



Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Детали машин»

А. Т. Бельский, Г. П. Тариков

ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

КУРС ЛЕКЦИЙ

для студентов специальности 1-36 12 01

**«Проектирование и производство
сельскохозяйственной техники»**

дневной и заочной форм обучения

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2014

УДК 621.81.001.66(075.8)
ББК 39.9я73
Б44

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 9 от 13.05.2013 г.)*

Рецензенты: доц. каф. «Металлорежущие станки и инструменты»
ГГТУ им. П. О. Сухого канд. техн. наук *З. Я. Шабакаева*

Бельский, А. Т.
Б44 Подъемно-транспортные механизмы : курс лекций для студентов специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» днев. и заоч. форм обучения / А. Т. Бельский, Г. П. Тариков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 72 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-188-8.

Приведен теоретический материал, содержащий сведения о грузоподъемных машинах, параметрах машин периодического действия, их деталях и узлах, грузозахватных устройствах, тормозах и машинах непрерывного действия.

Для студентов специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 621,81.001.66(075.8)
ББК 39.9я73**

ISBN 978-985-535-188-8

© Бельский А. П., Тариков Г. П., 2014
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2014

ВВЕДЕНИЕ

Подъемно-транспортные машины по своему назначению и конструктивному исполнению весьма разнообразны. По принципу действия их можно разделить на две группы: периодического и непрерывного действия.

Для машин периодического действия можно выделить цикл, который состоит из приема груза, рабочего хода для его перемещения, отдача груза и холостого хода к месту приема нового груза.

В зависимости от назначения, конструкции и характера выполняемой работы грузоподъемные машины можно разделить на три основные группы:

- первая группа включает простейшие машины: домкраты, тали и лебедки, используемые, в основном, в качестве вспомогательного оборудования на монтажных и других работах;
- вторая группа – подъемники, при помощи которых обеспечивается только вертикальная транспортировка грузов;
- третья группа – краны, обеспечивающие как вертикальное, так и горизонтальное перемещение грузов в любом направлении в пределах, зависящих от параметров крана.

Машины непрерывного действия перемещают грузы непрерывным потоком по определенной трассе. Эти машины делятся на машины с тяговым органом (транспортёры, элеваторы, конвейеры) и машины без тягового органа (винтовые и инерционные транспортёры, установки пневматического и гидравлического транспорта).

1. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ

1.1. Домкраты

Домкраты представляют собой простейшие грузоподъемные устройства в виде толкателей, поднимающих грузы на небольшую высоту, действуя на них снизу.

По конструкции домкраты бывают винтовые, реечные, гидравлические и пневматические. Винтовые домкраты обладают свойством самоторможения и позволяют устанавливать грузы по высоте с высокой точностью.

Винтовой домкрат с ручным приводом (рис. 1) состоит из корпуса 2, в котором закреплена гайка 3 с ввинченным в нее стальным винтом 1. Винт оканчивается опорной головкой 5, воздействующей на груз. Винт

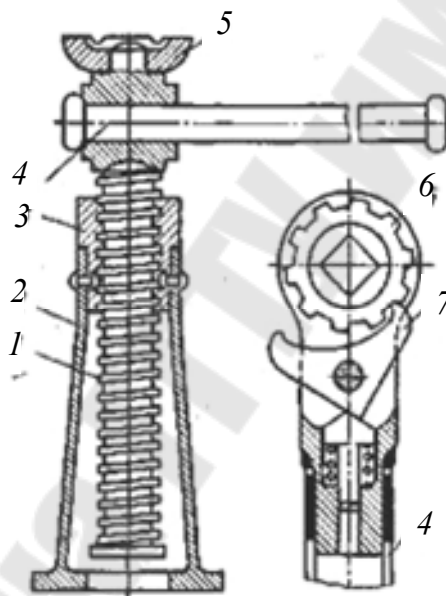


Рис. 1

В стесненных условиях для облегчения вращения винта применяют трещотку, состоящую из устанавливаемого на винт храпового колеса 6 и шарнирно закрепляемой на конце рукоятки двухсторонней подпружиненной собачки 7.

Грузоподъемность винтовых домкратов может достигать до 50 т, высота подъема – до 0,6 м, скорость подъема до 35 мм/мин и КПД – до 0,4.

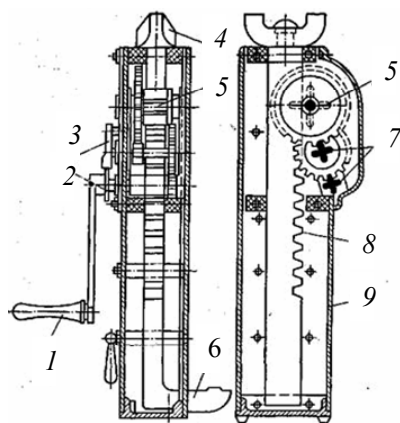


Рис. 2

Реечные домкраты (рис. 2) применяют для подъема низкорасположенных грузов массой до 6 т. В корпусе 9 домкрата размещен выдвижной толкатель, выполненный в виде стальной зубчатой рейки 8 с прикрепленной к ее нижней части опорной лапой 6. На верхней части толкателя расположена опорная головка 4. Толкатель выдвигается с помощью шестерни 5, приводимой во вращение зубчатой передачей 7 от рукоятки 1. Для фиксации груза в поднятом положении применяют храповое колесо 2 с собачкой 3. Высота подъема груза не превышает 0,6 м, а КПД реечных домкратов – до 0,8. При работе домкрата лапой его грузоподъемность из-за смещения груза уменьшается в два раза.

Гидравлический домкрат (рис. 3) представляет собой гидроцилиндр 1, в котором расположен подводимый под груз поршень 8. Поршень выдвигается за счет нагнетания в гидроцилиндр через клапан 2 с помощью рукоятки 5 и плунжера 4 рабочей жидкости, засасываемой из полости 6 через обратный клапан 7.

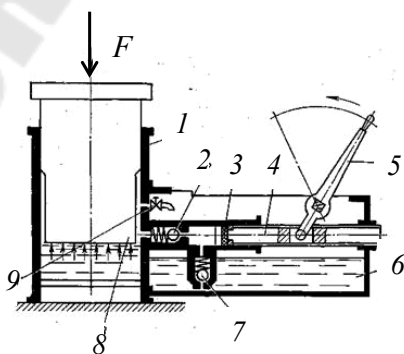


Рис. 3

Для опускания поршня открывается перепускной кран 9, через который рабочая жидкость поступает обратно в полость 6. Чтобы

воспрепятствовать подтеканию рабочей жидкости, плунжер снабжен уплотняющей манжетой 3.

Грузоподъемность гидравлических домкратов – 750 т и более, высота подъема – до 0,4 м, а КПД – 0,85–0,9.

1.2. Тали

Таль – это компактный подвесной подъемный механизм с ручным, электрическим или пневматическим приводом. Ее подвешивают над местом работы или монтируют на монорельсе на тележке. При этом груз может перемещаться как вверх-вниз, так и в горизонтальном направлении.

Они предназначены для подъема груза до 10 т на небольшую величину со скоростью до 8 м/мин.

Ручная таль – это полиспаст, у которого в качестве тягового органа используются пластинчатые шарнирные или сварные калиброванные цепи, огибающие звездочки или цепные блоки. Применение цепей исключает необходимость в барабане и позволяет сделать механизм компактным и легким.



Рис. 4

Наиболее распространены ручные тали с червячным подъемным механизмом (рис. 4). Крюком 6 они подвешиваются к конструкции, расположенной над грузом, который поднимается при помощи грузового крюка 1. При вращении бесконечной цепью 9 приводного колеса 7 движение от червяка 8 и червячную шестерню 5 передается ведущей звездочке 4, которая с помощью грузовой цепи 2 поднимает или опускает крюковую обойму.

С целью повышения коэффициента полезного действия червячная передача в таях выполняется несамотормозящейся с использованием двухзаходного червяка. Поэтому для удержания поднятого груза и безопасности его спуска в червячных таях применяют конусные или дисковые грузоупорные тормоза 3.

Электрическая канатная таль (тельфер) (рис. 5) является одним из наиболее распространенных грузоподъемных механизмов, это незаменимый инструмент там, где необходима сила и быстрота работ относительно груза. Такая электрическая таль обеспечивает наибольшую скорость и удобство выполнения подъемно-транспортных операций с грузом.

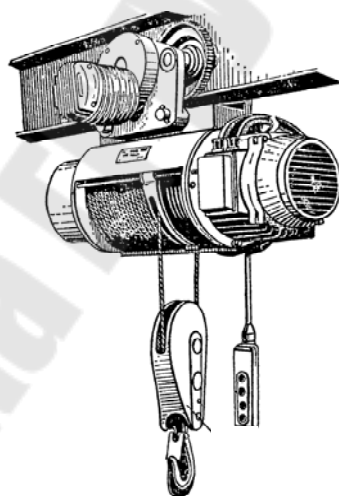


Рис. 5

Электрическая таль предназначена для подъема, опускания и горизонтального перемещения груза по прямому подвесному пути. Она используется как самостоятельный подъемный механизм или как часть грузоподъемных кранов, в частности, мостовых, консольных или козловых.

