиспастом (рис. 20) называют систему подвижных и неподвижных блоков, соединенных гибкой связью (канатом или цепью). Полиспаст предназначен для изменения усилия в ветвях каната (выигрыш в силе) или скорости подъема груза (выигрыш в скорости). Полиспасты,

предназначенные для выигрыша в силе (рис. 20, а, в, г), называют полиспастами прямого действия (силовыми). Их применяют в кранах для подъема груза или изменения угла наклона стрелы.

Полиспасты, предназначенные для выигрыша в скорости и пути движущегося органа (рис. 20, б), называют полиспастами обратного действия (скоростными). Их, как правило, применяют в конструкциях кранов с гидравлическим приводом (телескопические), изготовляемых на базе тракторов, автомобилей, специальных шасси, а также в автопогрузчиках.

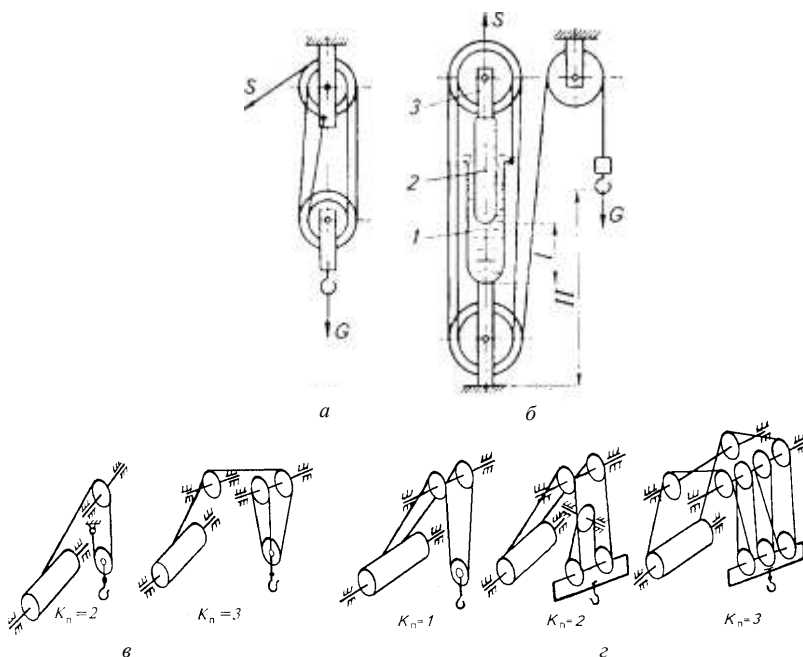


Рис. 20. Схемы полиспастов:  
 а – для выигрыша в силе; б – для выигрыша в скорости;  
 в – одинарные; г – двойные

Основной характеристикой полиспаста является кратность. Для силового полиспаста это отношение числа грузовых ветвей (на которых висит груз) к числу приводных ветвей, которые наматываются на барабан:

$$K_n = n_{гр} / n_{пр}, \quad (8)$$

где  $n_{гр}$  – число грузовых ветвей;

$n_{пр}$  – число приводных ветвей.

Для скоростных полиспастов, наоборот:

$$K_n^1 = n_{т} / n_{гр}, \quad (9)$$

где  $n_{т}$  – число приводных ветвей;

$n_{гр}$  – число грузовых ветвей.

На современных строительных, монтажных, башенных, мостовых и козловых кранах обычно применяют полиспасты с кратностью  $K_n = 2 \dots 8$ .

### 3.2.2. Барабаны

Барабаны (рис. 21) служат для наматывания гибкого органа и преобразования вращательного движения привода в поступательное движение груза.

Барабаны изготавливают литыми (рис. 21, а, б) из чугуна СЧ15, СЧ18, СЧ24 или стали марок 25Л, 35Л, 55Л и сварными (рис. 21, в) из стали марки В Ст. 3кп и др.

Канатные барабаны по форме внешней поверхности разделяют на цилиндрические, конические и коноидальные. Наибольшее распространение получили цилиндрические гладкие (рис. 21, б) и нарезные (рис. 21, в).

Гладкие барабаны применяют при многослойной навивке каната на барабан при больших высотах подъема груза и необходимости уменьшения длины барабана по условиям компоновки. При однослойной навивке каната на барабан на его рабочей поверхности нарезают винтовую канавку, которая способствует правильной укладке и уменьшению износа каната.

Основными размерами барабанов являются его диаметр, длина и толщина стенки.

Диаметр барабана (и блоков) зависит от диаметра каната, назначения механизма и режима эксплуатации механизма:

$$D_б = d_k \cdot e, \quad (10)$$

где  $d_k$  – диаметр каната, мм;

$e = 16 \dots 30$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа механизма и режима эксплуатации.

Длина барабана зависит от высоты подъема груза и кратности полиспаста.

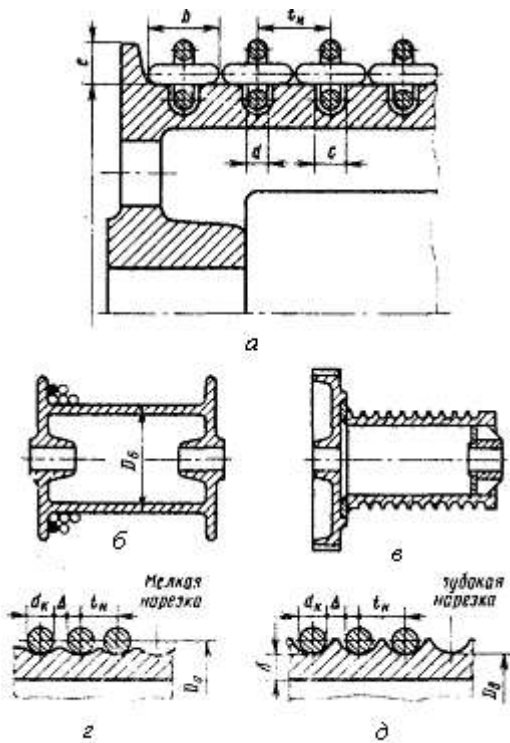


Рис. 21. Барабаны:

*a* – нарезной с винтовыми канавками для сварных круглозвенных цепей; *б* – литой гладкий для канатов; *в* – сварной нарезной для канатов; *г* – с мелкой нарезкой; *д* – с глубокой нарезкой

Цепные барабаны бывают гладкими и с винтовой нарезкой (рис. 21, *a*). Гладкие применяют для некалиброванных сварных цепей, нарезные – для калиброванных.

Возможны различные способы соединения барабанов с редукторами (рис. 22).

Наиболее часто в механизмах подъема применяется схема *д* (рис. 22), которая обеспечивает компактность и блочность конструкции (рис. 23).

Установка барабана состоит из вала редуктора 1 с зубчатой полу-муфтой 2 с внешними зубьями, сцепляемой со второй полу-муфтой 3 с внутренними зубьями. Полу-муфта 3 соединена с барабаном шестью болтами 5. Барабан 6 и ведомая полу-муфта 3 установлены на вращающейся оси 7. Правый конец оси опирается через двухрядный шариковый самоустанавливающийся подшипник 8 на раму 9. Левый конец оси 7 опирается на подшипник 10, установленный в выточке вала 1 редуктора.

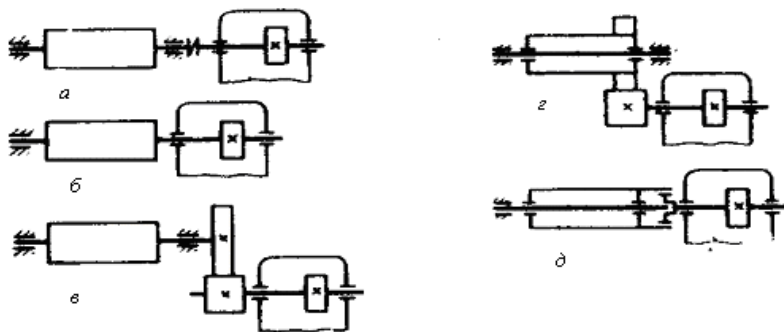


Рис. 22. Схемы соединения барабана с редуктором

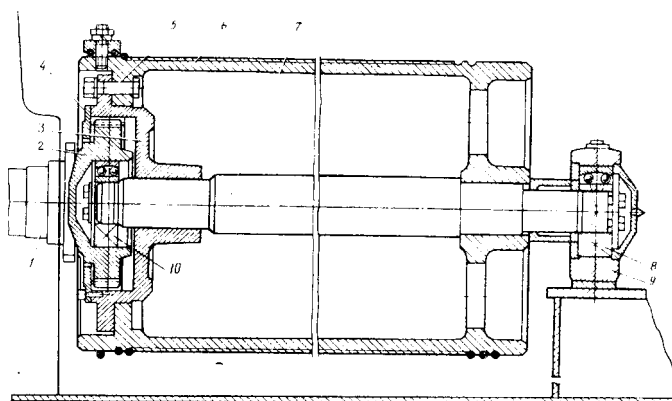


Рис. 23. Типовая установка канатного барабана

Крутящий момент от редуктора передается через зубчатую муфту на барабан, что снижает нагрузку на ось барабана.

### 3.2.3. Муфты

Муфты служат для соединения валов электродвигателей с быстроходными валами редукторов и тихоходных валов редукторов с барабанами. Муфты должны передавать крутящий момент без изменения его величины, а также компенсировать возможные смещения и перекосы осей соединяемых элементов передачи, возникающих вследствие неточности монтажа и деформации рамы.

Пример применения зубчатой муфты для соединения тихоходного вала редуктора с барабаном показан на рис. 23.

На рис. 24 приведены различные схемы упругих муфт, где одна из полумуфт выполняет функцию тормозного шкива.

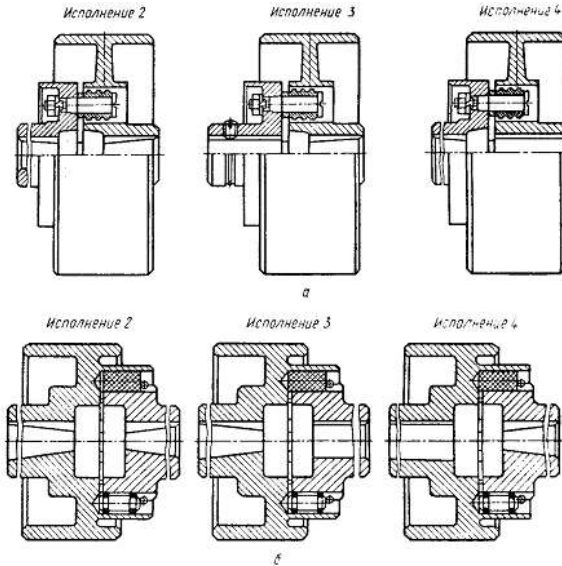


Рис. 24. Тормозные шкивы-полумуфты:  
а – типа I с упругой втулочно-пальцевой соединительной муфтой; б – типа II с соединительной муфтой, снабженной резиновыми вкладышами

Для повышения эксплуатационной надежности механизма полумуфту с тормозным шкивом необходимо устанавливать на вал редуктора, в противном случае поломка пальцев муфты или других элементов приведет к его растормаживанию.

### 3.2.4. Тормоза

Одним из наиболее ответственных узлов, определяющих надежность и безопасность эксплуатации машин и механизмов, являются тормозные устройства, входящие в состав большинства машин.

К тормозным устройствам предъявляются следующие основные требования:

- высокая надежность и стабильность действия;
- достаточный тормозной момент для заданных условий работы;
- плавность торможения;
- быстрое замыкание и размыкание тормозов;
- прочность и долговечность элементов тормоза;
- прочность конструкции, определяющая малую стоимость изготовления;
- удобство осмотра, регулирования и замены износившихся деталей;
- устойчивость регулирования;
- минимальный износ трущихся элементов;
- непревышение в процессе работы температуры поверхности трения предельной, установленной для устройств данного типа при принятом фрикционном материале;
- минимальные габариты.

По типу тормозных элементов различают колодочные, ленточные, дисковые и конусные тормоза.

В зависимости от характера действия приводного усилия и исходного положения тормозных поверхностей тормоза разделяют на нормально-замкнутые (закрытые), нормально-разомкнутые (открытые) и комбинированные.

В нормально замкнутых тормозах в исходном положении при включенном двигателе привода тормозные поверхности сжаты внешней силой (пружиной, весом замыкающего груза и т. п.). Оттормаживание (размыкание тормозных поверхностей) происходит только при включении двигателя привода. В нормально разомкнутых тормозах в исходном положении тормозные поверхности не прижаты друг к другу. Замыкание и размыкание тормоза осуществляется под действием внешнего усилия.

По правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных машин и кранов механизмы подъема груза и изменения вылета стрелы должны оборудоваться нормально замкнутыми тормозами с автоматическим управлением.

Этим требованиям в наибольшей степени отвечают двухколодочные тормоза (рис. 25).

