

Министерство образования и науки Ульяновской области
областное государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Димитровградский технический колледж»

ЛЕКЦИЙ ПО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУ

***МДК 01.01.02. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И
ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА***

***ПМ.01. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ МОНТАЖА И
РЕМОНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ***

специальность

*15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного
оборудования (по отраслям)»*

(базовый образовательный уровень)

г. Димитровград
2018 г.

Лекций составлены на основе рабочей программы профессионального модуля **ПМ.01. Организация и проведение монтажа и ремонта промышленного оборудования**

Организация-разработчик: областное государственное бюджетное образовательное учреждение среднего профессионального образования «Димитровградский технический колледж»

Разработчик:

Багаутдинов Р.Р. - преподаватель ОГБПОУ ДТК

Ф.И.О., ученая степень, звание, должность

СОДЕРЖАНИЕ

Информация о дисциплине	4
Лекция 1. Классификация, основные параметры и основы расчета грузоподъемных механизмов	5
Лекция 2. Грузозахватные приспособления	24
Лекция 3. Элементы грузоподъемных машин и механизмов	26
Лекция 5. Основные критерии выбора вида и типа транспортирующих машин.	79
Лекция 6. Транспортирующие машины с тяговым элементом	81
Лекция 7. Транспортирующие машины без тягового органа	94
Лекция 8. Напольный транспорт	97
Лекция 9. Техника безопасности при эксплуатации подъемно-транспортных машин	103
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	108

ИНФОРМАЦИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ

Грузоподъёмные машины (ГПМ) – основное средство комплексной механизации и автоматизации подъёмно-транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ во всех отраслях промышленности и строительства.

Цель дисциплины – подготовка специалистов в области проектирования, изготовления и эксплуатации грузоподъёмных машин. Изучение настоящей дисциплины связано с рассмотрением основ теории расчета и проектирования механизмов и грузоподъёмных машин как объектов повышенной опасности с учетом требований законов РФ о промышленной безопасности.

Студенты должны знать: устройство, назначение и режимы нагружения грузоподъёмных машин и механизмов различных типов и типажей; основы расчета и безопасной эксплуатации узлов, механизмов и грузоподъёмных кранов в целом; принципы стандартизации, унификации и нормализации, построения модульных систем при проектировании ГПМ.

Студенты должны уметь: назначать технологические параметры грузоподъёмных механизмов и машин для объектов строительства и погрузочно-разгрузочных работ в промышленности; проводить испытания и ввод в эксплуатацию грузоподъёмных кранов; проектировать узлы, механизмы и грузоподъёмные краны в целом; пользоваться специальной литературой, справочниками, стандартами и нормативными документами, использовать ЭВМ при выполнении проектных работ.

Междисциплинарный курс базируется на предшествующих ей курсах: «Материаловедение»; «Техническая механика»; «Монтаж промышленного оборудования». Дисциплина

Лекция 1. Классификация, основные параметры и основы расчета грузоподъемных механизмов

В результате изучения темы обучающийся должен иметь представление: о существующих видах грузоподъемных механизмов;

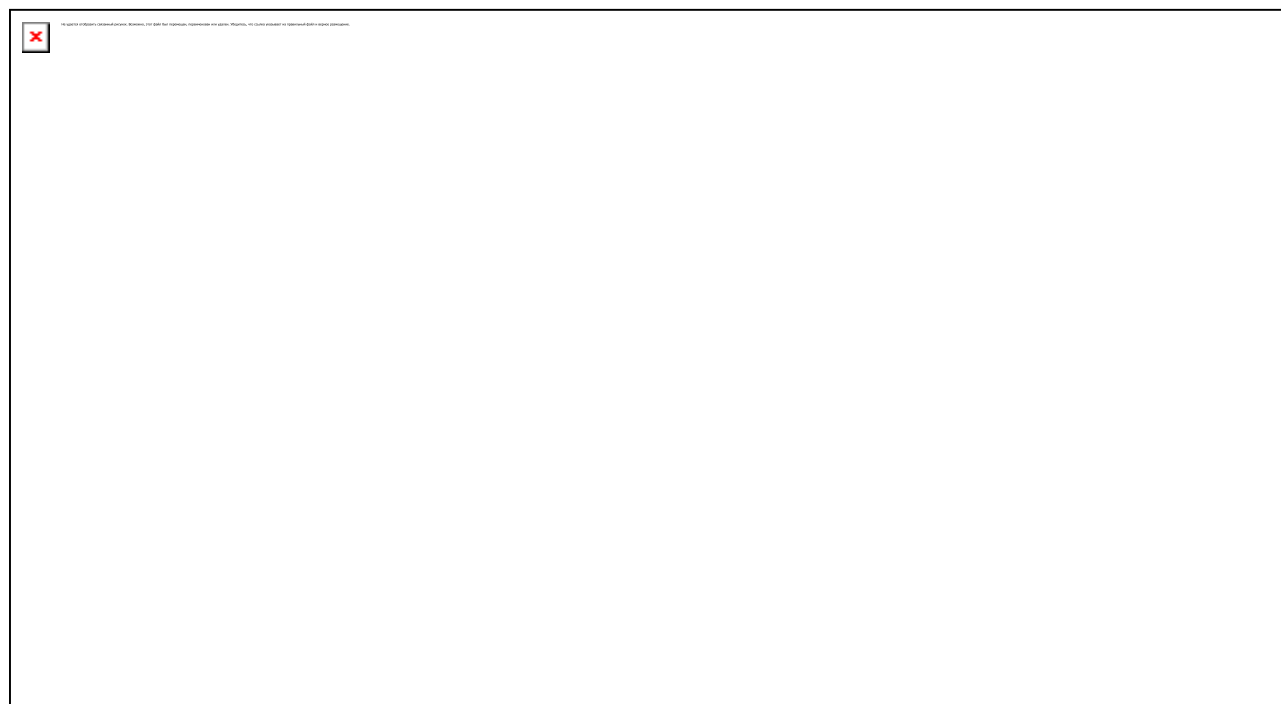
знать: технико-экономические показатели грузоподъемных механизмов; типы и технические характеристики грузоподъемных устройств; расчетные нагрузки и допускаемые отклонения;

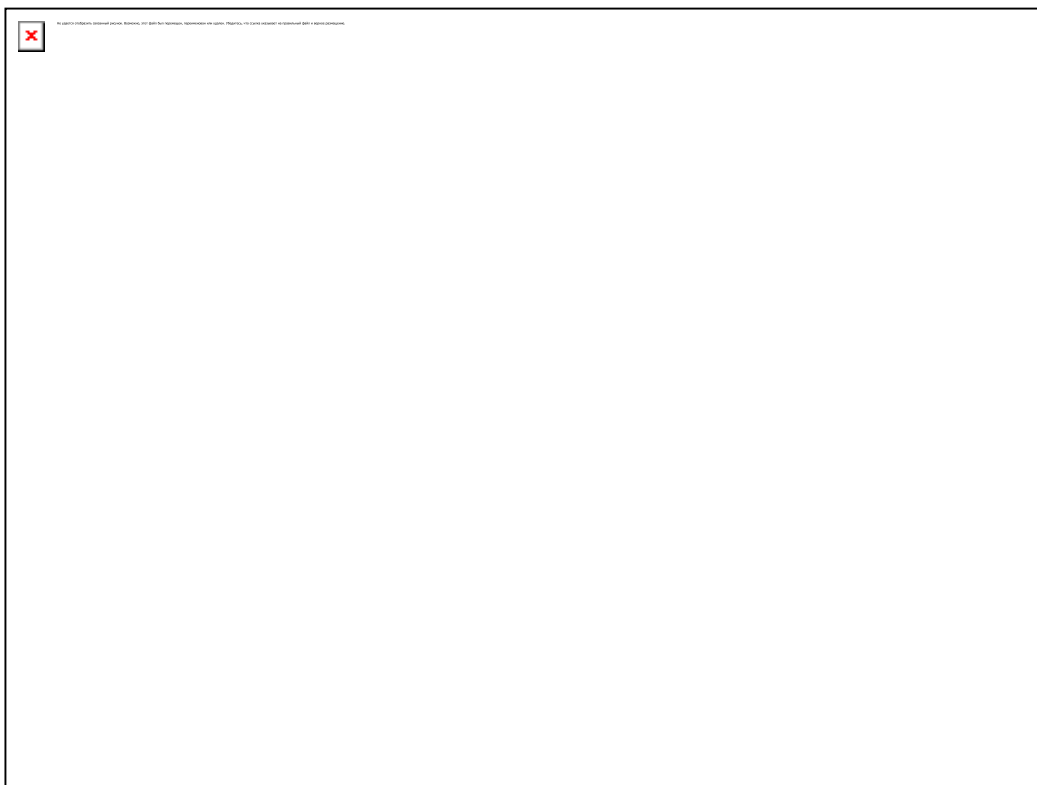
уметь: производить расчет элементов грузоподъемных механизмов.

Специальные ГПМ по конструктивному признаку подразделяются на:

- **подъемные механизмы**, которые представляют собой группу механизмов периодического действия, предназначенных для подъема и перемещения грузов. Часто они являются элементами более сложных агрегатов - кранов и подъемников;
- **краны**, представляющие собой сочетание отдельных подъемных механизмов с фермой или остовом крана и предназначенные для подъема и перемещения свободно подвешенных или закрепленных на них грузов;
- **подъемники**, представляющие собой группу машин периодического действия для подъема грузов и людей по направляющим.

Домкраты представляют собой толкатели, поднимающие или перемещающие груз на небольшое расстояние. Они могут быть различных видов.





Домкраты телескопического типа могут иметь до 5 - 6 ступеней. Их диаметр может достигать 1 м, а длина до 15 м.

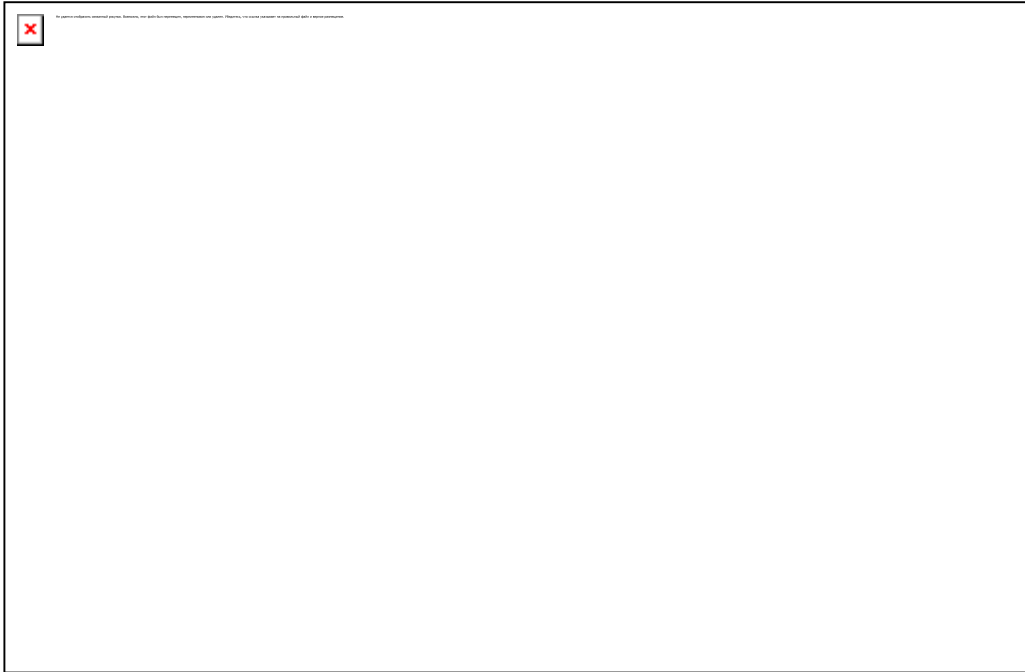
Нагрузки, которые могут преодолевать гидравлические домкраты, могут достигать сотен кН, механические - десятков кН, а пневматические - нескольких кН.

Домкраты используются как самостоятельные грузоподъемные устройства для производства ремонтных и регламентных работ и в качестве грузоподъемных механизмов в составе более сложных ГПМ (кранов, подъемников).

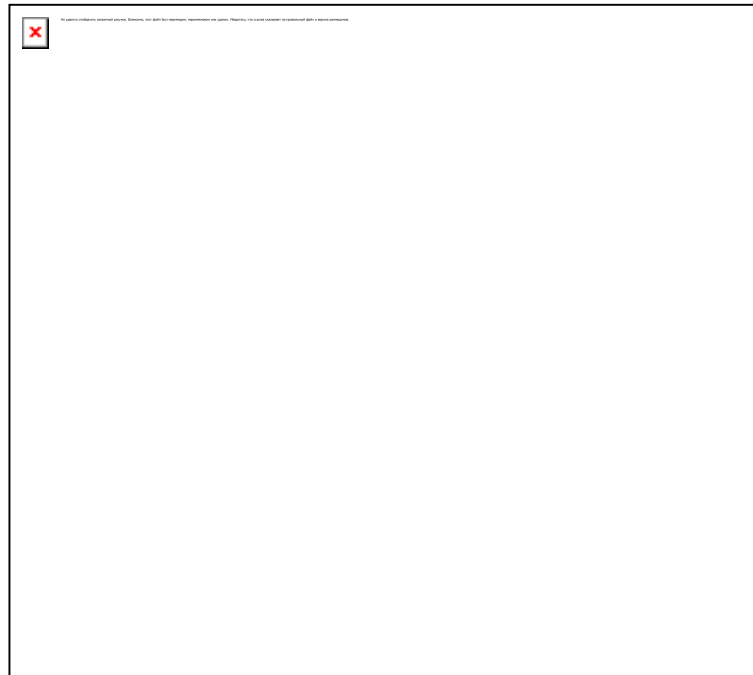
Полиспасты представляют собой систему из подвижных и неподвижных блоков, соединенных канатами или цепями

В зависимости от назначения полиспасты делятся на:

- *прямые*, для выигрыша в силе и
- *обратные*, для выигрыша в скорости.



Лебедки представляют собой сочетание приводного барабана и тягового органа. Они используются для подъема и перемещения грузов. Могут использоваться как самостоятельные ГПМ.



К лебедкам также относят

- **таль** - подвешенная неподвижно лебедка;
- **тельфер** - подвешенная лебедка с приводом передвижения (ручной, электрический, гидравлический или пневматический).



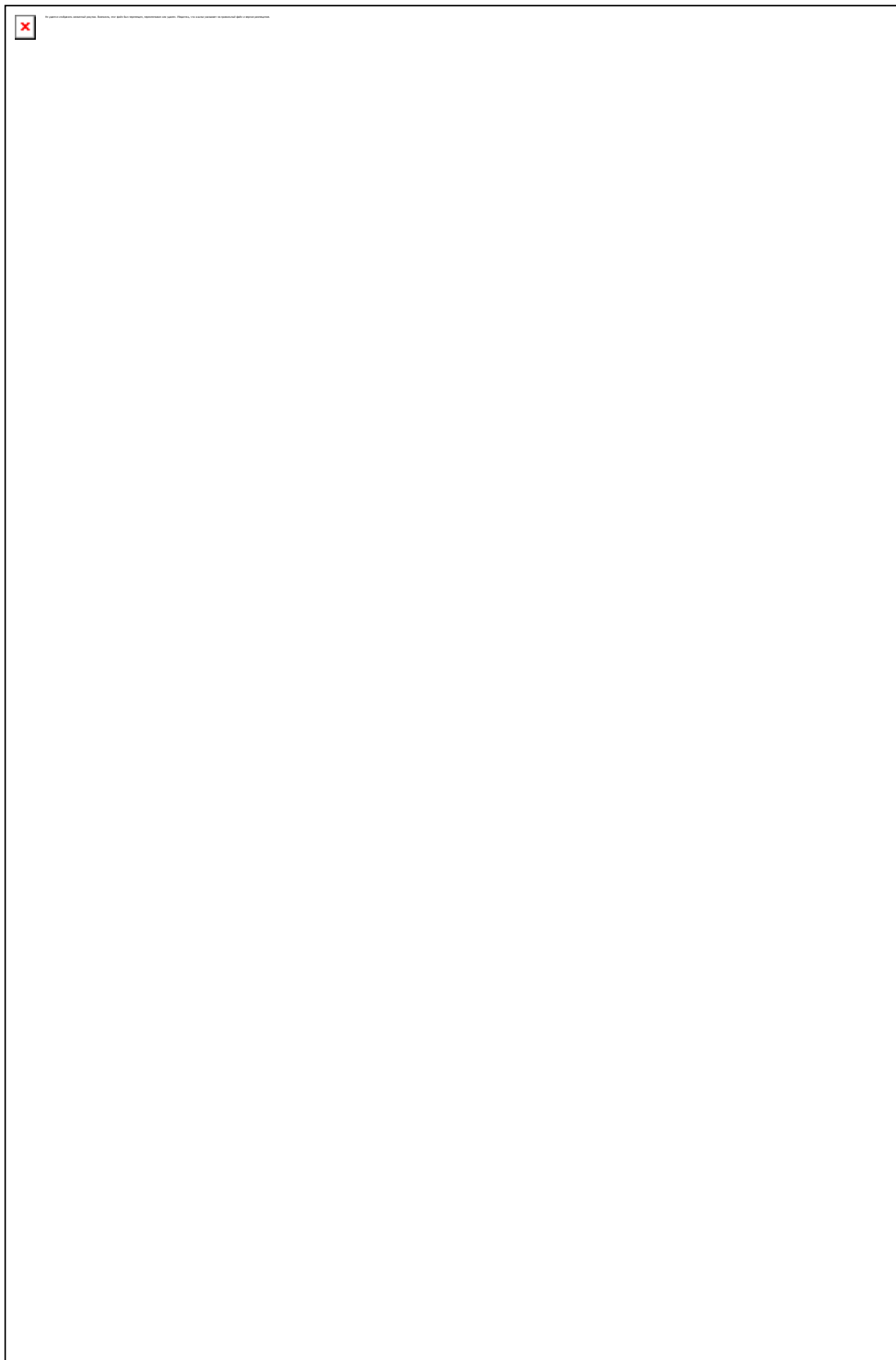
Тали: а - червячная ручная; б - передвижная электрическая

Краны.

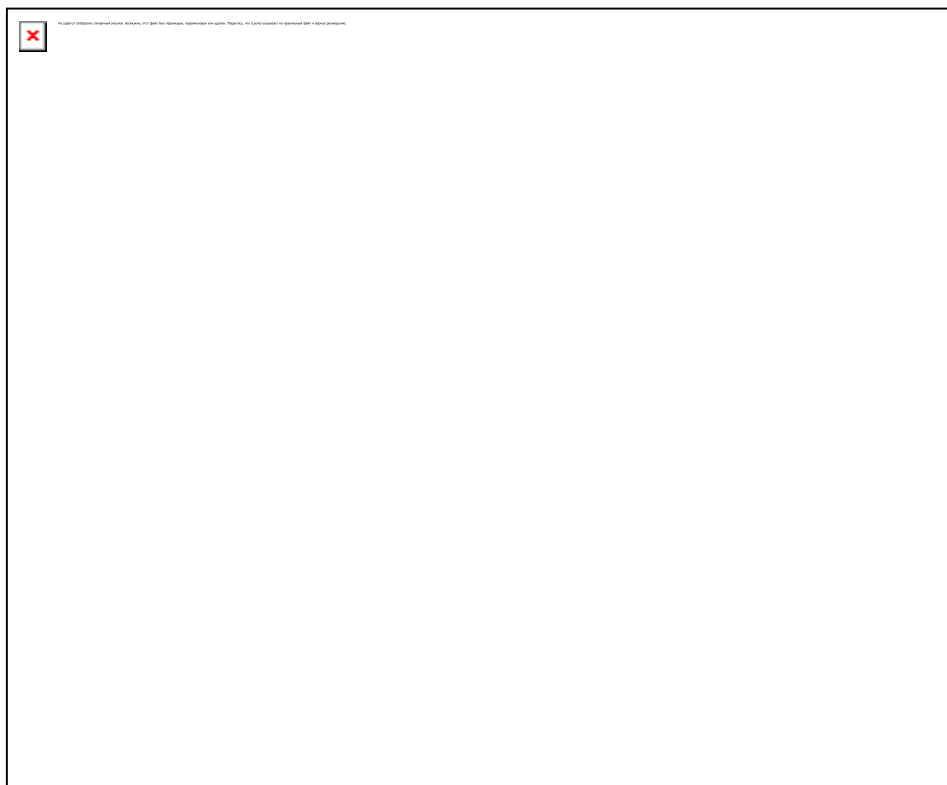
Пролетные. К ним относятся краны мостовые, козловые, кабельные и мостокабельные.

Горизонтальное перемещение грузов у таких кранов осуществляется с помощью поступательного перемещения самого крана и поступательного движения крановой тележки.

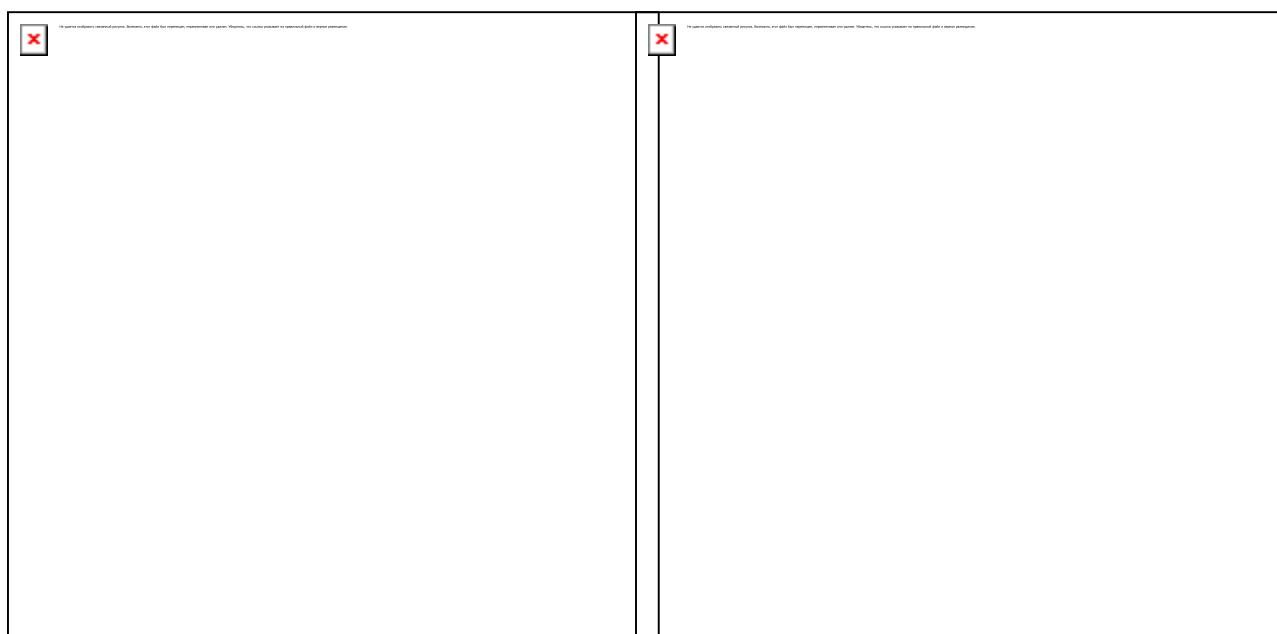
Мостовой кран обеспечивает обслуживание прямоугольной площади в закрытых помещениях.



Для обслуживания открытых площадок мостовые краны монтируются на эстакадах.



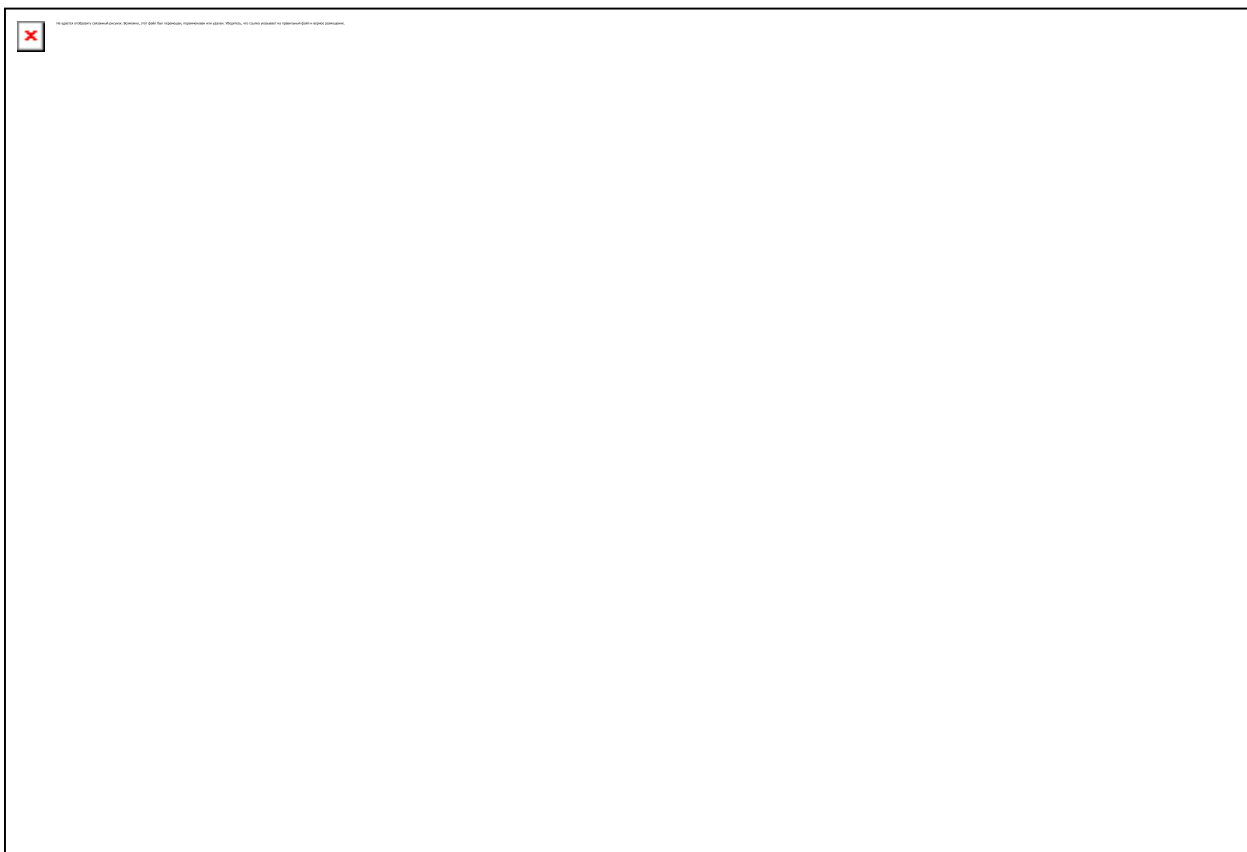
Козловые краны применяются для обслуживания больших открытых площадей.



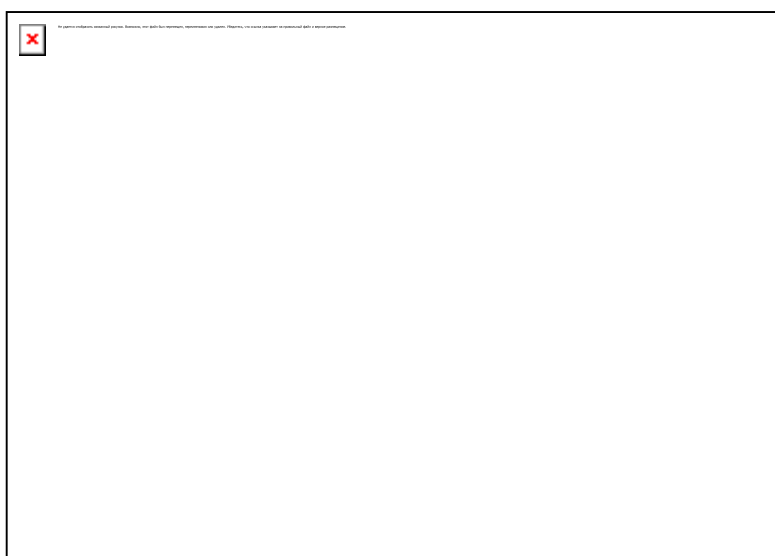
При длине пролета козлового крана свыше 30 м плоская нога крепится к мосту шарнирно для компенсации температурных напряжений. Пространственная нога крепится также шарнирно для компенсации изгиба моста при передвижении крана, когда один его край "забегает" по отношению к противоположному.



Кабельные краны применяются при пролетах порядка сотен метров (до 1 км). Одна нога крана выполняется пространственной (при этом должна обеспечиваться повышенная устойчивость). Вторая нога крана делается плоской, качающейся.



Мостокабельные краны применяются при пролетах до 200 м.

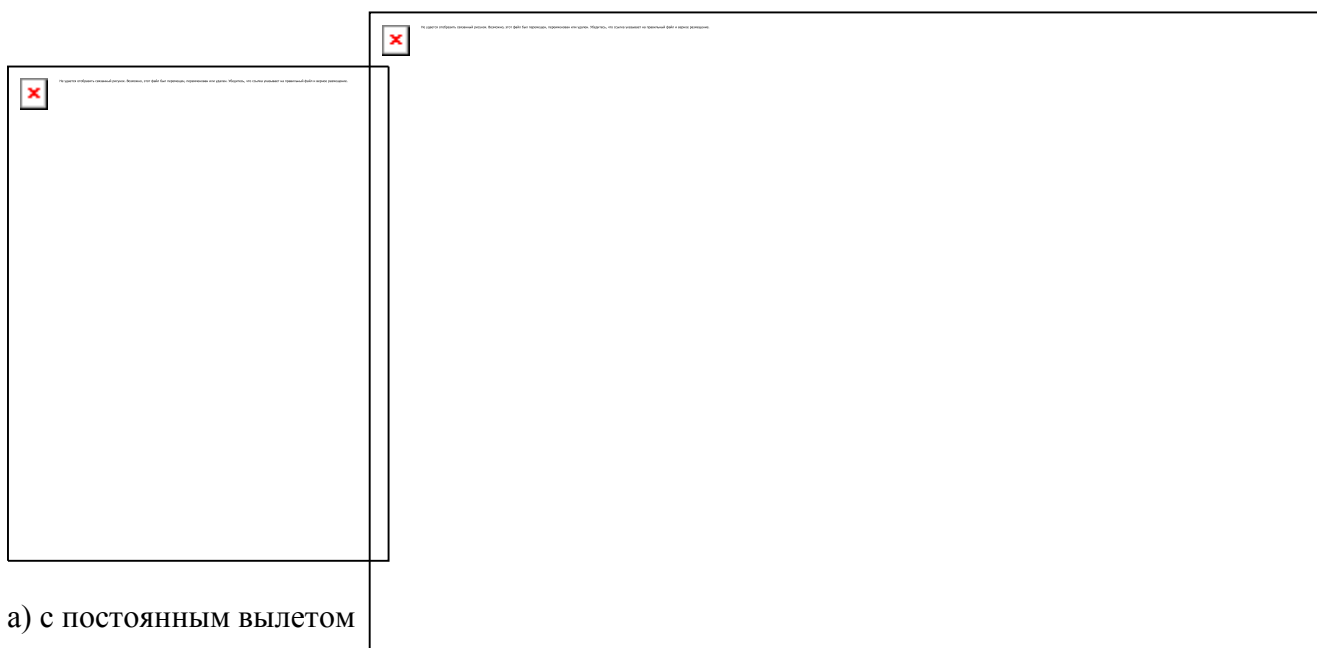


Стреловые (консольные) краны.