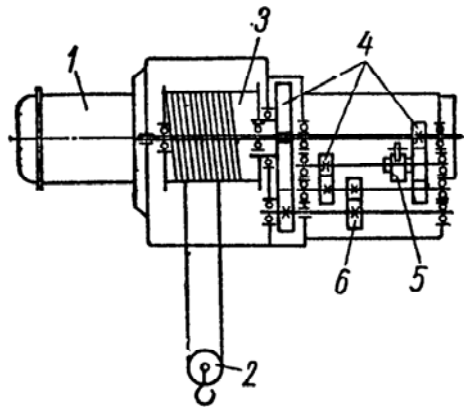


Рис. 6

Управление механизмом подъезда электротали проводят с пола с помощью двухкнопочного поста управления, подвешенного к тали. Грузоподъемность электроталей достигает до 15 т. Высота и скорость подъема груза – соответственно, не более 30 м и 18 м/мин, скорость горизонтального перемещения – до 30 м/мин. Электротали могут быть использованы в качестве самостоятельных грузоподъемных машин или в качестве механизмов подъема в более сложных машинах. Гибким грузовым элементом обычно является стальной канат и реже – цепь сварная или пластинчатая.

Электрическая таль (рис. 6) состоит из электродвигателя 1, барабана 3, на котором подвешен грузовой полиспаст с крюковой обоймой 2, зубчатой передачи 4 и 6 и автоматического грузоупорного дискового тормоза 5.

1.3. Лебедки

Лебедки – машины для подъема или перемещения небольших грузов, в которых тяговое усилие создается путем наматывания каната на барабан. В зависимости от рода привода лебедки бывают ручными и механическими, а по способу передачи движения к барабану – шестеренные, червячные, зубчато-фрикционные и редукторные.

Основные части лебедки: станина, на которой укрепляется рабочий вал с барабаном. Для получения усилия в лебедке применяют одноступенчатую или многоступенчатую зубчатую передачу. Для того чтобы груз не мог опускаться сам, используется предохранительное устройство в виде храповика с собачкой или тормоза. Лебедки бывают общего назначения, применяемые как самостоятельный механизм, и специальные, входящие в состав кранов и других строительных машин.

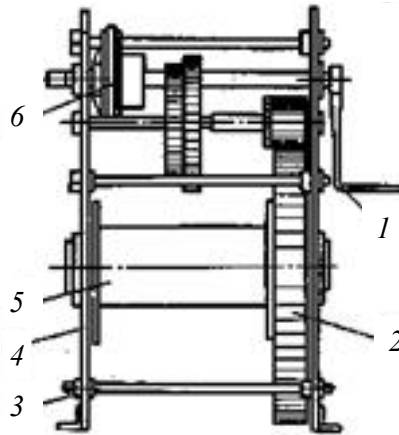


Рис. 7

Лебедка с ручным приводом (рис. 7) состоит из станины 4, стойки которой выполнены из листовой стали и соединены стяжным болтом 3; барабана 5, свободно вращающегося на оси, неподвижно закрепленной в стойках станины; системы зубчатых колес 2 и рукоятки 1. Для удержания на весу поднятого груза служит храповой механизм 6 с грузоупорным тормозом. Ручные лебедки грузоподъемностью более 3 т изготавливаются с двумя рукоятками на приводном валу.

Лебедки с электрическим приводом (рис. 8) монтируются на сварной раме 1. Электродвигатель 9 втулочно-пальцевой муфтой 4 соединяется с редуктором 3. Диск муфты одновременно служит и тормозным шкивом нормально замкнутого колодочного тормоза 5. Барабан 2 лебедки гладкий с двумя бортовыми фланцами. Между валом электродвигателя и барабаном лебедки имеется постоянная кинематическая связь.

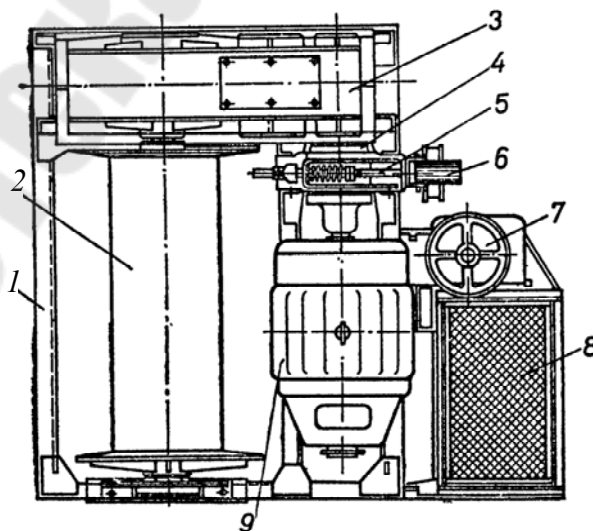


Рис. 8

Пуск и реверсирование электродвигателя осуществляется электрической аппаратурой, состоящей из барабанного контроллера 7 и магнитного пускателя 8.

Эти лебедки оборудованы стопорными колодочными тормозами 5, которые управляются электромагнитами 6. Тормозным шкивом служит полумуфта упругой муфты 4, диаметр которой в месте прижатия колодок несколько увеличен.

1.4. Подъемники

К строительным подъемникам относятся грузоподъемные машины, осуществляющие, в основном, вертикальное перемещение грузов, размещаемых на грузовой платформе или насыпаемых в ковш.

По назначению подъемники подразделяются на грузовые и грузопассажирские, которые применяют для подъема не только грузов, но и людей. По выполнению несущих и ограждающих конструкций направляющего, а также грузоподъемного устройства подъемники подразделяются на мачтовые, шахтные и скиповые (ковшовые). Мачтовые и шахтные подъемники позволяют перемещать груз только вертикально, а скиповые – еще и наклонно.

Наибольшее распространение получили мачтовые подъемники, благодаря простоте конструкции и невысокой стоимости.

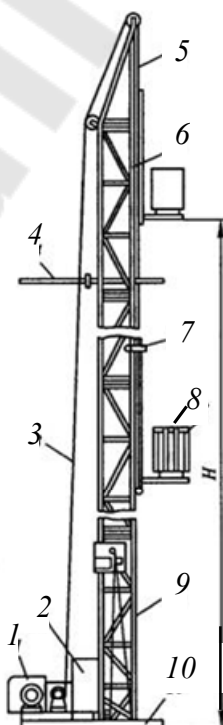


Рис. 9

Мачтовый подъемник (рис. 9) состоит из мачты, опорной рамы 10, лебедки 1, грузовой каретки 7 с выкатной платформой 8, грузового каната 3, настенных опор 4 и электрооборудования.

Мачта подъемника крепится к зданию настенными опорами 4 и состоит из рядовых 6, верхней 5 и нижней 9 секций. Она смонтирована на опорной раме 10, на которой установлены лебедка с канатоведущим шкивом и шкаф электрооборудования 2. Лебедка с помощью грузового каната обеспечивает подъем и опускание грузовой каретки с выкатной платформой, с помощью которой груз поднимается на соответствующую высоту.

Грузоподъемность мачтовых подъемников серии составляет до 5 МН, высота подъема – до 50 м, скорость подъема – до 0,52 м/с; груз может перемещаться по горизонтали от мачты на расстояние до 3 м.

Шахтные подъемники по назначению подразделяют на грузовые и пассажирские, которые представляют собой упрощенный вариант стандартного грузового лифта. Шахтные грузовые подъемники в отличие от мачтовых подъемников имеют ограждающие устройства, внутри которых по направляющим перемещается грузоподъемная площадка или кабина. Шахту собирают из отдельных элементов или секций. Высота, на которую подъемник может поднять груз, напрямую зависит от высоты шахты.

Любой грузоподъемник шахтного типа оснащается такими дополнительными элементами как:

- автоматическая тормозная система;
- ловитель, защищающий от случайных обрывов каната;
- концевой ограничительный выключатель.

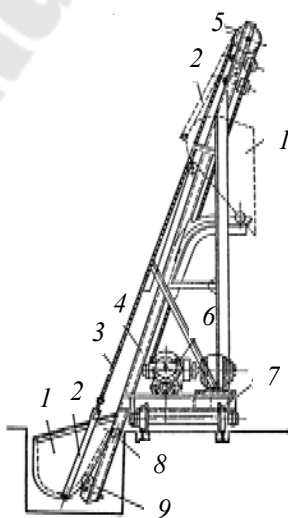


Рис. 10

Скиповые подъемники служат, в основном, для перемещения насыпных материалов.

Наклонный скиповый подъемник (рис. 10) установлен на тележке 7 и состоит из ковша 1, шарнирно укрепленного на раме 2 и перемещаемого по направляющим швеллерам 4. Перемещение ковша осуществляется с помощью каната 3, огибающего направляющий блок 5 и идущего к барабану лебедки 6. Передние ролики 8 ковша катятся по нижней полке направляющих швеллеров, которая в месте разгрузки закругляется и переходит в горизонтальное положение. Задние ролики 9 движутся по верхней прямолинейной полке.