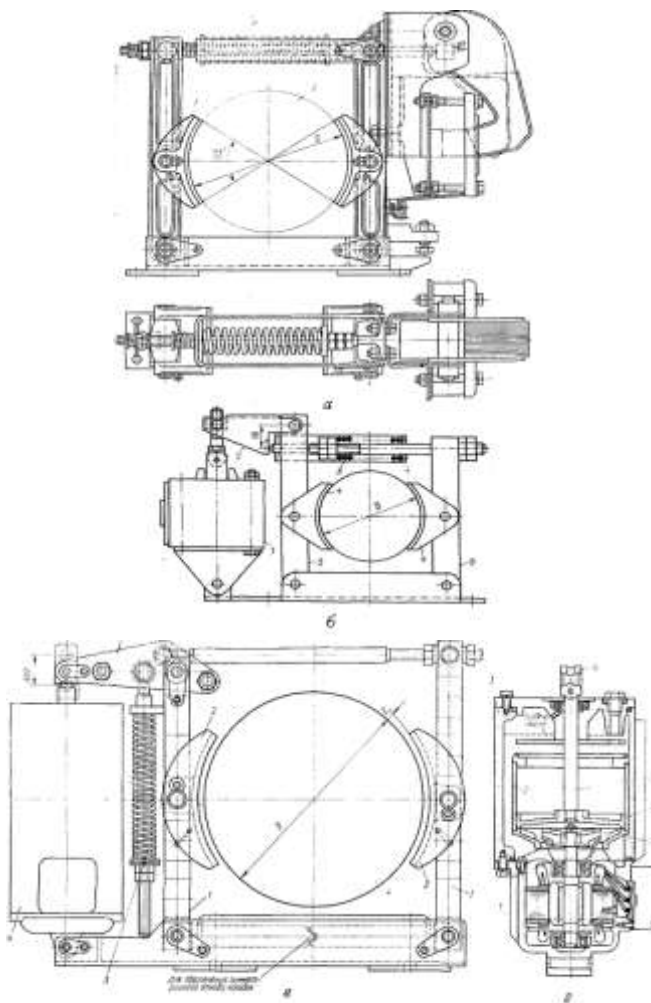


Рис. 25. Схемы двухколодочных тормозов:  
*а, б* – с электромагнитом; *в* – с гидротолкателем; *г* – схема гидротолкателя;  
*1* – стойки; *2* – колодки; *3* – пружина; *4* – гидротолкатель; *5* – электромагнит;  
*б* – рычаг; *7* – тормозной шкив

Наибольшее распространение в современных грузоподъемных машинах получили нормально-замкнутые, автоматические двухколодочные тормоза типа ТКТ (рис. 25, а) и ТКГ (рис. 25, в).

В этих тормозах замыкание (прижатие) колодок 2 (4) к тормозному шкиву обеспечивается за счет пружин 3, а размыкание происходит одновременно с включением электродвигателя при помощи либо электромагнита 1, либо электрогидротолкателя 4.

Для получения минимальных габаритов тормоза его устанавливают на быстроходном валу, где развивается наименьший крутящий момент.

Колодочные тормоза стандартизованы и подбираются в зависимости от необходимого тормозного момента, регламентированного правилами безопасного ведения работ с учетом режима эксплуатации:

$$T_{\text{т}} = K_{\text{т}} T_{\text{кр}}, \quad (11)$$

где  $T_{\text{кр}}$  – статический крутящий момент на валу тормоза;

$K_{\text{т}} = 1,5 \dots 2,5$  – коэффициент запаса торможения, принимаемый в зависимости от режима эксплуатации.

В ленточных тормозах торможение осуществляется за счет трения гибкой стальной ленты с фрикционной накладкой о наружную поверхность цилиндрического тормозного шкива или внутреннюю поверхность цилиндрического барабана. При одинаковых замыкающих усилиях, коэффициенте трения и диаметрах шкивов (барабанов) тормозной момент ленточного тормоза значительно больше, чем колодочно-го. Ленточные тормоза применяют в экскаваторах, дорожных машинах, кузнечно-прессовом оборудовании, грузоподъемных машинах и механизмах, тракторах.

Принципиальные схемы ленточных тормозов представлены на рис. 26.

Ленточные тормоза различаются по назначению, величине и характеру действия тормозного момента, создаваемого им, необходимому растормаживающему усилию в зависимости от типа крепления концов ленты. По этому признаку различают три типа тормозов: простой (рис. 26, а, з), дифференциальный (в) и суммирующий (б). Простые и дифференциальные ленточные тормоза – тормоза одностороннего действия; суммирующий тормоз – двустороннего действия. Применение специальной системы рычагов позволило использовать простой тормоз как тормоз двустороннего действия (рис. 26, з).

Колодочные и ленточные тормоза относятся к тормозам с радиальным воздействием (нажатием).

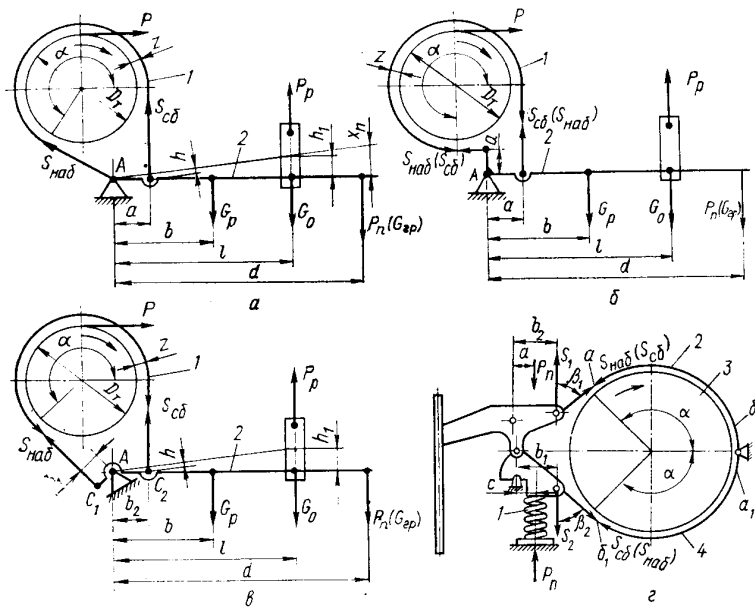


Рис. 26. Схемы ленточных тормозов:  
 а, г – простой; б – суммирующий; в – дифференциальный

В тормозах с осевым нажатием тормозной момент создается силой, действующей вдоль оси тормозного вала. К ним относятся (рис. 27) дисковые и конусные тормоза, в которых поверхностями трения являются соответственно диски или конусы.

Дисковые тормоза разделяют на однодисковые (рис. 27, а) и многодисковые (рис. 27, б, в); автоматические, замыкаемые под действием веса транспортируемого груза (грузоупорные) (рис. 28).

Вследствие некоторых особенностей дисковые тормоза нашли широкое применение в электродвигателях, механизмах поворота экскаваторов и кранов, мотор-колесах самоходных установок и др. (рис. 28).

Конусные тормоза (рис. 27, г; 28, в) получили наибольшее распространение в электродвигателях, электроталях и червячных талях. Преимуществом их является то, что при одних и тех же средних радиусах трения и осевой силе нажатия тормозные моменты конусных тормозов в 2,5...3 раза больше, чем дисковых с одной парой поверхностей трения.

Осевое усилие в этих тормозах создают сжатой пружиной (рис. 27, в) или силой тяжести груза через составляющие сил в винтовой (рис. 28, а, б) или червячной передаче (рис. 28, в).

Собачки храпового механизма 5, б (рис. 28, а) удерживают от проворачивания в обратную сторону свободно сидящее на валу храповое колесо.

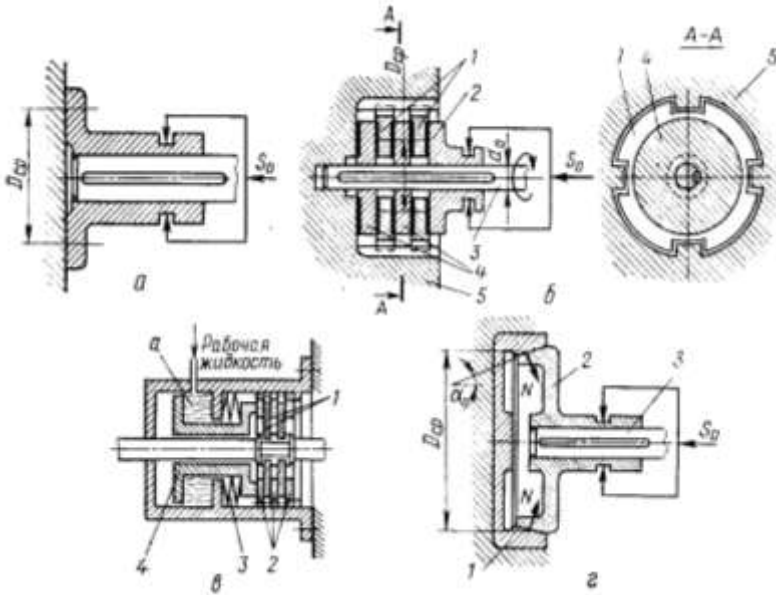


Рис. 27. Тормоза дисковые и конические:

а – однодисковый; б – многодисковый:

- 1 – диски на направляющих неподвижного корпуса; 2 – муфта включения; 3 – затормаживаемый вал; 4 – диски на валу, подлежащем затормаживанию; 5 – неподвижный корпус;
- в – схема многодискового тормоза с пружинным замыканием и размыканием гидравликой: 1 – диски вращающиеся; 2 – диски невращающиеся; 3 – пружина замыкания; 4 – муфта отжима пружин; г – конический: 1 – коническая неподвижная полумуфта; 2 – коническая подвижная полумуфта; 3 – вал, подлежащий торможению

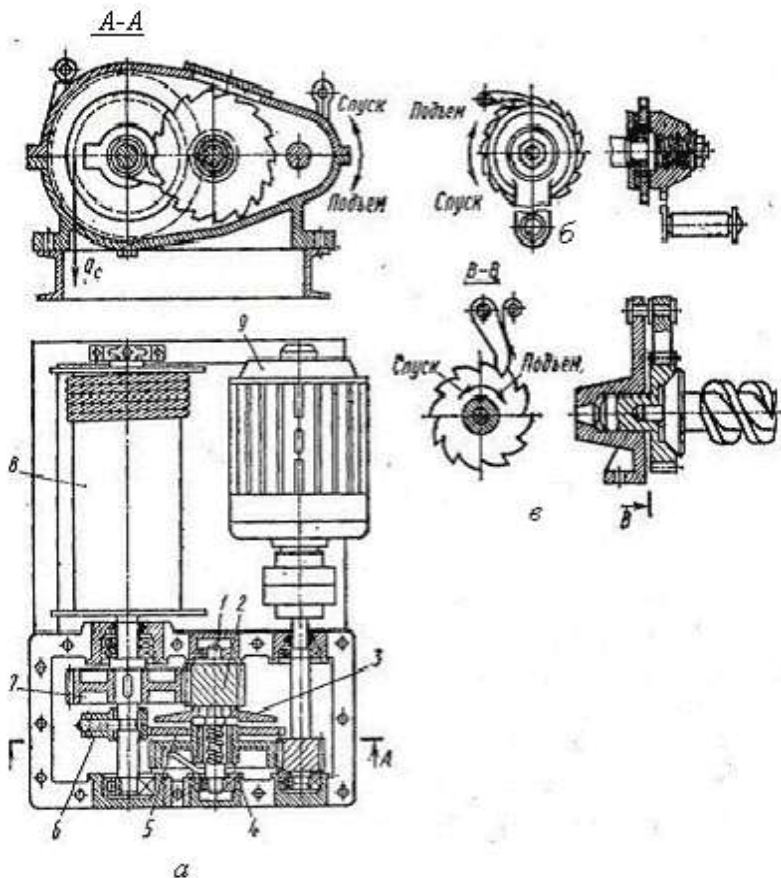


Рис. 28. Схемы применения грузоупорных тормозов:  
 а – в лебедке; б – в безопасной рукоятке; в – в червячной тали

### 3.2.5. Привод механизма подъема

По роду привода механизмы подъема груза делятся на ручные (рис. 29) и машинные (рис. 19; 30).

Ручной привод применяется только в редко работающих механизмах-домкратах, некоторых монтажных лебедках, тяговых лебедках и талях.

Основные схемы применения ручного привода показаны на рис. 29.

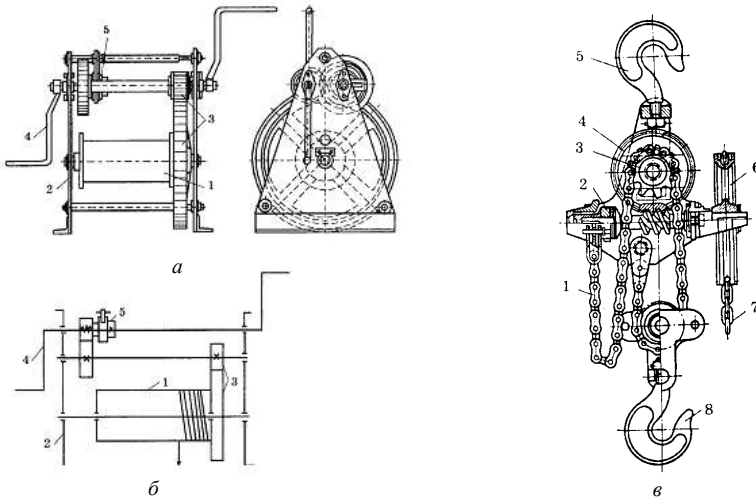


Рис. 29. Механизмы подъема с ручным приводом:

- а* – лебедка с ручным приводом (общий вид);  
*б* – кинематическая схема: 1 – барабан; 2 – рама; 3 – зубчатые колеса;  
 4 – рукоятка; 5 – автоматический дисковый грузоупорный тормоз;  
*в* – ручная червячная таль: 1 – цепь подъема груза; 2 – тормозное устройство;  
 3 – звездочка; 4 – червячное колесо; 5 – крюк; 6 – приводное колесо;  
 7 – цепь приводной тали; 8 – грузовой крюк

Машинный привод имеет следующие разновидности: электрический, гидравлический, пневматический и от двигателей внутреннего сгорания; кроме того, в ряде машин применяется комбинированный привод, как, например, дизель-электрический привод, электрогидравлический и электропневматический, а также сочетание машинного привода и ручного.