К ним относятся краны настенные, мачтово-стреловые, башенные, порталные, плавучие и самоходные.

Горизонтальное перемещение груза обеспечивается либо вращательным движением стрелы, либо поступательным движением тележки (по стреле) или целиком всего крана.

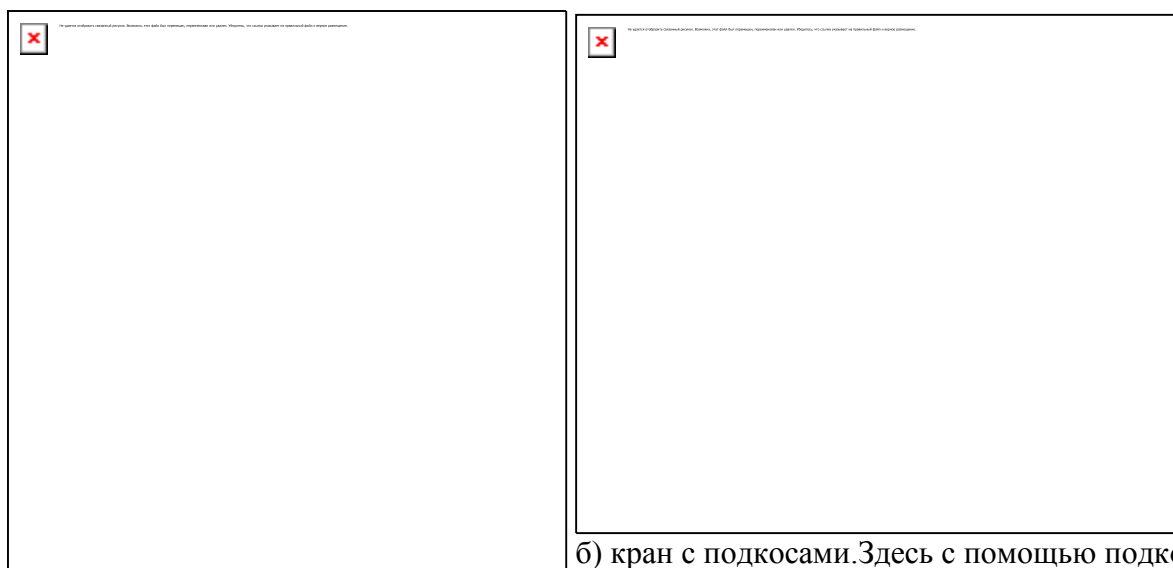
Настенные краны с вращающейся колонной являются простейшим видом стреловых кранов.



а) с постоянным вылетом стрелы

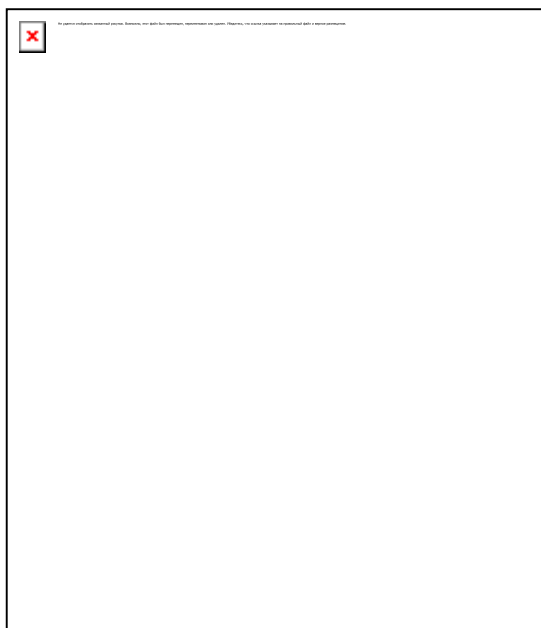
б) с переменным вылетом стрелы

Мачтово-стреловые краны применяют на открытых площадках.



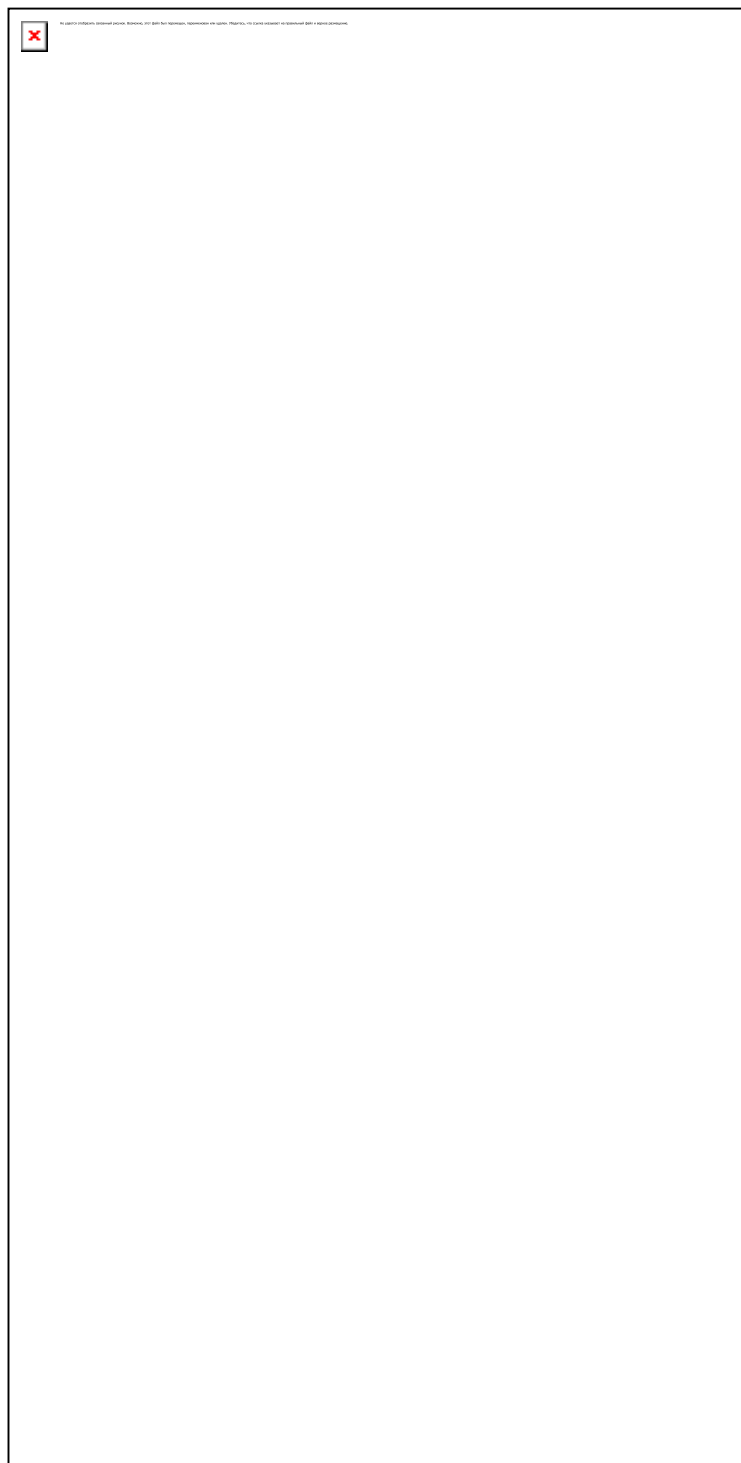
а) вантовый кран или деррик

б) кран с подкосами. Здесь с помощью подкосов закрепляется верхний подшипник колонны.

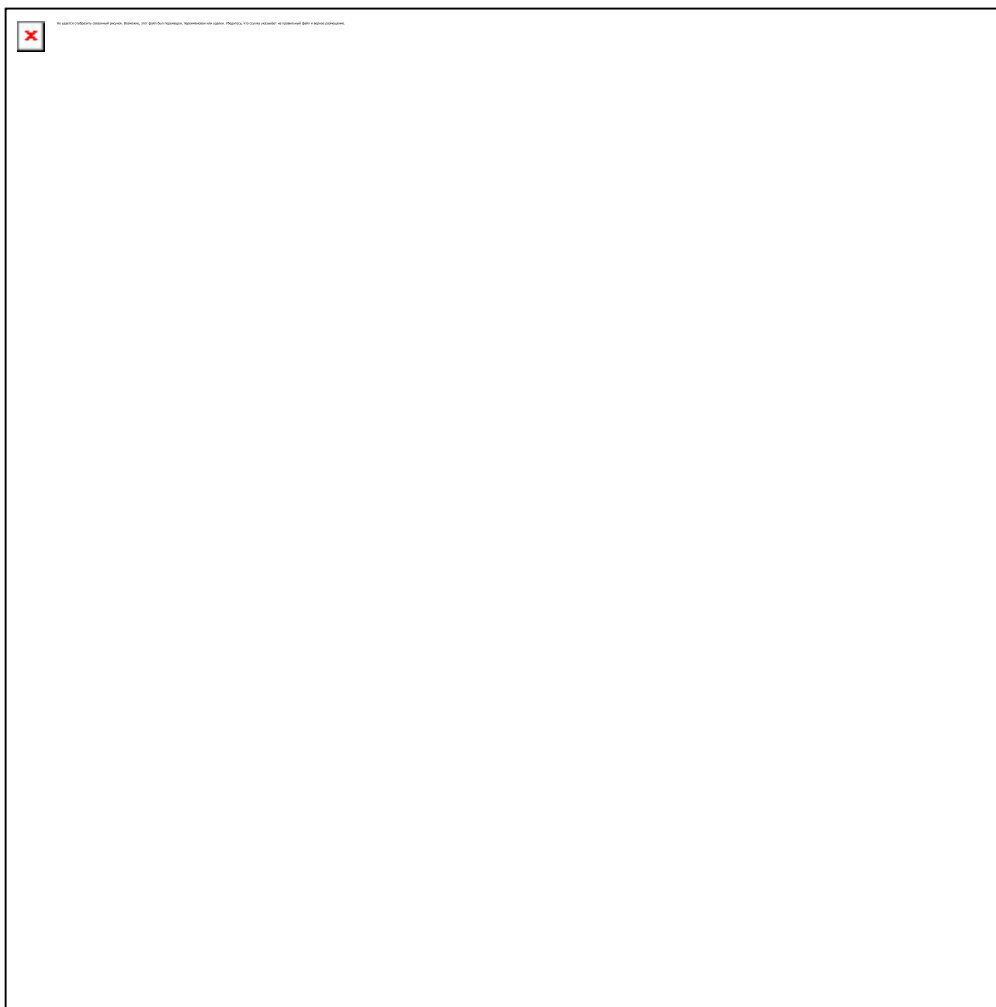


в) кран с неподвижной колонной Это более совершенная конструкция. Противовес позволяет уменьшить размеры фундамента.

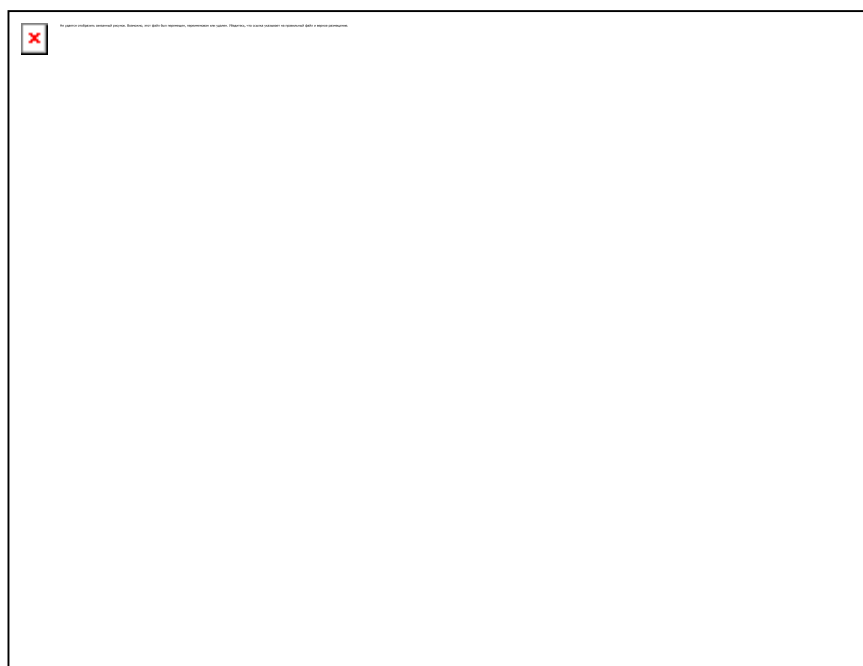
Для расширения зоны обслуживания применяются **стреловые передвижные краны**.



а) Башенный кран с качающейся стрелой и вращающимся оголовком.



Башенный кран с передвижной тележкой и вращающейся башней.



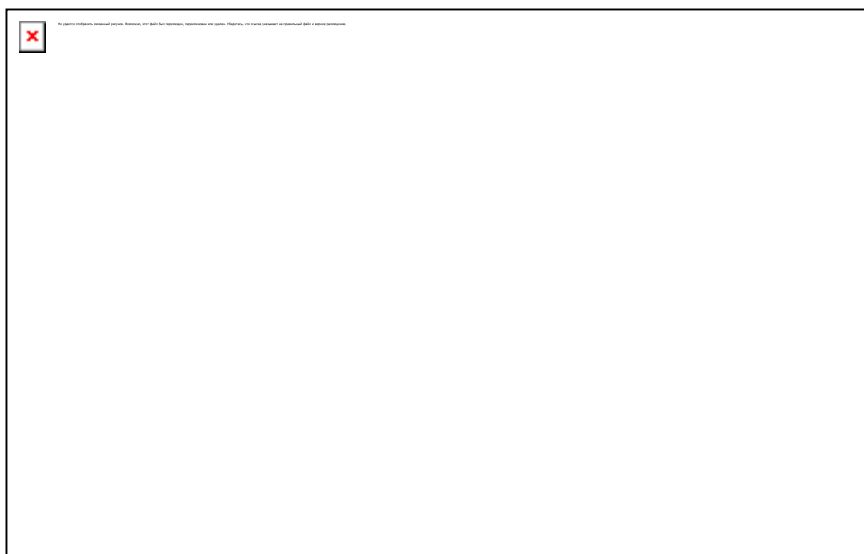
Портальные краны применяются для погрузочно-разгрузочных работ в

портах и на открытых площадках. Поворотная часть таких кранов устанавливается на металлоконструкциях, выполненных в виде портала 1 или полупортала 2.

Если у крана изменение вылета стрелы является установочным движением (т.е. стрелу устанавливают в определенное положение и достаточно длительное время при работе крана это положение стрелы не меняется), то мощность механизма изменения вылета стрелы сравнима с мощностью механизма подъема груза.

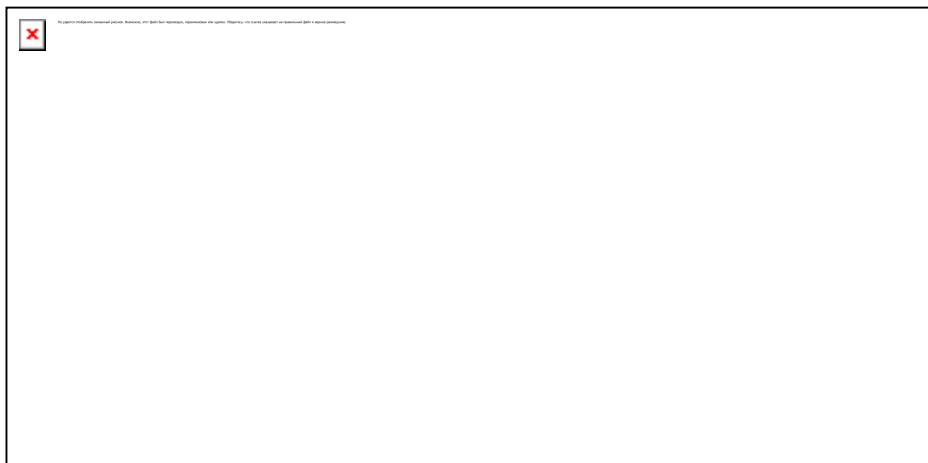
Для порталных кранов, у которых изменение вылета стрелы является основным рабочим движением, мощность механизма изменения вылета (при обычных типах стрел) получается очень большой.

С целью уменьшения мощности привода стрелового устройства в порталных кранах применяются механизмы, обеспечивающие горизонтальное перемещение груза при изменении вылета стрелы.



противовес, уравнивающий стрелу

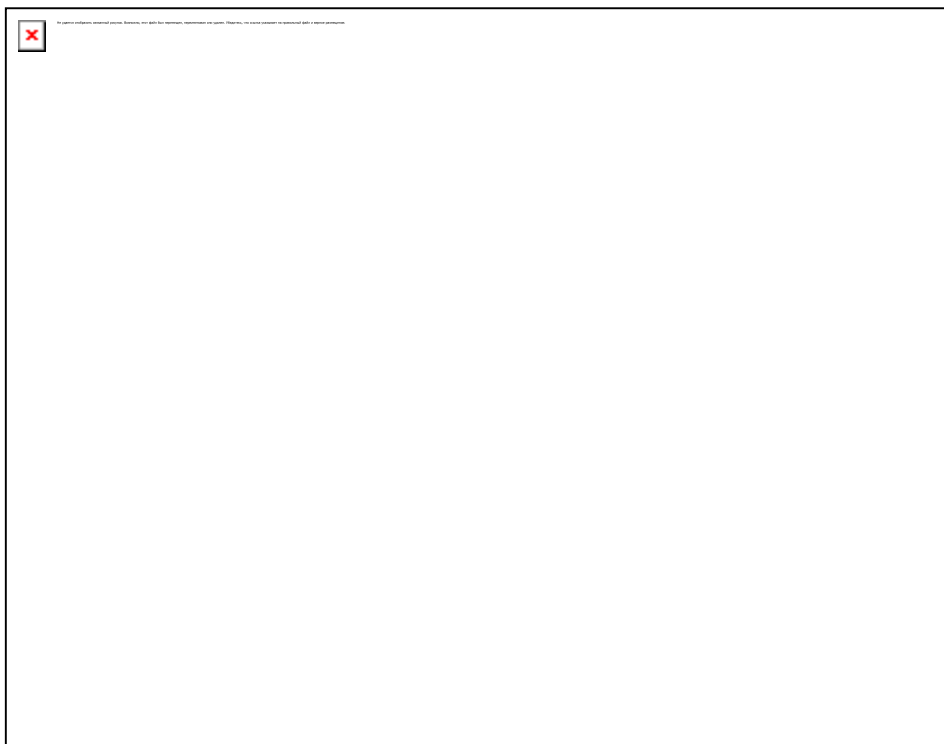
В случае прямых стрел горизонтальное перемещение груза обеспечивается применением:



Плавучие краны предназначены для выполнения погрузочно-разгрузочных, строительно-монтажных и аварийно-спасательных работ на акватории.



Самоходные краны. В зависимости от типа ходовой части различают:

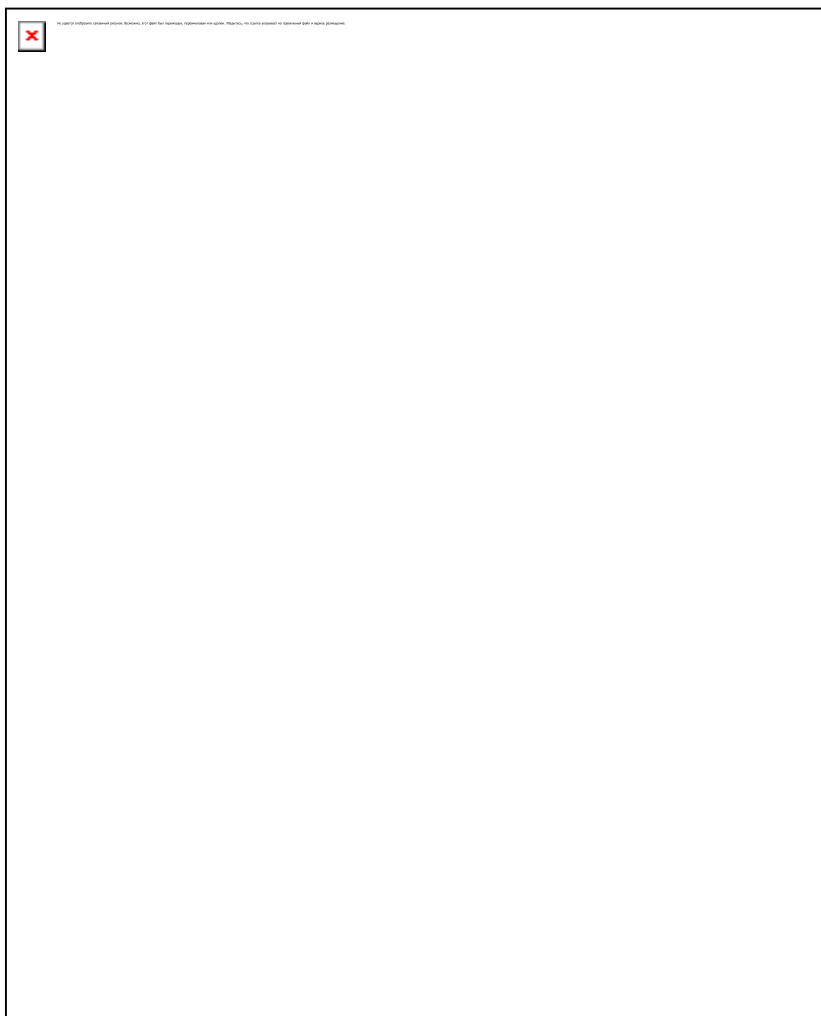


- **автокраны** на шасси серийно выпускаемых автомобилей. К раме 1 шасси с помощью крепежных скоб крепится рама крана 2, на которой размещается опорно-поворотное устройство 3 и поворотная платформа крана с оборудованием 4. Для повышения устойчивости таких кранов (при работе с грузом) применяются дополнительные опоры - аутригеры 5.

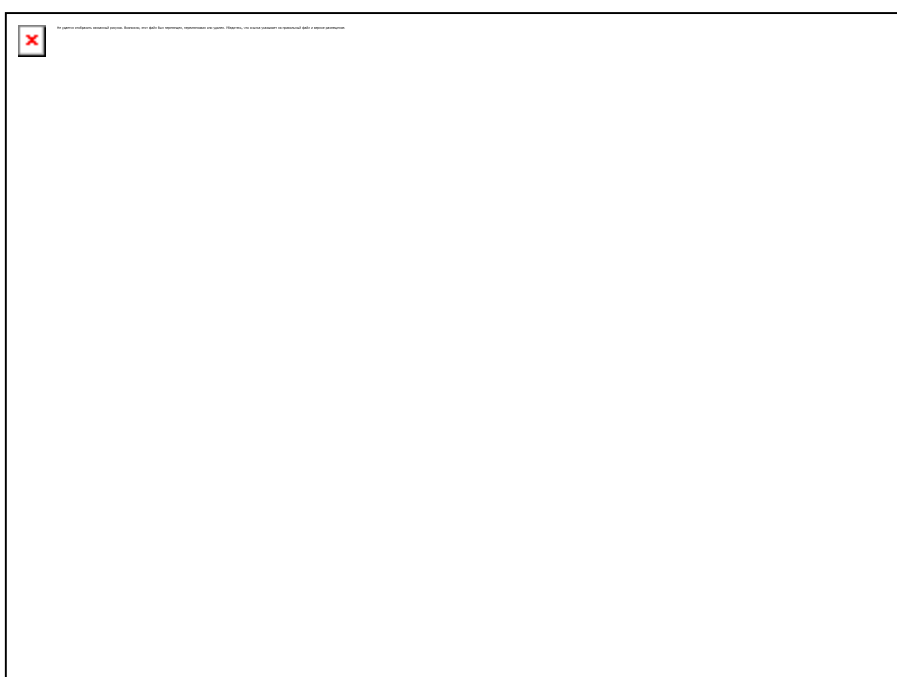
- **пневмоколесные** краны применяются, когда вес кранового оборудования превышает грузоподъемность серийно выпускаемых автомобилей. В этом случае для крана проектируется специальное колесное шасси с усиленной рамой.



• **гусеничные краны** применяются при работе на слабых грунтах, а также на гусеничном шасси монтируются краны очень большой грузоподъемности.

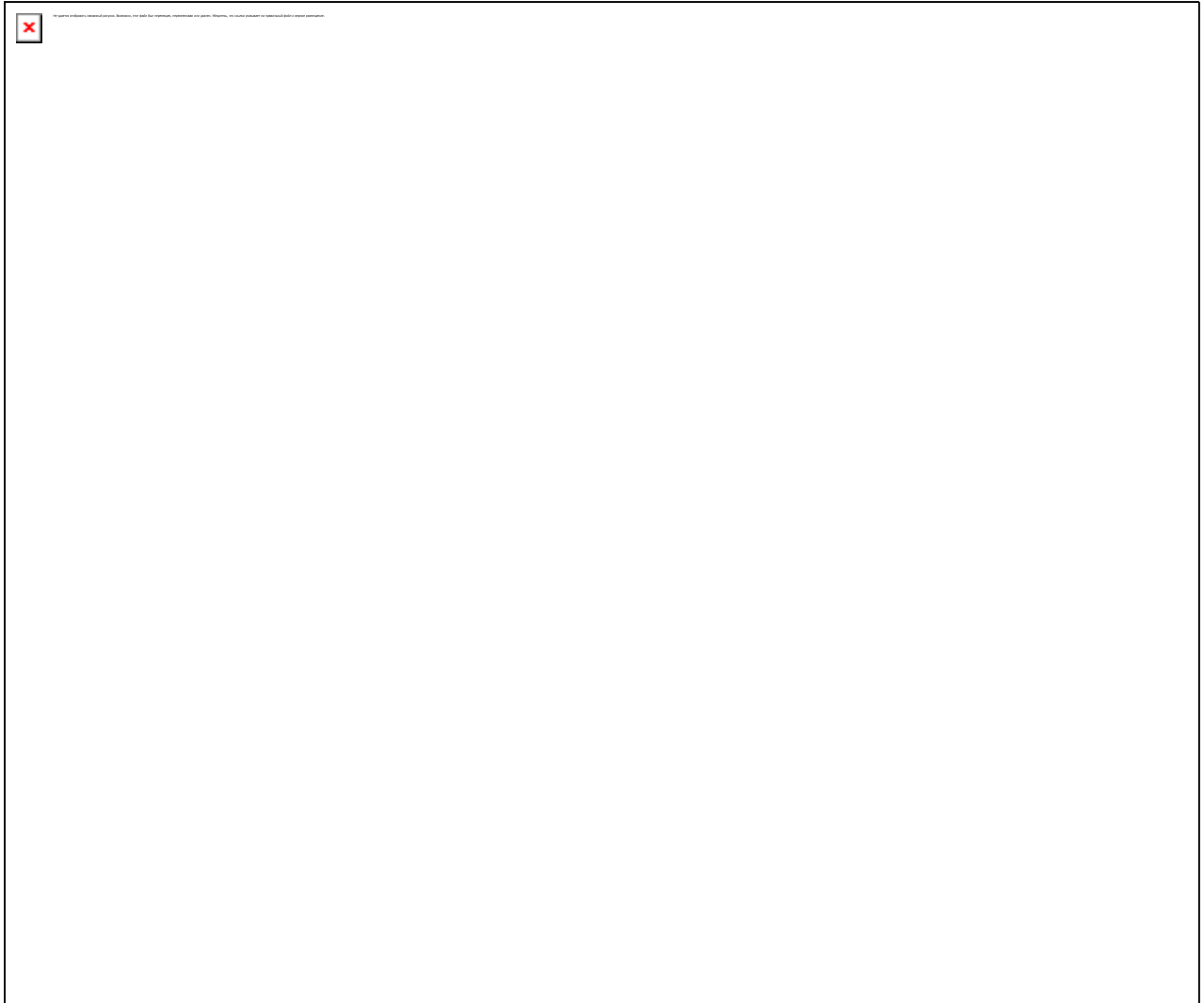


Железнодорожные краны применяются для работ около железнодорожных путей. Обычно используются без аутригеров.



Подъемники служат для подъема грузов и обслуживающего персонала.

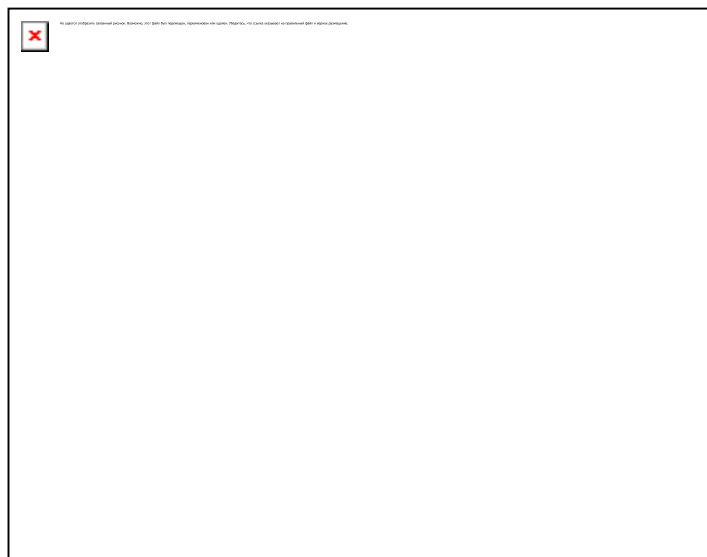
- **шахтные подъемники** имеют направляющие, размещенные внутри шахт, служащих в качестве несущей конструкции.



Подъемники: а - мачтовые; б - ковшовый; в - рычажный на гусенечной тележке.

- мачтовые подъемники имеют открытые направляющие.

- **подъемные вышки** предназначены для обслуживания объектов, находящихся на большой высоте, а также могут использоваться при проведении спасательных работ.



а) телескопические вышки (состоят из нескольких секций, установленных одна в другой).