При подъеме ковша его передние ролики попадают на горизонтальный участок и доходят до упора, а задние ролики продолжают двигаться прямолинейно, опрокидывая ковш и разгружая материал в приемный бункер.

Ковшовые подъемники применяют для подъема сыпучих грузов массой до 2 т на высоту до 160 м со скоростью до 60 м/мин.

1.5. Краны

Подъемный кран – это машина для захватывания, подъема и перемещения в горизонтальном направлении штучных и массовых грузов на сравнительно небольшие расстояния. Подъемные краны составляют особую группу грузоподъемных машин, характеризующуюся повторно-кратковременным режимом работы.

Кран состоит из остова в виде металлической конструкции и смонтированных на нем крановых механизмов.

Остов крана выполняют в виде консольных или пролетных конструкций. У консольных кранов груз подвешен к стреле, обычно укрепленной на поворотной части крана, и находится вне его опорного контура. У кранов пролетной конструкции груз подвешен к тележке, движущейся вдоль пролетного строения и находящейся в пределах опорного контура крана.

По конструкции грузоподъемные краны подразделяются на следующие типы:

- стреловые, у которых грузозахватный орган подвешен к стреле или тележке, перемещающейся по стреле. К данному типу относятся башенные, мачтовые, консольные, самоходные, автомобильные и др.;
- мостовые, у которых грузозахватный орган подвешен к грузовой тележке или тали, перемещающейся по мосту (мостовые, козловые, полукозловые);

– кабельные, у которых грузозахватный орган подвешен к грузовой тележке, перемещающейся по несущим канатам, закрепленным на двух опорах (кабельные, кабельно-мостовые).

Основными крановыми механизмами являются:

- а) механизм подъема, осуществляющий подъем (опускание) груза;
- б) механизм вращения поворотной части крана;
- в) механизм изменения вылета, изменяющий в стрелковых кранах положение грузового крюка относительно остова;
- г) механизм передвижения крана.

1.5.1. Стреловые краны

Башенный кран. Существует множество типов башенных кранов. Они нашли широкое применение при строительстве зданий и сооружений в производстве погрузочно-разгрузочных работ.

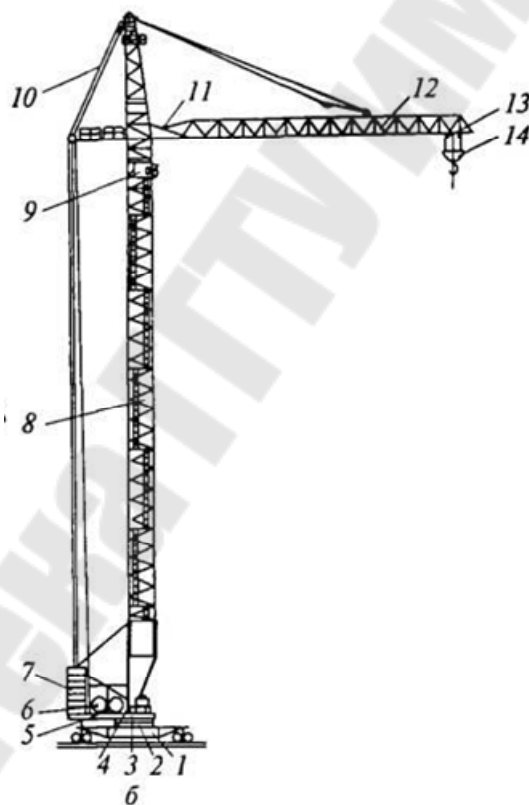


Рис. 11

Устройство: на ходовой платформе 1 расположена поворотная платформа 2 с установленной на ней башней 8. На башне располагается кабина 9. При большой высоте кран снабжается лифтом. Механизмы подъема груза 5, изменения вылета 6, поворота 4 и противовес 7 расположены также на поворотной платформе. Противовес разгружа-

ет башню от изгибающего момента, создаваемого стрелой, и увеличивает устойчивость крана. В конструкцию крана также входят стреловой расчал 10, тележечная лебедка 11, стрела 12, грузовая тележка 13 и крюковая подвеска 14.

Ходовая платформа установлена на ходовых тележках, которые могут быть поворотными, и тогда кран может менять направление перемещения.

Различают башенные краны:

- по типу стрелы – с подъемной стрелой (изменение вылета – качанием стрелы) и с балочной стрелой (изменение вылета – передвижением тележки).

- по типу металлоконструкции – ферменная или трубчатая.

- по способу вращения – с поворотной башней или с поворотным оголовком.

- по расположению на площадке – стационарные или передвижные.

Преимущества башенных кранов – это небольшие затраты на установку, небольшая занимаемая площадь при большом вылете стрелы и высоких рабочих скоростях.

Типовые параметры башенных кранов:

- грузоподъемность – 5...80 т.

- максимальная высота подъема груза – 10...150 м.

- скорость подъема груза – до 160 м/мин.

Кран снабжается приборами безопасности:

- ограничитель грузоподъемности;

- ограничитель высоты подъема груза;

- анемометр (для измерения скорости ветра);

- ограничитель перемещения тележки;

- концевые упоры;

- рельсовые захваты.

Самоходные краны. Самоходные стреловые поворотные краны (рис. 12) состоят из ходовой части 3, на которой размещена поворотная платформа 1 со всеми механизмами, рабочим оборудованием и системой управления. Платформа опирается на ходовую часть через опорно-поворотное устройство 2.

Опорно-поворотное устройство самоходных стреловых кранов представляет собой шариковый или роликовый специальный упорный подшипник, воспринимающий вертикальные и горизонтальные нагрузки.

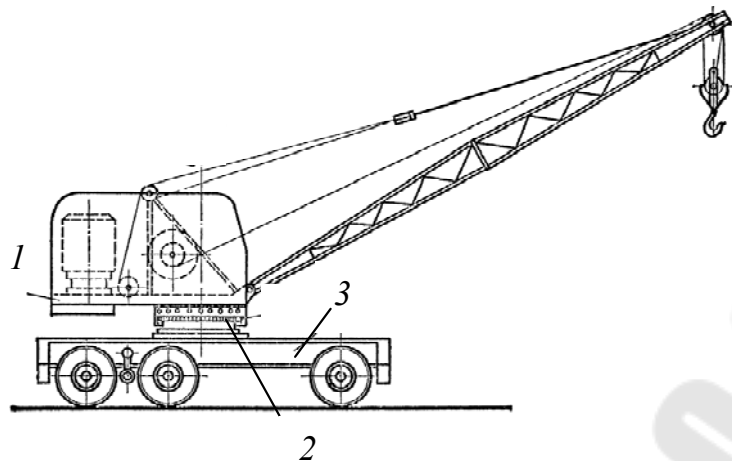


Рис. 12

Большая маневренность и автономность привода позволяет применять самоходные стреловые краны для монтажных и разгрузочных работ в самых разнообразных условиях.

Автомобильные краны – это грузоподъемные машины с поворотной платформой, установленной на шасси стандартного грузового автомобиля или на специальном шасси (рис. 13): 1 – крюковая подвеска; 2 – стрела; 3 – стойка стрелы; 4 – кабина крановщика; 5 – поворотная рама; 6 – опорно-поворотное устройство; 7 – подпятник; 8 – механизм блокировки рессор заднего моста шасси; 9 – неповоротная рама; 10 – облицовка; 11 – выносная опора; 12 – шасси автомобиля.

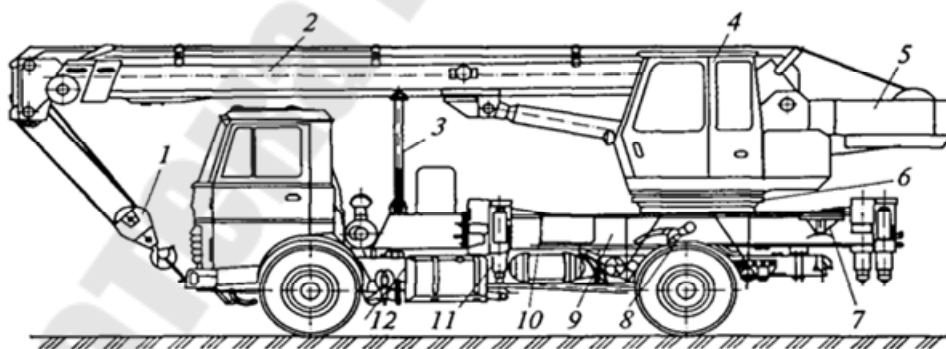


Рис. 13

Автомобильные краны выпускаются с механическим, электрическим и гидравлическим приводом.

На шасси автомобиля жестко закреплена рама, на которой смонтированы опорно-поворотное устройство, поворотная платформа выносные опоры.