В грузоподъемных машинах широкое применение электропривода обосновано следующими преимуществами:

- постоянная готовность к действию;
- возможность установки самостоятельного двигателя к каждому механизму грузоподъемной машины, что значительно упрощает конструкцию и управление механизмами;
- высокая экономичность электропривода по сравнению с другими типами приводов;

- легкость регулирования скорости в значительных пределах и удобство реверсирования механизмов;
- безопасность работы, простота устройства и надежность функционирования различных предохранительных устройств;
- возможность работы со значительными кратковременными перегрузками.

Наиболее часто применяют электродвигатели трехфазного тока напряжением 220, 380 и 550 В, асинхронные, обладающие значительной перегрузочной способностью.

Специальные крановые двигатели с короткозамкнутым ротором серии МТК, МТКФ, МТКМ и другие наиболее просты в устройстве и управлении, надежны в эксплуатации, имеют наименьшую массу, габаритные размеры и стоимость. Недостатком их является резкое увеличение (до семи раз) тока при включении, что приводит к динамическим нагрузкам механизма. Эти двигатели рекомендуется применять только для привода лебедок с небольшим тяговым усилием и для привода вспомогательных механизмов.

Асинхронные двигатели с фазным ротором (контактными кольцами) серии МТ, МТФ, МТН и другие по сравнению с двигателями МТК имеют большую массу и стоимость, сложнее в устройстве и управлении. Но они позволяют регулировать скорость при подъеме (опускании) и торможении, изменять в широких пределах момент при пуске и торможении и получать требуемые ускорения, а, следовательно, и необходимую плавность пуска и торможения. Их рекомендуется применять при напряженных режимах работы, характеризующихся большими скоростями, частыми пусками и остановками.

Данные двигатели серии МТ обозначаются следующим образом, например:

МТКФ 312 – 6; МТФ 312 – 6,

где М – машина; Т – трехфазная; К – с короткозамкнутым ротором (отсутствие буквы – с фазным ротором); Ф или Н – класс нагревостойкости изоляции; 3 – условная величина наружного диаметра пакета статора (0 – 7); 1 – порядковый номер серии; 2 – условная длина пакета статора (1, 2, 3); 6 – число полюсов (6; 8; 10; 6/12; 6/20; 6/24).

В условном обозначении двигателя после всех индексов, относящихся к модификации, вводят буквы и цифры, характеризующие вид климатического исполнения машины (У, УХЛ, Т) и категорию размещения (1, 2, 3).

При малых мощностях можно применять асинхронные короткозамкнутые электродвигатели общепромышленной серии 4А, а также 4АЕ со встроенным электромагнитным тормозом, 4АП с повышенным скольжением.

Пример обозначения двигателей серии 4А:

4А250S10У3,

где А – асинхронный двигатель; 250 – высота оси вращения; S – установочный размер по длине станины (S, M, L); 10 – число полюсов; У – климатическое исполнение (У, Т, ХЛ); 3 – категория размещения (1, 2, 3).

Электропривод постоянного тока в грузоподъемных машинах, используемых в строительстве, применяют лишь при необходимости глубокого плавного регулирования скорости.

Наиболее часто в механизмах подъема применяется однодвигательный привод, обеспечивающий одну скорость подъема и опускания груза (рис. 19). Однако во многих случаях в механизмах подъема грузоподъемных машин (монтажные и перегрузочные краны) необходимо производить изменение скорости подъема и опускания груза в зависимости от характера выполняемой операции и величины груза. Эта необходимость вызвала появление многоскоростных механизмов (рис. 30, 31).

Схема, представленная на рис. 30, применяется в механизмах подъема мостового крана и обеспечивает две скорости подъема и опускания груза.

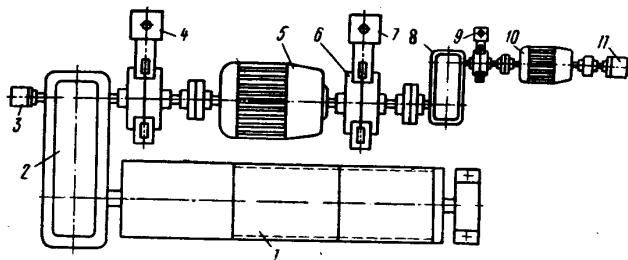


Рис. 30. Схема многоскоростного механизма подъема с планетарной муфтой: 1 – барабан; 2 – редуктор; 3 – центробежный выключатель; 4 – тормоз; 5 – основной электродвигатель; 6 – планетарная муфта; 7 – тормоз; 8 – редуктор; 9 – тормоз; 10 – вспомогательный электродвигатель; 11 – центробежный выключатель

На рис. 31 представлена кинематическая схема многоскоростного механизма подъема башенного крана, обеспечивающая получение двух скоростей подъема и трех скоростей опускания, что позволяет устанавливать монтируемые краном элементы.

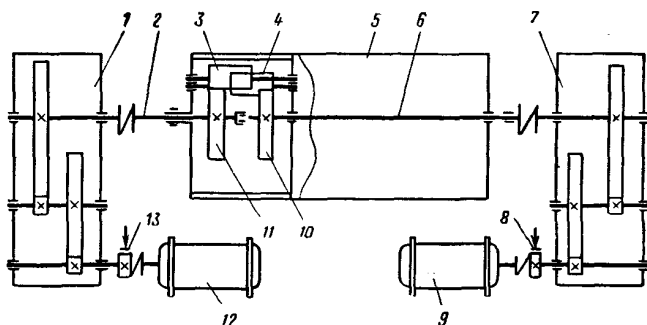


Рис. 31. Схема многоскоростного механизма подъема башенного крана: 1 – редуктор; 2 – вал; 3, 4, 10, 11 – шестерни планетарного редуктора; 5 – барабан; 6 – вал; 7 – редуктор; 8, 13 – тормоза; 9, 12 – электродвигатели

Большое распространение в передвижных кранах получил дизель-электрический привод, при котором дизель приводит в движение электрогенератор, питающий электродвигатели различных механизмов машин.

Гидравлический привод в грузоподъемных машинах является комбинированным. Первичный двигатель (ДВС или электродвигатель) приводит в действие насос, от которого через систему трубопроводов жидкость поступает под давлением (до 25...32 МПа) в гидродвигатель или гидроцилиндры. Такой тип привода находит широкое применение в самоходных кранах.

### 3.2.6. Электротали

Электротали изготовляют в виде самостоятельных машин, предназначенных для подъема или для подъема и горизонтального перемещения (электротельфер) либо в виде механизмов в составе однобалочных мостовых, козловых и консольных кранов.

В соответствии с ГОСТ 22584–96 электрические канатные тали выпускают в восьми исполнениях, обозначаемых цифрами 1–3 и 5–9, шести грузоподъемностей: 0,25; 0,5; 1; 2; 3,2; и 5 т (рис. 32).

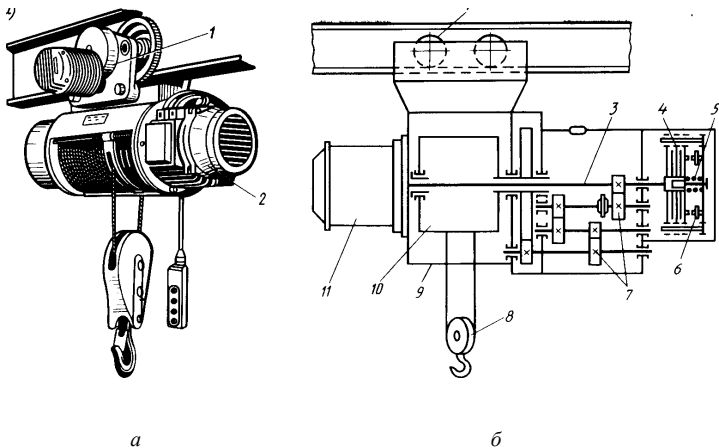


Рис. 32. Электроталь:  
*a* – общий вид; *б* – кинематическая схема механизма подъема

Электроталь (рис. 32) состоит из самостоятельного механизма передвижения 1, механизма подъема 2, который, в свою очередь, состоит из корпуса 9, где размещены асинхронный короткозамкнутый крановый электродвигатель 11, встроенный в барабан 10, редуктор 7, дисковый электромагнитный тормоз 4, и крюковой подвески 8 с ограничителем высоты подъема груза. Механизм передвижения состоит из приводной и неприводной тележек, объединенных общей траверсой.

Иногда для получения большей грузоподъемности кран укомплектовывают двумя спаренными электротальями.

### 3.3. Механизмы передвижения

Механизм передвижения служит для перемещения всего крана в целом или отдельных его элементов (например, тележек). Механизмы передвижения характеризуются видом ходового оборудования, типом привода и трансмиссией, связывающей привод с ходовым оборудованием. Ходовое оборудование классифицируется на рельсокошесное, пневмокошесное и гусеничное, и им определяется тип крана.

Ходовое оборудование рельсокошесных и гусеничных кранов ориентировано на перемещение внутри строительной площадки. Краны с пневматическим ходовым оборудованием должны перемещаться сво-

им ходом как по строительной площадке, так и по дорогам общего пользования.

Основные схемы механизмов передвижения кранов и тележек по рельсам приведены на рис. 33.

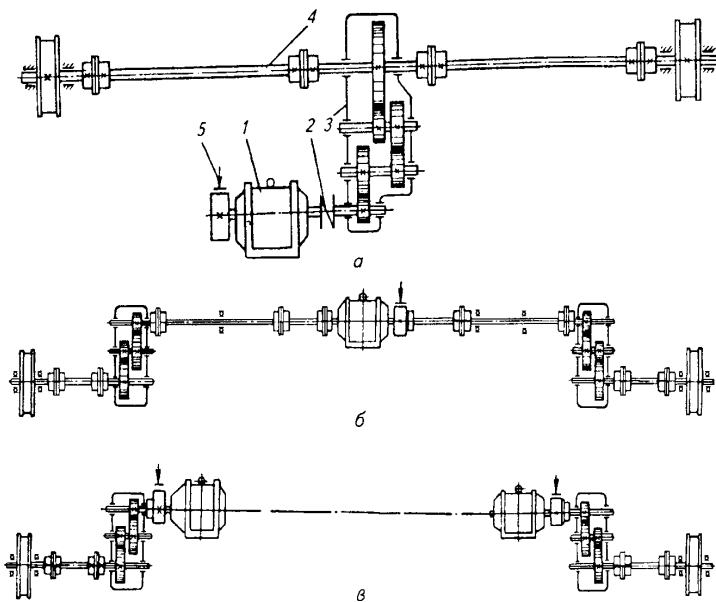


Рис. 33. Схемы механизмов передвижения кранов с приводными колесами

Схемы с центральным приводом (рис. 33, а, б) применяются в мостовых кранах и на тележках, схемы с индивидуальным приводом (рис. 33, в) – в козловых и башенных кранах. В качестве передаточного механизма в приводах используют редукторы (чаще всего вертикальные типа ВК, ВКУ и др.) и открытые цилиндрические или конические передачи. Электродвигатели и тормозные устройства применяются те же, что и для механизмов подъема.

На консольных (башенных и самоходных) строительных кранах тележку может перемещать тяговая лебедка с помощью гибкого органа – каната или цепи (рис. 34). Такие механизмы имеют меньшие массу и габаритные размеры, чем механизмы с приводными колесами, могут перемещаться с большими ускорениями и по наклонному пути. Одна-

ко тяговые органы механизмов этого типа интенсивно изнашиваются, что ограничивает их применение.