б) складывающиеся шарнирные вышки.

Классификация кранов

а) По степени подвижности

- подвижные (самоходные, прицепные);
- полустационарные (обслуживающие ограниченные площади);
- стационарные (мачтово-стреловые, настенные).

б) По направлению возможного перемещения груза

- с прямолинейным поступательным перемещением в двух взаимно перпендикулярных направлениях;
- с поворотной стрелой и радиальным перемещением груза за счет изменения вылета стрелы;
- комбинированные, т.е. обеспечивающие поступательное движение крана и (или) тележки крана с одновременным поворотом стрелы;
- с перемещением в произвольном направлении.

в) По грузоподъемности

- легкие (до 10 т);
- средние (10-40 т);
- тяжелые (свыше 40 т).

г) По типу привода

- с ручным приводом;
- с электрическим приводом;
- с гидравлическим приводом;
- с пневматическим приводом.

Лекция 2. Грузозахватные приспособления

В результате изучения темы обучающийся должен

иметь представление: о том, как влияют способы установки станков на их производительность, точность обработки и шероховатость обработанной поверхности;

знать: наиболее распространенные виды фундаментов под оборудование; способы установки станков на фундаменты; особенности жесткой и упругой установки станков.

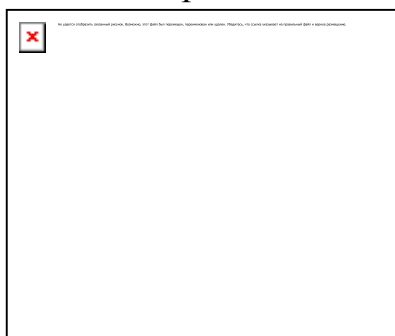
Они служат для соединения поднимаемых грузов с гибкими грузовыми органами и в зависимости от того, с какими грузами работают, они подразделяются на:

- универсальные - крюки, петли, которые работают с любыми навесными устройствами;
- специальные, которые работают с определенными категориями грузов, например, бабьи и грейферы работают только с сыпучими грузами. При использовании специальных захватов значительно повышается производительность крана.

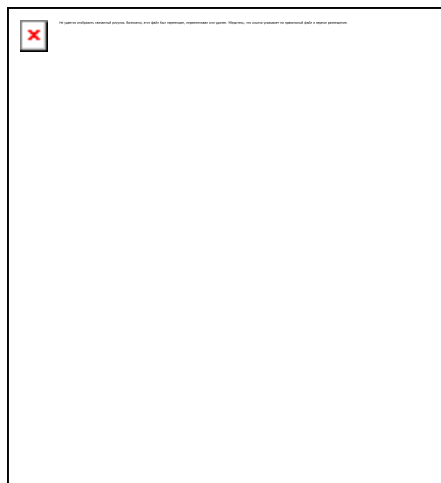
При небольших грузоподъемностях (до 50 т) применяются однорогие кованные крюки.

Метрические резьбы применяются при грузоподъемностях до 3 т. При большей грузоподъемности нужны более сильные резьбы, например, трапецеидальная.

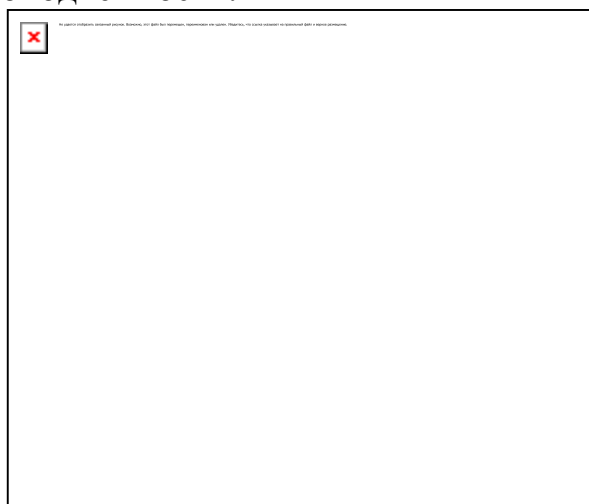
Для устранения возможности выпадения стропа из зева крюка применяются предохранительные замки (для специальных кранов). При грузоподъемностях свыше 50 т применяются двурогие крюки.



При больших грузоподъемностях используются также пластинчатые крюки, набираемые из отдельных стальных пластин, которые скрепляются заклепками.



Пластинчатые крюки более дешевы в изготовлении. При грузоподъемностях порядка нескольких сотен тонн применяются двурогие пластинчатые крюки. Для обеспечения равномерного нагружения всех пластин зев пластинчатых крюков обычно оснащается специально спрофилированным вкладышем из мягкой стали. Наличие вкладышей улучшает работу каната. Петли (скобы) выполняются либо коваными либо шарнирными в зависимости от грузоподъемности.



Конец формы
Конец формы
Специальные грузозахватные органы.

Лекция 3. Элементы грузоподъемных машин и механизмов

В результате изучения темы обучающийся должен иметь представление: об основных элементах грузоподъемных машин и механизмов;

знать: гибкие тяговые элементы; расчет каната и цепи в соответствии с ГОСТ; пуск и торможение механизма поворота;

уметь: производить расчет элементов грузоподъемных механизмов.

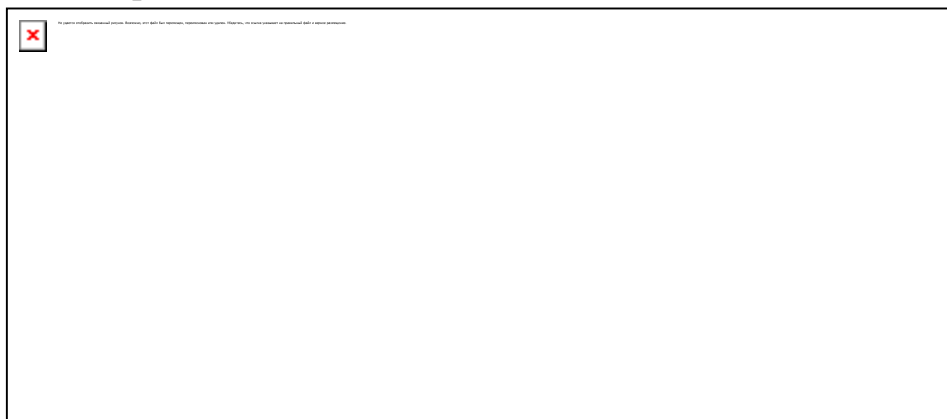
Гибкие грузоподъемные органы

К ним относятся:

- грузовые цепи
 - сварные
 - шарнирные
- стальные канаты.

Сварные цепи

Изготавливаются из прутковой мелкозернистой стали Ст.2, Ст.3, Ст.10. Соединяются сваркой встык.



В зависимости от длины звена t цепи подразделяются на

- короткозвенные $t = 2,6 d$
- длиннозвенные $t = 3,6 d$.

В зависимости от точности:

- простые - допуск на $Dt = + 0,1 d$ обозначение СН 20-56 ГОСТ 2319-70;
- калиброванные - допуск

$$Dt = + 0,03 d$$

обозначение СК 20-56 ГОСТ 2319-70, где С - сварная; Н - некалиброванная; К - калиброванная; 20 - диаметр прутка (d); 56 - длина звена (t).

Простые цепи могут работать только с гладкими барабанами и блоками, а калиброванные - со специальными фасонными.

Износ диаметра прутка цепи более 10% - недопустим.

Цепи рассчитывают по формуле



где S_{max} - наибольшее усилие в цепи;
 k - коэффициент запаса прочности цепей;
 S_p - разрывное усилие цепи.

Для калиброванных цепей нагрузка уменьшается на 35% по сравнению с простыми, чтобы не было вытягивания цепи.

Коэффициенты запаса прочности цепей k

Тип и назначение цепи	K для ручного привода	K для машинного привода
Грузовая, работающая на гладком барабане (простая).	3	6
Грузовая, работающая на звездочке (калиброванная).	3	8

Характерные режимы работы

Тип и назначение цепи	Скорость подъема при бесшумной работе [м/с]	Рекомендуемая скорость подъема [м/с]
Грузовая, работающая на гладком барабане (простая).	до 1	1,5
Грузовая, работающая на звездочке (калиброванная).	до 0,1	0,5

Пластинчатые (шарнирные) цепи

Пластинчатые шарнирные цепи (рис. 8) применяются в подъемно-транспортных машинах для подвешивания грузов (грузовые цепи, рис. 8, а), для передачи движения в механизмах (приводные цепи, рис. 8, б) и для передачи тягового усилия рабочим органам транспортных машин (тяговые цепи, рис. 8, в).

Грузовые пластинчатые шарнирные цепи (рис. 9, а) состоят из стальных пластин /, шарнирно соединенных между собой валиками 2 и закрепленных расклепыванием концов валиков (при нагрузке на цепь до 10000 кгс) или шплинтами, вставляемыми в отверстия валиков (при нагрузке на цепь свыше 10 000 кгс).

Диаметры и длина валиков, размеры и форма пластин одинаковы для всех звеньев цепи. Только для концевых звеньев 3 применяют пластины увеличенной длины с утолщенным валиком, при помощи которого цепь прикрепляют к деталям грузоподъемного механизма.

Выборочная характеристика грузовых пластинчатых цепей приведена в табл. 9.

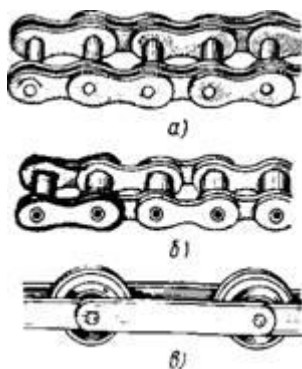


Рис. 8. Типы пластинчатых цепей:

А — грузовые; **б** — приводные; **в** — тяговые

Коэффициент запаса прочности грузовых пластинчатых цепей по нормам Госгортехнадзор а при машинном приводе должен быть не меньше 5, а при ручном не менее 3.

Приводные пластинчатые цепи (рис. 9, б) отличаются от грузовых цепей тем, что здесь во внутренние пластины 4 запрессовывают втулки 5, а наружные пластины неподвижно закрепляют на валиках 6.

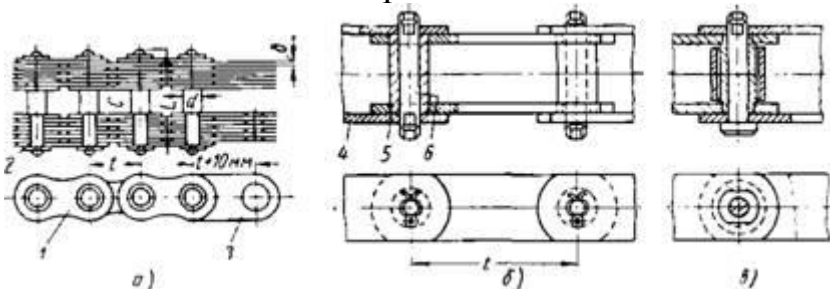


Рис. 9. Схемы пластинчатых цепей

Во втулочных цепях валик вращается во втулке, и нагрузка распределяется на всю поверхность касания втулки и валика, благодаря чему достигается небольшое удельное давление в шарнирах, а следовательно, и небольшой износ трущихся поверхностей.

Стальные проволочные канаты.

Они изготавливаются из стальной светлой или стальной оцинкованной проволоки диаметром от 0,2 до 2...3 мм. с расчетным пределом прочности при растяжении 2600 МПа (в среднем - 1600...2000 МПа).

Классификация канатов

- по роду свивки - одинарной свивки (спиральные);
 - двойной свивки;
- по поверхности контакта
 - с точечным контактом ТК;
 - с линейным контактом ЛК (срок службы на 30...100% выше)
 - а) с одинаковыми по диаметру проволоками в слое,
 - б) с разными по диаметру проволоками в слое,
 - в) с одинаковыми в слое, но разными по слоям диаметрами проволок,
 - г) с заполняющими пространство между слоями проволоками меньшего диаметра;
 - с точечным и линейным контактом;
- по виду свивки - обыкновенные или раскручивающиеся (раскручиваются при снятии крепления);
 - нераскручивающиеся (из предварительно свернутых проволок);
 - некрутящиеся (закрутка прядей в разные стороны);
- по направлению свивки прядей
 - правого направления (слева - вверх - направо);

- левого направления (справа - вверх - налево);
- по направлению свивки проволок в пряди - односторонней или параллельной свивки (стремятся к раскручиванию, нельзя подвешивать груз на одной ветви);
- крестовой свивки (срок службы на 25...50% больше, применяются при многослойной навивке на барабан);
- комбинированной свивки.

Канаты одинарной свивки.



TK 1x19 - формула каната.
Относительно одной центральной проволоки навиты остальные.

TK - точечный контакт;

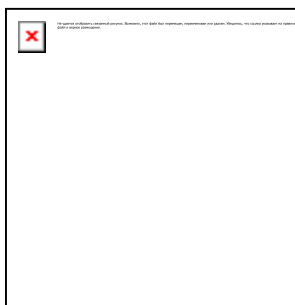
1 - сердечник;

19 - еще 19 проволок.

Такие канаты обладают большой жесткостью, поэтому используются как растяжки, ванты или несущие канаты для кабельных или мостокабельных кранов. С блоками и барабанами работать не могут.

Канаты двойной свивки.

Эти канаты используются для работы с барабанами и блоками.



TK 6x19+1o.c. 6 - число прядей; 19 - число проволок в пряди; 1o.c. - один органический сердечник.

Сердечники могут быть стальными или органическими волокнистыми: пеньковыми, нейлоновыми, капроновыми, асбестовыми. Асбестовые не боятся высокой температуры и агрессивных сред.

Стальные сердечники используются

- при многослойной навивке на барабан (канат тогда не сминается от давления верхних витков);
- при резко меняющейся нагрузке;
- при высоких температурах.

Стальной сердечник не увеличивает разрывное усилие каната, так как будучи прямой прядью разрывается при достижении 0,7...0,9 от предельной нагрузки пряди закрученной.

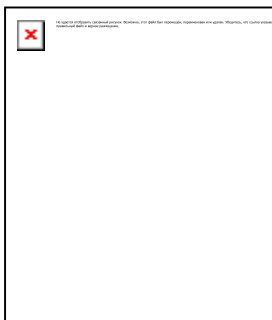
Канаты с органическими сердечниками

- более гибки;
- лучше удерживают смазку, которая поступает не только снаружи (канаты периодически положено смазывать), но и изнутри, так как сердечник пропитан смазкой.

Надо так выбирать намотку каната на барабан, чтобы канат при этом дополнительно подкручивался.



О- в концентрических слоях проволоочки одного диаметра и количество проволочек в слоях одинаково. 6х19 - шесть прядей из 19-ти проволочек каждая. 7х7 - металлический сердечник из семи прядей по 7 проволочек в каждой. Линейный контакт более перспективен и применяется в ГПМ чаще.



ЛК-Р 6х19+1о.с.

Р - различные проволоочки в концентрическом слое.

ЛК-Р имеет преимущество - заполнение сечения проволочками.

Прочность таких канатов существенно возрастает.

На напряженное состояние проволок в канате влияют в основном:

- максимальное натяжение каната;
- диаметр блока и барабана.

Канаты рассчитывают по формулам:

а)

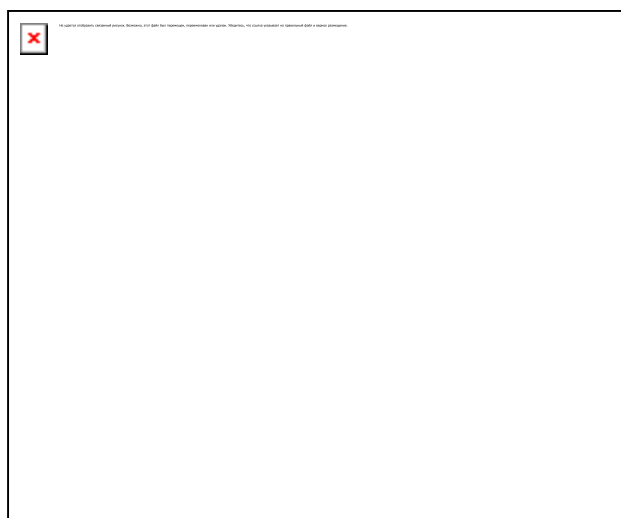
где S_{max} - наибольшее усилие в ветви каната; k - коэффициент запаса прочности; S_r - разрывное усилие каната в целом.

б)

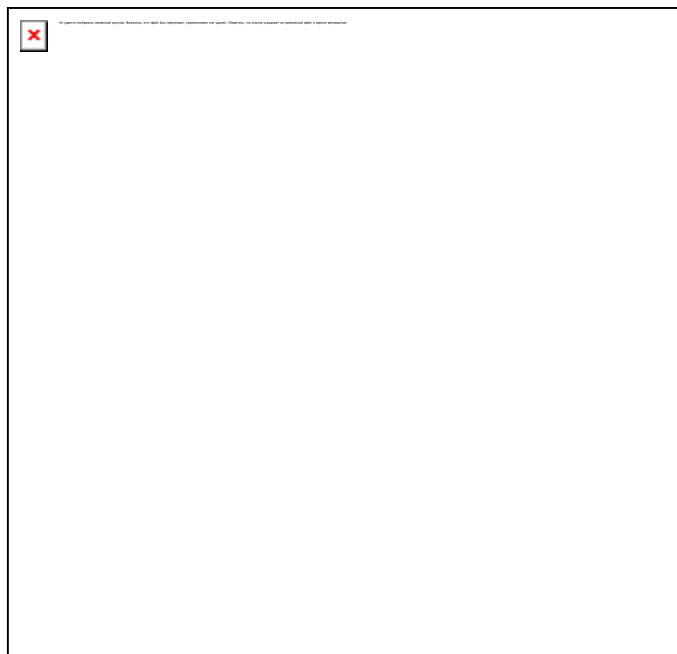
где D_2 - диаметр блока или барабана по средней линии навитого каната, d - диаметр каната, e - коэффициент.

Значения коэффициентов k и e выбираются из следующих таблиц.

Минимально допустимые значения коэффициента запаса прочности каната k

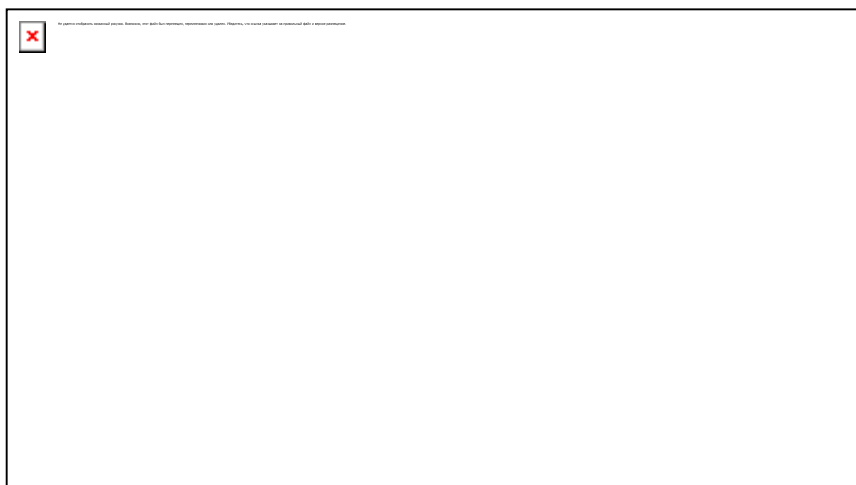


Минимально допустимые значения коэффициента e



Способы соединения грузозахватных приспособлений с канатами.

Они зависят от числа канатов, на которых подвешен груз.

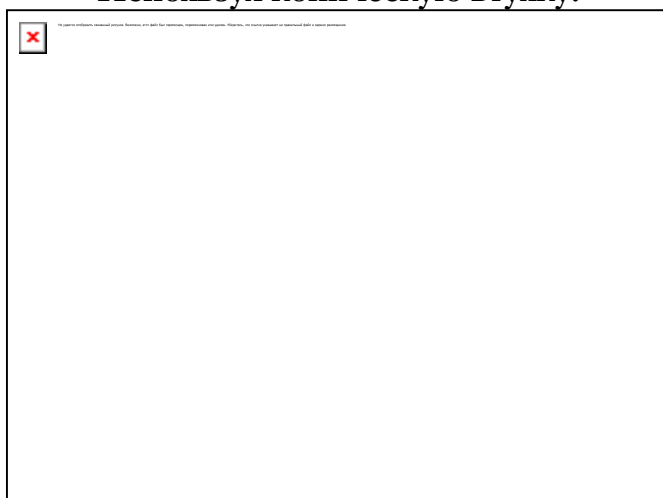


Свободный конец каната или заплетается или прикрепляется зажимами.

С помощью скобы:

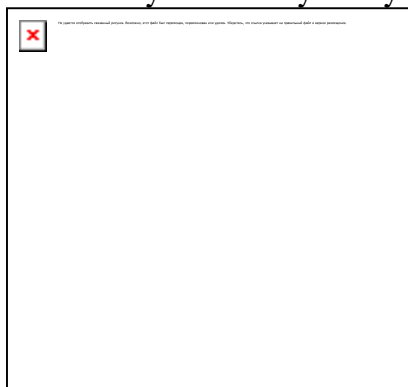


Используя коническую втулку:

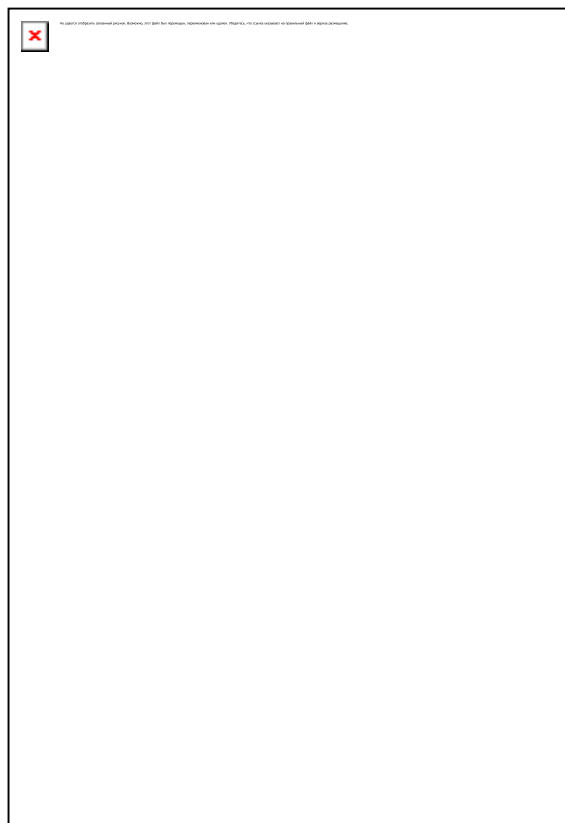


расплетают канат, вынимают сердечник, загибают концы проволочек, надевают втулку, заливают свинцом или баббитом.

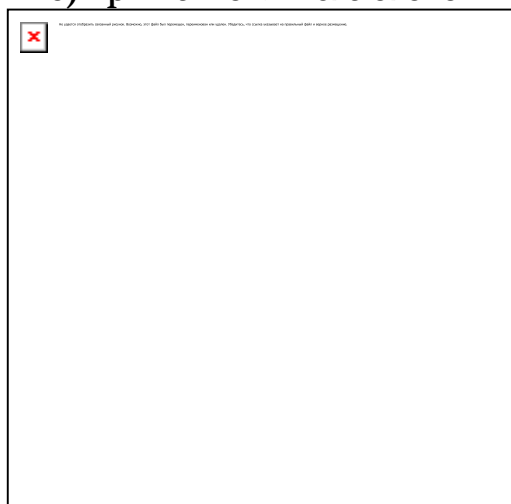
Используя клиновую втулку:



При наличии полиспастов применяются крюковые подвески:



б) при четном числе блоков

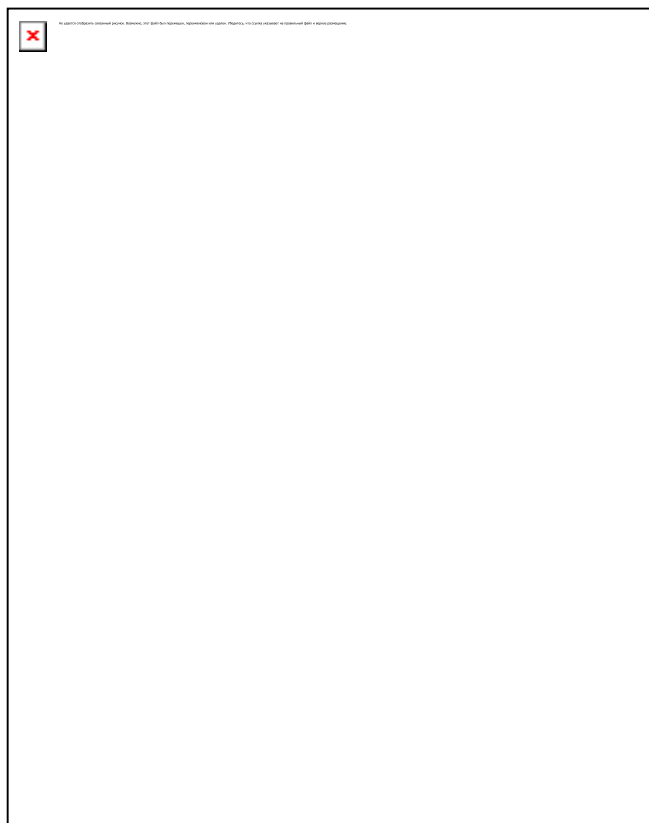


Полиспасты.

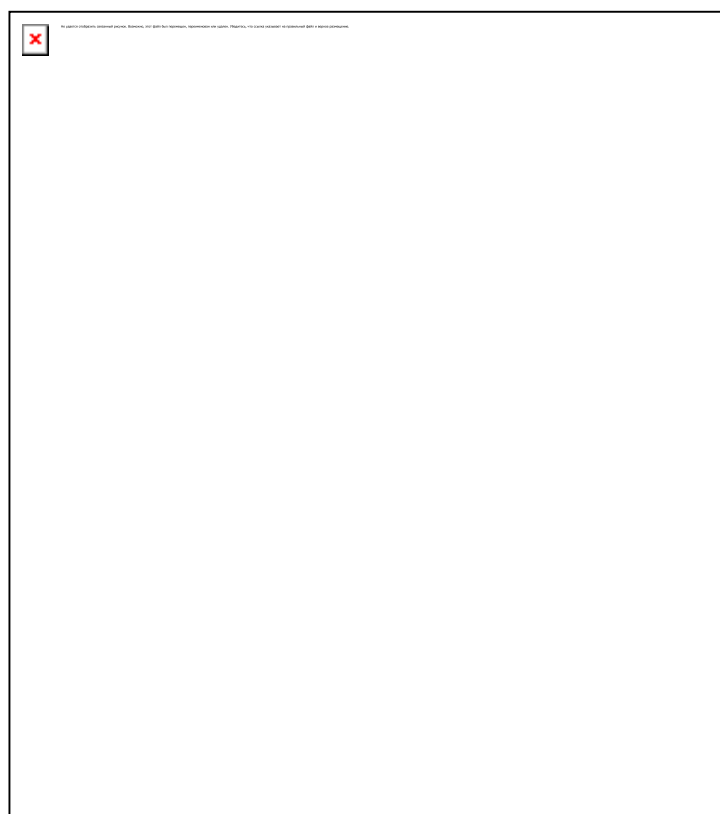
Полиспаст - это система подвижных и неподвижных блоков, соединенных гибкой связью (канатом).

Полиспасты используются:

- для увеличения силы (прямые);
- для увеличения скорости (обратные)



Для его определения рассечем полиспаст и рассмотрим равновесие отсеченной части.



Отсюда видно, что наибольшее натяжение при подъеме груза возникает в ближайшей к барабану ветви полиспаста. А при опускании груза?

Если от полиспаста канат попадает на барабан через t штук обводных блоков, то усилие на барабане:

КПД полиспаста в целом определяют как отношение полезной работы при подъеме груза $Q_{гр}$ на высоту h к затраченной при этом работе, равной $S_{бар} \cdot i_n$ h :

При этом КПД блока принимают:

- $\eta = 0,95 - 0,96$ - при установке блока на подшипниках скольжения;
- $\eta = 0,97 - 0,98$ - при его установке на подшипниках качения.

Если h - высота подъема груза, то длина каната, наматываемого на барабан

$$L = i_n h .$$

Скорость каната, наматываемого на барабан

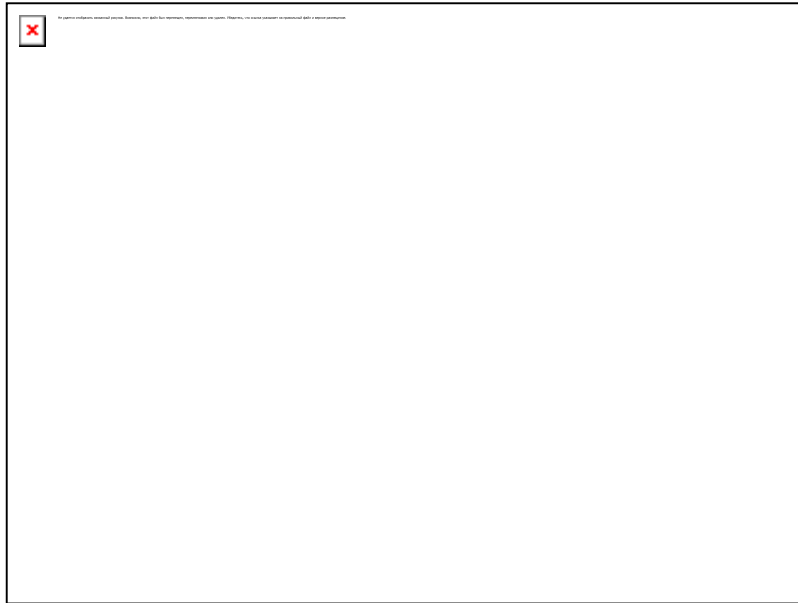
$$V = i_n V_{гр} ,$$

где $V_{гр}$ - скорость подъема груза.