На поворотной раме крана установлена лебедка подъема и стрела с крюком или грейдером. Для повышения устойчивости при работе с тяжеловесными грузами краны имеют выносные опоры, установленные на раме неповоротной части. Привод механизмов крана осуществляется как от двигателя автомобиля, так и от отдельного двигателя, установленного на поворотной платформе.

Имея большую скорость передвижения, они обладают высокой маневренностью. Работа кранов с максимальной грузоподъемностью допустима только на выносных опорах, которые воспринимают на себя нагрузку в процессе подъема груза.

1.5.2. Мостовые краны

Мостовыми называются краны, у которых базой является передвижная пролетная конструкция – мост, который передвигается по рельсам подкрановых балок, уложенных на консолях колонн здания или на колоннах специальной эстакады. Грузоподъемный механизм крана расположен на тележке, перемещающейся вдоль моста (рис. 14): 1 – мост; 2 – механизм передвижения; 3 – грузовая тележка; 4 – механизм подъема; 5 – механизм передвижения; 6 – ходовое колесо; 7 – подкрановый путь; 8 – троллеи; 9 – токоъемники.

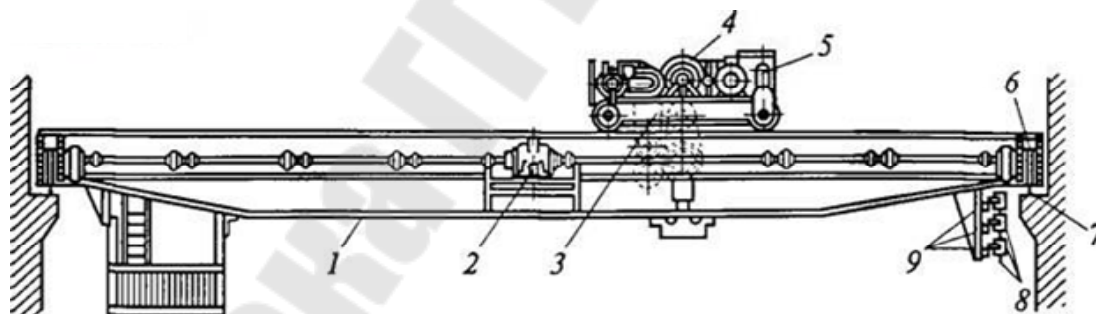


Рис. 14

Крановая тележка мостового крана состоит из рамы с ведущими и ведомыми колесами. На раме устанавливаются механизмы передвижения тележки и подъема груза. Тяжелые краны оборудуются двумя механизмами подъема. Ходовые колеса монтируются на концевых балках моста. Кабина крана обычно подвешена к мосту, а у кранов с большим пролетом она подвешивается к тележке.

Кран перемещается по опорным балкам, установленным на колоннах или кронштейнах. Токоподвод к тележке осуществляется с помощью кабеля, который перемещается по натянутому тросу.

1.5.3. Козловой кран

Козловой кран (рис. 15) по конструктивной схеме, выполняемой работе и зоне обслуживания, схож с мостовым краном: 1 – грузовая тележка; 2 – мост; 3 – опорная нога; 4 – ходовая рельсовая тележка.

Отличие их состоит лишь в том, что мостовое пролетное строение не опирается непосредственно на подкрановый путь, а имеет по концам две высокие ноги с ходовыми колесами для передвижения по наземному крановому пути.

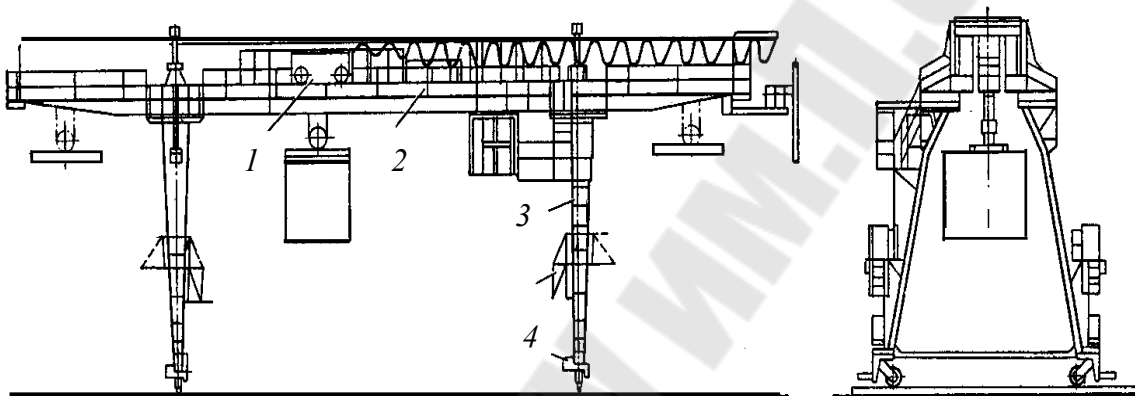


Рис. 15

Для удобства выполнения перегрузочных операций мост иногда имеет одну или две консоли, выступающие за пределы опорных ног крана. У бесконсольных кранов грузовая тележка перемещается по верхнему поясу фермы моста, а у консольного крана – по двутавровой балке, подвешенной к нижнему поясу фермы моста, вследствие чего тележка может выходить за опоры крана.

У козловых кранов грузоподъемностью до 10 т в качестве грузоподъемного механизма применяется передвижная электроталь, перемещающаяся по нижнему поясу двутавра пролетного строения крана.

Козловые краны снабжены многодвигательным приводом. Питание электроэнергией осуществляется через гибкий кабель или троллеи, протянутые вдоль всего рельсового пути.

1.5.4. Кабельный кран

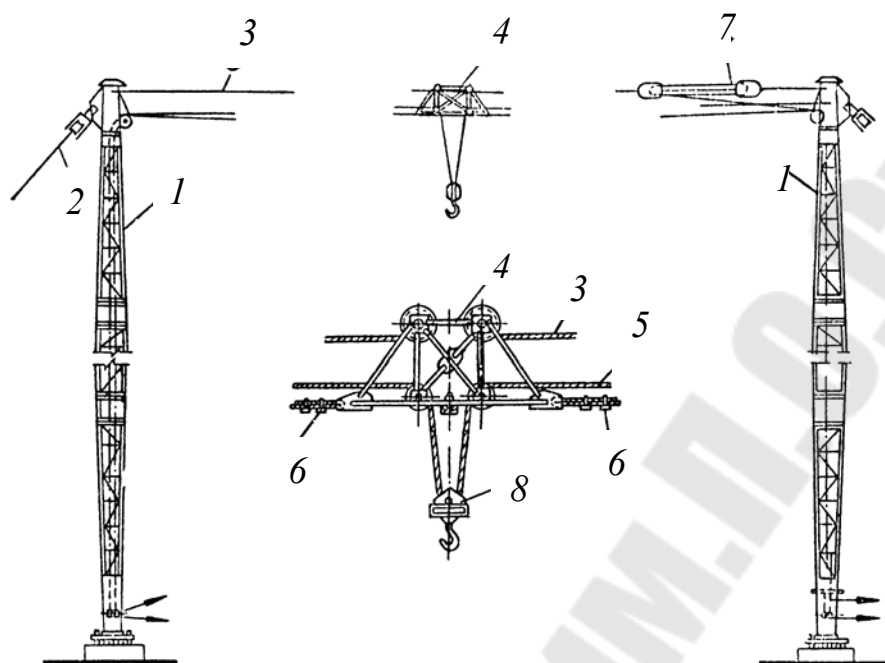


Рис. 16

Кабельный кран (рис. 16) состоит из трубчатых или решетчатых башен 1, между которыми натянут несущий стальной канат 3. По этому канату на колесах перемещается грузовая тележка 4, несущая грузовой полиспаст с крюковой обоймой 8. Перемещение тележки осуществляется тяговым канатом 6 при помощи одной или двух лебедок. Канат грузового полиспаста 5 закрепляется одним концом на башне, а вторым – на барабане грузовой лебедки.

Необходимое натяжение несущего каната обеспечивается специальным полиспастом 7 и лебедкой, установленной у основания башни. Для укрепления крана имеются главные 2 и боковые ванты.

В зависимости от способа установки башен различают следующие типы кабельных кранов:

- стационарные краны, у которых башни неподвижны;
- качающиеся краны, у которых башни могут быть наклонены;
- передвижные краны, у которых обе башни расположены на ходовых тележках, перемещающихся по рельсовым путям;
- радиальные краны, у которых одна башня неподвижна, а вторая передвигается по дуге окружности.

1.5.5. Кран-балка

Кран-балка (рис. 17) является разновидностью подъемного крана мостового типа, у которого таль 3 с ручным или электрическим приводом передвигается по ездовой балке 1, перемещающейся по мосту 2.