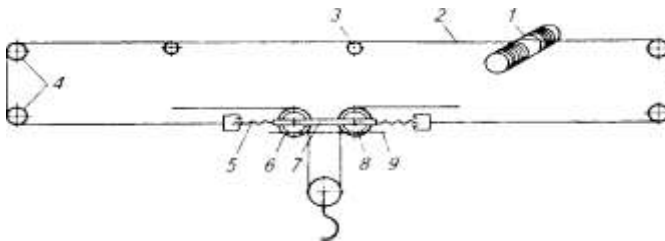


Рис. 34. Схема канатного механизма передвижения грузовой тележки:  
1 – барабан; 2 – тяговый канат; 3 – поддерживающие ролики;  
4 – отклоняющие блоки; 5 – пружина; 6 – блоки механизма подъема;  
7 – грузовая тележка; 8 – ходовое колесо; 9 – рельсовый путь

### 3.4. Механизмы поворота

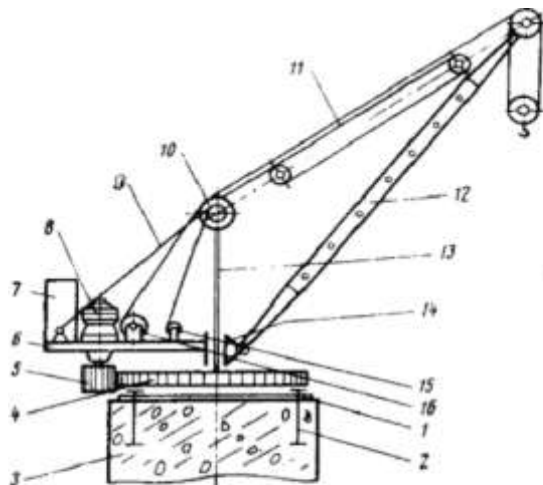
Механизм поворота служит для приведения во вращение металлоконструкции крана и груза. Механизм поворота размещают либо на поворотной части крана, либо на неподвижной (рис. 35).

Особенностью привода механизма поворота крана является большое общее передаточное число, достигающее 1000. Это связано с малой частотой вращения крана ( $n_{кр} = 0,5 \dots 3,5 \text{ мин}^{-1}$ ). Поэтому в состав привода (рис. 36) входит либо червячный редуктор 4 и открытые зубчатые передачи 2 и 3 с большим передаточным числом, либо многоступенчатый цилиндрический или планетарный редуктор.

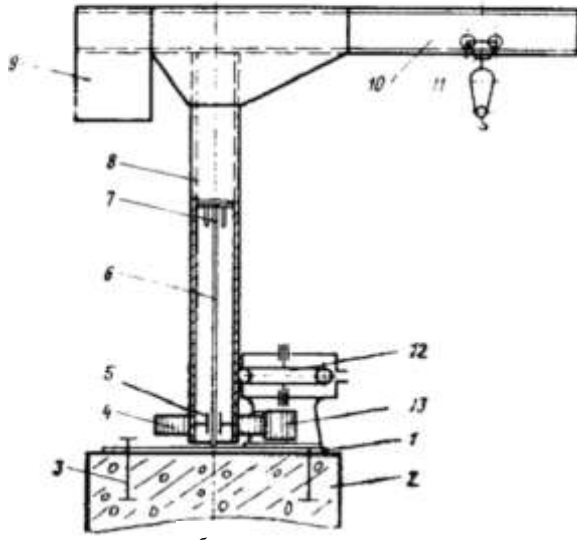
Большие инерционные массы и наличие червячного редуктора требуют установки фрикционной предохранительной муфты предельного момента на ведомом валу редуктора.

В стреловых передвижных кранах механизм поворота состоит из опорного круга катания (рис. 37) различного конструктивного исполнения и собственно механизма поворота (рис. 38).

Тормоза механизмов вращения с машинным приводом должны быть нормально замкнутыми, автоматическими. Если электросхемой управления приводом предусмотрена возможность торможения электродвигателем, то тормоза при отключении двигателя могут не замыкаться.



*a*



*б*

Рис. 35. Механизм поворота крана на колонне:  
*a* – на поворотной части; *б* – на неподвижной  
 фундаментной плите

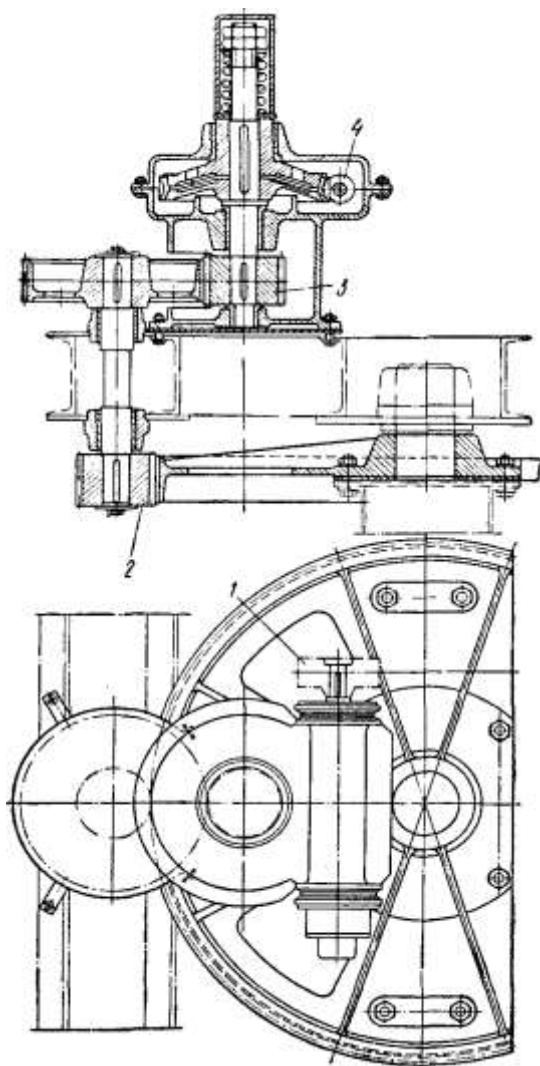


Рис. 36. Схема механизма поворота:  
1 – полумфта; 2, 3 – открытые зубчатые передачи;  
4 – червячный редуктор

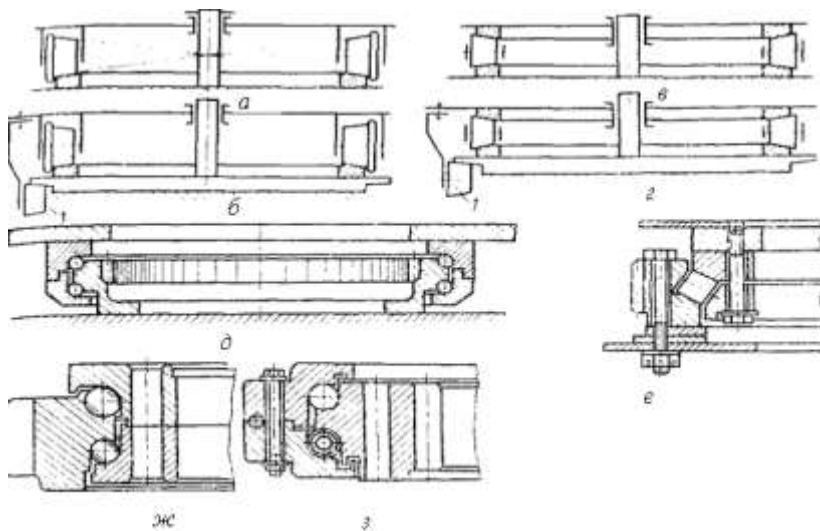


Рис. 37. Схемы опорно-поворотных устройств:  
*а, б, в, г* – поворотная часть крана опирается на ходовые ролики;  
*д, е, ж, з* – поворотная часть крана опирается на ролики и шарики

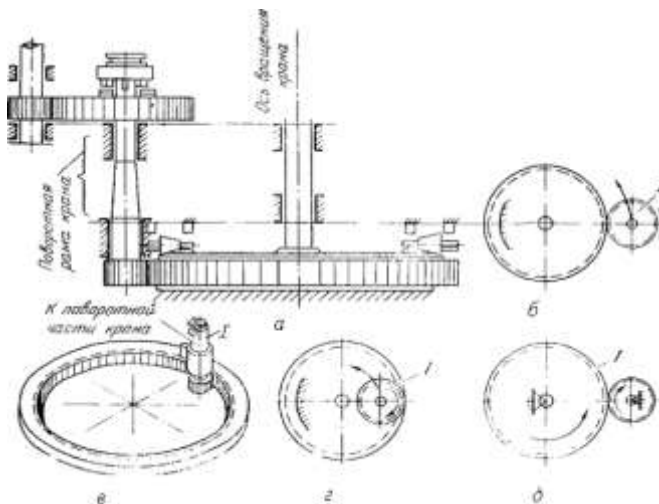
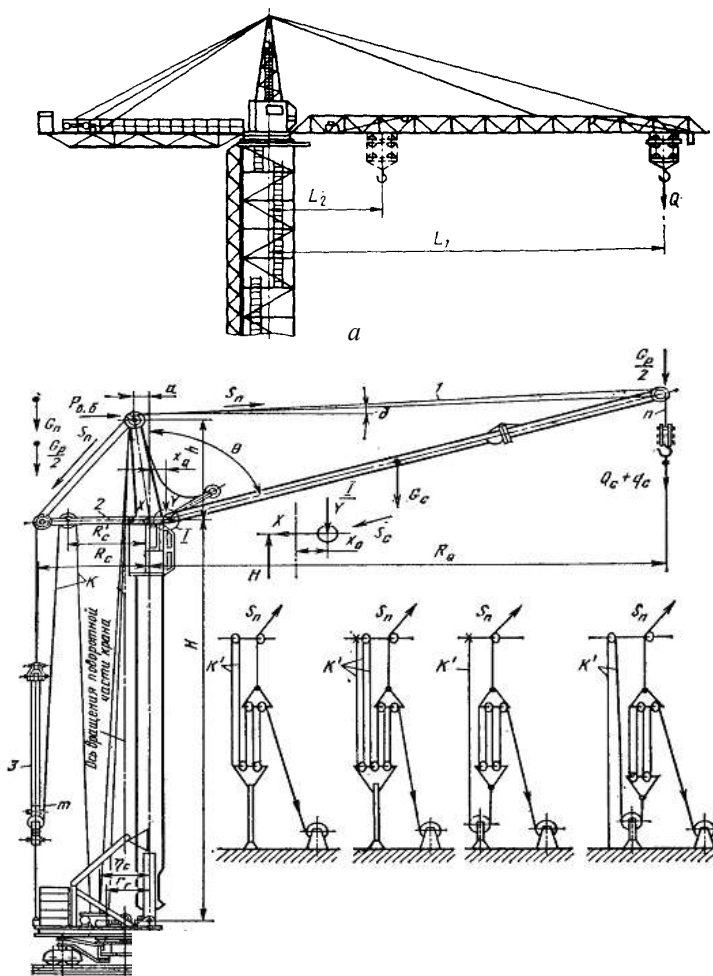


Рис. 38. Схемы механизма поворота крана на поворотном круге:  
*а, б, в, г* – ведущая шестерня на поворотной части крана;  
*I* – элементы, связанные с поворотной частью крана

### 3.5. Механизмы изменения вылета груза

Механизмы изменения вылета груза применяют в стреловых кранах для увеличения или уменьшения расстояния груза от оси крана (расширение зоны обслуживания). Изменение вылета можно осуществлять (рис. 39):



б

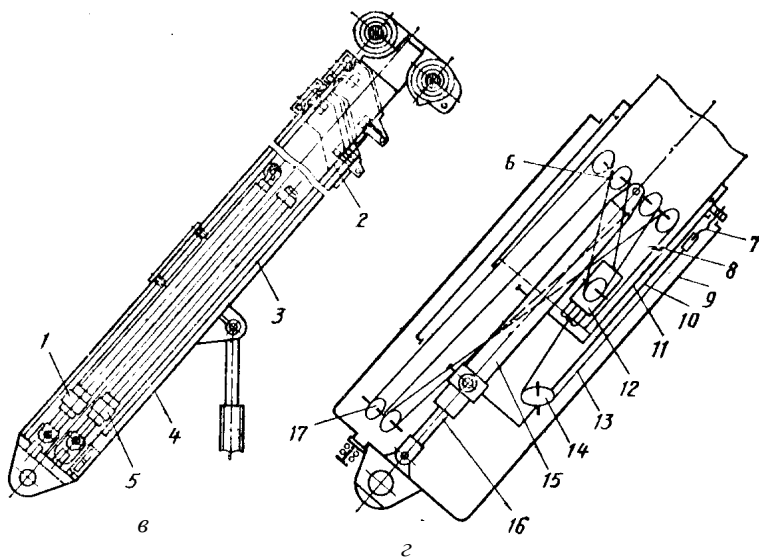


Рис. 39. Схемы механизмов изменения вылета груза:  
*a* – передвижением тележки по стреле; *б* – с расчалом и задним полиспастом; *в* – выдвижением телескопической стрелы и гидроцилиндром; *г* – применением телескопической стрелы, канатного мультипликатора и гидротолкателя

1. перемещением каретки (тележки), несущей груз, вдоль остова стрелы (рис. 34, рис. 39, *a*);
2. наклоном или подъемом всей стрелы или отдельных ее секций (рис. 39, *б*, *в*);
3. выдвижением стрелы – телескопические устройства (рис. 39, *в*, *г*);
4. совмещенной системой наклона (подъема) стрелы и телескопического устройства для каждой секции (рис. 39, *в*, *г*).

В процессе подъема стрелы натяжение каната (рис. 39, *б*) снижается в связи с уменьшением моментов от веса груза и металлоконструкции. Постоянства момента на валу двигателя можно достичь путем применения конического барабана (рис. 40).