Сдвоенный полиспаст

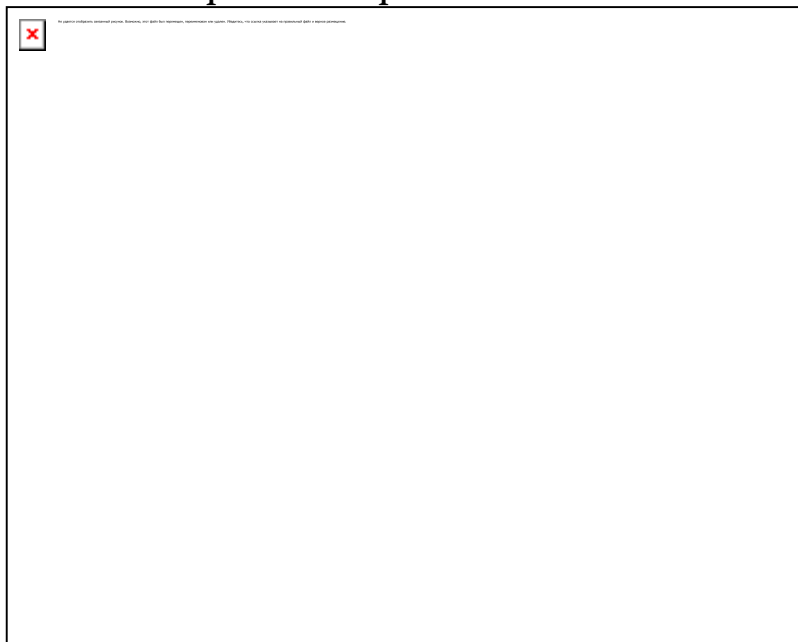
а) полиспаст прямого действия

б) сдвоенный полиспаст



Расчет сдвоенного полиспаста ведется аналогично простому, принимая, что "половинки" полиспаста рассматриваются как простой полиспаст при действии на него половинной нагрузки.

Скоростной обратный полиспаст



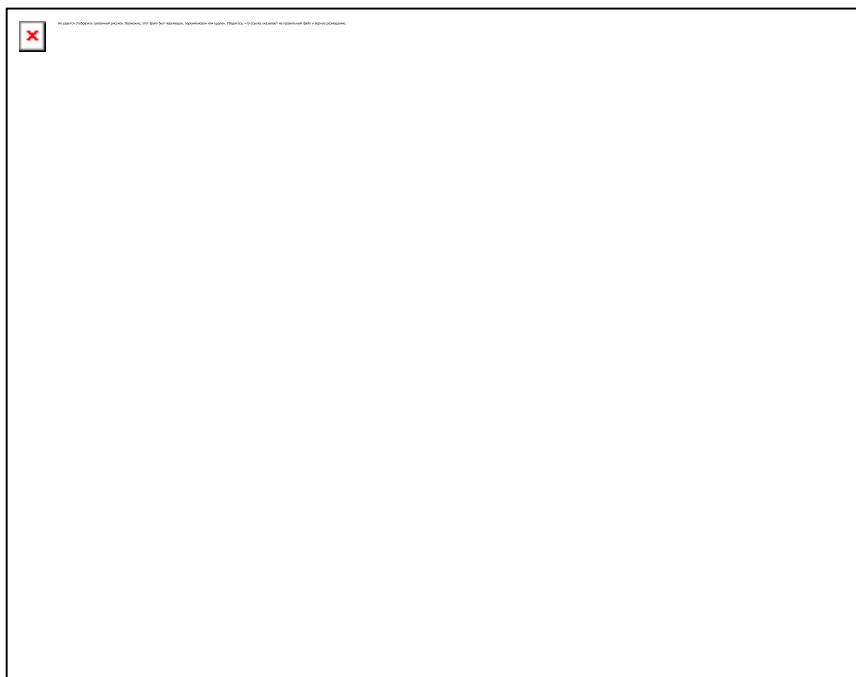
При перемещении подвижных блоков на расстояние h , груз опускается на $H = i \cdot h$ со скоростью

$$V_{гр} = i \cdot n \cdot V_{гц}$$

где $V_{гц}$ - скорость движения штока толкателя.

Расчет скоростного полиспаста аналогичен расчету силового.

**Блоки, звездочки и барабаны.
Назначение и конструкции блоков.**



Блоки применяют для отклонения направления канатов и цепей. Кроме того, они входят в состав полиспастов.

Трапецидальный профиль канавки обеспечивает возможность сбега каната под углом 20 градусов.

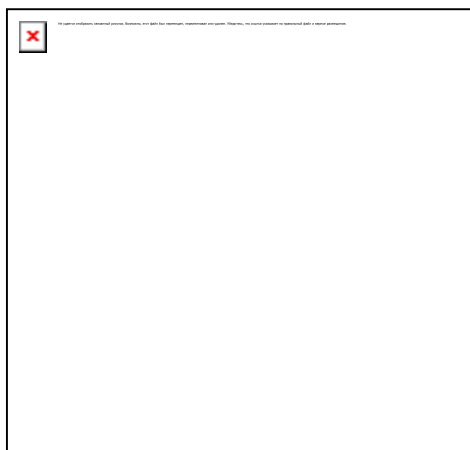
Блоки изготавливаются:

- литыми
 - а) из чугуна (марки не ниже СЧ 15-32),
 - б) из стали (марки не ниже 25ЛП);
- штампованными (сварными) из низкоуглеродистых сталей (не ниже марки ВСт 3сп).

Для улучшения работы внутреннюю поверхность ручья покрывают (футеруют) пластмассами, резиной, алюминием.

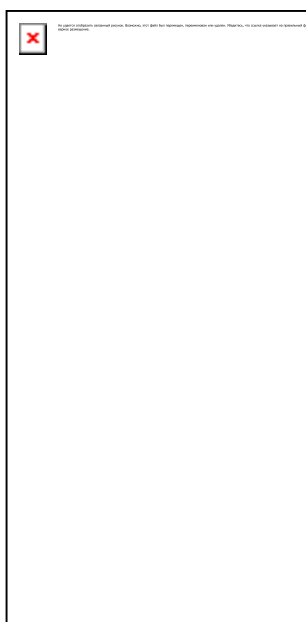


Для сварных цепей используются фасонные блоки.



Легкое вращение блока при окружной скорости до 300 м/мин обеспечивает запрессованная в ступице бронзовая или чугунная втулка. При большей скорости блок устанавливают на шариковых или роликовых подшипниках качения.

Звездочки.



Звездочки представляют собой блоки с фасонной поверхностью для работы со сварными и пластинчатыми цепями.

Для сварных калиброванных цепей применяют литые из стали и чугуна звездочки.

По сравнению с блоком уменьшается диаметр. Шейки выполняются плоскими и поэтому звенья цепи при работе не испытывают изгибающих напряжений.



Диаметр начальной окружности (по центру прутка из которого сделана цепь).



Для пластинчатых цепей звездочки делают литыми или из проката.



где t - шаг цепи, z - число зубьев звездочки.

Назначение и конструкции барабанов.

Барабаны предназначены для преобразования вращательного движения привода в поступательное перемещение груза. Кроме того барабаны служат и для собирания каната.

Обычно они цилиндрической формы, но иногда, когда для работы крана требуется постоянство момента (например, в механизме изменения вылета стрелы), т.е.

$$M = S_{\max} R_{\min} = S_{\min} R_{\max} = \text{const},$$

применяются барабаны конической формы.

Барабаны выполняются литыми из чугуна (не ниже марки СЧ 15-32) или из стали (не ниже 23ЛП), а так же сварными из стали (не ниже ВстЗсп).

По характеру навивки каната барабаны подразделяются на

- барабаны однослойной навивки,
- барабаны многослойной навивки.

Последние, из-за значительных деформаций каната в нижних слоях, целесообразно применять лишь при очень большой длине каната. Кроме того, каждый последующий слой укладывается с противоположным направлением навивки, что приводит к смятию и выпучиванию витков.

По форме рабочей поверхности различаются

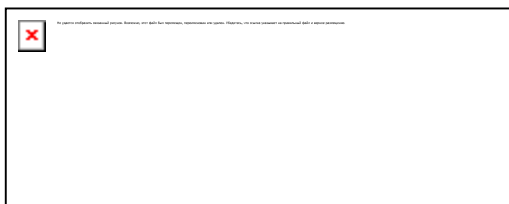
- гладкие барабаны
- барабаны с винтовой канавкой по обечайке (канавка способствует правильной укладке каната, а при его сматывании с барабана - увеличивает трение, что обеспечивает угол сбега каната с барабана до 6 градусов против 2 градусов на гладких барабанах.



Для однослойной навивки:

- шаг нарезки $t = d + (2...3)$ мм;
- радиус канавки $R = 0,54 d$.

По требованиям Госгортехнадзора бортики должны выступать над верхним слоем каната на величину не менее $2d$.



Канатоемкость барабана зависит от высоты подъема груза

$$L = H i n,$$

где L - рабочая длина каната;

H - наибольшая высота подъема груза; $i n$ - кратность полиспаста.

Число рабочих витков нарезки



На барабан дополнительно наматывается 1,5...3 витка, которые в процессе работы никогда не сматываются и служат для уменьшения нагрузки на точку закрепления каната.

Количество нарезанных витков на барабане

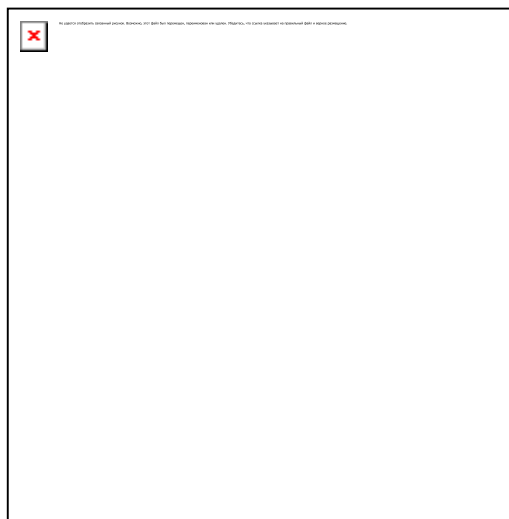


Длина нарезанной части барабана без учета нарезки, необходимой для закрепления каната на барабане (еще 1...3 витка - см. ниже)

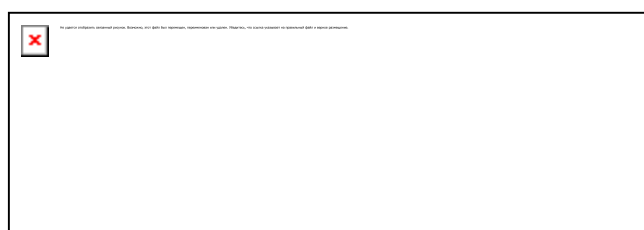
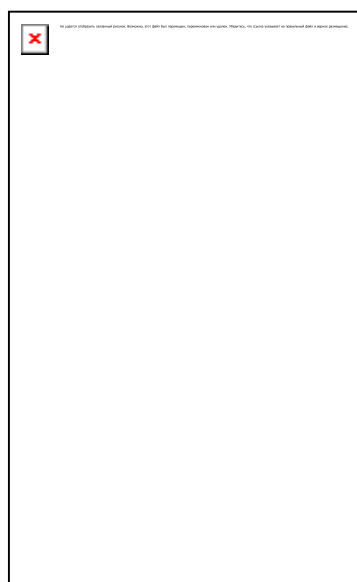


Для сдвоенного барабана длина не нарезной части b





Для нормальной работы канат не должен отклоняться от плоскости, проходящей через ось блока более, чем на угол γ , зависящий от формы ручья блока.



где $2\alpha = 60$ град, а γ принимают в расчетах для гладких барабанов 2 градуса, а для нарезных барабанов 6 градусов.

Минимальное расстояние h от направляющего блока до оси барабана:

• для гладких барабанов



• для нарезных барабанов



где l - длина рабочей части барабана.

Многослойная навивка увеличивает канатоемкость барабана. При z витках в k слоях длина каната в первом слое.



Общая длина каната во всех k слоях:



Так как навивка может быть неравномерной, вводят коэффициент $\Psi = 0,9$ и тогда



Канатоукладчики предназначены для предохранения каната:

- от смещения;
- от запутывания;
- от ослабления.

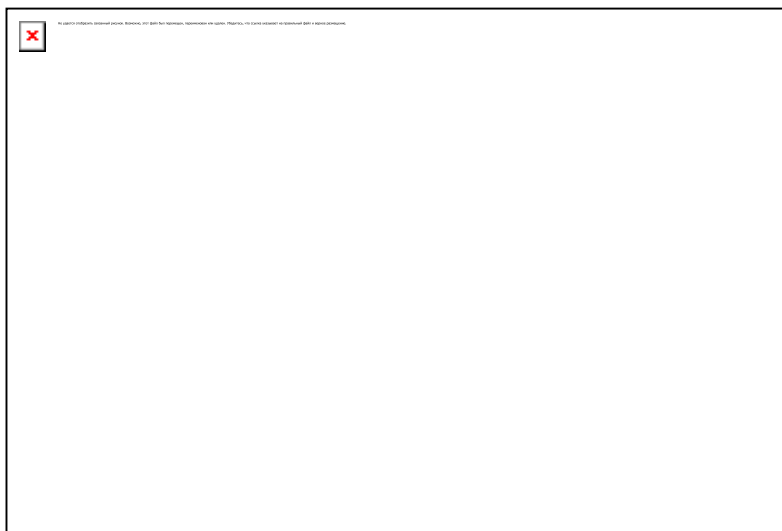


Схема канатоукладчика: 1 - барабан, 2 - привод канатоукладчика, 3 - ходовой винт с двусторонней резьбой, 4 - направляющая, 5 - канат, 6 - каретка.

Закрепление конца каната на барабане.

По требованиям Госгортехнадзора канат закрепляют:

- прижимными планками;
- клиновыми зажимами.

На планке должно быть не менее двух болтов, причем

- при диаметре каната d не более 31 мм ставят одну планку;
- при d более 31 мм ставят две планки.



Натяжение каната в точке А при полутора запасных витках



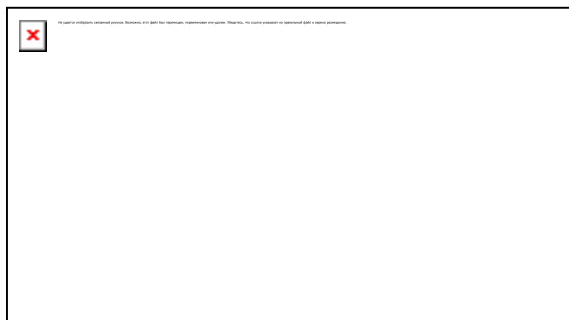
где $f = 0,1$ - минимальное значение коэффициента трения, $a=3r$ - минимальный

угол обхвата барабана неприкосновенными витками.

Шпили.

Они используются при необходимости обслуживания больших высот или глубин.

Барабан охватывается несколькими витками каната.



(обычно - руками).

Вес груза удерживается трением между барабаном и канатом. По формуле Эйлера



где f - коэффициент трения каната о поверхность барабана, а - угол обхвата барабана канатом.

Пример: Пусть $S_p = 100 \text{ Н} = 10 \text{ кГ}$ при четырех витках на барабане, тогда $S_0 = 10 (43,4...152,4) = 434...1524 \text{ кГ}$.

Поверхность шпиля делается вогнутой во избежание спадания каната.

Для сварных цепей барабаны делают гладкими или с винтовыми выступами и проточками.



Размеры барабанов для сварных цепей назначаются следующим образом:

• при ручном приводе

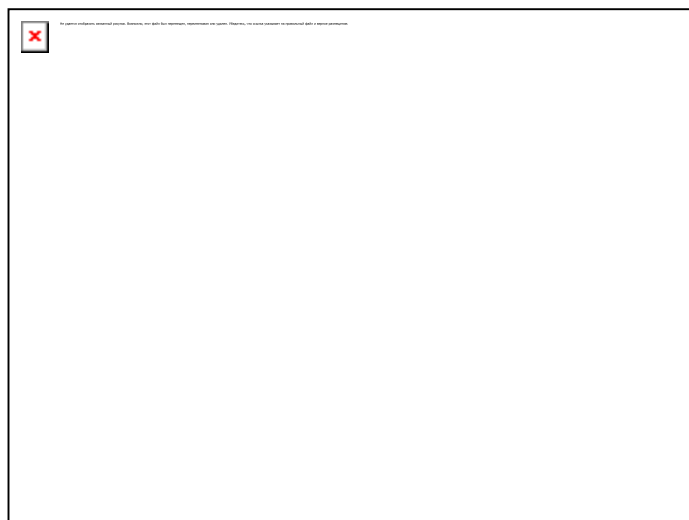


• при машинном приводе



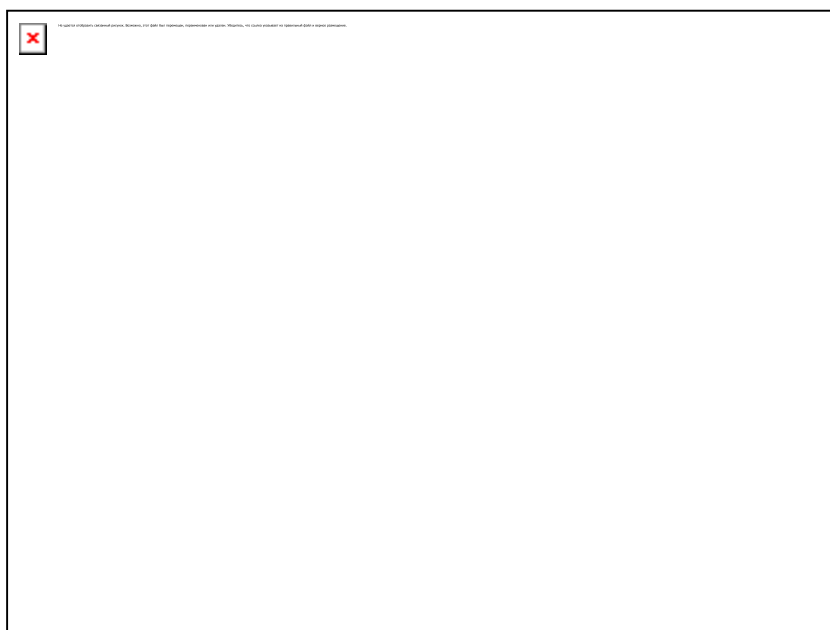
где D - диаметр барабана, а d - диаметр прутка цепи.

Тормозные и стопорные устройства ГПМ. Классификация.



Условия работы ГПМ требуют наличия устройств, обеспечивающих остановку механизма, удержание груза в определенном положении, а также перемещение исполнительного органа механизма с определенной скоростью.

Остановы для стопорения вращающихся валов. Храповой останов.





Останов служит для стопорения механизмов, скорость которых близка к нулю. Самостоятельно они не применяются, а входят в состав более сложных тормозных устройств. Обычно останов ставится на самом быстроходном валу привода.

Храповой останов состоит из собачки и храпового колеса.

Недостатки храпового останова:

- шум при переходе с одного зуба на другой;
- резкое возрастание нагрузки при стопорении (динамические нагрузки).

Борьба с динамическими нагрузками в момент стопорения сводится к установке по периметру нескольких собачек, смещенных на долю шага. Так, вход в зацепление на расстоянии $1/3$ шага при трех собачках снижает втрое динамические нагрузки.

Работа останова возможна при выполнении условия



тогда



и при $f = (0,25...0,3)$ угол α составит $14...20$ градусов.

Окружное усилие:



где D - внешний диаметр храпового колеса, z - число зубьев колеса, m - модуль зацепления храпового колеса, M_k - крутящий момент.

Ширина собачки B выбирается с запасом на неточность монтажа

$$B = b + (2...3) \text{ мм},$$

где b - ширина храпового колеса.

Зуб храпового колеса рассчитывают

- на смятие кромок,
- на изгиб,

а собачку

- на смятие кромок,
- на сжатие

• на изгиб.

Расчет контактирующих кромок на смятие производится по формуле



где q и $[q]$ - соответственно удельное давление и его допустимая величина [даН/см], P - окружное усилие [даН], b - ширина кромки зуба [см].

Параметры для расчета храпового соединения



Примечания. 1. Значения $[q]$ приведены для механизмов с ручным приводом и для легкого режима работы механизмов с машинным приводом. Для более напряженных режимов эти значения рекомендуется снижать на 25...30%. 2. Значения запасов прочности приведены для чугуна относительно предела прочности σ_B , а для сталей - относительно предела текучести σ_T . Из приведенных выше соотношений определяют величину модуля зацепления (проектный расчет)



Момент, изгибающий зуб



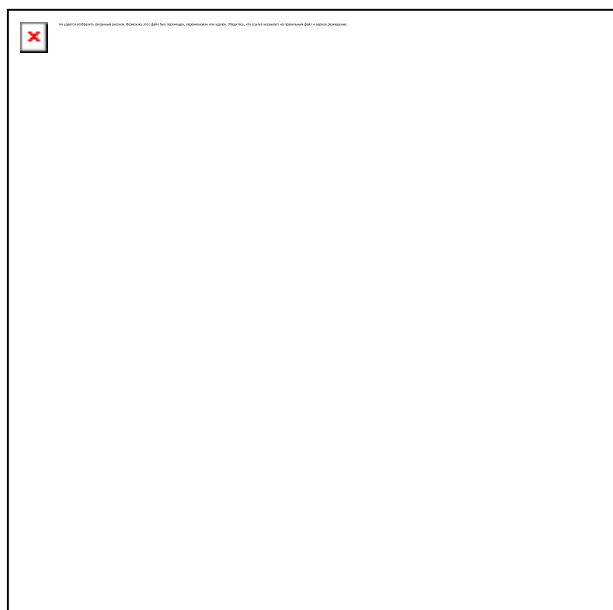
Момент сопротивления изгибу зуба (по схеме консольной балки)



Напряжения изгиба



Тогда модуль зацепления по условиям изгиба
 Сравнивая значения модуля зацепления по условию смятия (1) и по условию изгиба (2), выбирают наибольшее из них.
 Храповое колесо может быть выполнено с внутренним зацеплением



Зубья таких храповиков оказываются прочнее, так как здесь $a = 3m$, причем



Собачки изготавливаются, как правило, из стали 40Х.
 Собачка испытывает сжатие и изгиб. Напряжение в опасном сечении



Стопорные тормоза.

Они предназначены для остановки исполнительного элемента на определенном пути торможения и удержания его в данном положении при заданном запасе тормозного усилия.

К тормозам предъявляются следующие требования:

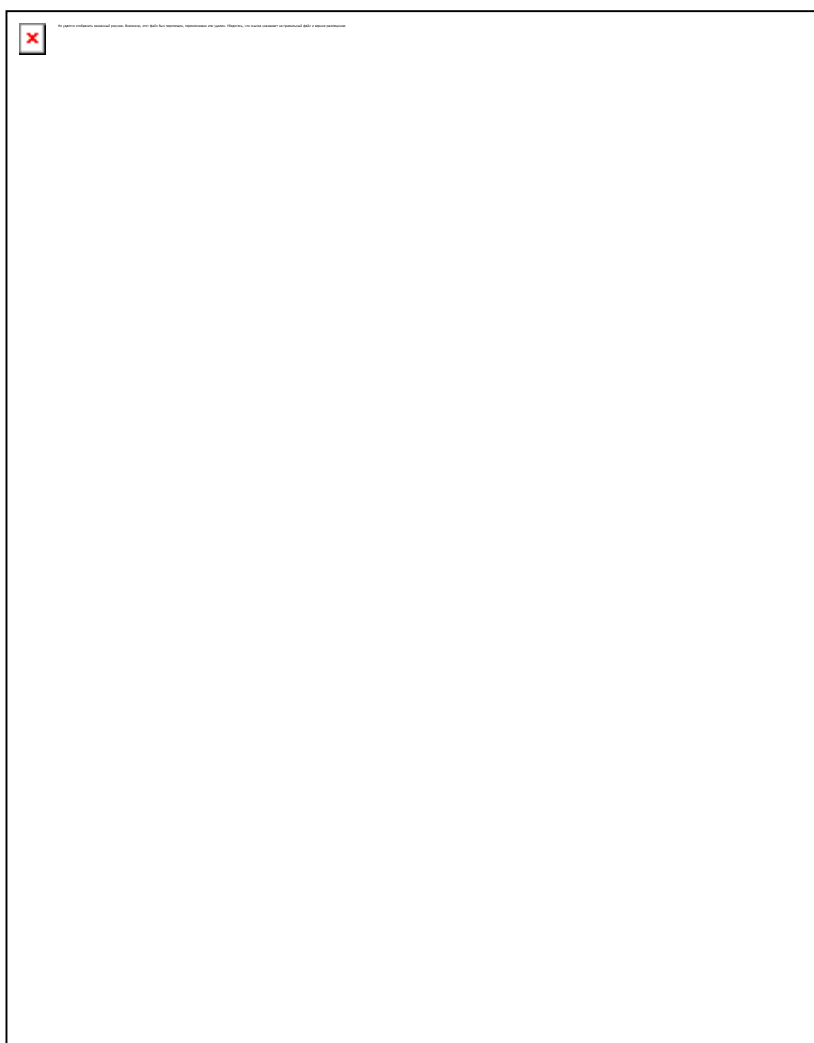
- соответствие тормозного момента заданным условиям работы;

- быстродействие;
- стабильность значения тормозного момента в различных условиях эксплуатации;
- высокая теплоотдача;
- минимальные габариты.

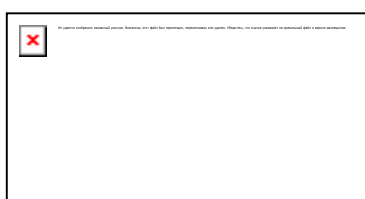
Классификация тормозов

а) по конструктивному исполнению

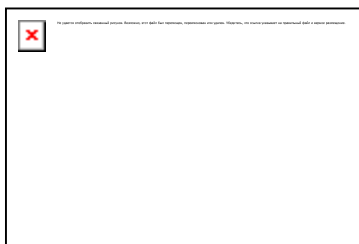
- Тормоза радиального нажатия



- Тормоза осевого нажатия
- дисковый тормоз



- конусный тормоз



б) по принципу действия:

- автоматические тормоза;
- управляемые с помощью педалей и рукоятей.

в) по характеру действия приводного усилия:

- нормальнозамкнутые с помощью пружины или груза;

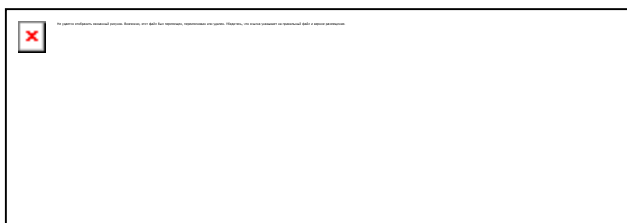
- нормальноразомкнутые.

г) по типу привода или способу создания замыкающего (размыкающего) усилия:

- механический;
- гидравлический;
- пневматический;
- электрический (на основе:

- коротко-или длинноходовых электромагнитов переменного или постоянного тока,
- однофазных или двухфазных серводвигателей,
- электрогидравлических толкателей).

Для обеспечения долговечности трущихся поверхностей, увеличения надежности и повышения эффективности, рабочие элементы тормозов снабжаются специальными тормозными накладками, которые изготавливаются из термо- и износостойких материалов с большим коэффициентом трения:



Тормозные накладки из этих материалов работают в паре со стальными и чугунными шкивами.

Колодочные тормоза.

Колодочные тормоза - наиболее часто применяемая в ГПМ конструкция тормозов.

а) Одноколодочный тормоз



Условие торможения: тормозной момент T_t должен быть больше момента T_{db} , развиваемого электродвигателем



где F_n - нормальная сила контактного давления, f - коэффициент трения, D - диаметр тормозного шкива.

Тогда необходимое усилие нажатия колодки



Необходимая замыкающая сила находится из условия равновесия рычага



где знак "+" соответствует направлению вращения шкива, указанному на рисунке стрелкой, а знак "-" - противоположному.

Значит у одноколодочного тормоза тормозной момент зависит от направления вращения шкива. Такие тормоза называются тормозами одностороннего

действия.

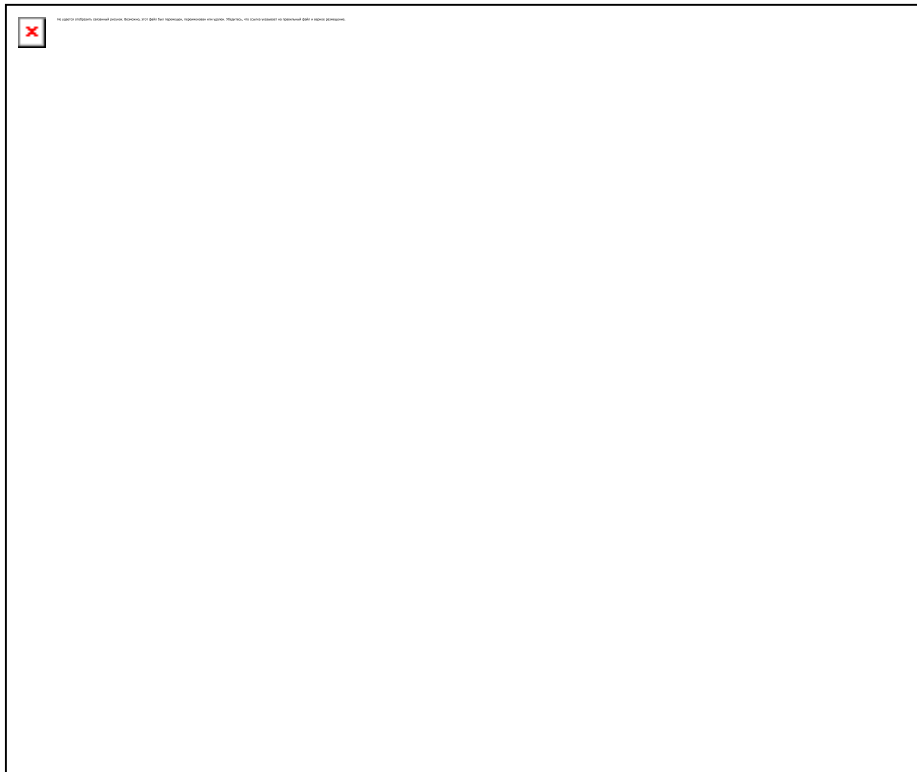
Если в выражении для замыкающей силы перед произведением f_s стоит знак "+", то тормоз называется суммирующим, а если знак "-", то дифференциальным.