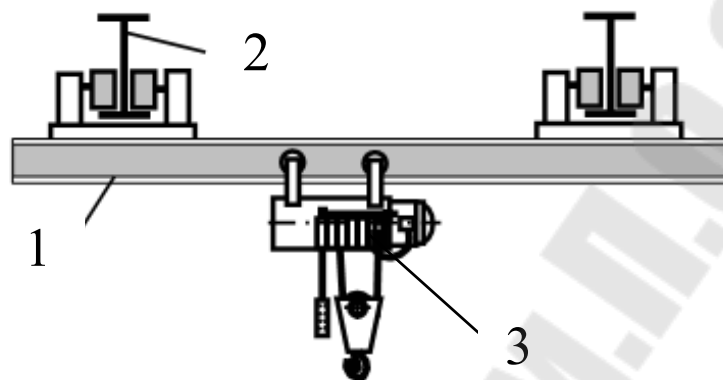


Рис. 17

2. ПАРАМЕТРЫ МАШИН ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

К основным параметрам грузоподъемной машины относятся грузоподъемность, геометрические параметры, кинематические характеристики.

Грузоподъемность обозначает наибольшую массу груза, на подъем которого рассчитана машина. В величину грузоподъемности Q_n включаются масса груза и масса грузозахватных устройств, и определяется она по следующей зависимости:

$$Q_n = Q_{гр} + Q_{гзу},$$

где $Q_{гр}$ – масса поднимаемого груза; $Q_{гзу}$ – масса грузозахватных устройств.

Устойчивость самоходных и башенных кранов против опрокидывания в процессе работы характеризуется грузовым моментом $M_{гр}$, который определяется как произведение веса груза G на вылет стрелы L :

$$M_{гр} = GL.$$

Вылетом стрелы L называется расстояние от оси вращения поворотной части крана до оси грузозахватного органа.

Пролетом крана $L_{п}$ называется горизонтальное расстояние между осями рельсов кранового пути.

Высотой подъема H называется расстояние от уровня кранового пути до положения грузозахватного органа.

Глубиной опускания H_1 называется расстояние от уровня кранового пути до грузозахватного органа, находящегося в нижнем допустимом положении.

Диапазоном подъема называется расстояние по вертикали между верхним и нижним положениями грузозахватного устройства $H + H_1$.

Кинематическими параметрами крана являются:

- скорость подъема груза $V_{п}$, м/с;
- скорость опускания груза $V_{оп}$, м/с;
- скорость передвижения всего крана или отдельных его частей (например, тележки по мосту мостового или козлового крана) $V_{пер}$, м/с;
- частота вращения поворотной части крана $n_{вр}$, об/мин;

– скорость изменения вылета груза в башенных кранах или скорость подъема стрелы в порталных кранах $V_{из}$, м/с.

Производительность грузоподъемных машин можно определять по массе, объему или поштучно. Во всех случаях необходимо знать расчетное число циклов машины в единицу времени. Производительность крана может быть определена по следующим формулам:

– по массе

$$\Pi = \frac{3600\beta_1\beta_2V_0\gamma_m}{T_{ц}}, \text{ кг/ч};$$

– объемная

$$\Pi = \frac{3600\beta_1\beta_2V_0}{T_{ц}}, \text{ м}^3/\text{ч};$$

– штучная

$$\Pi = \frac{3600\beta_1\beta_2z}{T_{ц}}, \text{ шт./ч},$$

где β_1 – коэффициент, учитывающий потери времени по технологическим и организационным причинам (межцикловые простои, перемещение крана к погрузочным зонам и др.); β_2 – коэффициент, учитывающий потери времени на текущее обслуживание крана и его ремонт; V_0 – объем поднимаемого груза, м³; γ_m – плотность перегружаемого материала, кг/м³; $T_{ц}$ – длительность цикла, с; z – число единиц груза.

В общем случае:

$$T_{ц} = t_m + t_{опер} + t_{доп},$$

где t_m – длительность составляющих цикла, выполняемых приводными механизмами крана (подъема, перемещения тележки или самого крана, поворота стрелы или изменения ее вылета); $t_{опер}$ – длительность операций цикла, выполняемых при неработающих механизмах крана (ручная прицепка и отцепка груза, захват груза приводным грейфером и др.); $t_{доп}$ – длительность составляющих цикла на успокоение груза от раскачивания, затраты времени на определение объема или массы грузов и т. д.

Режим работы механизмов грузоподъемных машин периодического действия устанавливается в зависимости от условий их эксплуатации, который определяет запасы прочности при расчете деталей и узлов привода механизма.

Отношение времени работы механизма к полному времени цикла характеризует интенсивность использования механизма. Это отношение называется продолжительностью включения, выражается в процентах и обозначается:

$$ПВ = \frac{t_{в}}{T_{ц}} 100\%.$$

3. ДЕТАЛИ И УЗЛЫ МАШИН ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Механизмы грузоподъемных машин состоят как из общестроительных деталей и узлов (муфт, передач, валов, осей и др.), так и специальных, к которым относятся канаты, цепи, блоки, барабаны, захватные приспособления, полиспасты и тормозные устройства.

3.1. Канаты

Стальные канаты применяют в строительных машинах в качестве гибких элементов. В том случае, если канат является составной частью механизма подъема, их называют подъемными или грузовыми; если же он используется в качестве тягового органа в составе механизма, перемещающего груз, масса которого воспринимается несущей конструкцией, их называют тяговыми.

Стальные проволочные канаты позволяют поднимать груз с большой скоростью, работают они бесшумно. Изготавливают канаты из стальной проволоки повышенной прочности диаметром 0,2...3 мм. При одинаковом диаметре двух канатов наибольшей гибкостью будет обладать канат, выполненный из большого числа проволок. Проволоки, из которых свивают канат, могут быть одинакового и разного диаметра (рис. 18).

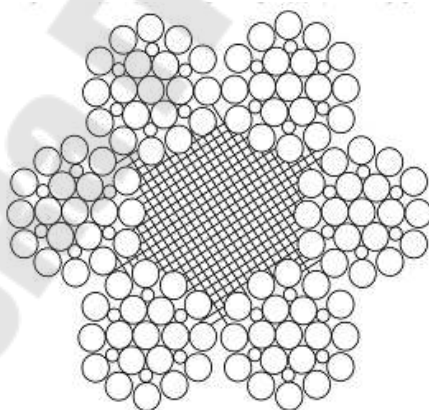


Рис. 18

Стальные канаты бывают одинарной свивки, двойной свивки и тройной свивки. Канаты двойной свивки состоят из прядей, а канаты тройной свивки состоят из свитых стренг – канатов двойной свивки.

Стальные канаты могут быть односторонней свивки и крестовой свивки, когда направление свивки проволок в пряди и свивки самих прядей не совпадают по направлению.

В грузоподъемных машинах обычно применяются канаты двойной крестовой свивки с одним центральным сердечником, вокруг которого свиты пряди.

Сердечники каната делаются металлическими или из волокон органического происхождения. Органический сердечник изготавливается из лубяных, нейлоновых, капроновых волокон. Органические сердечники пропитывают жидкой смазкой, что увеличивает срок службы каната за счет проникновения смазки между проволоками.

Чаще всего применяют шестипрядные канаты (рис. 19).

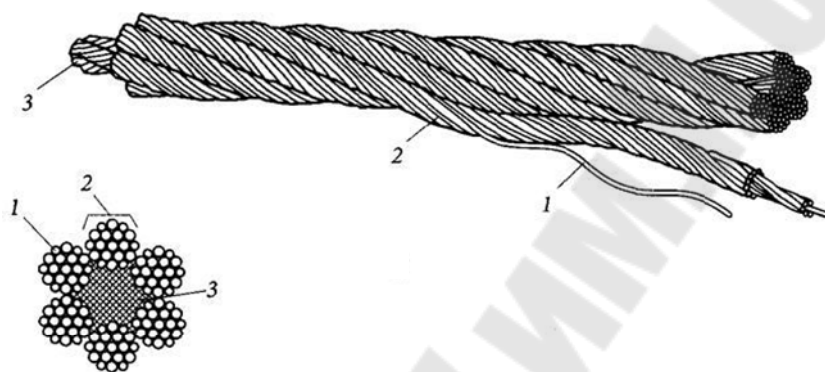


Рис. 19

Пряди 2, свитые вокруг сердечника 3, состоят из проволок 1, которые имеют точечное или линейное касание между слоями. При точечном касании (ТК) проволоки в слоях имеют разные углы наклона. При линейном касании (ЛК) проволоки соприкасаются по всей длине. Для эксплуатации на блоках и барабанах канаты выбираются только с линейным касанием проволок. При многослойной навивке на барабан применяют канат с металлическим сердечником, так как он не теряет формы под действием нагрузки вышележащих витков.

На практике при выборе каната ограничиваются его проверкой по разрушающей нагрузке без учета изгибов по следующей зависимости:

$$S_{\text{разр}} \geq kS_{\text{max}},$$

где k – коэффициент запаса прочности, зависящий от режима работы;

$S_{\text{max}} = \frac{Qg}{n_b \eta_{\text{п}}}$ – максимальная нагрузка на канат; Q – номинальная грузоподъемность; g – ускорение свободного падения; n_b – количество ветвей каната, воспринимаемых нагрузку; $\eta_{\text{п}}$ – коэффициент полезного действия полиспаста.