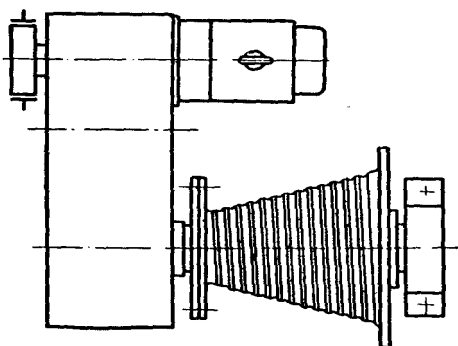


Рис. 40. Схема лебедки механизма изменения вылета с коническим барабаном

Изменение угла наклона стрелы приводит к подъему или опусканию груза по некоторой сложной траектории. Это в ряде случаев затрудняет производство монтажных и погрузочно-разгрузочных работ. Для обеспечения горизонтального перемещения груза при изменении угла наклона стрелы применяют различные уравнивательные устройства. Принцип их заключается в том, что одновременно с изменением угла наклона стрелы изменяется длина подвески груза к головке стрелы на грузовом полиспасте.

### 3.6. Приборы безопасности

Для обеспечения безопасности башенных и самоходных строительных кранов применяют автоматические приборы безопасности, включающие механизмы или предупреждающие машиниста при возникновении экстремальных (аварийных) ситуаций.

1. Ограничитель грузоподъемности устанавливается таким образом, чтобы после достижения предельно допустимой величины нагрузки, например силы тяжести груза, с помощью концевых выключателей прекращал работу механизма подъема.

2. Ограничитель грузового момента включается обычно в систему стрелового полиспаста, поскольку усилие в нем является функцией не только силы тяжести поднимаемого груза и стрелы, но и вылета крюка.

3. Ограничитель хода крюка (высоты подъема) регламентирует ход крюка при подъеме и опускании, так как переход за определенное положение при подъеме приводит к разрыву подъемного каната. А при

опускании – к перегибу каната у места крепления на барабане, что также недопустимо.

4. Ограничитель хода стрелы монтируется вместе с указателем вылета стрелы и допустимых грузоподъемностей для данных величин вылетов.

5. Ограничители крена (наклона) стреловых самоходных кранов. Предельно допустимый угол наклона стреловых самоходных кранов в продольном и поперечном направлениях установлен равным  $3^\circ$ .

6. Ограничители крутящих моментов применяют для предохранения передач от перегрузки в приводах механизма подъема, поворота, наклона крана.

7. Ограничители передвижения служат для автоматической остановки механизма передвижения перед подходом крана (тележки) к тупиковым упорам.

8. Указатели приближения стрелы крана к воздушным линиям электропередачи служат для предупреждения машиниста и такелажников при приближении стрелы крана к линии электропередач.

9. Приборы молниезащиты, указатели ветрового давления башенных кранов служат для предотвращения поражения молнией обслуживающего персонала. Для сигнализации о ветровом давлении на головке крана устанавливают анемометр, регистрирующий скорость воздуха.

10. Противоугонные устройства применяют в грузоподъемных машинах, работающих на открытом воздухе. Чаще всего это противоугонные захваты (клещевого типа), в нерабочем состоянии жестко связывающие кран с подкрановыми путями.

### **3.7. Обозначение строительных самоходных кранов**

Основные параметры и типоразмеры кранов регламентируются ГОСТ 22827–85 «Краны стреловые самоходные общего назначения. Технические условия».

Стреловые самоходные краны общего назначения в зависимости от конструкции ходового устройства изготавливаются следующих типов: КА – автомобильные; КП – пневмоколесные; КГ – гусеничные; КШ – на специальном шасси автомобильного типа; КК – на короткобазовом шасси.

Кранам, выпускаемым заводами Минстройдормаша, присваивается индекс, состоящий из букв КС (кран стреловой) и четырех (или пяти) цифр (рис. 41).

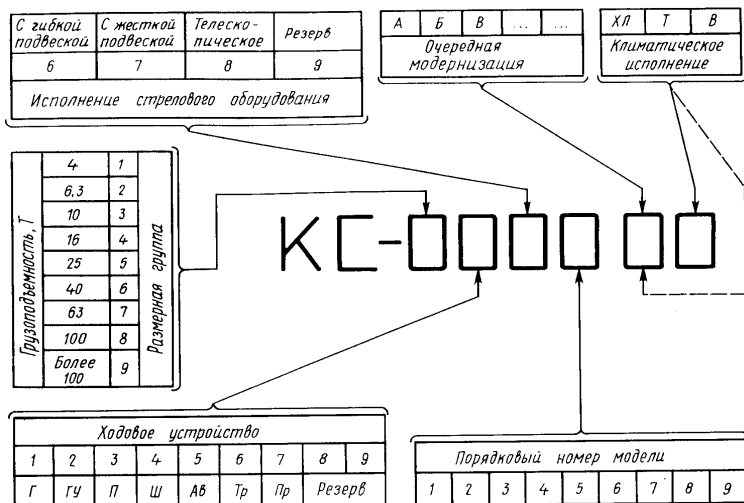


Рис. 41. Система индексации стреловых самоходных кранов

Современные марки кранов, например:

КС-2574 – базовая машина ЗИЛ-433102, грузоподъемность 9 т.

КС-2561К – базовая машина ЗИЛ-431412, грузоподъемность 6,3 т.

КС-35719-5 – базовая машина МАЗ-5337, грузоподъемность 15 т.

КС-35715 – базовая машина МАЗ-5337, грузоподъемность 16 т.

КС-45717А – базовая машина МАЗ-63038, грузоподъемность 25 т.

КС-45715 – базовая машина КамАЗ-53213, грузоподъемность 20 т.

Самоходные краны, выпускаемые заводами других министерств, имеют, например, следующее обозначение:

МКГ-25БР – монтажный кран гусеничный, грузоподъемностью 25 т с башенно-стреловым оборудованием и раздвижными гусеницами;

СКГ-63А – стреловой кран гусеничный, грузоподъемностью 63 т, модернизация А;

МКТ-100 – монтажный кран на базе одноосного тягача, грузоподъемностью 100 т;

ДЭК-251 – гусеничный дизель-электрический кран, грузоподъемностью 25 т, первой модернизации;

КА-25 т «Таганай» – кран автомобильный, УРАЛ-4320-1934, грузоподъемностью 25 т.

### 3.8. Обозначение башенных кранов

Башенный кран – это грузоподъемная машина со стрелой, закрепленной в верхней части вертикальной башни и выполняющая работу по перемещению и монтажу конструкций за счет сочетания рабочих движений: подъема и опускания груза, изменения вылета, передвижения самого крана по рельсам и поворота стрелы с грузом.

Типы и параметры башенных кранов определяются их технологическим назначением. Параметры башенных кранов регламентируются ГОСТ 13555 – 85. Главным параметром башенного крана является грузоподъемность, но поскольку грузоподъемность стреловых кранов переменна, ее характеризуют грузовым моментом. Каждая базовая модель крана или ее исполнение снабжается грузовой высотой характеристикой, представляющей зависимость грузоподъемности от высоты подъема и вылета.

Башенные краны разделяют на передвижные, стационарные и самоподъемные.

По способу изменения вылета крюка различают башенные краны с подъемной стрелой и краны с горизонтальной балочной стрелой.

По типу башен башенные краны выпускают с поворотной и неповоротной башней.

Базовые модели башенных кранов (рис. 42) обозначаются буквами КБ (кран башенный) и цифрами, например:

КБ-473 – грузоподъемность 8...2 т при вылете стрелы 3,2...50 м; максимальный грузовой момент 164 т·м (1650 кНм); высота подъема груза – 162 м.

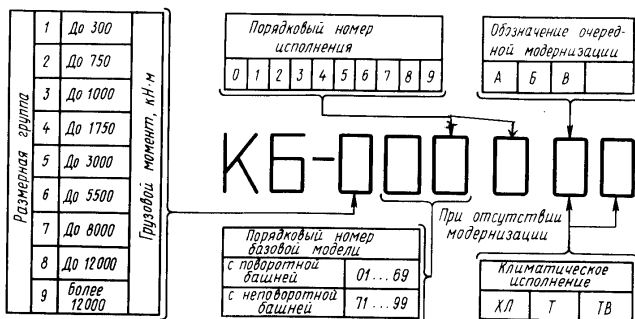


Рис. 42. Система индексации башенных кранов

КБ-504А.08 – грузоподъемность 10 т, вылет 35...50 м, грузовой момент 280...150 т·м (2800...1500 кНм), высота подъема груза – 71,6 м.

Однако марки некоторых башенных кранов, выпускаемых заводами различных министерств, построены по другому принципу, например:

КБ-100-32Р – кран башенный с грузовым моментом 100 т·м, с высотой подъема 32 м;

МСК-10-20 – мобильный строительный кран, грузоподъемностью 10 т и с вылетом 20 м;

БК-300 – башенный кран с грузовым моментом 300 т·м (3000 кНм);

АБКС-5 – автомобильный башенный кран для сельского строительства, грузоподъемностью 5 т;

БКСМ-5-5 – башенный кран самомонтирующийся, грузоподъемностью 5 т для 5-этажного строительства.

### **3.9. Техника безопасности при работе грузоподъемных машин**

Все грузоподъемные машины (кроме кранов с ручным приводом механизмов; кранов с механизмами подъема в виде пневмо- и гидроцилиндров, кранов мостового и консольного типа грузоподъемностью до 10 т, управляемых с пола; кранов стрелового типа грузоподъемностью до 1 т с постоянным вылетом стрелы или без механизма поворота; кранов переставных, устанавливаемых на монтируемом оборудовании; кранов, используемых только для учебных целей на полигонах профтехучилищ и технических курсов; кранов, смонтированных на технологических машинах для их ремонта, электрических талей и лебедок) к эксплуатации допускаются после их регистрации в установленном порядке в органах Проматомнадзора. Грузоподъемные машины, не подлежащие регистрации в органах Проматомнадзора, а также съемные грузозахватные приспособления должны снабжаться индивидуальным номером и под этим номером они должны быть зарегистрированы владельцем в журнале учета грузоподъемных машин и съемных грузозахватных приспособлений.

Руководители организации, эксплуатирующей краны, тару, съемные грузозахватные приспособления, крановые пути, обязаны обеспечить их содержание в исправном состоянии и безопасные условия работы путем организации освидетельствований, осмотров, ремонта, обслуживания и надзора в соответствии с требованиями Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.

Для осуществления контроля за грузоподъемными машинами и ра-

ботами, производящимися с их применением, в организации должны быть назначены в установленном Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов порядке:

- специалист по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных машин, съемных грузозахватных приспособлений и тары;

- специалисты, ответственные за содержание грузоподъемных машин в исправном состоянии;

- работники, ответственные за безопасное производство работ кранами.

Для безопасного производства работ с использованием грузоподъемных машин руководитель организации обязан обеспечить наличие на местах производства работ исправных и допущенных к эксплуатации в установленном порядке съемных грузозахватных приспособлений, тары, списка основных перемещаемых грузов с указанием их габаритно-весовых характеристик и мест зацепки, мест складирования, схем строповки; установить порядок обмена сигналами, систему нарядов-допусков на выполнение работ.

Работники, производящие работы по перемещению грузов кранами и обслуживающие это оборудование, должны быть обучены, аттестованы, допущены к самостоятельным работам в установленном порядке в соответствии с требованиями Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, Правил устройства и безопасной эксплуатации подъемников (вышек) и другой нормативной документации и им должны быть созданы условия для безопасного и безаварийного производства работ (климат рабочей зоны и мест производства работ, техническое и организационное обеспечение этих работ, средства защиты от воздействия опасных и вредных производственных факторов, четкое распределение обязанностей и ответственности среди исполнителей работ и организация взаимодействия между ними, ответственность каждого за исполнение своих обязанностей и др.).

Запрещается поднимать груз, масса которого превышает грузоподъемность машины или грузозахватного приспособления, транспортировать груз на крюке крана над рабочими местами или при нахождении людей в зоне перемещения груза.

При выполнении работ кранами необходимо соблюдать следующие требования безопасности:

- работать грузоподъемными механизмами и механизмами передвижения крана по сигналу стропальщика;

- немедленно приостанавливать работу по сигналу «Стоп» независимо от того, кем он подан;

- подъем, опускание, перемещение груза, торможение при всех пе-

ремещениях выполнять плавно, без рывков;

перед подъемом или опусканием груза следует убедиться в том, что вблизи груза, штабеля, железнодорожного сцепа, вагона, автомобиля и другого места подъема или опускания груза, а также между грузом и этими объектами не находится стропальщик или другие лица;

отцеплять груз необходимо после полной остановки грузового каната, его ослабления и при опущенной крюковой подвеске или траверсе;

для подводки стропов под груз применять специальные приспособления;

груз во время перемещения должен быть поднят не менее чем на 0,5 м выше встречающихся на пути предметов;

для обеспечения безопасного перемещения, погрузки и выгрузки грузов в организации должны быть разработаны схемы строповки грузов в зависимости от их вида, массы, формы.

Схемы строповки (способы обвязки, крепления и подвешивания груза к крюку грузоподъемной машины с помощью стропов, изготовленных из канатов, цепей и других материалов) должны быть изучены стропальщиками, крановщиками, выданы им на руки под роспись и вывешены в местах производства работ.