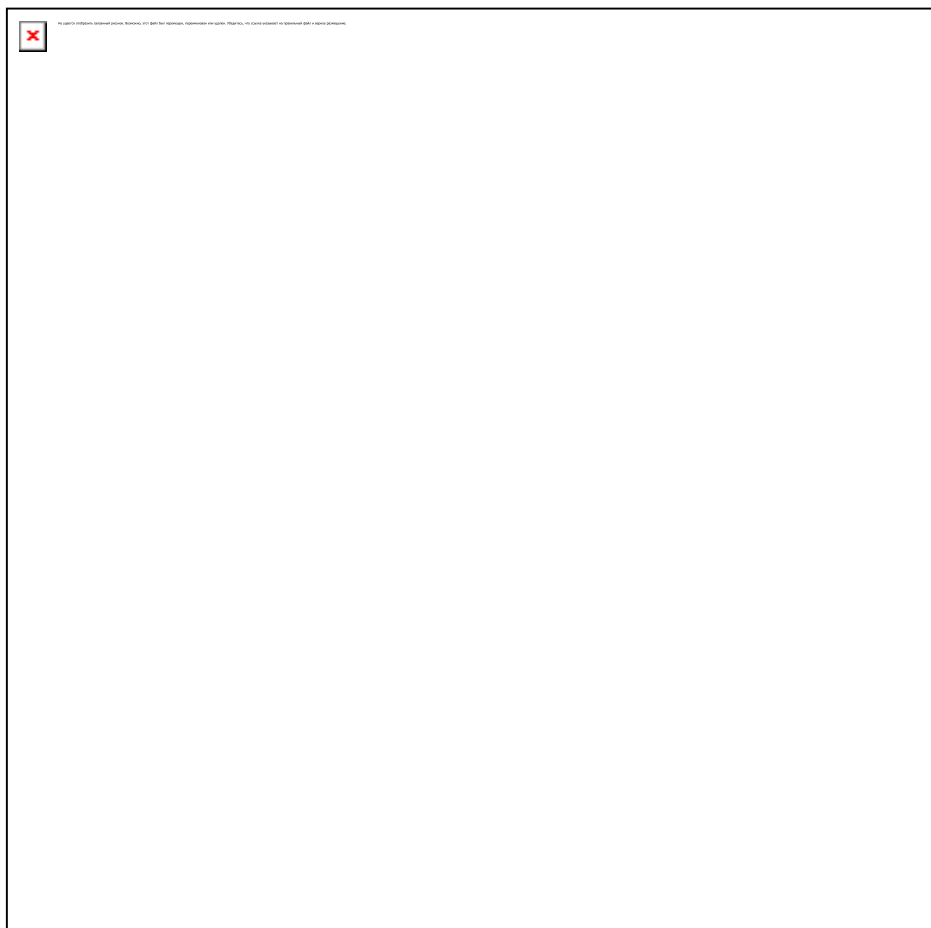
Если у дифференциального тормоза $f_s > a$, то тормоз будет самозатягивающимся и непригодным к работе.

Если в одноколодочном тормозе конструктивно обеспечить $c=0$, то он становится тормозом двустороннего действия.

Основной недостаток одноколодочного тормоза состоит в создании на вал шкива изгибающего усилия.

б) Двухколодочный тормоз





Двухколодочные тормоза наиболее распространены благодаря высокой надежности и минимальному нагружению тормозного шкива. Замыкание в таких тормозах осуществляется предварительно сжатой пружиной, а размыкание - электромагнитом.

Из уравнений моментов относительно точек O_1 и O_2 имеем



отсюда следует, что



и износ тормозных накладок будет различен. Нормальные контактные усилия на колодках относятся как



Тормозной момент, создаваемый силами трения



Подставляя в выражение для тормозного момента соотношение между контактными усилиями, получаем



Для повышения стабильности работы тормоза конструктивно обеспечивают усилие замыкающей пружины на 10...15% больше его расчетной величины, т.е.
 $F_{np\ max} = (1,1...1,15) F_{np}$.

Недостаток, связанный с различием F_{n1} и F_{n2} , можно исключить конструктивно, обеспечив $s = 0$.

Тогда $F_{n1} = F_{n2} = F_n$

$T_t = F_n f D$

$F_n = T_t / f D$.

Найдем минимальный диаметр шкива из следующего условия: давление на фрикционных накладках не должно превышать заданного уровня



где b и l - ширина и длина тормозной колодки соответственно.



Формула проверочного расчета двухколодочного тормоза

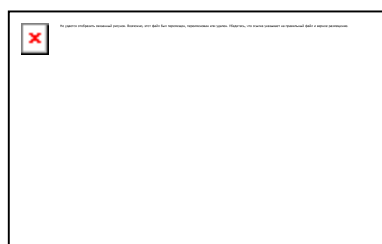


соответствует случаю наибольшего значения нормального давления (на правой колодке). В проектном расчете задаются

- относительной длиной колодки



что соответствует рекомендуемому по условию охлаждения углу обхвата колодкой шкива $2\alpha = 60...110$ градусов.



- конструктивным соотношением



Тогда формула проектного расчета двухколодного тормоза имеет вид



Двухколодный тормоз является тормозом двустороннего действия. При этом он практически не нагружает опоры тормозного шкива.

Ленточные тормоза.

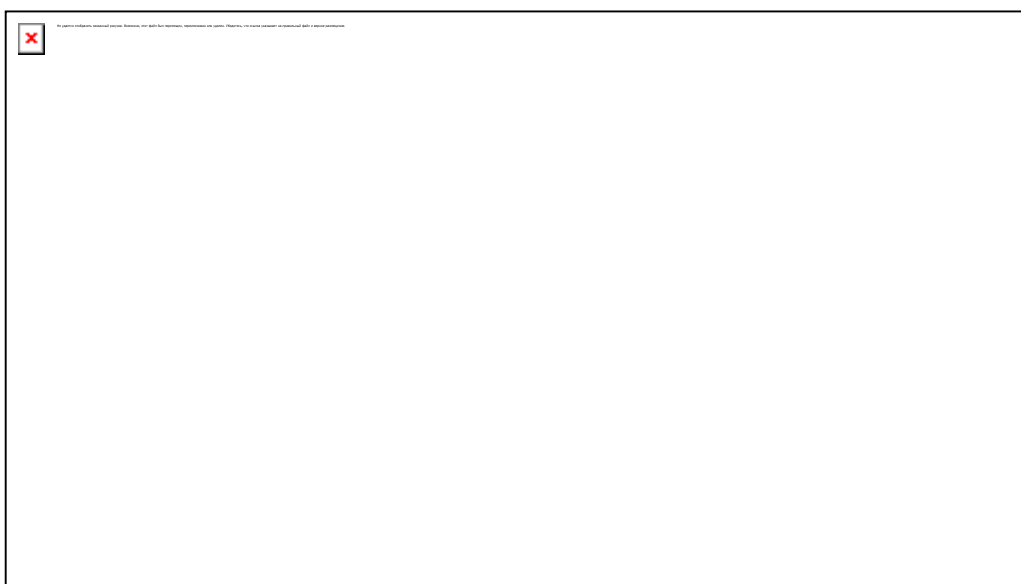
В них торможение осуществляется трением стальной ленты о стальной шкив. Ленточные тормоза малогабаритны, создают значительный тормозной момент, просты по конструкции.

Недостатки ленточных тормозов:

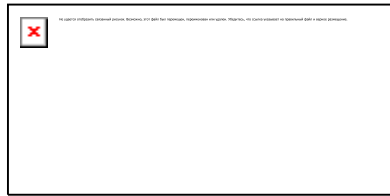
- значительная односторонняя сила, изгибающая тормозной вал;
- неравномерное распределение давления и износа по дуге обхвата.

Ленточные тормоза обычно устанавливают на быстроходных валах.

$\alpha = 200 \dots 270$ град. - угол обхвата



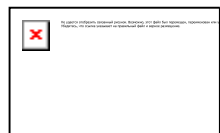
Основные нагрузочные соотношения ленточного тормоза



Решая эти уравнения совместно, находим натяжение ветвей



Можно показать, что давление на ленте равно



где F - усилие натяжения ленты, b - ширина ленты, D - диаметр шкива.
Так как усилие натяжения в набегающей ветви ленты - наибольшее, то
максимальное давление на ленте (проверочный расчет)



Отсюда



Считая $b = \psi \cdot 3 D$ (где $\psi = 0,33 \dots 0,5$), можно получить формулу для минимального
диаметра шкива, удовлетворяющего условию $p = [p]$

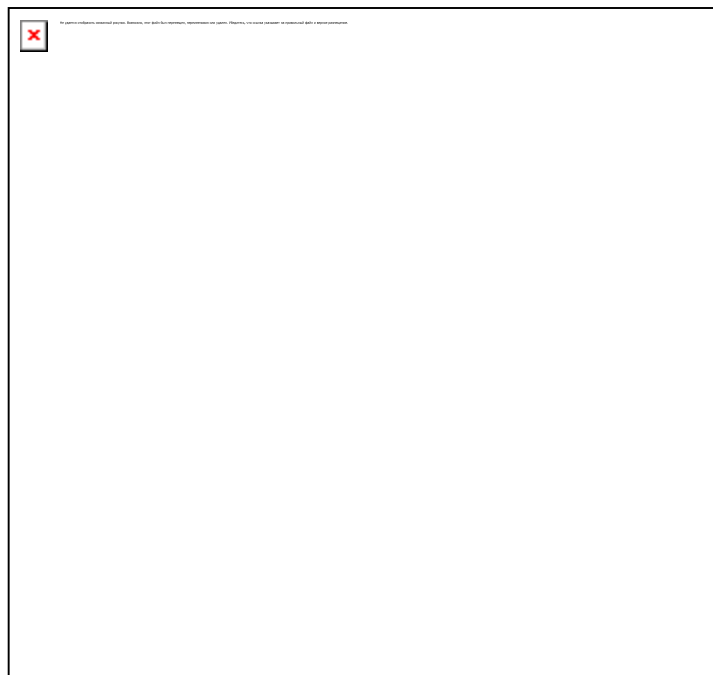


Это формула проектного расчета ленточного тормоза.

Типы ленточных тормозов.

Они различаются способом присоединения концов ленты к рычагу приводного механизма.

а) простой ленточный тормоз



Конец набегающей ленты крепится в шарнире рычага (точка О).
Необходимая сила замыкания при вращении шкива по часовой стрелке



где $n = 0,9...0,95$ - КПД рычажной системы тормоза.

При обратном направлении вращения набегающая и сбегающая ветви
меняются местами, поэтому



Таким образом при одном и том же тормозном моменте смена направления
движения приводит к необходимости изменения замыкающей силы

в  раз.

б) дифференциальный ленточный тормоз

Концы ленты крепятся по разные стороны и на разных расстояниях от шарнира рычага.



Сила замыкания дифференциального тормоза при вращении шкива по часовой стрелке



Во избежание самозатягивания (торможение без приложения замыкающей

силы G) надо выполнить условие

Обычно принимают $a = (2,5...3) b$.

При противоположном направлении вращения шкива

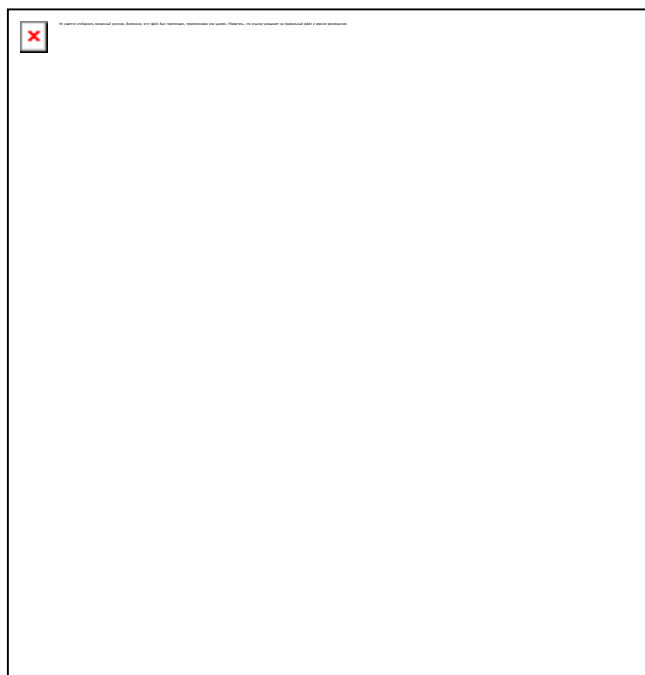


т.е. в этом случае требуется гораздо большее усилие замыкания.

Следовательно простой и дифференциальный ленточные тормоза являются тормозами одностороннего действия

$$a_1 = a_2 = a$$

Из условия равновесия рычага получим значение замыкающей силы



Для суммирующего тормоза величина замыкающей силы больше, чем у первых двух типов ленточных тормозов, но зато этот тормоз равноэффективен при любом направлении вращения шкива.

Тормоза осевого нажатия.

а) дисковые тормоза



Дисковые тормоза замыкаются пружинами, а размыкаются (Гразм) тарельчатыми электромагнитами, гидравлическими или пневматическими толкателями (не показаны).

Рассмотрим элементарную площадку, ограниченную db , r и dr .



При давлении между дисками p , сила, действующая на элементарную площадку

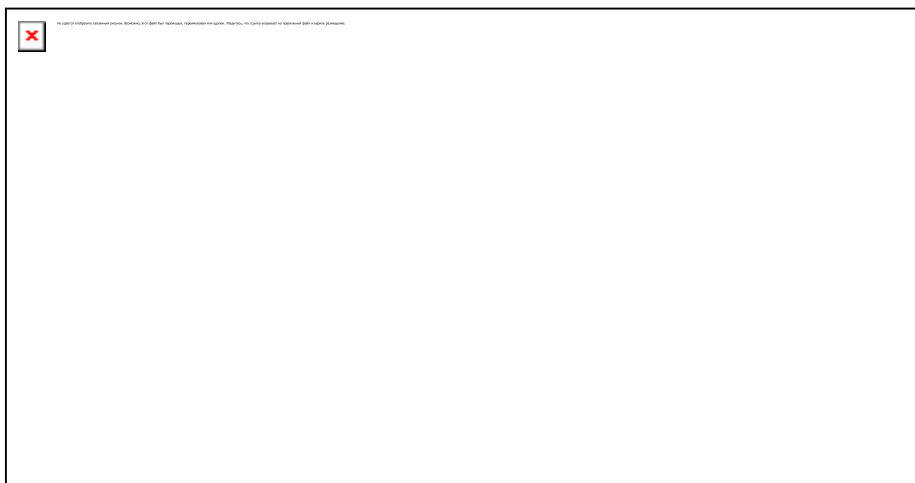
$$dP = p r db dr$$

Элементарная сила трения

$$dF = f dP \text{ где } f - \text{коэффициент трения.}$$

$$\text{Элементарный момент трения } dM_{\text{тр}} = r dF$$

Полный момент трения



где z - число соприкасающихся поверхностей.
 Необходимое усилие нажатия, создаваемое пружиной



Допустимое сжатие пружины



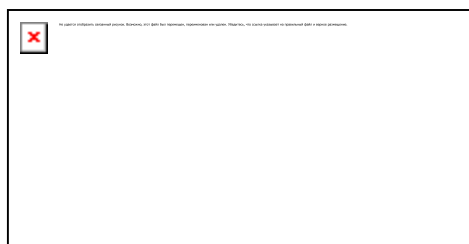
где $E = 0,5...1$ мм - допустимый зазор между поверхностями трения.

Преимущества дисковых тормозов:

- значительно большая, чем у других типов тормозов поверхность трения, следовательно меньшие замыкающие усилия, габариты, износ тормозных накладок;
 - динамическая уравновешенность конструкции тормоза;
 - возможность развивать тормозной момент независимо от направления вращения;
 - равномерный износ тормозных накладок;
 - температурные расширения не влияют на качество прилегания тормозных поверхностей.
- б) конусные тормоза



Тормозной момент

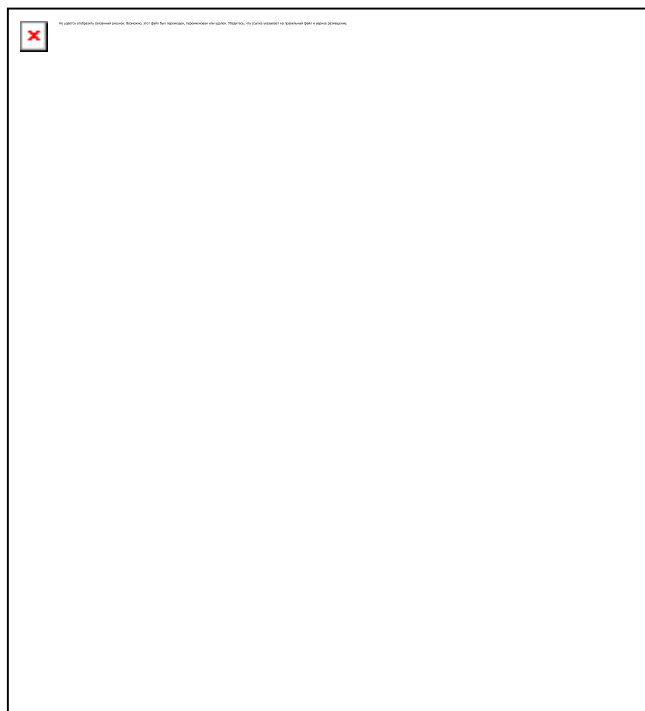


Проверочный расчет тормоза производится исходя из условия неразрушения тормозной поверхности



Тормоза, замыкаемые весом груза (грузоупорные тормоза)

В таких тормозах развиваемый тормозной момент пропорционален весу поднимаемого груза.



1 - тормозная полумуфта, 2 - храповое колесо, 3 - муфта-шестерня

Тормозная полумуфта 1 установлена на приводном валу с помощью шпонки, храповое колесо 2 свободно сидит на валу, муфташестерня 3 посажена на резьбе.

При подъеме груза муфта-шестерня 3, перемещаясь по винту, прижимает храповое колесо 2 к тормозной полумуфте 1. Если подъем заканчивается, груз удерживается собачкой и зажатый диск храпового колеса 2. При опускании груза муфта-шестерня 3, смещаясь по винту, освобождает храповое колесо 2 и происходит свободное опускание груза до тех пор, пока угловая скорость вала не превысит угловую скорость муфты -шестерни 3, которая начнет смещаться по резьбе и замкнет дисковый тормоз, вследствие чего опускание прекратится.

Момент тормоза на тормозном ва-лу

$$M = M_{тр1} + M_{тр2},$$

где $M_{тр1}$ - момент трения дисков, $M_{тр2}$ - момент трения в винтовой паре. При этом

$$M_{тр1} = N \cdot f \cdot k \cdot D_{ср} / 2,$$

где N - осевая сила, f - коэффициент трения рабочих поверхностей дисков, k - число поверхностей трения, $D_{ср}$ - средний диаметр поверхностей трения;

$$M_{тр2} = N r_o \cdot \operatorname{tg} \gamma$$

где r_o - средний радиус резьбы, γ - угол трения винтовой пары.

Момент трения должен быть больше крутящего момента, развиваемого двигателем - тогда возможно стопорение механизма:

$$M_{тр} = \beta \cdot M_{кр},$$

где $\beta > 1$ - коэффициент запаса.

Следовательно

$$M_{тр} = N(0,5 \cdot k \cdot f \cdot D_{ср} + r_0 \cdot tgr)$$

Крутящий момент связан с силой в винтовой паре зависимостью

✖

Тогда

✖

откуда получаем формулу проектно-го расчета такого тормоза

✖

где α - угол подъема винтовой ли-нии.

Тормоза-регуляторы скорости.

При некотором заданном значении скорости у таких тормозов (под действием центробежной силы) отклоняются грузы и тем самым обеспечивается торможение привода.



Центробежная сила, раздвигающая грузы



где z - количество грузов, n - частота вращения [об/мин], m - масса грузов [кг],
 r - радиус расположения грузов.

Сила, сжимающая диски



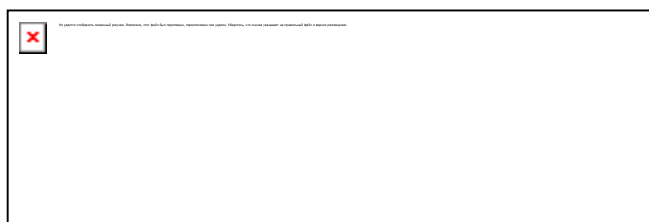
где a и d - плечи рычага.

Момент трения, развиваемый тормозом



где S - сила, необходимого поджатия пружины, $r_{ср}$ - средний эффективный радиус торможения, k - количество соприкасающихся поверхностей.

Необходимая сила поджатия пружины определяется из условия, что-бы при заданном числе оборотов по



откуда



Недостатком этого тормоза является зависимость частоты вращения вала n от $M_{тр}$.

Лекция 4. Metalлоконструкции грузоподъемных машин.

В результате изучения темы обучающийся должен иметь представление: об основных металлоконструкциях грузоподъемных машин;

знать: основные требования к выбору материалов для изготовления металлоконструкций грузоподъемных машин; основы расчета металлоконструкции грузоподъемных машин, правила обеспечения безопасных условий эксплуатации грузоподъемных машин.

На металлических конструкциях монтируют механизмы и другие элементы ГПМ. На изготовление металлоконструкций расходуют большое количество металла. От свойств металлоконструкции зависит работоспособность отдельных механизмов и ГПМ в целом.

§1. Типы металлоконструкций.

Различают металлоконструкции балочного, ферменного и смешанного типов.

1. Металлоконструкции балочного типа (балки).

Работают, в основном, на изгиб. Примеры балочных металлоконструкций представлены на рис.9.1.

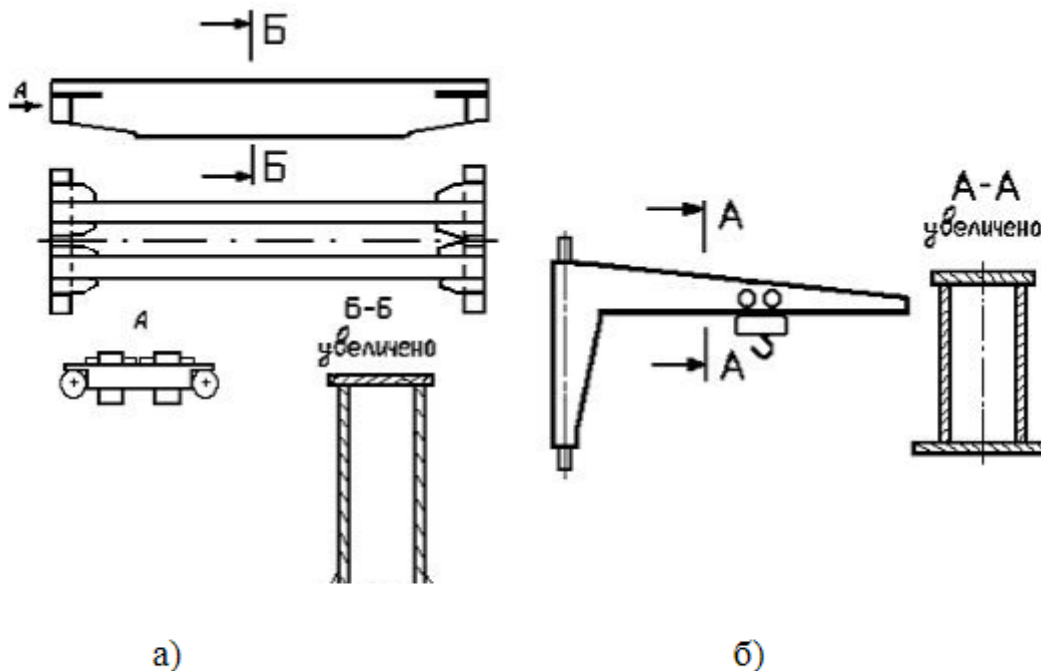


Рис.9.1. Балочные металлоконструкции: а) кран мостового типа;
б) настенный поворотный кран.

Балки выполняют:

а) из одного прокатного профиля (рис.9.2,а); б) составными из прокатных или гнутых профилей и листов

(рис.9.2,б)

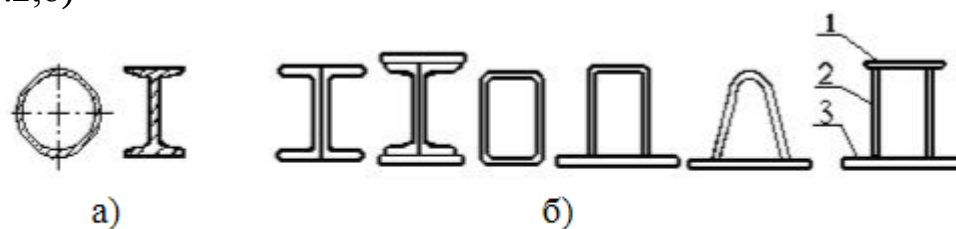


Рис.9.2. Примеры конструкций балок. 1-верхний пояс;
2-боковая стенка; 3-нижний пояс.

Балочные металлоконструкции дешевле, технологичнее и надежнее ферменных, но тяжелее.

Балки применяют:

- 1) в металлоконструкциях малых и средних размеров, когда увеличение веса еще невелико;
- 2) при серийном производстве, требовательном к технологичности;
- 3) при напряженных режимах эксплуатации.

Существует тенденция к расширению применения балок.

2. Металлоконструкции ферменного типа (фермы).

Состоят из стержней, нагруженных осевой силой. Примеры ферменных металлоконструкций представлены на рис. 9.3.

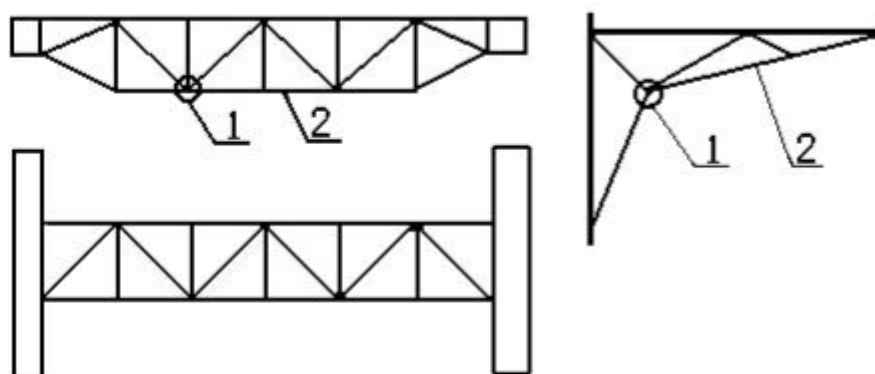


Рис.9.3. Ферменные металлоконструкции:

а) кран мостового типа; б) настенный поворотный кран.

1- узел; 2-стержень.

Стержни выполняют из прокатных или гнутых профилей и листов (рис. 9.4):

а) из одного элемента (рис.9.4,а), б) составными (рис.9.4,б).

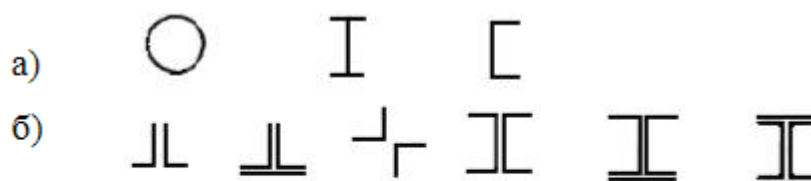


Рис.9.4. Примеры конструкций стержней ферм.

Узел – место, где сходятся два или более стержней. Конструкция узла зависит от конструкции стержня и числа стержней, сходящихся в узле (рис.9.5).

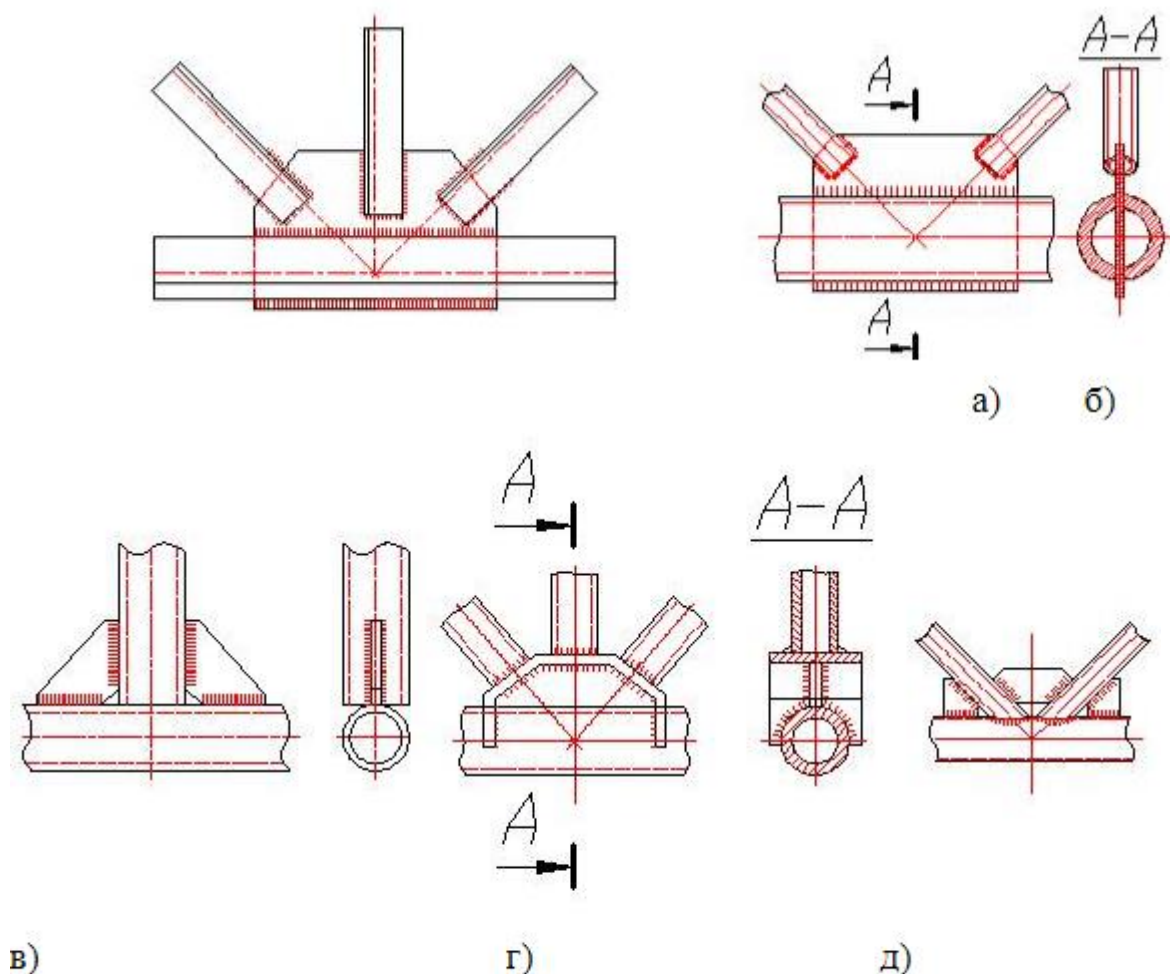


Рис.9.5.Примеры конструкций узлов ферм.

Основные правила конструирования ферм.

1. Поперечные сечения стержней желательно выполнять симметричными.
2. Силу к стержню прикладывают по центру тяжести его поперечного сечения,
3. Продольные оси стержней, сходящихся в узле, должны пересекаться в одной точке,
4. Если стержень выполнен из не соприкасающихся между собой элементов, то их соединяют пластинами (рис.9.6).