3.2. Цепи

Стальные цепи применяют в конструкциях строительных машин в качестве гибких элементов привода грузоподъемных и тяговых органов ручных талей, тяговых органов транспортирующих машин, а также в качестве стропов.

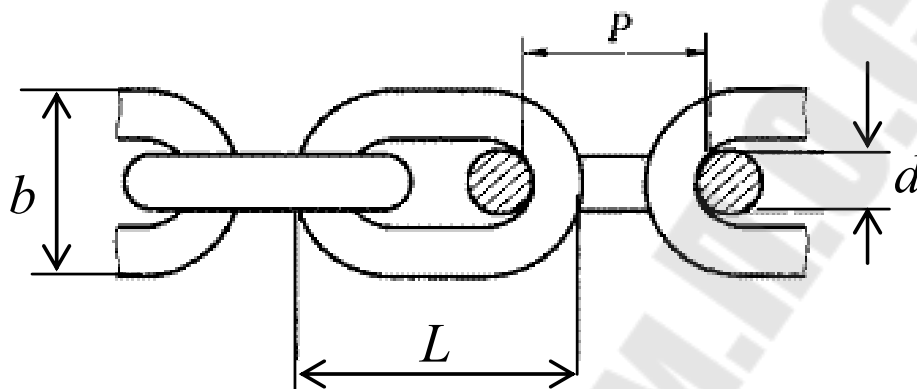


Рис. 20

По конструкции и способу изготовления цепи делят на сварные и пластинчатые цепи. Сварная цепь (рис. 20) состоит из овальных взаимно-перпендикулярных звеньев, что обеспечивает большую гибкость во всех направлениях и позволяет применять барабаны малых диаметров. Основные размеры звеньев: p – шаг цепи, d – диаметр проволоки, ширина звена b и длина звена L .

Их применяют в подъемных машинах небольшой грузоподъемности. Чаще они применяются в качестве приспособлений для подвешивания груза к грузозахватным устройствам. Сварные цепи обладают большой гибкостью, простотой изготовления и конструкции. К недостаткам этих цепей можно отнести чувствительность к толчкам и перегрузкам, внезапный их разрыв в результате износа в местах сопряжения звеньев и большая масса.



Рис. 21

Тяговые пластинчатые цепи (рис. 21) используют преимущественно в транспортирующих устройствах и установках. Звенья тяговой цепи обычно состоят из двух наружных и двух внутренних пластин

удлиненной формы, соединенных шарнирно валиками. Для прикрепления рабочих органов транспортирующих устройств внешние пластины тяговой цепи делаются с полками.

Пластинчатые цепи в зависимости от массы груза могут иметь от 2 до 12 пластин.

По сравнению со сварными цепями пластинчатые цепи более надежны в работе, обладают более высокой подвижностью и меньшим трением в шарнире, чем в сопряженных местах звеньев сварной цепи. Существенным недостатком этих цепей является то, что их нельзя нагружать усилиями, действующими под углом к плоскости поворота звеньев, так как это может привести к разрушению цепи.

Грузоподъемные цепи рассчитывают на растяжение, исходя из необходимого коэффициента запаса прочности k , принимаемого по нормам Госгортехнадзора:

$$k = \frac{S_{\text{раз}}}{S_{\text{факт}}},$$

где $S_{\text{раз}}$ – разрушающая нагрузка цепи, определяемая по табличным данным; $S_{\text{факт}}$ – фактическая нагрузка, действующая на цепь.

Коэффициент запаса прочности сварных цепей зависит от вида цепи, вида привода и условия эксплуатации.

3.3. Грузозахватные устройства

Грузозахватное приспособление – это устройство, соединяющее груз с краном. Оно навешивается на крюк крана, легко снимается с крюка и отсоединяется от груза.

К съемным грузозахватным приспособлениям относятся стропы, траверсы, захваты. К ним также следует отнести одноканатные рейфферы, которые навешиваются на крюк крана.

Грузозахватные приспособления после изготовления должны подвергаться осмотру и испытанию нагрузкой, превышающую их паспортную грузоподъемность на 25 %.

3.3.1. Крюки

Наиболее широко применяемым грузозахватным приспособлением являются грузовые крюки, к которым груз прикрепляется с помощью строп.

Крюк крепится к подвижной обойме полиспаста, вместе с которой он представляет крюковую подвеску (рис. 22). Крюковая подвеска состоит из крюка 1, траверсы 2, опорного шарикового подшип-

ника 3, специальной гайки 4 для крепления крюка на траверсы, щекобымы 5, подвижных блоков полиспаста 6 и оси крепления блоков 7. Опорный шариковый подшипник, который установлен между гайкой на хвостовике крюка и траверсой, обеспечивает свободное вращение крюка вокруг вертикальной оси.

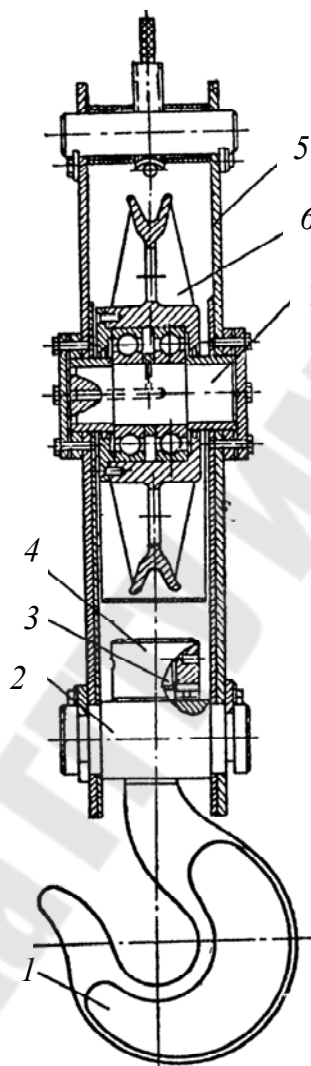


Рис. 22

3.3.2. Блоки

Блоки применяют для изменения направления стальных канатов или как составную часть блочных систем. Канат, перемещаясь и огибая блоки, вращает их. Чтобы блок легко вращался на оси при передвижении каната, его опору выполняют на подшипниках качения или скольжения с применением бронзы.

По роду работы различают блоки с неподвижной осью (направляющие) и с подвижной осью (полиспастные). И те, и другие имеют одинаковое конструктивное исполнение.

Конструкция канатного блока: 1 – канат, 2 – ось блока (рис. 23) должна обеспечивать спокойное набегание на них канатов и исключать опасность выпадения канатов из ручья.

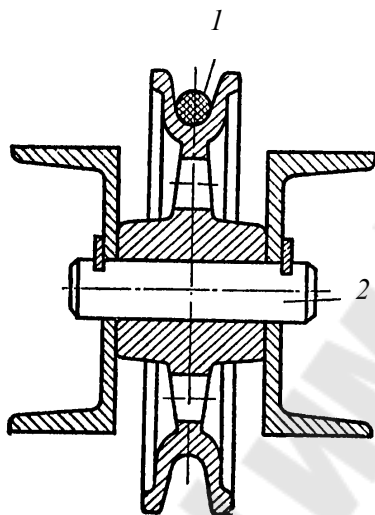


Рис. 23

Размеры и форма профиля блока выбираются так, чтобы была возможность отклонения каната от плоскости симметрии ручья блока на угол до 6° .

Диаметр D по дну канавки канатного блока рассчитывается по следующей зависимости:

$$D \geq de,$$

где d – диаметр каната; e – коэффициент, зависящий от типа грузоподъемной машины и режима ее работы.

Коэффициент e выбирается по нормам Госгортехнадзора: от 16 – для стреловых кранов с легким режимом работы и до 35 – для блоков с весьма тяжелым режимом работы.

Цепные блоки для направления сварных цепей с шагом p могут иметь гладкий или фасонный ручей. Диаметр D блока, огибаемого сварной цепью, зависит от вида привода подъемной машины и диаметра d прутка, из которого изготовлены звенья цепи. Для машин с ручным приводом диаметр блока должен быть $D \geq 20d$, а с механическим – $D \geq 30d$.

3.3.3. Полиспасты

Полиспастом называют систему, состоящую из нескольких подвижных и неподвижных блоков и каната, последовательно огибающего все блоки. Один конец полиспаста закрепляется на обойме подвижных или неподвижных блоков, а другой – на барабане лебедки.