Перемещение грузов, на которые не разработаны схемы строповки, должно производиться под руководством лица, ответственного за безопасное производство работ кранами.

При отсутствии данных по массе и центру тяжести груза подъем его должен производиться только после получения данных у лица, ответственного за безопасное производство работ кранами.

Опускать груз необходимо на предназначенное и подготовленное для него место на подкладки, обеспечивающие устойчивое положение груза и легкость извлечения из-под него стропов.

В процессе эксплуатации стропы должны подвергаться периодическому осмотру в установленные сроки: не реже чем через 5 дней – при интенсивном использовании, не реже чем через 10 дней – при регулярном использовании и перед выдачей в работу – для редко используемых.

После изготовления и ремонта стропы должны быть испытаны нагрузкой, в 1,25 раза превышающей их номинальную грузоподъемность.

При эксплуатации грузоподъемных машин, управляемых с пола, должен быть обеспечен свободный проход для лица, управляющего грузоподъемной машиной.

## Контрольные вопросы

1. Как классифицируются грузоподъемные краны?
2. Назначение и конструкция механизмов подъема.
3. Что такое полиспаст? Его роль в грузоподъемных машинах.
4. Что является основной характеристикой полиспаста?
5. Для чего служат барабаны и как они классифицируются? Основные размеры барабана.
6. Роль муфт в механизмах крана. Как они устанавливаются?
7. Для чего предназначены тормоза? Какие тормоза относятся к тормозам с радиальным воздействием?
8. Как подбираются тормоза? Какие тормоза относятся к тормозам с осевым воздействием?
9. Как классифицируются приводы механизмов кранов?
10. Какие преимущества имеют электрический, дизель-электрический и привод от ДВС?
11. Характеристика и применение электроталей.
12. Назначение механизма передвижения. Как классифицируются механизмы передвижения?
13. Назначение механизма поворота. Какие особенности привода можно выделить?
14. Назначение и классификация механизмов изменения вылета груза.
15. Для чего предназначены приборы безопасности?
16. Расшифруйте обозначение строительного самоходного крана.
17. Расшифруйте обозначение башенного крана.

## 4. МАШИНЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПОГРУЗКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Цель работы:** изучить конструкции, назначение, применение ленточных, скребковых, винтовых транспортеров (конвейеров), элеваторов и пневмотранспортных установок.

### 4.1. Ленточные конвейеры

Транспортирующие машины, которые могут перемещать материалы равномерно и непрерывно в течение необходимого времени, называются машинами непрерывного транспорта, или конвейерами. Такие машины широко применяют в строительстве и на предприятиях строительной индустрии для перемещения сыпучих (песка, цемента, извести), мелкокусковых (щебня, гравия), штучных (кирпича) материалов и грунта.

По принципу действия конвейеры разделяют на перемещающие материал, находящийся на его движущемся рабочем органе, и перемещающие материал под механическим воздействием на него рабочего органа.

По конструкции рабочего органа конвейеры делятся на ленточные, цепные (пластинчатые и скребковые), винтовые (шнеки), вибрационные и ковшовые (элеваторы). Наиболее распространенными являются ленточные, винтовые и ковшовые конвейеры.

Ленточные конвейеры могут быть передвижные, применяемые на строительных площадках, и стационарные, применяемые в основном на подсобных предприятиях строительной индустрии. Ленточные конвейеры часто используют в составе различных строительных машин и установок, цепных и роторных экскаваторов непрерывного действия, погрузочно-разгрузочных машин и др.

Передвижной ленточный конвейер показан на рис. 43. Приводной барабан 9 получает движение от двигателя 15 и редуктора 16. Верхняя несущая ветвь ленты поддерживается роликами 3, а холостая ветвь ленты – роликами 10. Натяжение ленты обеспечивается перемещением подшипников оси натяжного барабана 1 посредством винтов 14. Перемещаемый материал поступает на ленту через загрузочное устройство 2 и сбрасывается при огибании ленты приводного барабана 9. Угол наклона рамы конвейера и соответственно высота подачи материала регулируются. Возможный угол наклона при гладкой и желобчатой

ленте составляет  $10...15^\circ$ , рабочая длина передвижных ленточных конвейеров –  $5...15$  м. Последовательным расположением нескольких конвейеров можно обеспечить перемещение материалов на довольно значительное расстояние.

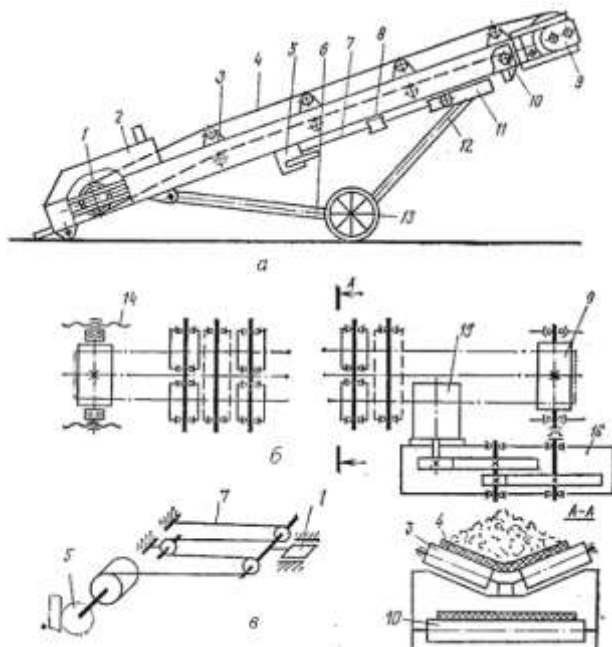


Рис. 43. Передвижной ленточный конвейер:

*a* – общий вид; *б* – кинематическая схема; *в* – схема изменения угла наклона; 1 – натяжной барабан; 2 – загрузочное устройство; 3, 10 – ролики; 4 – лента; 5, 16 – редукторы; 6 – подкос; 7 – полиспаст; 8 – рама; 9 – приводной барабан; 11 – ползун; 12 – подвижная распорка; 13 – колесо; 14 – винт; 15 – двигатель

**Стационарный ленточный конвейер** (рис. 44) состоит из рабочего органа, бесконечной ленты, натянутой между двумя барабанами (приводным и натяжным), и поддерживающих несущую ветвь роликоопор, приводного редуктора 9, электродвигателя, натяжного устройства и приемной воронки, служащей для загрузки материала. Для сбрасывания материала в любом месте длины конвейера применяют устройство в виде сбрасывающей тележки или плужка.



В конвейерах большой длины применяют резинотканевую ленту, армированную стальными гибкими канатами диаметром 3...4 мм. Прочность такой ленты значительно больше обычной и определяется числом канатов в ленте и их параметрами. Применяют также стальные ленты холодной прокатки толщиной 0,6...1,0 мм и шириной 500...600 мм.

Производительность ленточного конвейера (т/ч) зависит от ширины ленты и скорости ее движения и может быть определена по формуле

$$\Pi = 3600 v \cdot A \cdot \gamma, \quad (13)$$

где  $v$  – скорость движения ленты, м/с;

$A$  – площадь поперечного сечения слоя материалов, м<sup>2</sup>;

$A \approx 0,05B^2$  – при плоской ленте;  $A \approx 0,11B^2$  – при желобчатой ленте на трехроlikовой опоре и угле наклона боковых роликoв 20°;

$\gamma$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>.

#### 4.2. Цепные конвейеры

Тяговым органом у цепных конвейеров являются одна или две параллельно расположенные бесконечные цепи, к которым присоединены пластины или скребки. К цепным относятся пластинчатые и скребковые конвейеры.

**Пластинчатые конвейеры** (рис. 45) применяют в качестве основного транспортирующего устройства для перемещения тяжелых крупнокусковых материалов и штучных грузов, а также в качестве питателя для подачи крупнокускового материала к дробилкам.

Транспортирующий орган пластинчатых конвейеров состоит из отдельных металлических или деревянных пластин, прикрепленных к двум длиннозвеньевым цепям. Цепи огибают приводной и натяжной барабаны и в пролете опираются своими роликoми на гладкие направляющие станины. Цепи применяют длиннозвеньевые, втулочные, втулочно-роликoвые и втулочно-колесные с гладкими или ребордными колесами. Для увеличения количества перемещаемого материала пластинчатые конвейеры делают с бортами, укрепленными на станине, или с ребрами, укрепленными на пластинах. Такие конвейеры называют лотковыми. Лотковые конвейеры, оснащенные пластинами волнистого или коробчатого профиля, могут подавать грузы под углом до 30°.

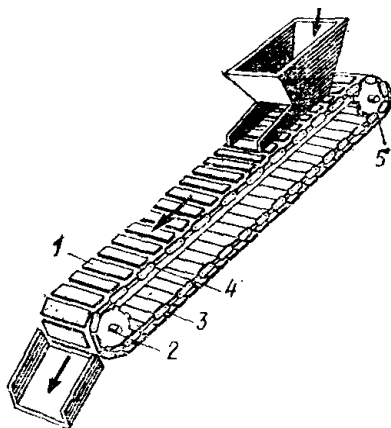


Рис. 45. Схема пластинчатого конвейера:  
 1 – транспортирующий орган; 2 – приводной барабан;  
 3 – цепь; 4 – направляющие станины; 5 – натяжной барабан

**Скребокковые конвейеры** (рис. 46) применяют для перемещения кусковых и сыпучих грузов на короткие расстояния и под большим углом наклона, а также в качестве питателей в различных установках.

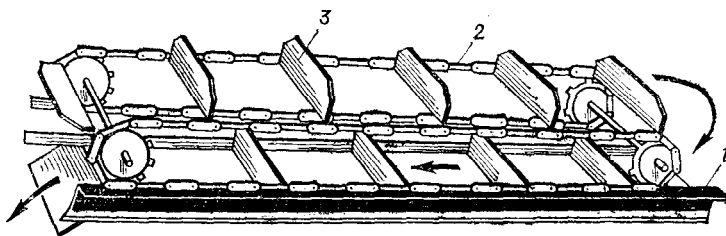


Рис. 46. Схема скребоккового конвейера:  
 1 – желоб; 2 – тяговый орган – цепь; 3 – скребок

Они конструктивно просты и удобны для загрузки и разгрузки материалов, но требуют большого расхода энергии и быстро изнашиваются. Материал, загружаемый в желоб, перемещается скребками по его дну и разгружается в конце желоба или в любом месте через донные отверстия.

В качестве тяговых цепей применяют втулочно-роликовые или специальные цепи. Желоба скребковых конвейеров изготавливают из стальных листов толщиной 3...6 мм, шириной 400...800 мм в зависимости от материала и необходимой производительности.

### 4.3. Винтовые и вибрационные конвейеры

**Винтовые конвейеры** (рис. 47) имеют рабочий орган в виде винта большого диаметра с высокими гребнями винтовой поверхности, расположенного в трубе или желобе. При вращении винта материал, находящийся между его витками, перемещается вдоль желоба.

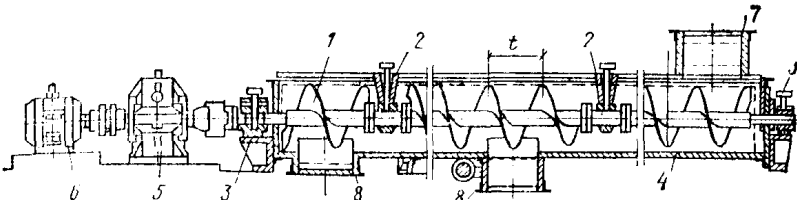


Рис. 47. Винтовой конвейер:

- 1 – винт; 2 – подвесная опора; 3 – концевая опора; 4 – желоб; 5 – редуктор;  
6 – электродвигатель; 7 – загрузочная воронка; 8 – разгрузочная воронка

Винтовые конвейеры применяют для транспортировки материала на небольшие расстояния в горизонтальной, наклонной и вертикальной плоскостях. Их преимущество заключается в возможности транспортировки пылевидных материалов в герметически закрытых желобах без пылеобразования и потерь из вязких и тестообразных материалов – глины, цементных и известковых растворов, бетонной смеси. Винтовые конвейеры могут одновременно с перемещением материалов перемешивать их. По сравнению с другими транспортирующими машинами эти конвейеры более компактны, однако они требуют большого расхода энергии и зачастую дробят хрупкие материалы при транспортировке.

Винты со сплошными лопастями применяют для транспортировки порошкообразных материалов (цемента, мела, гипса, золы, сухого песка и др.), а с ленточной спиральной поверхностью – для мелкокусковых (гравия, шлака, известняка, угля). Если во время транспортировки необходимо перемешивать материал, используют винты с фасонными лопастями или лопатками.

При работе винтового конвейера винт вращается в закрытом неподвижном желобе. Винт поддерживается концевыми и промежуточными подвесными опорами и приводится во вращение электродвигателем с редуктором. Материал из желоба выдается через донные люки, закрываемые задвижками. Желоб конвейера состоит из секций. Отдельные секции, выполненные из листовой стали толщиной 2...6 мм, соединяются фланцами на болтах и прокладках для герметизации. Винтовая поверхность собирается из отдельных стальных шайб, которые предварительно разрезают и выгибают по винтовой линии, а затем приваривают к трубчатому стержню. Диаметры винтов применяются следующими: 150, 200, 250, 300, 400, 500 и 600 мм.