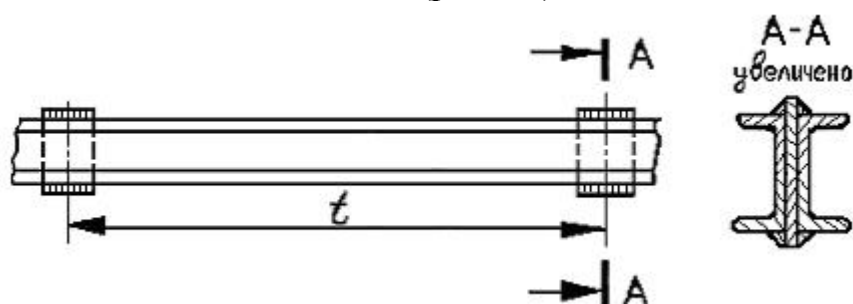
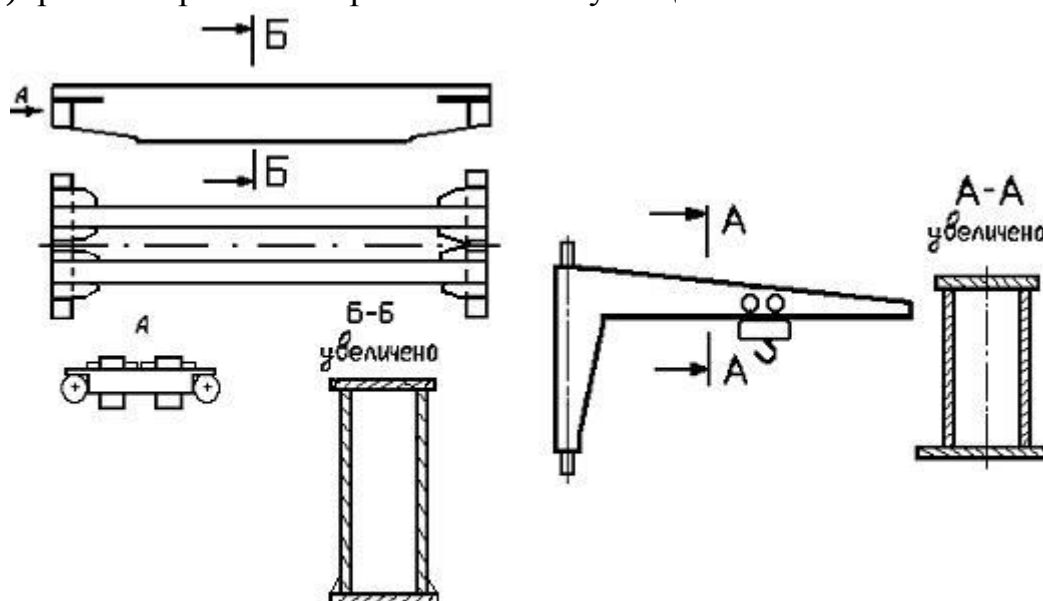


Рисунок 9.6

Шаг t пластин определяют из условия устойчивости стержня. Ферменные металлоконструкции легче балочных и в них

меньше время затухания колебаний. Фермы применяют:

- 1) в металлоконструкциях средних и больших размеров;
- 2) при единичном производстве;
- 3) при ненапряженных режимах эксплуатации.



Глава 9. Металлические конструкции грузоподъемных машин.

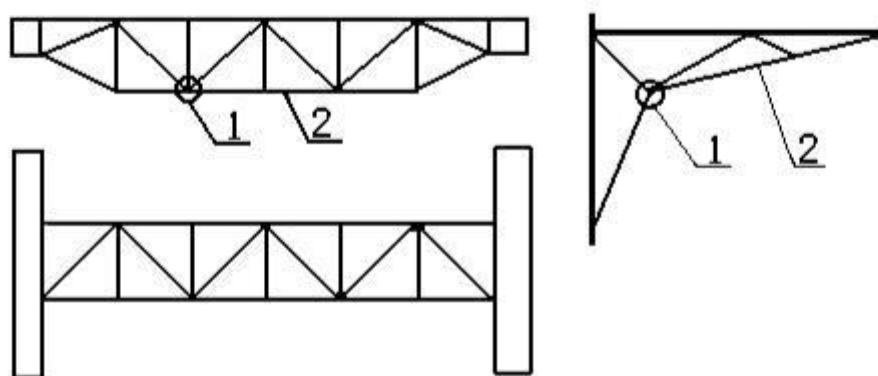
На металлических конструкциях монтируют механизмы и другие элементы ГПМ. На изготовление металлоконструкций расходуют большое количество металла. От свойств металлоконструкции зависит работоспособность отдельных механизмов и ГПМ в целом.

§1. Типы металлоконструкций.

Различают металлоконструкции балочного, ферменного и смешанного типов.

1. Металлоконструкции балочного типа (балки).

Работают, в основном, на изгиб. Примеры балочных металлоконструкций представлены на рис.9.1.



Технологические грузоподъемные машины.

95

а)

б)

Рис.9.1. Балочные металлоконструкции: а) кран мостового типа; б) настенный поворотный кран.

Балки выполняют:

а) из одного прокатного профиля (рис.9.2,а); б) составными из прокатных или гнутых профилей и листов (рис.9.2,б)

а) б)

Рис.9.2. Примеры конструкций балок. 1-верхний пояс;
2-боковая стенка; 3-нижний пояс.

Балочные металлоконструкции дешевле, технологичнее и надежнее ферменных, но тяжелее.

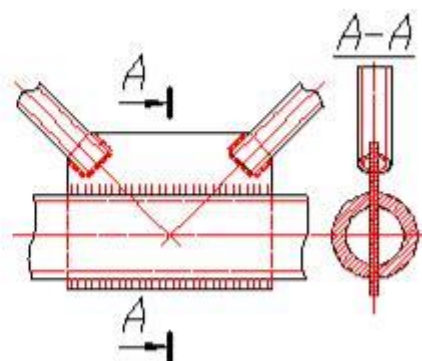
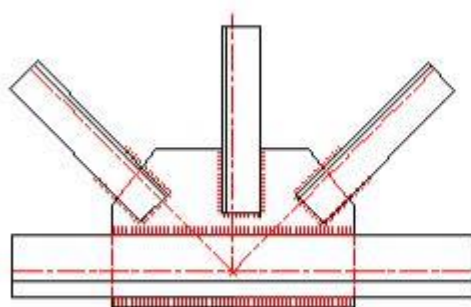
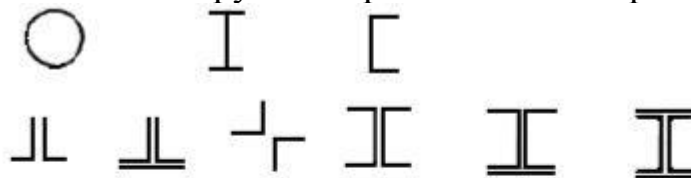
Балки применяют:

- 1) в металлоконструкциях малых и средних размеров, когда увеличение веса еще невелико;
- 2) при серийном производстве, требовательном к технологичности;
- 3) при напряженных режимах эксплуатации.

Существует тенденция к расширению применения балок.

2. Металлоконструкции ферменного типа (фермы).

Состоят из стержней, нагруженных осевой силой. Примеры ферменных металлоконструкций представлены на рис. 9.3.



а) б)

Рис.9.3. Ферменные металлоконструкции:

а) кран мостового типа; б) настенный поворотный кран. 1- узел; 2-стержень.

Стержни выполняют из прокатных или гнутых профилей и листов (рис. 9.4):

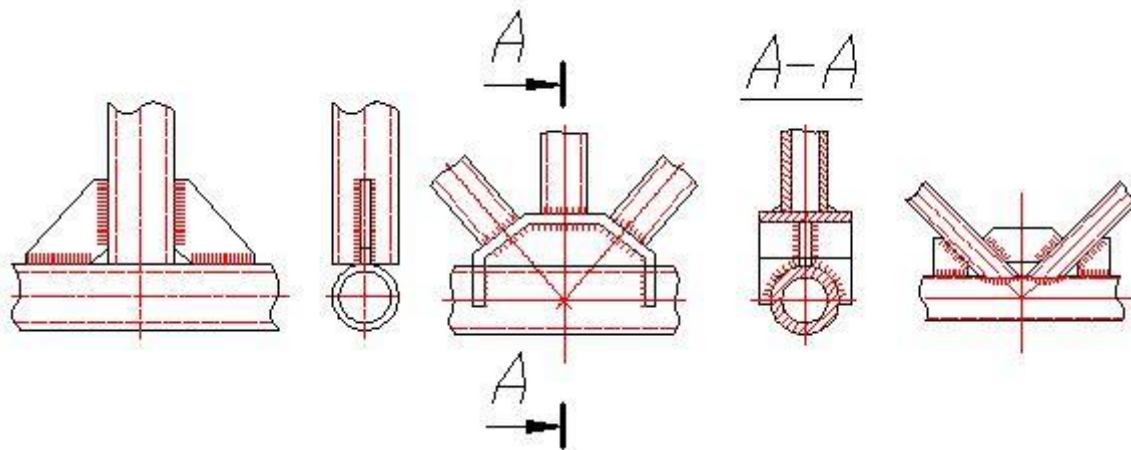
а) из одного элемента (рис.9.4,а), б) составными (рис.9.4,б).

а)

б)

Рис.9.4. Примеры конструкций стержней ферм.

Узел – место, где сходятся два или более стержней. Конструкция узла зависит от конструкции стержня и числа стержней, сходящихся в узле (рис.9.5).



Технологические грузоподъемные машины.

а)

в)

г)

д)

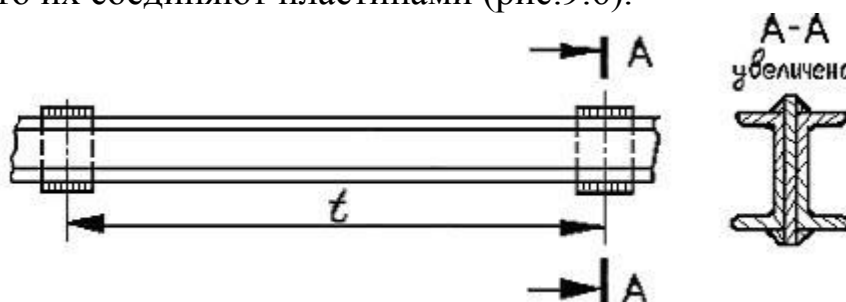
б)

Рис.9.5.Примеры конструкций узлов ферм.

Основные правила конструирования ферм.

1. Поперечные сечения стержней желательно выполнять симметричными.

2. Силу к стержню прикладывают по центру тяжести его поперечного сечения,
3. Продольные оси стержней, сходящихся в узле, должны пересекаться в одной точке,
4. Если стержень выполнен из не соприкасающихся между собой элементов, то их соединяют пластинами (рис.9.6).



Технологические грузоподъемные машины.

98

Рис 9.6.

Шаг t пластин определяют из условия устойчивости стержня. Ферменные металлоконструкции легче балочных и в них

меньше время затухания колебаний. Фермы применяют:

- 1) в металлоконструкциях средних и больших размеров;
- 2) при единичном производстве;
- 3) при ненапряженных режимах эксплуатации.

3.Металлоконструкции смешанного типа.

Металлоконструкции смешанного типа включают ферменные и балочные элементы. Пример металлоконструкции смешанного типа настенного поворотного крана приведен на рис.9.7.

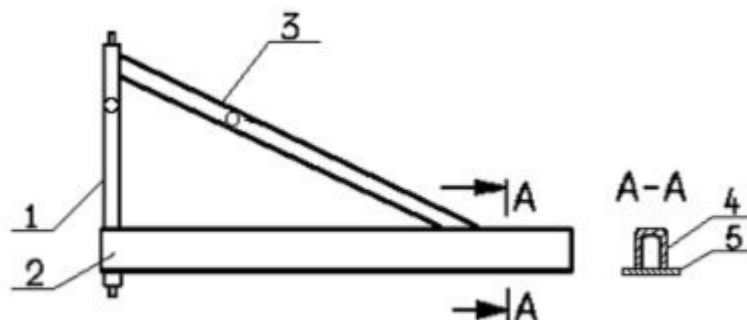


Рис.9.7.1- колонна (труба); 2 – стрела балочного типа; 3 – оттяжка (труба); 4 – гнутый П-образный профиль; 5 – нижний пояс балки (лист, полоса).

Материалы и сортамент.

Металлоконструкции ГПМ изготавливают, в основном, из стали марки Ст3. Углеродистые стали обыкновенного качества, к которым относится сталь марки Ст3 подразделяют на три группы:

А – стали, поставляемые по механическим свойствам; Б – стали, поставляемые по химическому составу;

В– стали, поставляемые по механическим свойствам и химическому составу.

Для сварных крановых металлоконструкций применяют, в основном, сталь ВСт3.

Различают углеродистые стали обыкновенного качества: спокойную (сп), полуспокойную (пс) и кипящую (кп).

Для несущих элементов применяют стали Ст3сп или Ст3пс. Сталь Ст3кп применяют для вспомогательных элементов (лестницы, перила, настилы, ограждения, кожухи и т.п.).

Главные элементы выполняют из труб, гнутых профилей и листов.

Строительный прокат (уголки, швеллера и др.) применяют, в основном, для рам.

В качестве рельсов для талей и подвесных кранов применяют нижние полки двутавровых балок и нижние пояса сварных балок.

Низколегированные стали могут оказаться целесообразными при $F_Q > 500$ кН.

Лекция 5. Основные критерии выбора вида и типа транспортирующих машин.

В результате изучения темы обучающийся должен иметь представление: об основных критериях выбора типа транспортирующих машин;

знать: основные виды и типы транспортирующих машин; факторы влияющие на выбор транспортирующих машин.

Транспортирующие машины имеют конструктивные особенности и различаются:

- по способу передачи перемещаемому грузу движущей силы:
 - действующие при помощи механического привода;
 - самотечные устройства, в которых груз перемещается под действием собственной силы тяжести;
 - устройства пневматического и гидравлического транспорта, в которых движущей силой является поток воздуха или струя воды.
- по характеру приложения движущей силы и конструкции: с тяговым элементом (лентой, цепью, канатом); без тягового элемента;
- по роду перемещаемых грузов: для насыпных и для штучных грузов;
- по направлению и трассе перемещения грузов:
 - вертикально замкнутые, трасса которых располагается в вертикальной плоскости и перемещают грузы по трассе, состоящей из одного или нескольких прямолинейных отрезков;
 - горизонтально замкнутые, которые располагаются в одной горизонтальной плоскости на одном горизонтальном уровне по замкнутой трассе;
 - пространственные, которые перемещают грузы по сложной пространственной трассе с горизонтальными, наклонными и вертикальными участками.

По характеру движения грузонесущего (рабочего) элемента различают конвейеры с непрерывным движением; с периодическим (пульсирующим) движением (поступательное, возвратно-поступательное, вращательное, колебательное).

По назначению и положению на производственной площадке различают конвейеры:

- стационарные;
- подвижные распределительные с собственным попеременно возвратным фиксированным движением (челноковые);
- переставные, переносные, передвижные.

Существуют следующие способы перемещения грузов:

- на непрерывно движущемся несущем элементе в виде сплошной ленты или настила (ленточные, пластинчатые, цепенесущие конвейеры);

- в непрерывно движущихся рабочих элементах в виде ковшей, коробов, подвесок, тележек и т.д. (ковшовые, подвесные, тележечные, люлочные конвейеры, эскалаторы, элеваторы);
- волочением по неподвижному желобу или трубе непрерывно движущимися скребками (скребковые конвейеры);
- волочением (проталкиванием) по неподвижному желобу вращающимися винтовыми лопастями (винтовые конвейеры);
- пересыпанием и продольным перемещением во вращающейся трубе – гладкой или с винтовыми лопастями (вращающиеся, транспортирующие трубы);
- скольжением под действием сил инерции или перемещением микробросками по колеблющемуся желобу или трубе (качающиеся инерционные и вибрационные конвейеры);
- на колесах или на тележках по путям, уложенным на полу помещения вне конструкции конвейера (грузоведущие конвейеры);
- поступательный перенос на отдельные фиксированные участки по длине (шагающие конвейеры);
- в закрытой трубе непрерывным потоком во взвешенном состоянии в струе движущегося воздуха или отдельными порциями под действием струи воздуха (установки пневматического транспорта, пневмопочта, пневмоконтейнеры);
- в желобе или трубе под действием струи воды (установки гидравлического транспорта).

Основные критерии выбора типа транспортирующей машины

Основными критериями для выбора типа транспортирующей машины являются технико-экономическая эффективность ее использования, обеспечение надежности ее работы в заданных условиях, удовлетворение комплексу технических требований, охраны труда и техники безопасности.

Технические факторы выбора транспортирующей машины:

характеристика перемещаемого груза;

заданная производительность;

направление, длина и конфигурация трассы транспортирования;

способы загрузки и разгрузки;

характеристика производственных процессов, сочетаемых с процессом транспортирования; производственные и климатические условия.

Лекция 6. Транспортирующие машины с тяговым элементом

В результате изучения темы обучающийся должен

иметь представление: о конструкциях и принципах действия конвейеров; об основах расчета транспортирующих машин с тяговым элементом;

знать: основные сборочные единицы транспортирующих машин и детали транспортных машин; средства автоматизации;

уметь: выполнять необходимые проектировочные расчеты; выявлять общие по назначению элементы транспортирующих машин, правильно применять их при проектировании.

Транспортирующие машины-конвейеры предназначены для перемещения грузов непрерывным потоком без остановок для их загрузки и разгрузки. Конвейеры предназначены для работы с массовыми грузами, т.е. грузами, состоящими из большого числа однородных частиц или кусков, или штучными грузами, перемещаемыми в большом количестве.

Все машины непрерывного транспорта можно подразделить на две группы: транспортирующие машины с тяговым элементом (лента, цепь, канат), в которых груз перемещается вместе с тяговым элементом, и транспортирующие машины без тягового элемента [7, 8].

Транспортирующие машины обычно используются для перемещения, как правило, груза одного вида. Транспортные операции в этом случае отличаются однотипностью и значительно легче поддаются автоматизации.

Транспортирующие машины с тяговым элементом

Ленточные конвейеры являются наиболее распространенным типом транспортирующих машин непрерывного действия во всех отраслях промышленности. Из более чем полумиллиона конвейерных установок, эксплуатирующихся в нашей стране, 90% составляют ленточные конвейеры.

Обычно ленточные конвейеры имеют тяговый элемент 7 (рис. 2.1) в виде «бесконечной» ленты, являющейся несущим элементом конвейера; привод 13, приводящий в движение барабан 14 натяжное устройство 2 с барабаном 3; груз 7; роликовые опоры 6 и 5 на рабочей и холостой ветвях ленты; отклоняющий барабан 8. Для загрузки и разгрузки транспортируемого материала предназначены загрузочное устройство 4 и разгрузочные устройства 9 и 10 с разгрузочным желобом 11. Очистка ленты осуществляется устройством 12. Все элементы конвейера смонтированы на раме.

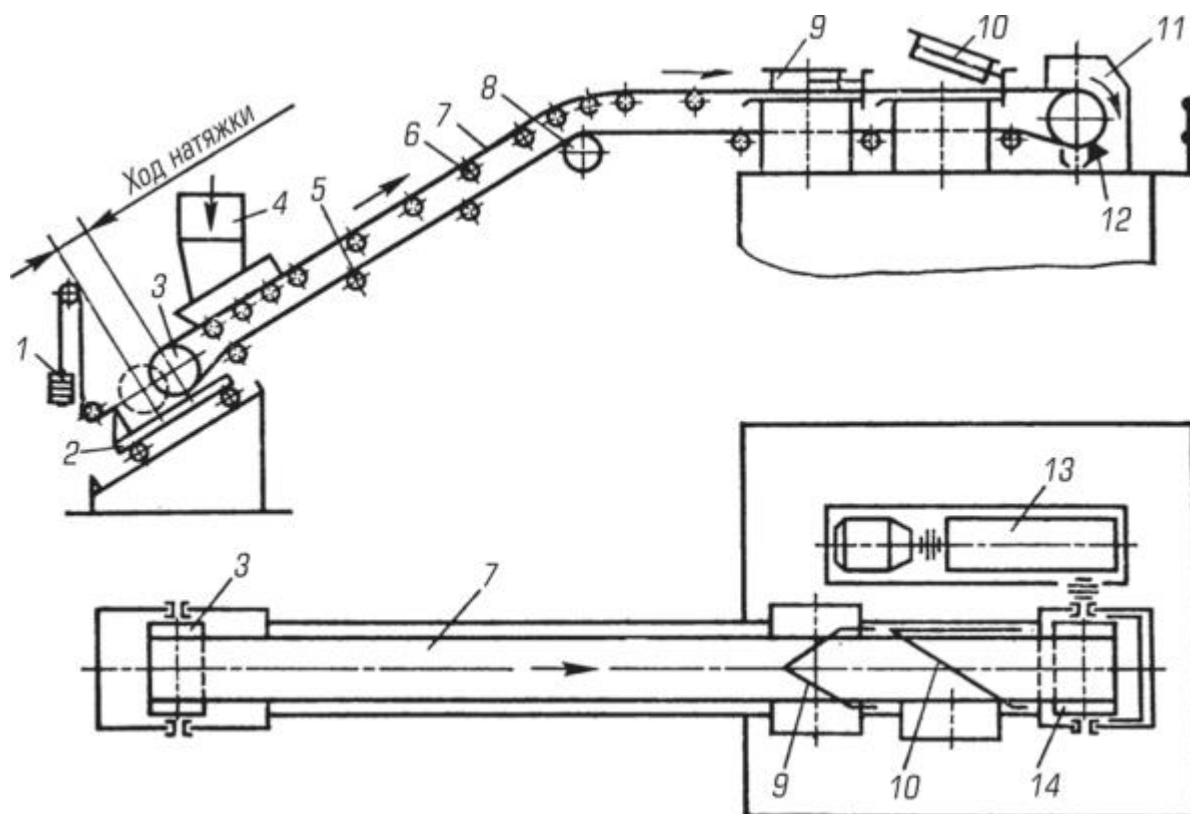


Рис. 2.1. Принципиальная схема ленточного конвейера

С помощью установок, оснащенных ленточными конвейерами, можно транспортировать сыпучие грузы на весьма большие расстояния, превышающие 100 км. Однако чаще всего длина одиночных конвейеров не превышает 1—2 км.

Ленточные конвейеры отличаются высокой производительностью (до 30—40 тыс. т/ч), простотой конструкции, малой материалоемкостью, надежностью в работе и удобством в эксплуатации, относительно небольшим расходом энергии. Они могут иметь криволинейную трассу с поворотами в горизонтальной плоскости, с подъемами и спусками в вертикальной плоскости в зависимости от рельефа местности. Радиусы поворота ленты в горизонтальной плоскости зависят от конструкции конвейера, типа ленты и ее ширины и могут иметь широкий диапазон значений — до 600—800 м.

Схемы ленточных конвейеров весьма разнообразны и определяются назначением конвейера. Конвейер может быть горизонтальный с концевой разгрузкой (рис. 2.2, а), горизонтальный с подвижным барабанным разгрузителем (рис. 2.2, б), наклонным (рис. 2.2, в), комбинированным с перегибами (рис. 2.2, г).

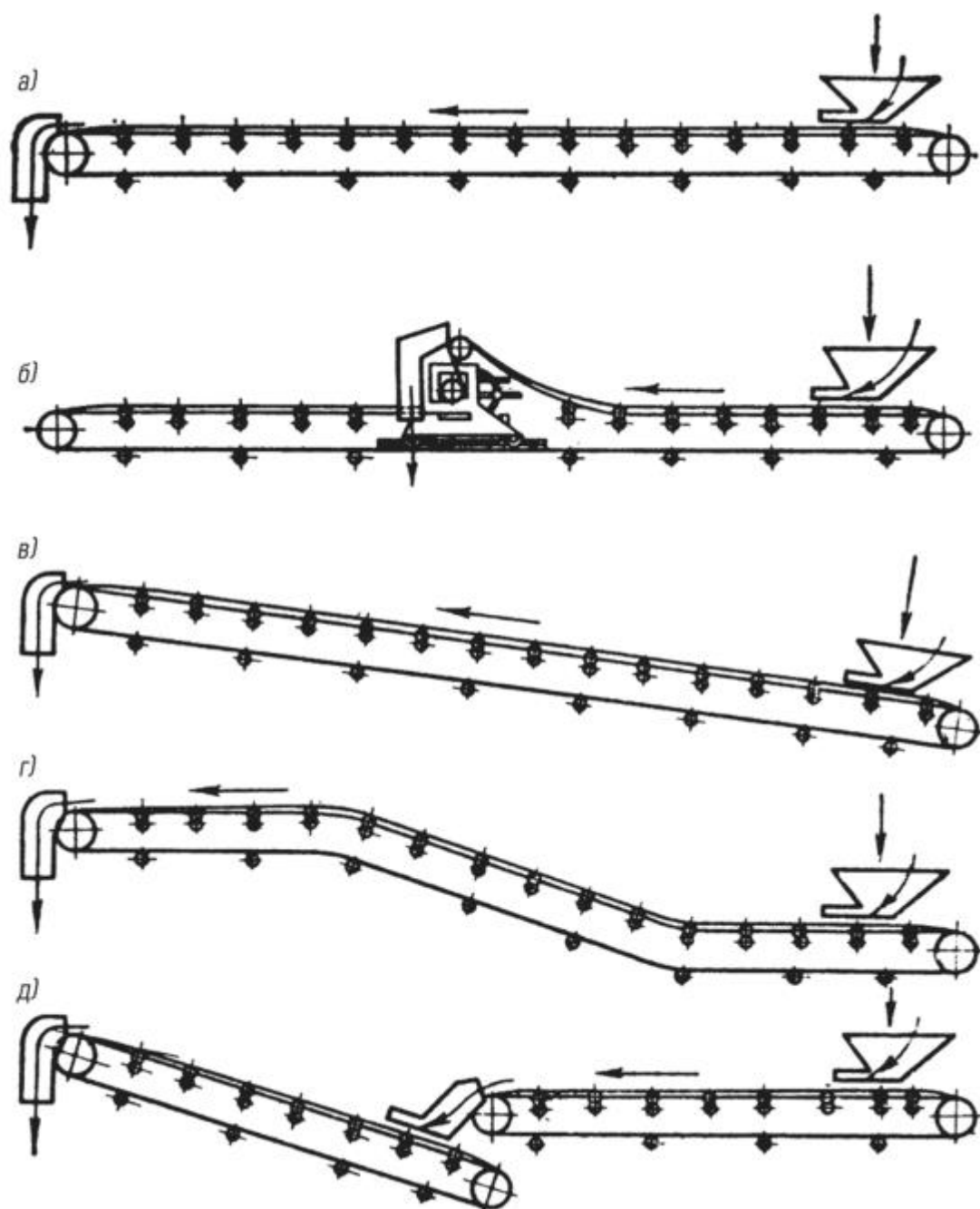


Рис. 2.2. Схемы ленточных конвейеров

Конвейерная линия может быть образована из горизонтального и наклонного конвейеров (рис. 2.2, д).

Достоинствами конвейерных лент являются их относительно малая масса, отсутствие быстроизнашивающихся шарниров, возможность перемещения грузов с большими скоростями. Срок службы конвейерных резиноканевых лент в зависимости от условий эксплуатации, характеристики транспортируемого груза, типа тканевого каркаса и времени одного оборота пробега ленты составляет 15—48 месяцев. Применение ленточных конвейеров ограничено диапазоном температур от 60 до 200 °С. К недостаткам ленточных конвейеров следует также отнести пыление при транспортировании легких сыпучих грузов.

Площадь сечения груза на ленте конвейера (рис. 2.3) определяется шириной ленты B и углом естественного откоса α на движущейся ленте. Для увеличения производительности конвейера при той же скорости и ширине ленты опоры ленты конвейера конструируют так, чтобы под действием массы ленты и массы груза, лежащего на ней, лента принимала форму желоба, что увеличивает площадь A поперечного сечения груза.

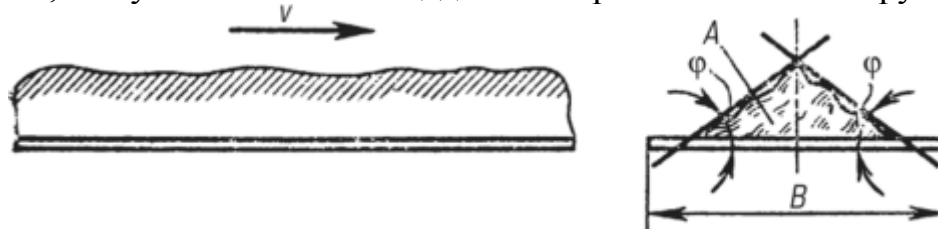


Рис. 2.3. Расположение сыпучего груза на ленте

При перемещении штучных грузов ширину ленты выбирают так, чтобы на ленте остались с обеих сторон свободные поля шириной 50—100 мм.

Чтобы груз не сползал вниз вдоль ленты, необходимо угол наклона конвейера принимать на 10° меньше угла трения груза о полотно конвейера, потому что из-за провисания полотна угол его подъема у опор больше, чем угол наклона оси конвейера, и кроме того, на опорах полотно встряхивается, что способствует сползанию груза.

Скорость движения ленты конвейера при транспортировании сыпучих грузов назначают в зависимости от свойств груза. Для легких пылевидных грузов скорость ограничивается возможностью сдувания груза с полотна. Для крупнокусковых, тяжелых грузов скорость движения ограничена возможностью повреждения ленты вследствие ударов груза по ленте при набегании на ролики и барабаны. Для кусковых грузов, ценность которых уменьшается из-за разрушения при встряхивании ленты, таких, например, как кокс, скорость движения также снижают. Кроме того, скорость транспортирования зависит от ширины ленты: ее можно увеличить при большей ширине, так как на широких лентах груз располагается более равномерно и лента лучше центрируется на опорах. Рекомендуемые скорости движения ленты конвейера для разных грузов при разгрузке через головной барабан приведены в табл. 2.1.