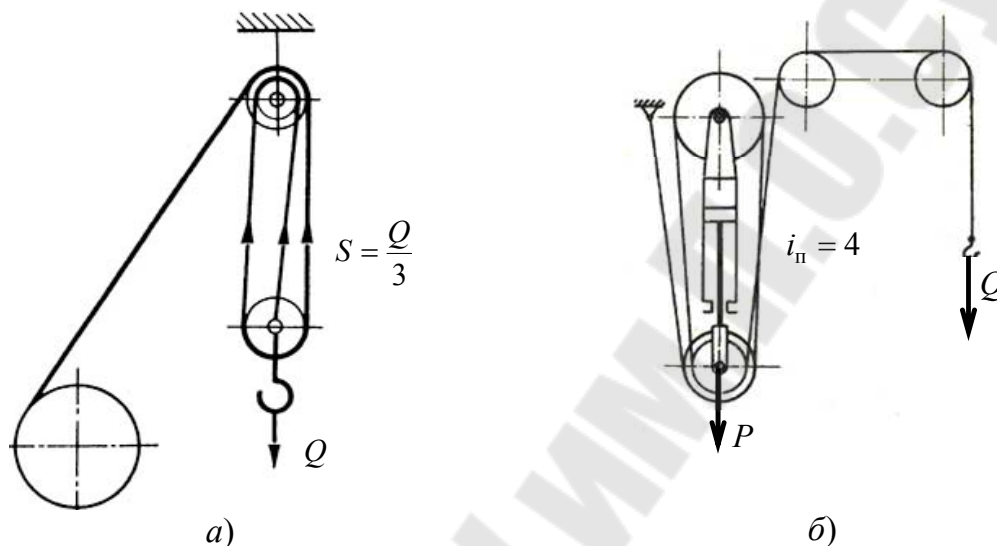


Рис. 24

Все полиспасты делятся на два вида: силовые (рис. 24, а) и скоростные (рис. 24, б) полиспасты.

Сила тяжести груза Q , подвешенного к обойме подвижного блока, распределяется на все рабочие ветви m каната. Каждая ветвь в статическом положении (рис. 24, а) будет нагружена силой:

$$S = \frac{Q}{m}.$$

Зависимость между тяговым усилием S_k на сбегающей ветви каната и подъемной силой полиспаста Q во время его работы приближенно выражается следующей формулой:

$$S_k = \frac{Q}{m\eta^z},$$

где m – число рабочих ветвей полиспаста; η – коэффициент полезного действия одного блока; z – число блоков.

Основной характеристикой полиспаста является его кратность, которая определяется по следующей зависимости:

$$i_{\text{п}} = \frac{V}{V_{\text{гр}}},$$

где V – скорость навивания каната на барабан; $V_{\text{гр}}$ – скорость подъема груза.

На практике кратность барабана определяют по следующему правилу:

$$i_{\text{п}} = \frac{\text{Число нагруженных ветвей}}{\text{Число ветвей, наматываемых на барабан}}.$$

В скоростных полиспадах (рис. 24, б) скорость подъема груза определяется по зависимости

$$V_{\text{гр}} = i_{\text{п}} V_{\text{шт}},$$

где $V_{\text{шт}}$ – скорость перемещения штока толкателя.

3.3.4. Стропы

Стропы бывают следующих видов:

- канатные стропы, изготавливаемые из стальных канатов;
- цепные стропы, изготавливаемые из круглозвенных цепей;
- текстильные стропы, изготавливаемые из синтетических канатов и лент.

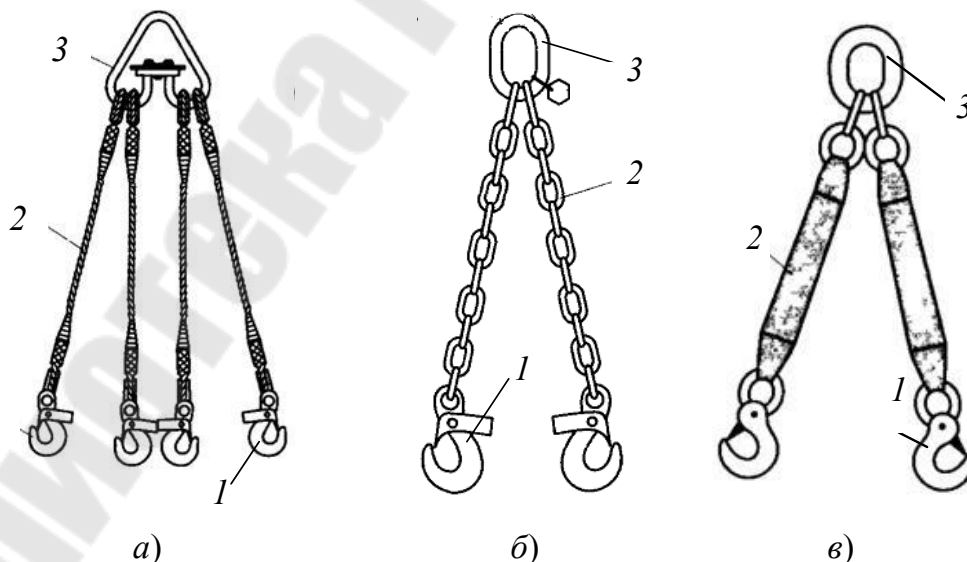


Рис. 25

Все указанные стропы, состоящие из захватов 1, ветвей 2 и несущего звена 3, имеют свои преимущества и недостатки.

В настоящее время канатные стропы (рис. 25, а) самые распространенные. Они надежны, в них легче вовремя обнаружить неисправность, но при большой грузоподъемности канатные стропы тяжелые и недостаточно гибкие.

Цепные стропы (рис. 25, б) обладают большой гибкостью, но они еще более тяжелые, чем канатные. Недостатком цепного стропа является то, что он может внезапно разрушиться вследствие образования и быстрого раскрытия трещины, поэтому необходим постоянный контроль состояния звеньев цепи.

Текстильные стропы (рис. 25, в) легкие, гибкие, не деформируют груз. Текстильные стропы безопасней в эксплуатации, но они легко повреждаются от порезов, открытого огня, сварочных работ и ультрафиолетового излучения. Для изготовления текстильных стропов применяют синтетические материалы: полиэстер, капрон, полипропилен.

Коэффициент запаса прочности для стропа из стальных канатов должен быть не менее 6, из цепей – не менее 4 и из текстильных волокон – не менее 8.

Натяжение S ветви одноветвевого стропа равно массе груза Q . Натяжение S_b каждой ветви многоветвевого стропа (рис. 26) рассчитывают по следующей формуле:

$$S_b = \frac{Q}{n \cos \alpha},$$

где n – число ветвей стропа; α – угол наклона стропа к вертикали.

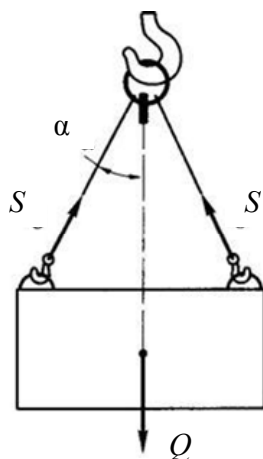


Рис. 26

При увеличении угла между ветвями возрастает не только натяжение ветвей и вероятность их разрыва, но и сжимающая составляющая натяжения, что может привести к разрушению груза.

3.3.5. Траверы

Траверса – это съемное грузозахватное приспособление, предназначенное для строповки длинномерных и крупногабаритных грузов. Она предохраняет поднимаемые грузы от воздействия сжимающих усилий, которые возникают при использовании стропов.

По конструкции траверы разделяют на плоскостные и пространственные траверы.



Рис. 27

Плоскостные траверы (рис. 27, а) применяют для строповки длинномерных грузов. Основной частью траверы является балка 2, или ферма, которая воспринимает изгибающие нагрузки. К балке подвешиваются канатные или цепные ветви 1.

Пространственные траверы (рис. 27, б) применяют для строповки объемных конструкций, машин, оборудования.

3.3.6. Грейферы

Грейфер представляет собой ковш для перемещения сыпучих, крупнокусковых грузов и круглого леса.

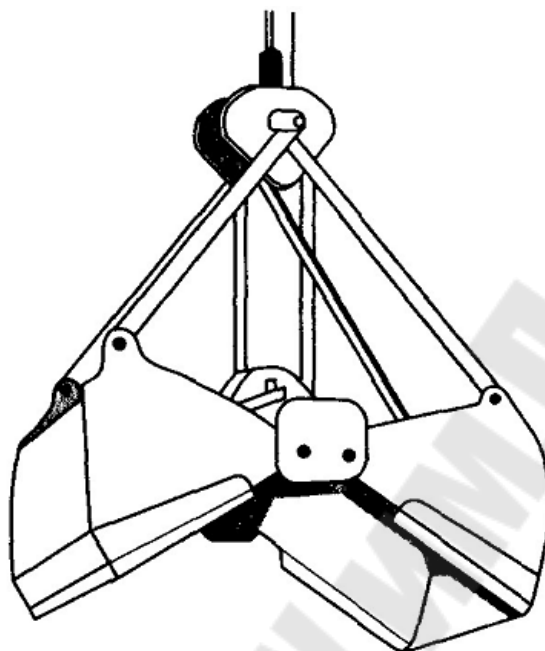


Рис. 28

Двухчелюстные грейферы (рис. 28) применяются для перемещения сыпучих грузов, а многочелюстные – для перемещения крупнокусковых грузов и металлолома.