Шаг винтовой линии  $t$  принимают в зависимости от диаметра винта ( $t = 0,5...2,0 D$ ). Частота вращения винта  $n$  также зависит от его диаметра и рода перемещаемого материала: наибольшая – при транспортировке легких материалов и меньшая – для тяжелых абразивных материалов. При  $D = 200$  мм,  $n = 23,6...150$  мин<sup>-1</sup>, при  $D = 600$  мм,  $n = 15...75$  мин<sup>-1</sup>. Зазор между винтовой поверхностью и желобом составляет 3...8 мм.

Производительность винтовых конвейеров определяют по формуле

$$\Pi = 60\pi D^2 t n \gamma \psi / 4, \quad (14)$$

где  $D$  – диаметр винта, м;

$t$  – шаг винтовой линии, м;

$n$  – частота вращения винта, мин<sup>-1</sup>;

$\gamma$  – плотность транспортируемого материала;

$\psi$  – коэффициент заполнения желоба, выбираемый в зависимости от рода транспортируемого материала (для золы – 0,125, для цемента – 0,25, для порошкообразной извести – 0,4).

**Вибрационные конвейеры** применяют для перемещения на небольшие расстояния зернистых и порошкообразных материалов. Конвейер имеет желоб, удерживаемый на станине амортизирующимися подвесками, и вибратор, сообщающий колебания большой частоты (до 3000 мин<sup>-1</sup>). Под влиянием вибрации частицы материала постепенно перемещаются вдоль желоба к месту выгрузки.

#### 4.4. Элеваторы ковшовые

Элеваторами называют машины непрерывного транспорта, перемещающие материалы в вертикальном направлении или близком к нему. Элеваторы широко применяют для подачи материалов (песка, щебня, цемента) в высокорасположенные расходные бункеры технологических установок или хранилищ.

Элеватор ковшовый (рис. 48) состоит из бесконечной ленты (или цепи) 1, огибающей концевые барабаны (звездочки) 3 и 6, и закрепленных на ней ковшей 2. Лента с ковшами заключена в кожух 5 с загрузочным 7 и выгрузочными 4 рукавами. Приводным барабаном элеватора является обычно верхний 3, для привода которого служит электродвигатель с двухступенчатым редуктором. Натяжение ленты регулируется натяжными винтами, перемещающими нижний барабан 6.

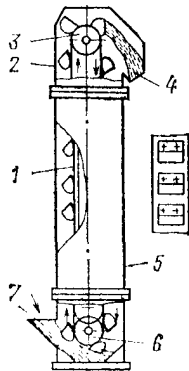


Рис. 48. Схема ковшового элеватора:  
1 – лента (цепь); 2 – ковш;  
3, 6 – барабаны (звездочки);  
4 – выгрузочный рукав; 5 – кожух;  
7 – загрузочный рукав

Ковши элеваторов имеют различную форму в зависимости от рода транспортируемого материала и принятого способа разгрузки. Мелкие полукруглые ковши применяют для материалов с малой подвижностью (типа порошкового мела), глубокие полукруглые – для легкосыпучих материалов (цемента, песка).

Быстроходные элеваторы со скоростью ленты до 2 м/с предназначены для транспортировки порошкообразных и мелкокусковых грузов. Высокая скорость движения ленты способствует эффективной загрузке ковшей при зачерпывании материала и разгрузки их с использованием центробежной силы.

При транспортировке среднекусовых материалов и движении ковшей элеватора с большой скоростью при зачерпывании возникают ударные нагрузки на ковши, при разгрузке происходит разлетание кусков, поэтому скорость движения рабочего органа приходится принимать меньшей (в пределах 0,4...1,0 м/с).

В ленточных тихоходных элеваторах для улучшения условий разгрузки применяют специальную форму ковшей и более частое их взаимное положение на ленте. Тогда задняя стенка предыдущего ковша служит направляющей для материала, выгружаемого из последующего ковша. Лучшие условия для выгрузки ковшей без потерь материала создаются при наклонном положении элеватора. Характеристика основных марок элеваторов приведена в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. **Характеристики ковшовых элеваторов**

Показатели	Ленточные				
	Глубокий ковш			Мелкий ковш	
	ЭЛГ-200	ЭЛГ-250	ЭЛГ-350	ЭЛМ-200	ЭЛМ-350
Ширина ковша, мм	200	250	350	200	350
Объем ковша, л	2	3,2	4,8	1,1	7
Шаг ковшей, мм	300	400	500	300	500
Скорость движения ленты (цепи), м/с	0,8	1,25	1,25	0,8	1,25
Показатели	Цепные				
	Мелкий ковш		Чешуйчатый ковш		
	ЭЦО-350	ЭЦО-450	ЭЦО-600	ЭЦО-750	ЭЦО-900
Ширина ковша, мм	350	450	600	750	900
Объем ковша, мм	7,8	16	34	67	130
Шаг ковшей, мм	250	320	400	500	630
Скорость движения ленты (цепи), м/с	0,3...0,5		0,32...0,5		

Производительность элеватора определяется по формуле

$$П = 3600 v i_0 \varphi \gamma / t, \quad (15)$$

где  $v$  – скорость движения рабочего органа;

$i_0$  – геометрический объем ковша;

$\varphi$  – коэффициент наполнения ковша;

$\gamma$  – плотность транспортируемого материала;

$t$  – шаг ковшей.

#### 4.5. Установки пневматического транспорта

В установках пневматического транспорта материал перемещается потоком воздуха по трубопроводам во взвешенном состоянии или же в контейнерах (капсулах).

Установки пневматического транспорта применяют для перемещения сыпучих материалов (цемента, сухого песка, мелкого угля, щепы, опилок). При использовании специальных систем с контейнерами можно перемещать также щебень и другие материалы. Преимущества таких установок заключаются в следующем: возможность перемещения материалов в любом направлении и одновременно в несколько пунктов; компактность (транспортные линии можно располагать в траншеях, подвешивать на столбах, кронштейнах, не занимая много места в производственных помещениях); герметичность трубопроводов (потери транспортируемого материала незначительны); высокая производительность, дальность транспортировки и относительно невысокие затраты на сооружение. Но вместе с тем у пневматических транспортных установок (за исключением аэрационных) высокий удельный расход энергии (в 3...6 раз больше, чем у конвейеров с механическим приводом) и быстрый износ трубопроводов при транспортировке абразивных материалов.

Установки пневматического транспорта разделяются на всасывающие (вакуумные), нагнетательные, всасывающе-нагнетательные и аэрационные.

Во всасывающей установке (рис. 49, а) вакуум-насосом  $б$  создается разрежение среды, вследствие чего через заборную насадку  $1$  транспортируемый материал вместе с атмосферным воздухом поступает по трубопроводу  $2$  в осадительную камеру  $3$ . Здесь из-за большого перепада сечений скорость воздушного потока резко уменьшается и материал осаждается на дно камеры. Воздух с оставшимися в нем частица-

ми материала по трубопроводу 4 поступает в фильтр 5 и вакуум-насосом выбрасывается в атмосферу. Материал из осадительной камеры и фильтра выдается через шлюзовые затворы 7, выполненные в виде вращающегося барабана с ячейками.

Всасывающую установку применяют для транспортировки материалов на небольшие расстояния, например при разгрузке цемента из железнодорожных вагонов в силосные емкости. Производительность таких установок составляет до  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

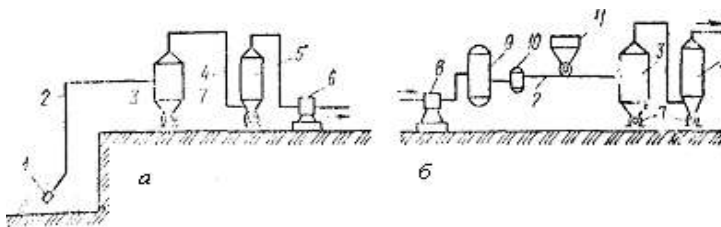


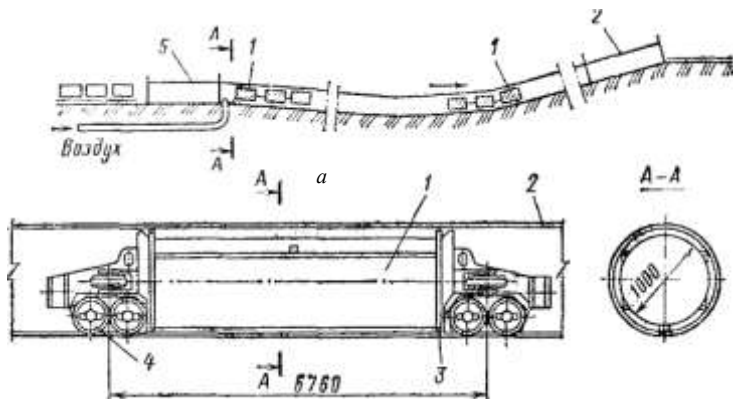
Рис. 49. Схемы пневмотранспортных установок: а – всасывающей, б – нагнетательной: 1 – насадка заборная; 2, 4 – трубопроводы; 3 – осадительная камера; 5 – фильтр; 6 – вакуум-насос; 7 – шлюзовой затвор; 8 – компрессор; 9 – воздухохранилище; 10 – влагоотделитель; 11 – питатель

В нагнетательной установке (рис. 49, б) атмосферный воздух нагнетается компрессором 8 в воздухохранилище 9 и, пройдя влагоотделитель 10, по трубопроводу 2 подается к питателю 11. Подаваемый питателем материал транспортируется поступающим воздухом в осадительную камеру 3, откуда воздух через фильтр 5 выбрасывается в атмосферу, а материал выдается через шлюзовые затворы 7.

В системе нагнетательной установки создается давление воздуха  $0,2...0,6 \text{ МПа}$ . Материал транспортируется на расстояние до 2 км, производительность установки составляет до  $3000 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

**Контейнерный пневматический транспорт.** Принцип перемещения материала сжатым воздухом используется в контейнерном пневматическом транспорте. В пневмотрубопровод (рис. 50) большого диаметра (до 1 м) помещают вагонетки цилиндрической формы диаметром, чуть меньшим внутреннего диаметра пневмотрубопровода. Просвет между вагонеткой и трубопроводом в торце вагонетки перекрывается резиновой манжетой. Вагонетки снабжены ходовыми колесами и роликами для опирания на поверхность трубы. При подаче сжатого воздуха в пространство между клапаном в трубопроводе и торцом вагонетки последняя начинает двигаться со скоростью, зависящей от

количества нагнетаемого воздуха. Обычно скорость достигает 30 км/ч, а дальность транспортировки – 6 км. Вагонетки можно перемещать по одной или несколько штук в сцепе.



б

Рис. 50. Контейнерная пневмотранспортная установка:  
*а* – схема установки; *б* – вагонетка-контейнер; 1 – вагонетки;  
 2 – пневмотрубопровод; 3 – манжета; 4 – колесо; 5 – шлюзовая камера

Для увеличения производительности установки можно использовать поезд вагонеток. Однако при большом числе вагонеток в сцепе поезда на значительных преодолеваемых подъемах потребуются увеличенный расход воздуха с повышенным давлением.

*Аэрационные установки* (аэрожелоба) применяют для транспортировки пылевидных материалов (в основном цемента). Установка имеет наклонный желоб (рис. 51), разделенный продольной пористой перегородкой. В верхнюю часть поступает материал, а в нижнюю нагнетается вентилятором воздух под невысоким давлением.

Воздух, просачиваясь через пористую перегородку, смешивается с материалом, придавая ему свойство текучести, присущее жидкости. Благодаря этому материал самотеком перемещается по трубопроводу.

В трубопровод материал подается из бункера. Аэрированный материал (пульпу) можно транспортировать в трубопроводах и в вертикальном направлении при давлении воздуха 0,05...0,1 МПа. Расход энергии в аэрационных транспортных установках значительно меньше, чем во всасывающих и нагнетательных.

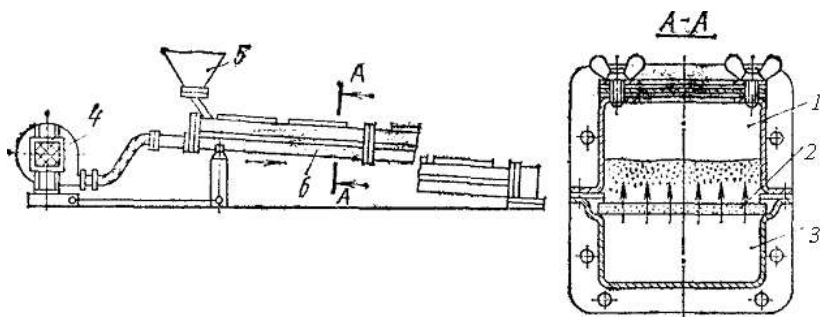


Рис. 51. Аэрожелоб:  
 1 – верхняя часть желоба; 2 – пористая перегородка; 3 – нижняя часть желоба; 4 – вентилятор; 5 – бункер; 6 – трубопровод-желоб

#### 4.6. Разгрузчики цемента

Разгрузчики бестарного цемента и других материалов тонкого помола из крытых железнодорожных вагонов применяют двух типов: всасывающего и всасывающе-нагнетательного действия.