Рекомендуемые скорости v , м/с, ленты при транспортировании насыпных грузов

Характеристика груза	Ширина ленты, мм							
	400-500	500	600	800	1000	1200	1400	1600
Пылевидные и порошкообразные, сухие, пылящие	1	1	1	1	1	1	1	1
Хрупкие, кусковые, крошение которых снижает их качество	1,25	1,6	1,6	1,6	2,0	2,0	2,0	2,0
Зернистые, в том числе рыхлые вскрышные породы на открытых разработках	1,6	2,5	3,15	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0
Кусковые: $a_{гд} < 80$ мм ур	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	4,0	5,0	5,0

<160 мм	1,6	1,6	2,0	2,5	2,5	3,15	4,0	4,0
$a_y < 350$ мм	—	—	1,6	1,6	2,0	2,5	3,15	3,15
$a_{гп} < 500$ мм up	—	—	—	—	2,0	2,0	2,5	3,15

При разгрузке с помощью барабанного разгрузателя (сбрасывающей тележки) скорость ленты обычно не превышает 2 м/с, а при разгрузке с помощью плужковых разгрузателей — 1—1,6 м/с, причем меньшие значения скорости принимаются для кусковых тяжелых грузов.

В конвейерах применяют резинотканевые и металлические ленты. Они используются в качестве грузонесущего элемента, осуществляя одновременно и тяговую связь между барабанами конвейера. Поэтому лента должна обладать прочностью и гибкостью в продольном (на барабанах) и поперечном (на желобчатых опорах) направлениях, высокой влажостойкостью и износостойкостью рабочих поверхностей, не должна расслаиваться при многократных перегибах, должна иметь небольшое упругое и остаточное удлинение, малую гигроскопичность.

Наиболее широко распространены резинотканевые (рис. 2.4, а) и резинотросовые (рис. 2.4, б) ленты, состоящие из резинотканевого послойного тягового каркаса 1 и наружных резиновых обкладок 2, предохраняющих каркас от механических повреждений и от воздействия влаги, газов, агрессивных сред. В резинотросовой ленте тяговый каркас состоит из стальных канатов 3. В зависимости от условий эксплуатации и назначения изготавливают ленты общего назначения, морозостойкие, теплостойкие, пищевые и негорючие. В зависимости от типа ленты установлены диапазоны

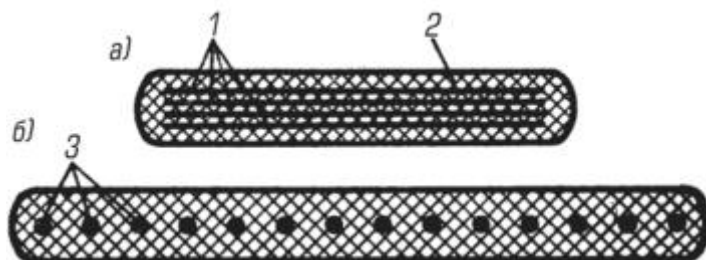


Рис. 2.4. Резинотканевая и резинотросовая конвейерные ленты

температур окружающей среды. Ленты общего назначения работают при температуре от -45 до $+60$ °С, морозостойкие — от -60 до $+60$ °С, теплостойкие — до 100 °С, ленты повышенной теплостойкости — до 200 °С. В ленте бывает от 1 до 8 тяговых тканых прокладок, а ширина выпускаемых промышленностью лент колеблется от 100 до 2000 мм.

Для увеличения производительности конвейеров применяют резинотканевую ленту с резиновыми бортами высотой 60—300 мм. Чтобы борта при огибании барабанов не повреждались, их выполняют гофрированными (рис. 2.5, а, б). Наличие бортов увеличивает площадь сечения груза, насыпанного на ленту, и позволяет увеличить скорость транспортирования и угол наклона конвейера. Допускаемый угол наклона конвейера в этом случае (благодаря боковому сжатию груза) на $1—3^\circ$ больше, чем у конвейера с обычной желобчатой лентой.

Чтобы еще более увеличить угол наклона конвейера, применяют рифленую ленту (рис. 2.5, в), в которой на верхнюю рабочую сторону методом горячей вулканизации прикрепляют шевронные резиновые выступы высотой 5—40 мм. Для конвейеров с рифле-

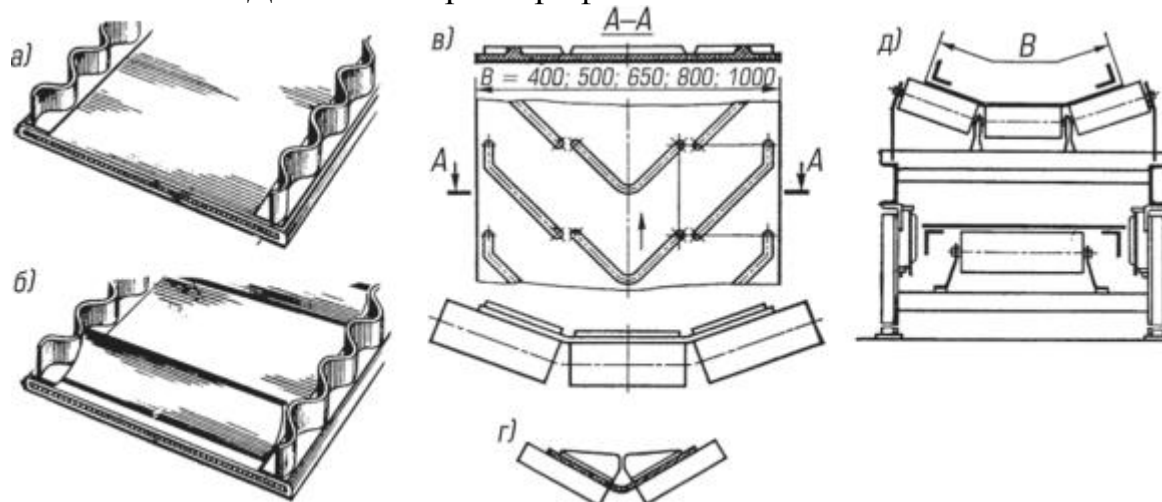


Рис. 2.5. Типы конвейерных лент. ными лентами используют такое же оборудование, как и для конвейеров с гладкими лентами. Применение рифленых лент позволяет увеличить угол наклона конвейера до 35—40°. В ряде случаев для увеличения возможного угла наклона конвейера ленты снабжаются поперечными выступами высотой 5—40 мм (см. рис. 2.5, б) или поперечными перегородками из плотной резины высотой 50—300 мм (рис. 2.5, в). Для придания ленте желобчатой формы перегородки должны состоять из двух или более частей (рис. 2.5, д). Перегородки несколько смещены одна относительно другой вдоль ленты, что позволяет избежать защемления кусков перемещаемого груза.

При достаточно широких перегородках угол наклона конвейерного полотна может достигать 50—60°. Недостатком таких лент является сложность их очистки, и поэтому они малопригодны для транспортирования влажных и липких грузов.

В ленточных конвейерах различают приводные, концевые, натяжные и отклоняющие барабаны, служащие для изменения направления движения ленты. Чем больше диаметр барабана, тем меньше напряжение от изгиба ленты и тем больше срок ее службы. При эксплуатации установлено, что резинотканевую ленту обычно приходится заменять из-за ее расслаивания, которое происходит в результате многократных изгибов ленты на барабанах.

Барабаны ленточных конвейеров унифицированы. В качестве основной характеристики, используемой при выборе барабанов из установленного ряда типоразмеров, принята нагрузочная способность барабана. Для неприводных барабанов нагрузочная способность определяется как нагрузка от натяжения ветвей ленты, огибающей барабан, а для приводных барабанов, кроме того, следует учесть еще и максимальный передаваемый крутящий момент.

Чтобы лента не сбегала с барабанов в сторону, приводные и натяжные барабаны (рис. 2.6, а, б) прежде выполняли бочкообразными. Однако применение выпуклого барабана приводит к повышению натяжения (до 40%)

в сравнительно неширокой центральной части ленты, что часто вызывает порчу соединения концов. Поэтому в последнее время стараются не применять выпуклых барабанов, обеспечивая центровку ленты с помощью центрирующих роlikоопор.

Отклоняющие барабаны выполняют цилиндрическими. Длина L барабана равна: $L = B + (150—200)$ мм (B — ширина ленты). В случае необходимости повышения коэффициента трения по-

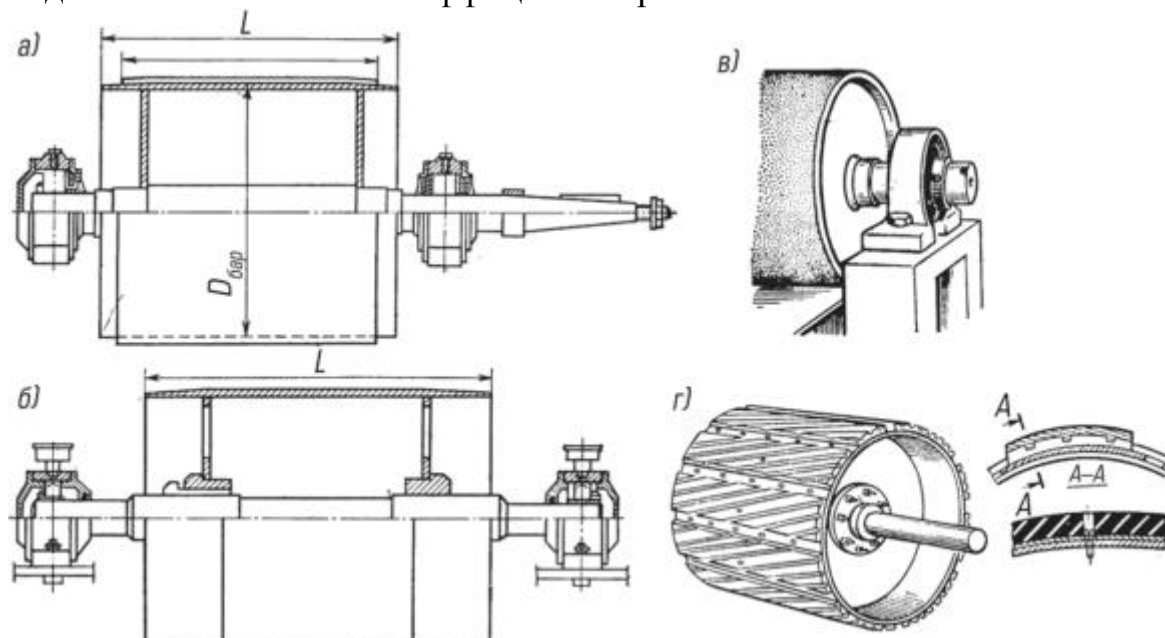


Рис. 2.6. Барабаны для конвейера с резиноканевой лентой

верхность приводного барабана футеруют различными высокофрикционными материалами — чаще всего эластичной резиной (рис. 2.6, в), обеспечивающей большой запас трения.

Крепление футеровки к барабану должно быть прочным, чтобы противостоять сдвигающим нагрузкам, возникающим при передаче барабаном тяговой силы. Лучше всего приклеивать или привулканизировать футеровку к поверхности обечайки барабана или к металлическим листам, которые, в свою очередь, крепят к обечайке болтами (рис. 2.6, г). Футеровку, прикрепленную последним способом, в случае необходимости легко заменить.

Для устранения провисания ленты под действием собственной силы тяжести и веса груза на раме конвейера устанавливают поддерживающие роlikоопоры. Ролики являются самыми многочисленными элементами конвейеров. От надежной и долговечной работы роlikоопор зависят в большой степени надежность и долговечность всей машины, а также эксплуатационные затраты.

Движение тягового элемента конвейера с грузом обеспечивается соответствующим приводом. Создание необходимой тяговой силы конвейера происходит за счет силы трения, возникающей между лентой и поверхностью приводного барабана.

Привод (рис. 2.7) состоит из двигателя 7, редуктора 3, барабана 5, а также муфт 2 и 4, соединяющих двигатель с редуктором и редуктор с валом барабана.

Ленточные конвейеры могут иметь следующие виды приводов: единый головной однобарабанный (рис. 2.8, а) или двухбарабанный (рис. 2.8, б), раздельный (рис. 2.8, в) и комбинированный — двухбарабанный в головной части и однобарабанный в хвостовой части (рис. 2.8, г). На длинных и тяжелонагруженных конвейерах для преодоления местных и линейно распределенных сопротивлений необходимо очень большое натяжение S ленты (рис. 2.8, д), что ведет к увеличению мощности привода и массы движущихся элементов конвейера и требует дальнейшего увеличения натяжения. В результате одноприводный конвейер становится неэкономичным и его делают многоприводным, состоящим из установленных вдоль трассы конвейера нескольких приводов (Π_1 — Π_4), работающих согласованно друг с другом на один тяговый элемент. Вся трасса многоприводного конвейера распределяется на участки с отдельными приводами, и каждый привод воспринимает нагрузку только своего участка конвейера. При этом существенно уменьшается максимальное натяжение OS' ,— S_4) ленты, масса ходовой части и опорных конструкций конвейера, снижается расход электроэнергии.

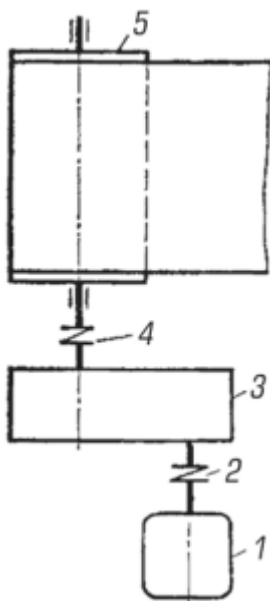


Рис. 2.7. Схема привода конвейера

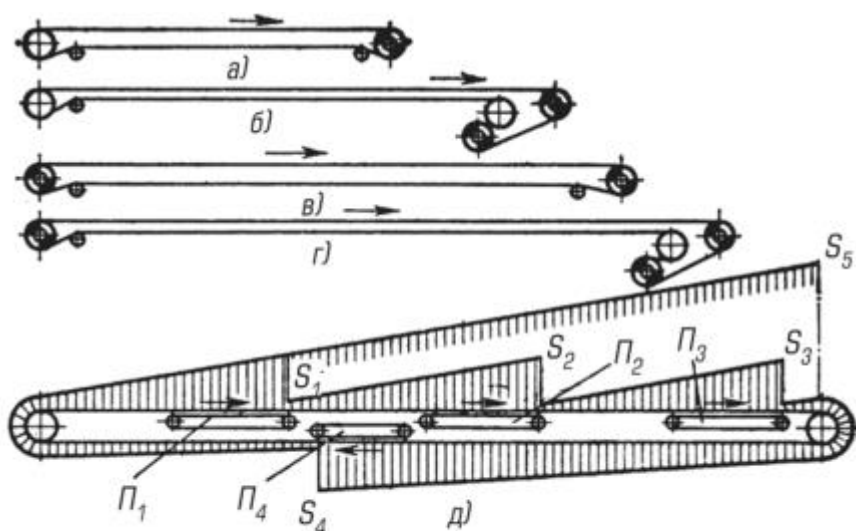


Рис. 2.8. Схемы ленточных конвейеров с различными типами приводов

Натяжные устройства предназначены для создания необходимого натяжения ленты, обеспечивающего сцепление ее с приводным барабаном без проскальзывания, а также для ограничения провисания ленты между опорами и компенсации вытяжки ленты

в процессе эксплуатации. Наиболее распространенными натяжными устройствами являются механические, в которых натяжение ленты создается перемещением натяжного барабана с помощью винтовых механизмов, и грузовые, натягивающие ленту весом висящего груза.

Винтовое натяжное устройство (рис. 2.9, а) состоит из натяжного барабана 1, установленного на ползунах 4, перемещающихся в рамках 2 с помощью натяжных винтов 3. Винтовое натяжное устройство не создает стабильного натяжения ленты. По мере вытягивания ленты ее натяжение уменьшается. Первоначальная сила натяжения, создаваемая этим устройством, несколько больше, чем необходимо для пуска и движения конвейера, и лента постоянно перетянута. В связи с этим винтовые натяжные устройства применяются, как правило, в конвейерах небольшой длины (менее 60 м) и при небольших нагрузках. Преимуществами винтового натяжного устройства являются его малые габариты и масса.

Более совершенными являются грузовые натяжные устройства, позволяющие автоматически поддерживать заданную силу

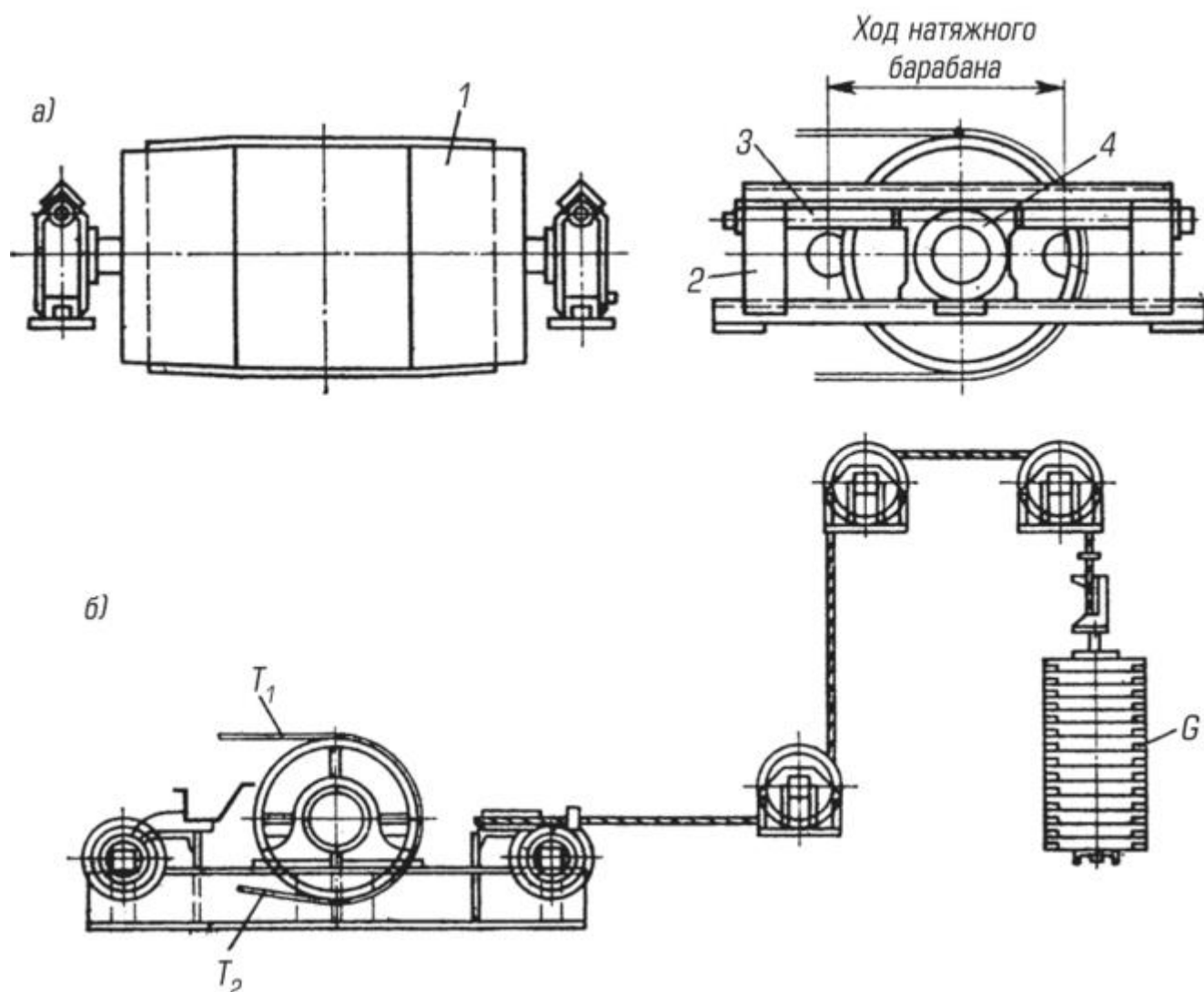


Рис. 2.9. Схемы натяжных устройств натяжения ленты при ее вытягивании. Натяжной барабан устройства (рис. 2.9, б) укрепляют, как и барабан винтового устройства, в корпусах, передвигающихся по направляющим, или на специальной тележке. Тележка соединяется канатом или цепью с грузом С, создающим неизменные значения натяжения T_1 и T_2 ветвей ленты.

В приводах наклонных ленточных конвейеров применяют остановы и тормоза, исключающие самопроизвольное обратное движение ленты под действием веса лежащего на ней груза после выключения приводного двигателя. Тормоза нужны и для горизонтальных ленточных конвейеров, чтобы уменьшить длину выбега после выключения приводного двигателя и предотвратить завал грузом следующего конвейера или технологического агрегата.

При работе конвейера на рабочую поверхность ленты налипают частицы транспортируемого груза. Эти частицы, врезаясь в обкладку ленты, когда она огибает барабаны или перемещается по опорам холостой ветви своей рабочей стороной, вызывают ее повышенный износ, а также уменьшают силу сцепления ленты с приводным барабаном. Количество налипающего на ленту груза зависит от влажности груза, размера его частиц, их структуры и т.п.

Установлено, что к ленте прилипает от 3 до 5% массы нелипкого груза и от 15 до 20% массы липкого груза [7]. Для повышения срока службы ленты и создания нормальных условий эксплуатации конвейера необходимо очистить рабочую поверхность ленты с помощью специальных механических очистителей, стряхивающих устройств и промывочных средств — различного рода скребков и щеток. При применении скребков отделение налипшего груза от ленты производится кромкой пластины из резины, пластмассы или стали, прижимаемой к ленте пружиной (рис. 2.10, а), весом специального груза (рис. 2.10, б) или напором насоса (рис. 2.10, в). Сила прижатия скребка к ленте по его длине обычно составляет 0,1—0,2 Н/мм. Дальнейшее ее увеличение лишь повышает износ ленты, не улучшая качества очистки. Хороших результатов очистки можно достичь, используя скребки с винтовыми лопастями (рис. 2.10, г), приводимые во вращение от отдельного двигателя или от приводного барабана. Вибрационные скребки (рис. 2.10, д) также значительно повышают качество очистки, и кроме того, их применение резко уменьшает износ скребка. Амплитуда колебаний скребка составляет 1,5—3 мм. Для очистки ленты от частиц сухого груза применяют также вращающиеся щетки (рис. 2.10, е), однако при транс-

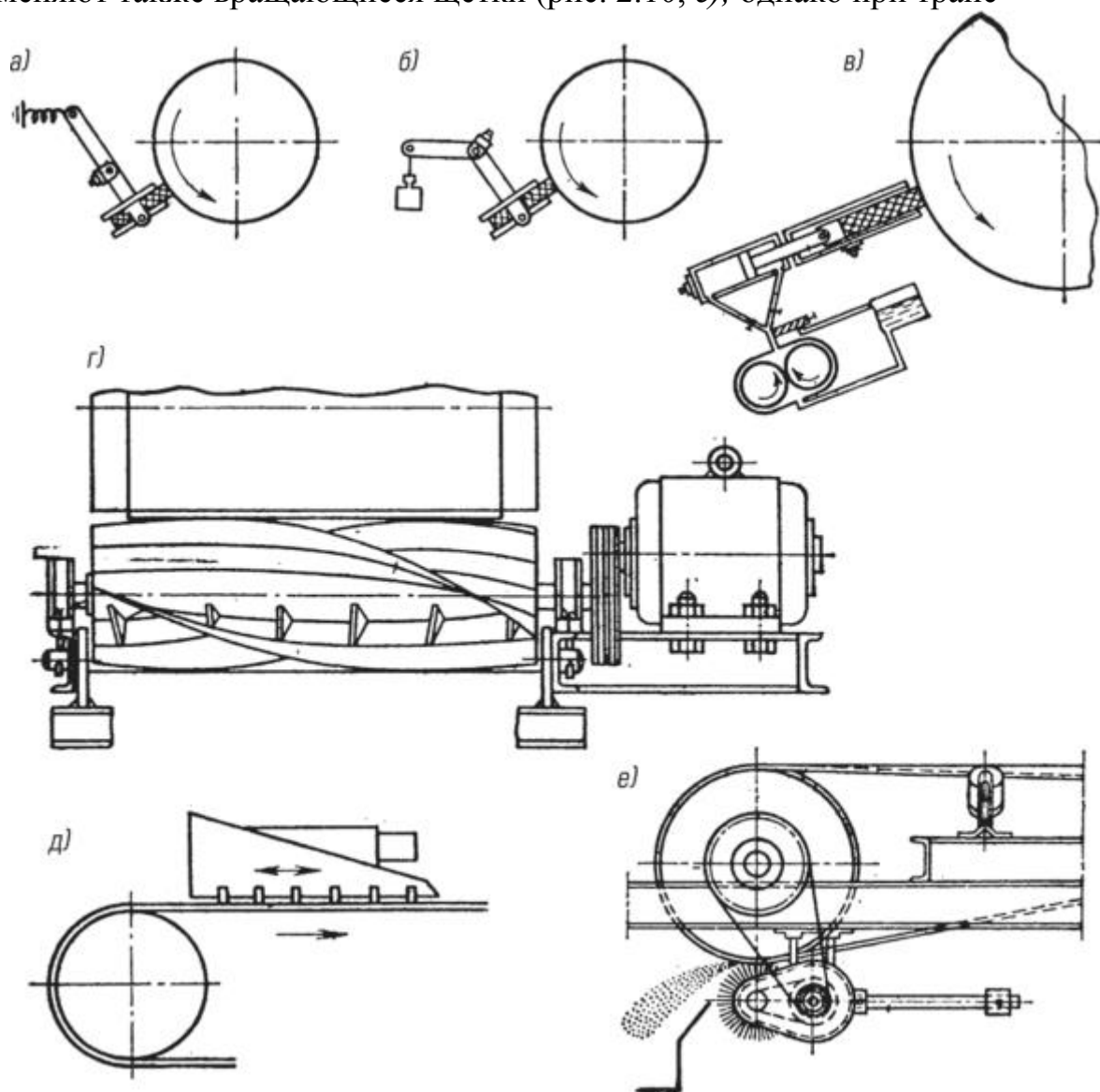


Рис. 2.10. Схемы устройств для очистки ленты

портировании липких грузов щетки быстро забиваются и становятся неэффективными.

Для загрузки конвейера предназначено загрузочное устройство, которое должно обеспечить плавную подачу груза на движущуюся ленту, при этом для предупреждения повреждения и изнашивания ленты скорость подачи груза и направление его движения должны быть близки к скорости и направлению движения загружаемой ленты. Конвейер можно загрузить в любой точке его трассы. Однако обычно загрузку производят около хвостового барабана. Насыпные грузы, как правило, загружают с помощью воронки и лотка, устанавливаемого под воронкой (рис. 2.11). Ширина лотка в начальной части $B_1 = 0,55$ и в конечной части $B_2 = (0,6—0,7)B$ (где B — ширина конвейерной ленты). После выхода из лотка груз

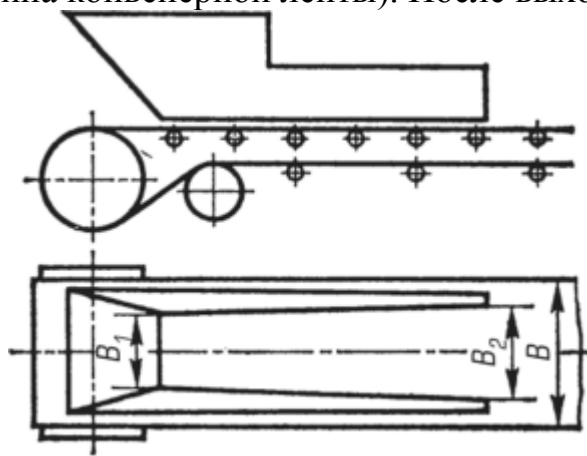


Рис. 2.11. Загрузочный лоток

рассыпается по ленте и занимает ширину, примерно равную $0,8 B$.

Наиболее простым и удобным способом разгрузки конвейеров, не требующим специальных устройств, является сброс груза с концевого барабана. Однако в ряде случаев возникает необходимость осуществлять разгрузку в различных точках по длине конвейера. В этом случае применяют специальные разгрузочные устройства, наиболее простыми из которых являются плужковые разгрузатели, т.е. щиты, устанавливаемые на ленте под углом к потоку груза. При этом груз, двигаясь вдоль щита, сбрасывается с ленты на одну или на обе стороны. Недостатком плужковых разгрузателей является повышенный износ ленты, поэтому их нецелесообразно применять при больших скоростях движения ленты (свыше $1,6—2$ м/с) и при транспортировании абразивных и крупнокусовых грузов.

Кроме ленточных конвейеров в промышленности производства строительных материалов широко распространены элеваторы — транспортирующие устройства, перемещающие груз в вертикальном или близком к вертикальному направлении (рис. 2.12, а). У наклонных элеваторов рабочая ветвь движется по опорным роликам (рис. 2.12, б) или специальным направляющим путям (рис. 2.12, в). Холостая ветвь или свободно свисает, или также движется по поддерживающим устройствам. Наиболее широко распространены вертикальные элеваторы, более простые

по устройству и не требующие кожуха сложной формы или специальных поддерживающих устройств для холостой ветви.