Разгрузчики всасывающего действия ТА-17 и ТА-18 (рис. 52) состоят из самоходного заборного устройства, гибкого рукава цементопровода, осадительной камеры с рукавными фильтрами, винтового питателя, воздухопровода и вакуум-насоса.

В процессе разгрузки цемента самоходное заборное устройство разгрузчика заходит в вагон и подгребающими дисками подает цемент к всасывающей насадке, цемент под действием вакуума транспортируется по гибкому цементопроводу в осадительную камеру. В осадительной камере цемент из-за резкого падения скорости потока осаждается на дно. Воздух же, проходя рукавные фильтры, очищается от взвешенных частиц цемента и, пройдя по воздухопроводу в вакуум-насос, выбрасывается в атмосферу. Цемент из осадительной камеры винтовым питателем передается в приемное устройство склада.

При монтаже вакуумного разгрузчика на месте эксплуатации осадительную камеру устанавливают в помещении прирельсового склада над приемным устройством для дальнейшей транспортировки цемента. Вакуум-насос с электродвигателем, шкаф с электроаппаратурой устанавливают в отдельном отапливаемом помещении, смежным со складом.

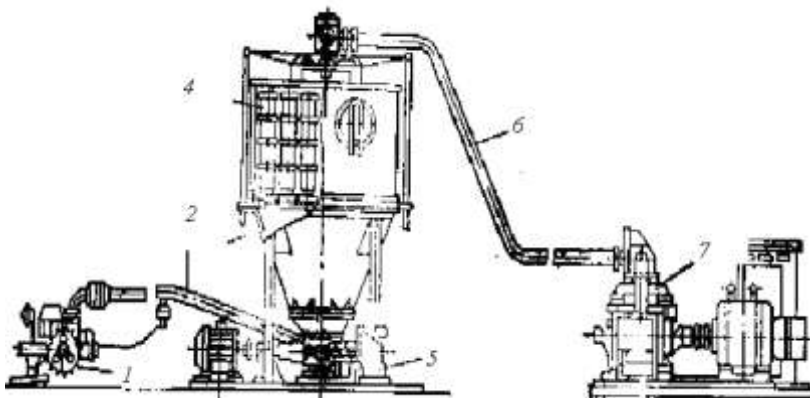


Рис. 52. Разгрузчик цемента ТА-18:

1 – заборное устройство; 2 – рукав цементопровода; 3 – осадительная камера;  
4 – рукавный фильтр; 5 – винтовой питатель; 6 – воздухопровод; 7 – вакуум-насос

Производительность разгрузчиков всасывающего действия ТА-17 равна 50 т/ч и ТА-18 – около 90 т/ч, дальность транспортировки – 12 м.

**Разгрузчики всасывающе-нагнетательного действия** отличаются от разгрузчиков всасывающего действия конструкцией механизма выгрузки цемента из осадительной камеры. Он состоит из напорного винтового конвейера, обратного клапана и насадки, подающей сжатый воздух, которым цемент транспортируется в бункера склада цемента.

Производительность разгрузчиков всасывающе-нагнетательного действия ТА-26 равна 20 т/ч и дальность транспортировки – 40 м, у разгрузчиков ТА-27 и ТА-32 производительность составляет 50 т/ч, дальность транспортировки – 50 м.

#### 4.7. Техника безопасности при работе транспортирующих машин

К эксплуатации транспортирующих машин допускаются лица не моложе 18 лет, признанные годными к данной работе медицинской комиссией, прошедшие специальное обучение и имеющие удостоверение на право выполнения данной работы.

Оборудование конвейерной установки должно быть надежно заземлено. В местах постоянного прохода людей и проезда транспортных средств под трассой конвейеров должны быть установлены

сплошные защитные ограждения для улавливания падающих с конвейера материалов и изделий.

При ведении процесса транспортирования материалов нахождение посторонних лиц в рабочей зоне запрещается.

При расположении транспортеров в наклонных галереях (эстакадах) на всю длину через каждые 10 м должны быть установлены дистанционные выключатели или вилки разрыва.

При эксплуатации ленточных транспортеров в условиях, когда вся его длина не просматривается с места пуска, должна быть установлена двухсторонняя звуковая и световая сигнализация. Прямая сигнализация допускается, когда транспортер просматривается с места пуска на всю длину.

Подача материалов на ленту транспортера должна производиться через бункер, воронку или с помощью передвижного транспортера.

При загрузке транспортера из бункера управление затвором бункера должно быть расположено так, чтобы рабочий находился на расстоянии не менее 1,0 м от поступающего из бункера материала.

Бункера, расположенные на уровне земли (пола), должны иметь с трех сторон ограждение высотой не менее 1,1 м из досок, толщиной 20 мм, а с погрузочной стороны – бортовой брус.

При ручной загрузке бункера высота его не должна превышать 1,0...1,2 м.

На конвейерах должны быть ограждены приводные, натяжные и отклоняющие барабаны, натяжные устройства, канаты и блоки натяжных устройств, ременные, червячные, муфтовые и другие передачи.

Натяжные и приводные барабаны транспортеров должны быть ограждены так, чтобы лента была закрыта на расстоянии не менее 1,0 м от оси барабана. Ограждение барабанов натяжных устройств и приводных механизмов должно иметь блокировки, исключаящие пуск конвейера при снятом ограждении.

Конструкцией конвейера должен быть предусмотрен доступ к элементам, блокам и контрольным устройствам конвейера, требующим периодической проверки, а также к устройствам регулирования и смазки без снятия ограждения.

Для предотвращения обратного хода ленты приводы ленточных конвейеров с углом наклона  $6^\circ$  и более должны быть оснащены автоматическими тормозными устройствами. При угле наклона конвейеров более  $10^\circ$  ленточные конвейеры должны быть оборудованы специальными устройствами (ловителями) грузовой ветви ленты, улавливающими лен-

ту при ее обрыве, а также подлежат визуальному периодическому контролю целостности обкладок резинотканевых лент. Контроль выполняется при остановленном конвейере и разгруженной ленте.

Ленточные конвейеры должны быть оснащены:

- центрирующими устройствами, предотвращающими сход ленты за пределы краев барабанов и роликовых опор;

- устройствами, отключающими привод конвейера при обрыве ленты или ее пробуксовке, а также при забивке разгрузочных воронок и желобов;

- устройствами, обеспечивающими аварийную остановку привода из любой точки по длине конвейера со стороны основных проходов. При этом запрещается использовать устройства блокировки и аварийных остановок на механизмах в качестве пусковой аппаратуры;

- устройствами для механической очистки лент и барабанов от налипающего материала, органы регулирования этих устройств должны быть расположены в безопасном месте.

Перед пуском транспортных механизмов необходимо проверить:

- состояние роликов, конвейерной ленты, приводных и натяжных станций лотков и течек, надежность крепления болтовых соединений;

- исправность ограждений соединительных муфт и открытых передач привода, приводных и концевых барабанов, грузов натяжного устройства;

- исправность ограждений переходных мостиков с перилами через конвейер, предохранительных сеток (kozyрьков) в местах перехода людей под конвейером;

- наличие и исправность тросовых выключателей, а также тормозных устройств наклонных конвейеров;

- исправность пусковых систем, звуковой и световой сигнализации;

- состояние герметизации укрытий пылящих точек;

- отсутствие на конвейере инструмента и посторонних предметов;

- состояние конвейерной ленты, ее натяжение для нормальной работы фрикционного привода, правильность перемещения (хода) по всей длине как на холостом ходу, так и под нагрузкой;

- устойчивость транспортера, поперечную горизонтальность (поперечный уклон транспортера не допускается);

- исправность опорных роликов;

- наличие и целостность заземления путем наружного осмотра.

Пуск конвейера необходимо производить через 1...2 мин после подачи установленных сигналов о готовности смежных с ним механизмов к запуску.

Всякий непонятный сигнал должен восприниматься как сигнал «Стоп!».

После пуска необходимо проверить работу конвейера на холостом ходу, при этом лента не должна сползать набок, иметь перекосы, провисающие участки и задевать при движении за отдельные части конструкции конвейера. Натяжение конвейерной ленты определяется тяговой способностью фрикционного привода, стрелой прогиба провисающих участков, динамическими нагрузками.

Во время работы конвейера запрещается:

- производить смазку и крепление болтов, замену роликов;
- производить натяжение или ослабление конвейерной ленты и устранять пробуксовывание путем подбрасывания между лентой и барабаном глины, песка или других материалов, удерживать и поправлять ленту или поддерживающие ролики какими-либо случайными приспособлениями или предметами (обрезками труб, ломанами, металлическими прутьями и др.);
- устанавливать или снимать ограждения;
- чистить конвейерную ленту, течи, ролики и другие движущиеся части;
- переполнять разгрузочные площадки сверх нормального объема;
- производить уборку просыпи вручную;
- выполнять любые ремонтные работы;
- ремонтировать, перемещать или изменять положение фермы конвейера;
- оставлять без присмотра работающий транспортер и покидать рабочее место.

При выполнении погрузочно-разгрузочных работ с применением машин непрерывного транспорта (конвейеров, элеваторов и др.) укладка грузов должна обеспечивать равномерную загрузку рабочего органа и устойчивое положение груза. Подача и снятие груза с рабочего органа машины должны производиться при помощи специальных подающих и приемных устройств.

Желоба (лотки) шнековых конвейеров должны быть закрыты съемными, плотно закрывающимися металлическими крышками со скобами (петлями, ручками) для удобства снятия и установки их на место. Шиберы, перекрывающие течи, должны быть расположены в местах,

безопасных и доступных для обслуживания. Во время работы конвейера запрещается снимать крышку с желоба, становиться на нее, а также производить очистку питающих и разгрузочных течек. Для контроля рабочих органов механизмов в кожухах шнековых конвейеров должны предусматриваться смотровые окна (лючки) с плотно закрывающимися крышками.

Крышки кожухов шнеков (кроме специальных смотровых окон и лючков) должны быть оснащены блокировкой, исключающей доступ к вращающимся частям шнеков при их работе.

Для отбора проб транспортируемого материала при работающем шнеке должны быть предусмотрены автоматические пробоотборники. Ручной отбор проб может производиться только после остановки конвейера.

### **Контрольные вопросы**

1. Назначение и область применения машин непрерывного транспорта (конвейеров).
2. Принцип работы ленточного транспортера.
3. Принцип работы скребкового транспортера.
4. Принцип работы винтового транспортера.
5. Принцип работы элеваторов.
6. Назовите область применения в строительстве и принцип действия оборудования для пневматического транспортирования.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ДЕТАЛИ И УЗЛЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ И МЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИН .....	3
1.1. Общие сведения .....	3
1.2. Зубчатые передачи .....	4
1.3. Планетарные передачи .....	7
1.4. Червячные передачи .....	8
1.5. Цепные передачи .....	10
1.6. Ременные передачи .....	11
1.7. Редукторы .....	13
2. КОНСТРУКЦИЯ, ВЫБОР, НОРМЫ БРАКОВКИ КАНАТОВ И ЦЕПЕЙ. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	16
2.1. Стальные канаты .....	16
2.2. Обозначение канатов .....	20
2.3. Применение канатов .....	21
2.4. Нормы браковки стальных канатов .....	23
2.5. Крепление конца каната .....	25
2.6. Цепи .....	27
2.7. Грузозахватные приспособления .....	28
3. КРАНЫ СТРОИТЕЛЬНЫЕ САМОХОДНЫЕ И БАШЕННЫЕ. ЭЛЕМЕНТЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН.....	32
3.1. Общие сведения .....	32
3.2. Механизм подъема груза .....	34
3.2.1. Полиспасты .....	35
3.2.2. Барабаны .....	37
3.2.3. Муфты .....	40
3.2.4. Тормоза .....	41
3.2.5. Привод механизма подъема .....	46
3.2.6. Электротали .....	50
3.3. Механизмы передвижения .....	51
3.4. Механизмы поворота .....	53
3.5. Механизмы изменения вылета груза .....	57
3.6. Приборы безопасности .....	59
3.7. Обозначение строительных самоходных кранов .....	60
3.8. Обозначение башенных кранов .....	62
3.9. Техника безопасности при работе грузоподъемных машин .....	63
4. МАШИНЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПОГРУЗКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	67
4.1. Ленточные конвейеры .....	67
4.2. Цепные конвейеры .....	70
4.3. Винтовые и вибрационные конвейеры .....	72
4.4. Элеваторы ковшовые .....	74
4.5. Установки пневматического транспорта .....	76
4.6. Разгрузчики цемента .....	79
4.7. Техника безопасности при работе транспортирующих машин .....	80

Учебное издание

**Горелько** Владимир Михайлович  
**Козаков** Андрей Леонидович  
**Пашкевич** Александр Викторович

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ И ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МАШИНЫ  
И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

Методические указания к лабораторно-практическим занятиям

Редактор *Е. Г. Бутова*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*  
Корректор *А. М. Павлова*

Подписано в печать . Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. . Уч.-изд. л.  
Тираж 100 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
ЛИ № 02330/0548504 от 16.06.2009.  
Ул. Студенческая, 2, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.