Тяговым элементом элеватора может служить цепь или резинотканевая конвейерная лента. Для транспортирования, например,

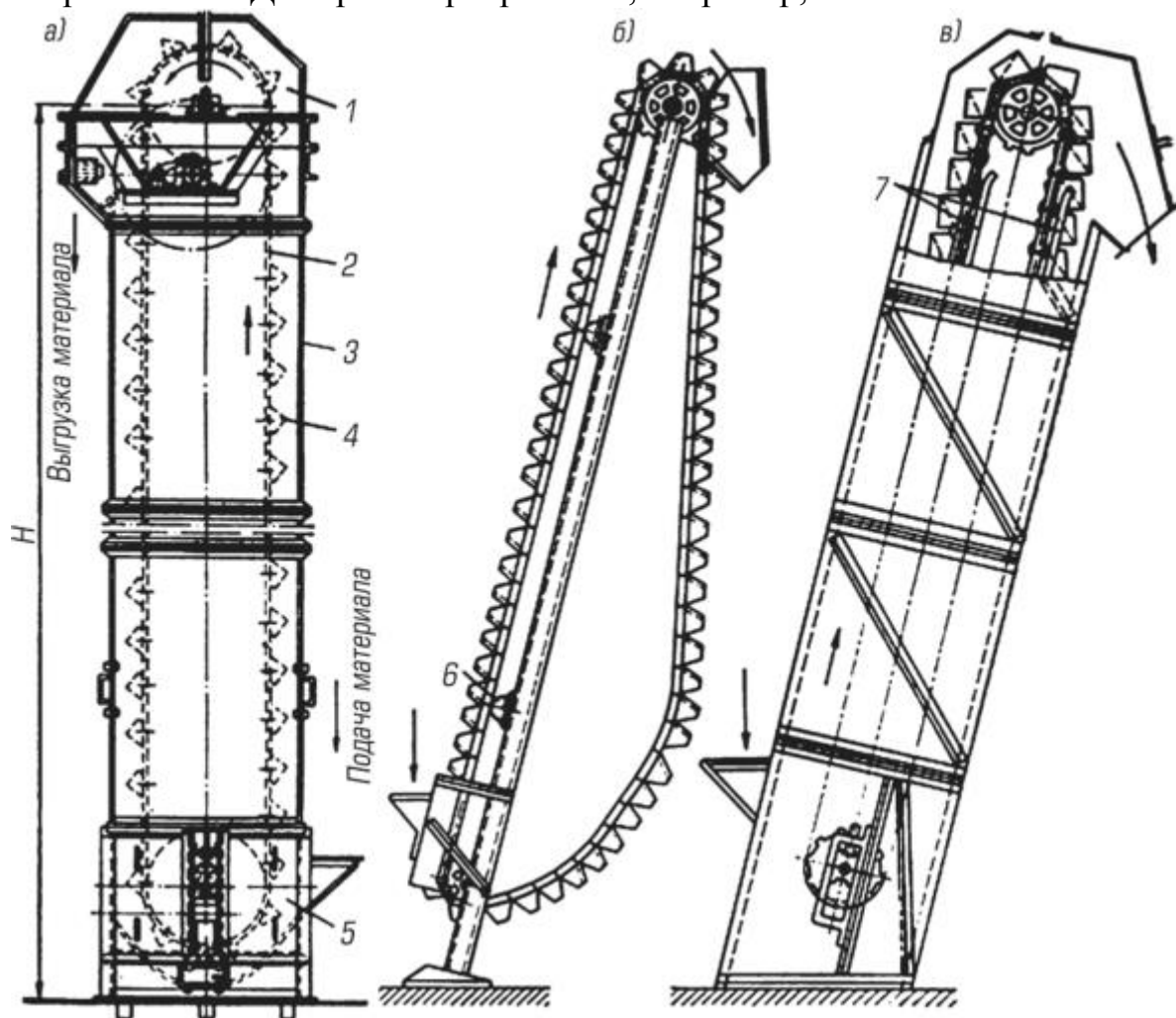


Рис. 2.12. Элеваторы:

1 — приводной барабан; 2 — тяговый элемент; 3 — корпус; 4 — ковш; 5 — натяжной барабан

легкосыпучих грузов применяют конвейерную ленту, допускающую большие скорости перемещения (до 3,5 м/с). При большой высоте подъема и для транспортирования крупнокусковых, грубых, а также горячих грузов применяют цепи. Скорость движения при цепном тяговом элементе обычно не превышает 1,25 м/с.

Для предохранения элеватора любого типа от самопроизвольного обратного движения под действием веса груза при выключении двигателя привод снабжают стопорным устройством, допускающим движение только в одном направлении. Чаще всего для этой цели используют роликовые или храповые остановки. Иногда элеваторы снабжают электромагнитными стопорными тормозами.

Лекция 7. Транспортирующие машины без тягового органа

В результате изучения темы обучающийся должен

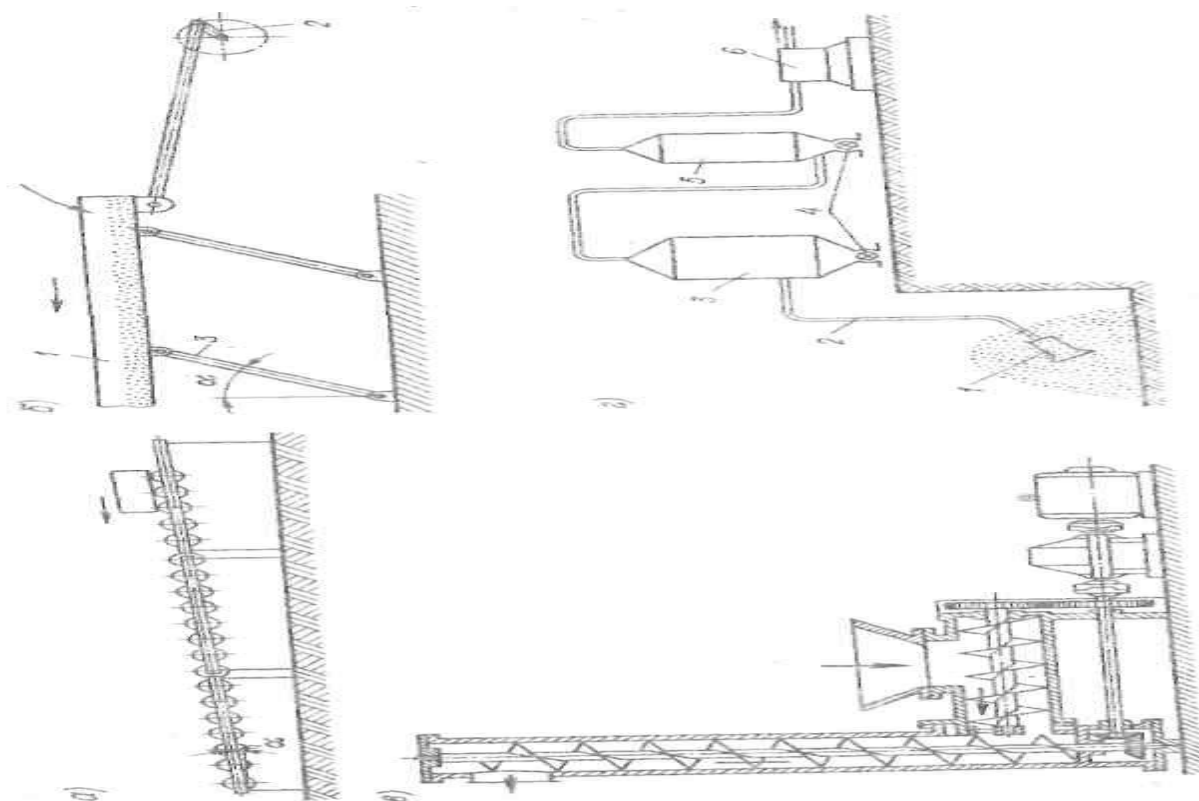
иметь представление: о конструкциях и принципах действия транспортирующих машин без тягового органа; об основах расчета транспортирующих машин без тягового органа;

знать: транспортирующие машины без тягового органа; основы проектирования и расчета транспортирующих машин без тягового органа;

уметь: выполнять необходимые проекровочные расчеты; выявлять общие по назначению элементы транспортирующих машин, правильно применять их при проектировании.

К группе транспортирующих устройств непрерывного транспорта относятся различные виды гравитационных устройств, качающиеся¹ конвейеры, шнеки, пневматические устройства и т. п.

В *гравитационных устройствах* для транспортирования грузов используют силу тяжести. Простейшими гравитационными устройствами являются наклонная плоскость, желоб, труба, по которым скатывается транспортируемый груз. К гравитационным устройствам для транспортирования грузов относятся также неприводные рольганги, в которых наклонная плоскость образована из ряда роликов, установленных на раме (рис. 2, а). В ряде отраслей промышленности, особенно в прокатных цехах, рольганги используются не только как гравитационные устройства, но и как приводные. В этом случае ролики получают принудительное вращение от привода и сообщают поступательное движение грузу с горизонтальном направлении.



Качающиеся конвейеры применяют для транспортирования на небольшие расстояния всех видов насыпных грузов, кроме липких. В машиностроительном производстве их широко используют для транспортирования металлической стружки, смоченной эмульсией и маслом, горячей земли, выбитой из литейных форм, мелкого литья и других грузов. Качающийся конвейер представляет собой желоб, подвешенный или опертый на неподвижную раму. Желоб совершает колебательные движения, вследствие чего находящийся в нем груз перемещается вдоль желоба. На рис. 2, б показана схема качающегося

Рис. 2 Конвейеры без тягового органа

конвейера инерционного типа. Конвейер состоит из стального желоба 1, совершающего колебательные движения на упругих стойках 3, изготовленных из ре- пружинной стали, от кривошипа 2. Так как опорные установлены наклонно (под углом α) к желобу, последний аме с грузом при движении вперед несколько приподнимается, а движении назад опускается, в результате чего груз периодически перемещается вперед.

Шнеком (винтовым конвейером) называют устройство, в котором транспортирование материала по желобу или трубе осуществляется витками вращающегося винта. Витки винта штампуют стального листа толщиной 4—8 мм и затем приваривают к валу. Шнеки применяют не только для перемещения груза по горизонтали, но также по наклонным и вертикальным желобам (рис. 2, в). Благодаря простоте герметизации трубопровода шнеки широко используют для транспортирования пылящих, горячих или

выделяющих вредные испарения грузов. При помощи шнеков удобно транспортировать пылевидные, мелкозернистые волокнистые материалы. В механообрабатывающих цехах шнеками транспортируют металлическую стружку.

Пневматические транспортирующие устройства предназначены для транспортирования по трубам в смеси с воздухом порошкообразных, мелковолокнистых и зернистых материалов, скорости которым сообщается движущимся потоком воздуха. В зависимости от способа создания движения воздуха по трубопроводам установки пневмотранспорта делят на всасывающие, нагнетающие и смешанные. На машиностроительных предприятиях для отвода стружки и пыли, образующихся при обработке резанием таких материалов, как текстолит, стекловолокно и т. п., широко применяют пневмоустройства всасывающего типа, работающие в результате создания в трубопроводе разрежения и всасывания в него атмосферного воздуха вместе с грузом. Во всасывающем устройстве вакуум-насос 6 (рис. 2, е) создает разрежение, благодаря которому воздух вместе со стружкой и пылью через сопло 1 засасывается в трубопровод 2. В отделительной камере 3 происходит осаждение груза, и воздух, содержащий мелкую пыль, проходит через фильтр 5. Очищенный воздух через вакуум-насос выбрасывается в атмосферу. Удаление груза производят через шлюзовые затворы 4, препятствующие засасыванию воздуха из атмосферы. При работе всасывающей установки отсутствует пыление, что весьма существенно в санитарно-гигиеническом отношении. Такие устройства пневмотранспорта целесообразно применять при необходимости доставки груза разветвленным трубопроводом из нескольких пунктов погрузки к одному пункту разгрузки.

Лекция 8. Напольный транспорт

В результате изучения темы обучающийся должен

иметь представление: о особенностях конструкции тележечного напольного транспорта; об основах расчета напольного транспорта;

знать: общие характеристики тележечного напольного транспорта и область его применения; основы расчета напольного транспорта;

уметь: определять необходимое количество машин напольного транспорта и ширину междуховоной транспортировки штучных грузов.

Это наиболее массовый транспорт, применяемый в текстильной промышленности в настоящее время. Используется для транспортировки различных грузов по полупроизводственным помещениям, складов и территорий заводского двора. Машины напольного транспорта, выпускаемые в СССР, представлены в [1, с. 181 - 191], [3, с. 132 - 170], а выпускаемые в настоящее время - в приложении. Наибольшее применение они находят при межоперационных перемещениях сырья, полуфабрикатов и готовых изделий, особенно на предприятиях малой и средней мощности (грузооборота).

К машинам напольного транспорта относятся:

- а) ручные тележки;
- б) аккумуляторные электротележки (электрокары);
- в) электротягачи;
- г) электропогрузчики и электроштабелеры;
- д) автопогрузчики и автотягачи.

Напольный тележечный транспорт применяется для транспортировки любых грузов весом до 2 т (автопогрузчиками и автотягачами можно перевозить грузы весом до 5 т) на расстояние до 350 м (перемещение грузов на большие расстояния экономически нецелесообразно). Он наиболее эффективен при наличии множества непостоянных (сезонных) грузопотоков, при сложных и разветвленных трассах, на которых нецелесообразно использовать стационарные агрегаты (такие как, конвейеры и монорельсы). Этот транспорт применяется также для эпизодических перевозок оборудования, вспомогательных материалов, а также на второстепенных малых грузопотоках. Этим транспортом можно перемещать грузы не только по горизонтали, но и при наклоне пути до 8°. Машины напольного транспорта обладают большой маневренностью и даже в условиях тесных производственных помещений могут доставлять необходимый груз в любую точку цеха.

Основные параметры машин напольного транспорта: грузоподъемность, производительность, маневренность, проходимость, габаритные размеры, скорость передвижения.

Ручные грузовые тележки применяются для периодических перевозок различных грузов весом до 0,5 т на расстояние до 50 м, в цехах и на складах предприятий. Наибольшее применение они находят на межоперационных перевозках полуфабрикатов и готовых изделий, а также для временного

хранения перевозимых на них изделий. Обладая высокой маневренностью, грузовые тележки позволяют перевозить грузы при узких проездах и тесной расстановке оборудования, а также их можно буксировать с помощью электротягачей.

Грузовые транспортные тележки делятся:

а) по назначению - на универсальные для перевозки любых грузов - это напольные тележки-платформы, гидравлические тележки роклы (рис. 5.1) и специальные для перевозки определенных грузов, это тележки для транспортировки кип, пряжи, ровницы, тканей, сновальных валов (рис. 5.2) и т. п.

б) по конструкции бывают двух-, трех- и четырехколесными, колеса у которых могут быть либо поворотными, либо жестко закрепленными; грузовая платформа (для укладки грузов) может быть как с ограждением, так и без него.



Рисунок 5.1 - Тележка транспортная



Рисунок 5.2 - Тележка для транспортировки тканей

Аккумуляторные электротележки (электрокары) применяются, главным образом, для перевозки тяжелых грузов, а также грузов, размещенных на поддонах в контейнерах, кипах, ящиках, мешках и т. п. на большие расстояния, более 50 м, при обслуживании грузопотоков, на которых применение ручных тележек малопродуктивно и требует большого количества транспортных рабочих.

Аккумуляторные электротележки, применяемые в текстильной промышленности, делятся:

а) по способу транспортирования груза - на электрокары типов ЕП - 006, ЭК - 202, ЕТ - 2012, ЕТ - 2013 (рис. 5.3) с платформой для установки грузов, расположенной за сиденьем водителя, и на самоходные электрогидравлические тележки с вилами для установки на них грузов типов ВН - WP16А, 216 ЕВК, Linde Т24SP, Linde Т18EGV (рис. 5.4).

б) по способу управления электротележки водителем - это электрокары типов ЕП - 006, ЭК - 202, ЕТ2012, Balcancas Е3, на которых водитель располагается на сиденье, и электрокары типов Linde Т24SP, Xilin BD10, на которых водитель стоит на специальной подножке и управляет с помощью рычага управления (дышло), и на электрокары типов Linde Т18, 216, ЕВК, ЕРТ - 20 - 15 ЕТ MAXIMIN, на которых водитель управляет тележкой с пола при помощи рычага управления (дышло).

Самоходные электрогидравлические тележки могут комплектоваться автоматическим управлением (лазерным и индукционным) и могут использоваться для постоянных грузопотоков по замкнутой трассе.



Рисунок 5.3 - Электрокар



Рисунок 5.4 - Электрогидравлическая тележка

Электротягачи предназначены для перевозки (буксировки) различных грузов, предварительно погруженных на прицепные тележки, как внутри цехов, так и между ними, а также на складах, при наличии полов с твердым покрытием. На самом электротягаче грузы не размещаются, его используют в качестве тягового органа для перемещения тележек. При большом объеме перевозок он может непрерывно находиться в движении, отвозя груженные прицепные тележки и забирая на обратном пути порожние. Всего к электротягачу может крепиться до четырех тележек, как универсальных, так и специальных. Сцепление тягача с тележкой происходит автоматически с помощью сцепного устройства. Малые размеры, высокая маневренность и значительное тяговое усилие на крюке позволяет использовать электротягачи даже в производственных помещениях с тесной расстановкой оборудования. Основным параметром электротягача является тяговое усилие на крюке.

Электротягачи, применяемые в текстильной промышленности, делятся:

а) по количеству колес - на трехколесные, обладающие повышенной маневренностью и малым радиусом поворота, к которым относятся электротягачи типов BD20, QDD20 и QYD20S и четырехколесные, обладающие повышенной тягой на крюке, к которым относятся электротягачи типов ET508, ET512, Рекорд, АТ - 60, АТБ - 250;

б) по способу управления электротягача водителем - это электротягачи типов QDD20, QYD20S, АТ60 (рис. 5.5), на которых водитель располагается на сиденье и электротягачи типов QDD2 - С15, HСJ, на которых водитель стоит на специальной подножке и управляет с помощью рычага управления (дышло) (рис. 5.6);

в) по способу управления самим тягачом - это электротягачи под управлением водителя, который используются для разветвленных и непостоянных грузопотоков, это электротягачи всех перечисленных типов; и электротягачи с автоматическим управлением (лазерным, индукционным), которые рекомендуется использовать для постоянных грузопотоков по замкнутой трассе, без ответвлений, это электротягачи типа АТ - 60А.



Рисунок 5.5 - Электротягач



Рисунок 5.6 - Электротягач

Электропогрузчики являются передвижными машинами на колесном ходу, оборудованными грузоподъемным устройством в виде вилок, перемещающихся по вертикальной раме. Наклон грузовой рамы электропогрузчика на 3 - 6° вперед облегчает захват и разгрузку груза, а наклон их назад на 8 - 10° обеспечивает устойчивое положение груза на вилах при движении. Это универсальное средство механизации погрузочно-разгрузочных, транспортных работ и работ по штабелированию и расштабелированию грузов типа кипа, ящик, понет, контейнер, поддон, а также любых грузов в таре (на поддоне или в контейнере). В отличие от других подъемно-транспортных машин периодического действия (кранов, штабелеров) электропогрузчики могут выполнять все необходимые подъемно-транспортные операции независимо от расположения мест загрузки и

разгрузки. Особенно эффективно их использование на складах при установке грузов в многоярусные штабели. Для безопасности удержания груза передняя ось погрузчика неуправляема и недрессорена.

Погрузчики выпускаются с высотой подъема вилок до 1,8; 2; 2,8; 3; 4,5; 6 м (погрузчики с высотой подъема вилок в 4,5 и 6 м обеспечивают грузоподъемность 50 % от номинальной) и грузоподъемностью 1000 кг. Задние колеса погрузчиков имеют меньшую колесную базу, чем передние для большей маневренности. Применяются на складах, для межцеховых перемещений грузов, а также на открытых площадках с твердым покрытием.

В текстильной промышленности типов OMG ERGOS, Dalian CPD, Komatsu FB 10 - 12, Daewoo D40S-2 (рис. 5.7).

Электроштабелеры - это электропогрузчики, у которых корпус выполнен в виде сварной рамы, по которой передвигается каретка с вилами (грузоподъемный механизм). Электроштабелеры советского производства дополнительно обеспечивали фронтальное выдвижение грузоподъемника (продольное движение вилок на 640 мм), но это достигалось за счет использования массивного основания для крепления рамы. У всех электроштабелеров передние колеса поддерживающие, задние - ведущие. Сами колеса обрешинены. Управление осуществляется рабочим с пола с помощью рычага управления (дышло). Электроштабелеры предназначены для погрузочно-разгрузочных работ в складских помещениях, а также в стесненных условиях цехов предприятий (укладка грузов на стеллажи). Они имеют меньшую скорость и меньшую грузоподъемность (до 1000 кг), чем электропогрузчики, но их применение позволяет уменьшить ширину проезда и радиус поворота между стеллажами на 40 %. Электроштабелеры выпускаются с высотой подъема вилок до 1,6; 2,5; 3; 3,5 м.

В текстильной промышленности можно использовать электроштабелеры типов TISEL SES10, Litter TX10, EGPL 16, SPN 10 (рис. 5.8).



Рисунок 5.7 - Электропогрузчик



Рисунок 5.8 - Электроштабелер

Универсальные автопогрузчики используются для механизации погрузочно-разгрузочных и транспортных работ со штучными грузами типа контейнеры, ящики, кипы и с грузами, уложенными на поддонах, при работе вне помещений. Могут использоваться при разгрузке кип хлопка, шерсти и других грузов и железнодорожных вагонов и доставка их на склад предприятия.

В передней части машин на базе автомобиля, шарнирно закреплена телескопическая рама, по направляющим которой перемещается с помощью гидравлического механизма коретка с вилочным захватом (грузоподъемный механизм). Автопогрузчики комплектуются грузоподъемными механизмами с высотой подъема 2,8; 3,3 и 4,5 м и грузоподъемностью от 1,5 до 5 т.

Можно использовать автопогрузчики производства «Амкодор» типа 451А, а также других стран типов 40810; DB 1788.33; DB 1661.28 (рис. 5.9).

Универсальные автотягачи - это те же автопогрузчики, способные тянуть прицепную тележку и предназначены для механизации транспортных и уборочных работ на промышленных площадках предприятий и открытых складах.



Рисунок 5.9 - Автопогрузчик

Лекция 9. Техника безопасности при эксплуатации подъемно-транспортных машин

В результате изучения темы обучающийся должен иметь представление: о главных задачах и правилах Госгортехнадзора РФ; об обязанностях и правах лиц, работающих с грузоподъемными машинами;

знать: требования техники безопасности при эксплуатации и проектировании подъемно-транспортных машин; основные мероприятия по предупреждению аварий и производственного травматизма; права и обязанности лиц, работающих с грузоподъемными машинами.

К управлению грузоподъемными машинами допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, специальное обучение и имеющие соответствующее удостоверение. К управлению грузоподъемными машинами с пола и к подвешиванию грузов на крюк этих машин могут допускаться рабочие других профессий, прошедшие инструктаж.

Управление автомобильным краном может быть поручено водителю автомобиля после обучения его по соответствующей программе и аттестации квалификационной комиссией. Грузоподъемные краны почти всех типов регистрируют в органах Госпроматомнадзора. Исключение составляют: краны с ручным приводом; краны мостового типа и передвижные или поворотные консольные краны грузоподъемностью до 10 т включительно, управляемые с пола посредством кнопочного аппарата, подвешенного на кране, или со стационарно установленного пульта; стреловые и башенные краны, рассчитанные на грузоподъемность до 1 т включительно; стреловые краны, рассчитанные на работу с постоянным вылетом или не снабженные механизмом поворота или передвижения; переставные краны, устанавливаемые на монтируемом сооружении.

На всех рубильниках грузоподъемных машин должны быть четкие надписи с указанием, к каким машинам они относятся. Движущиеся легкодоступные части грузоподъемных машин должны быть закрыты съемными ограждениями. Работа без ограждений запрещается. Металлоконструкции и металлические части электрооборудования кранов с электроприводом, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, должны быть заземлены. Краны и грузоподъемники с электрическим, гидравлическим или пневматическим приводами должны иметь автоматические устройства (концевые выключатели, ограничители грузоподъемности), обеспечивающие безопасность работы. Следует помнить, что использовать грузоподъемники и краны для перемещения людей запрещается.

Техническое освидетельствование грузоподъемных машин

Грузоподъемные машины и съемные грузозахватные приспособления до пуска в работу должны быть подвергнуты полному техническому освидетельствованию.

Грузоподъемные машины, подлежащие регистрации в органах Госпроматомнадзора, должны подвергаться техническому освидетельствованию до их регистрации.

Техническое освидетельствование должно проводиться согласно инструкции по эксплуатации грузоподъемной машины, составленной с учетом стандарта ИСО 4310. При отсутствии в инструкции соответствующих указаний освидетельствование кранов проводится согласно Правилам.

Грузоподъемные машины, находящиеся в работе, должны подвергаться периодическому техническому освидетельствованию:

- а) частичному — не реже 1 раза в 12 мес;
- б) полному — не реже 1 раза в 3 года, за исключением редко используемых машин (краны для обслуживания машинных залов электрических и насосных станций, компрессорных установок, а также другие грузоподъемные машины, используемые только при ремонте оборудования).

Редко используемые грузоподъемные машины должны подвергаться полному техническому освидетельствованию не реже 1 раза в 5 лет. Отнесение кранов к категории редко используемых производится владельцем по согласованию с органом Госпроматомнадзора.

Внеочередное полное техническое освидетельствование грузоподъемной машины должно проводиться после:

- а) монтажа, вызванного установкой грузоподъемной машины на новом месте;
- б) реконструкции грузоподъемной машины;
- в) ремонта металлических конструкций грузоподъемной машины с заменой расчетных элементов или узлов;
- г) установки сменного стрелового оборудования или замены стрелы;
- д) капитального ремонта или замены грузовой (стреловой) лебедки;
- е) замены крюка или крюковой подвески (проводятся только статические испытания);
- ж) замены несущих или вантовых канатов кабельного типа кранов;
- з) установки портального крана на новом месте работы.

Внеочередное полное техническое освидетельствование производится после: монтажа, вызванного установкой грузоподъемной машины на новое место; реконструкции; ремонта металлических конструкций с заменой расчетных элементов или узлов; установки сменного стрелового оборудования; капитального ремонта или смены механизма подъема; смены крюка.

Полное техническое освидетельствование грузоподъемной машины включает:

1. осмотр всех механизмов и несущих конструкций;
2. статическое испытание грузом, превышающим грузоподъемность машины на 25 %, для проверки ее прочности, а также грузовой устойчивости против опрокидывания. Груз поднимают на высоту 100—200 мм для кранов стрелового типа и 200—300 мм для передвижных консольных и мостовых кранов и выдерживают в течение 10 мин. По истечении 10 мин груз опускают, затем проверяют отсутствие остаточной деформации, трещин и других повреждений;
3. динамическое испытание грузом, на 10 % превышающим грузоподъемность машины, для проверки действия механизмов и тормозов. Допускается производить динамическое испытание грузом, равным грузоподъемности машины по паспорту. При динамическом испытании производят повторные подъем и опускание груза и проверку действия всех других механизмов.

При частичном техническом освидетельствовании статическое и динамическое испытания грузоподъемной машины не производят.

Результаты технического освидетельствования грузоподъемных машин записывают в паспорт с указанием срока следующего освидетельствования, а на кран устанавливают таблички (бирки) с указанием регистрационного номера, грузоподъемности и даты следующего испытания. Грузоподъемные машины, не прошедшие технического освидетельствования в срок, к работе не допускаются.

Домкраты испытывают при техническом освидетельствовании только на статическую нагрузку, превышающую паспортную грузоподъемность не менее чем на 10 %. Периодичность испытаний составляет 1 раз в 12 мес. Домкрат выдерживают под нагрузкой в течение 10 мин, причем винт (рейка, шток) его должен быть выдвинут в крайнее верхнее положение. У гидравлических домкратов не допускается к концу испытания падение давления более чем на 5 %. Результаты испытания заносят в паспорт.

Обеспечение безопасности подъемно-транспортного оборудования

Безопасность при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования и машин (ПТМ) обеспечивается следующими методами:

1. определением размера опасной зоны ПТМ;
2. применением средств защиты от механического травмирования механизмами ПТМ;

3. расчетом на прочность канатов и грузозахватных устройств (ГЗУ);
4. определением устойчивости кранов;
5. применением специальных устройств обеспечения безопасности;
6. регистрацией, техническим освидетельствованием и испытанием ПТМ и ГЗУ.

Размер опасной зоны ПТМ зависит от высоты подъема груза и длины пути перемещения ПТМ с грузом. Радиус окружности, в пределах которой может упасть груз, определяется по схеме, приведенной на рис. 3.6, а, и формуле (3.7):

$$R = r_c + 0,5lr + 0,3H, \quad (3.7)$$

где r_c — вылет стрелы крана от оси его поворота (для мостовых и козловых кранов $r_c = 0$), м; lr — наибольший линейный размер груза (при подъеме длинномерных грузов по вертикали их отлет связан с падением на всю длину), м; H — высота подъема груза, м.

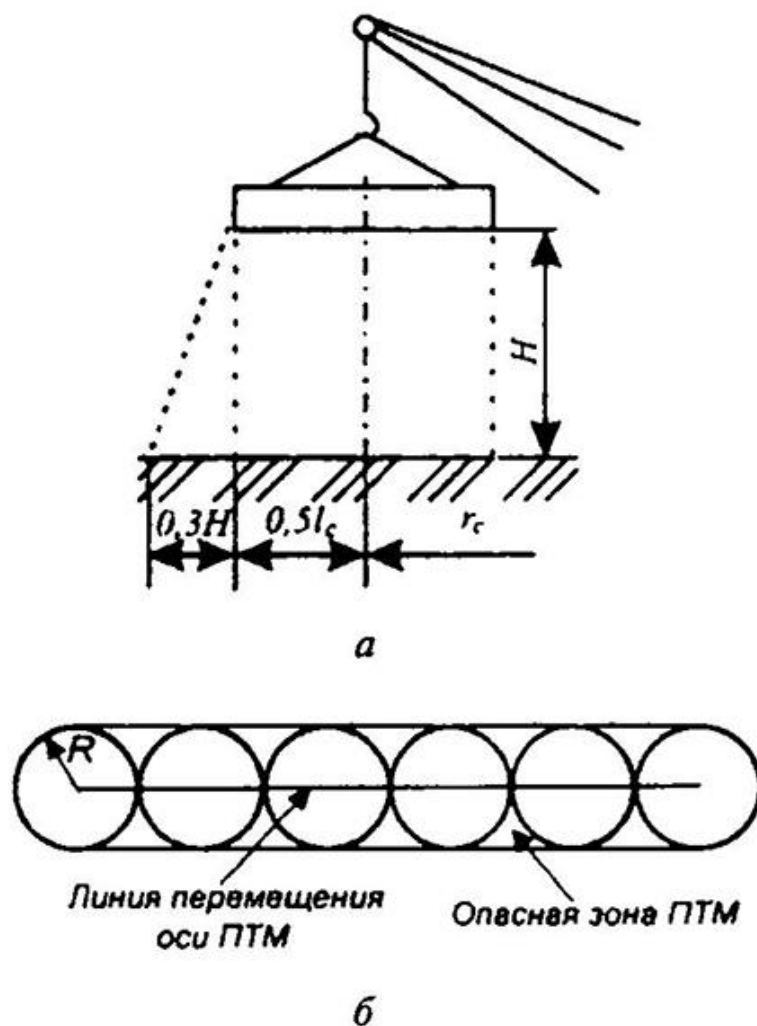


Рис. 3.6. Схема к определению опасной зоны у грузоподъемного механизма:
а — определение радиуса окружности, в пределах которой может упасть груз; б определение опасной зоны при перемещении ПТМ

Определив радиус R и зная длину L пути перемещения ПТМ (крана), можно определить опасную зону возможного падения груза, которое может произойти при обрыве каната, срыве ГЗУ, плохом закреплении груза. Опасная зона определяется нанесением окружностей радиусом R с центрами на линии перемещения оси ПТМ (рис. 3.6, б).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, М.П. Подъемно-транспортные машины [Текст]. / М.П. Александров. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1985. – 550 с.

2. Балашов, В.П. Грузоподъемные и транспортирующие машины на заводах строительных материалов [Текст]: учебник для техникумов по специальностям «Машины и оборудование промышленности строительных материалов» и «Машины и оборудование стекольно-ситалловой промышленности». / В.П. Балашов. – М.: Машиностроение, 1987. – 387 с.: ил.