По устройству замыкающего механизма различают грейферы одноканатные, двухканатные и моторные с электроприводом или гидроприводом.

Одноканатные грейферы применяют в качестве грузозахватного устройства, подвешиваемого к крюку грузоподъемного крана любого типа при перегрузке краном сыпучих и мелкокусковых материалов.

Двухканатные грейферы могут применяться только при наличии на машине двухбарабанной лебедки, приспособленной для работы с грейфером, а моторные механизмы применяются на кранах и экскаваторах с электрическим или гидравлическим приводом.

Усилие смыкания, которое может быть развито челюстями, зависит как от массы грейфера, так и от кратности замыкающего полиспаста. Чем больше сопротивление материала внедрению, тем больше должна быть масса грейфера, которую изменяют, навешивая на него или снимая с него специальные грузы.

3.4. Тормоза

Механизмы грузоподъемных машин снабжают тормозами, которые за счет сил трения уменьшают скорость движения и останавливают поступательно перемещающиеся или вращательные массы.

В механизмах подъема тормоза останавливают груз и удерживают его в подвешенном состоянии, в механизмах передвижения и поворота останавливают движущиеся или поворачивающиеся конструкции.

По направлению тормозного усилия относительно оси затормаживаемого вала тормоза разделяются на радиальные (ленточные и колодочные), у которых тормозное усилие направлено по радиусу тормозного шкива нормально к оси, и осевые (дисковые и конусные), у которых тормозное усилие направлено вдоль оси затормаживаемого вала.

Обычно тормоз находится на приводном валу, так как на нем действует минимальный крутящий момент и тормоз получается наиболее легким и компактным.

3.4.1. Ленточные тормоза

Ленточный тормоз (рис. 29) состоит из стальной ленты, шкива, и системы рычагов.

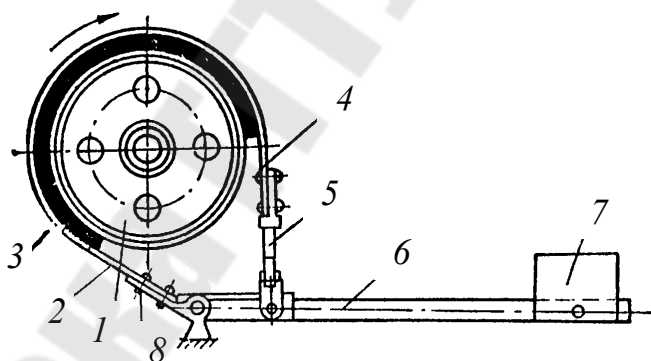


Рис. 29

Ленточный тормоз (рис. 29) состоит из тормозного шкива 1, который огибает упругая стальная лента 2. К рабочей поверхности ленты прикреплена фрикционная накладка 3 в виде сплошной ленты или отдельных секций. Стальная лента крепится набегающим концом 8 к станине или тормозному рычагу, а сбегающим концом 4 с помощью винтовой стяжки 5 крепится к тормозному рычагу 6. Торможение происходит в результате затягивания ленты под действием замыкающего груза 7 или пружины, а также при нажатии на рычаг ногой.

Управлять работой тормоза можно вручную, с помощью магнита, а также гидравлической или пневматической системой.

Угол обхвата лентой тормозных шкивов может достигать 270° , а величина отхода ленты – до 3 мм.

Ленточные тормоза малогабаритны, создают значительный тормозной момент, просты по конструкции. Основными недостатками этих тормозов является значительная односторонняя сила, изгибающая вал, и неравномерность распределения давления и износа по дуге обхвата.

Момент трения M_{τ} , создаваемый при нажатии ленты, определяется по следующей зависимости:

$$M_{\tau} = (F_1 - F_2) \frac{D}{2},$$

где F_1 – усилие в набегающей ветви ленты; F_2 – усилие в сбегающей ветви ленты; D – диаметр тормозного шкива.

На основании формулы Эйлера для гибкой нити

$$F_1 = F_2 e^{\alpha f},$$

где α – угол обхвата лентой тормозного шкива; f – коэффициент трения фрикционной накладке о тормозной шкив.

Решая совместно эти уравнения, получаем зависимости для определения усилий в ветвях ленты

$$F_1 = \frac{2M_{\tau} e^{\alpha f}}{D(e^{\alpha f} - 1)}; \quad F_2 = \frac{2M_{\tau}}{D(e^{\alpha f} - 1)}.$$

Минимальный диаметр тормозного шкива определяют из допустимого давления на поверхности контакта:

$$D \geq \sqrt{\frac{4M_{\tau} e^{\alpha f}}{\psi_{bD} (e^{\alpha f} - 1) [p]}},$$

где $\psi = \frac{b}{D} = 0,33 \dots 0,5$ – коэффициент ширины; $[p]$ – допустимое давление на поверхности контакта; b – ширина тормозного шкива.

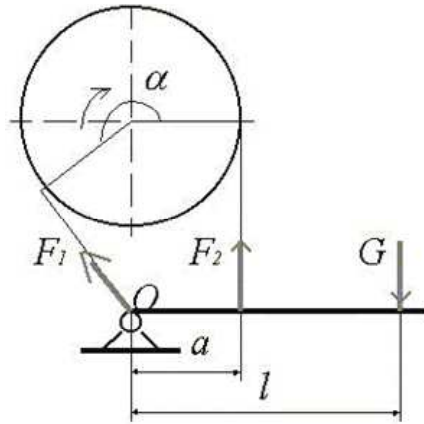


Рис. 30

В зависимости от вида присоединения концов ленты к рычагу приводного механизма различают простой, дифференциальный и суммирующий ленточный тормоз.

У простого ленточного тормоза (рис. 30) конец набегающей ленты крепится в шарнире рычага, а именно – в точке O . Необходимая сила замыкания при вращении тормозного шкива по часовой стрелке

$$G = F_2 \frac{a}{l\eta},$$

а при вращении против часовой стрелки набегающая и сбегающая ветви меняются местами, тогда

$$G = F_1 \frac{a}{l\eta} = F_2 \frac{a}{l\eta} e^{af},$$

где η – коэффициент полезного действия рычажной системы тормоза.

Из выше приведенных зависимостей видно, что при одном и том же тормозном моменте смена направления движения приводит к необходимости изменения замыкающей силы в e^{af} раз.

Концы ленты дифференциального ленточного механизма (рис. 31) крепятся по разные стороны от шарнира рычага.

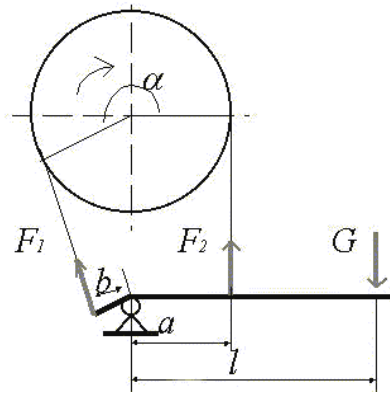


Рис. 31

Сила замыкания дифференциального тормоза при вращении шкива по часовой стрелке

$$G = \frac{F_2 a - F_1 b}{l\eta} = F_2 \frac{a - be^{af}}{l\eta}.$$

При противоположном направлении вращения тормозного шкива

$$G = \frac{F_1 a - F_2 b}{l\eta} = F_2 \frac{ae^{af} - b}{l\eta},$$

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

Следовательно, простой и дифференциальный ленточные тормоза являются тормозами одностороннего действия.

Суммирующий ленточный тормоз (рис. 32) отличается тем, что оба конца ленты прикреплены к тормозному рычагу так, что их натяжения F_1 и F_2 создают на рычаге моменты одинакового знака, а плечи a_1 и a_2 делаются равными.

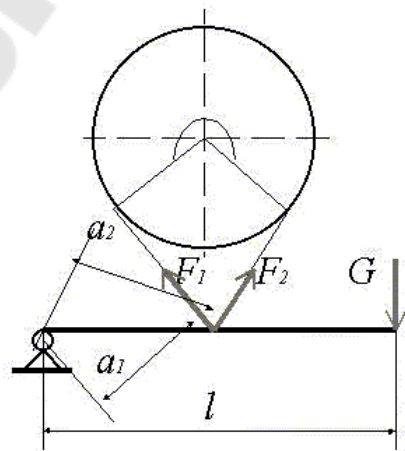


Рис. 32

Из условия равновесия рычага получим значение замыкающей силы:

$$G = \frac{F_1 a_1 + F_2 a_2}{l\eta} = F_2 \frac{a(e^{\mu\varphi} + 1)}{l\eta}.$$

Для суммирующего тормоза величина замыкающей силы больше, чем у первых двух типов ленточных тормозов, но зато у этого тормоза значение величины замыкающей силы постоянно при любом направлении вращения тормозного шкива.

Суммирующие тормоза применяют в реверсивных механизмах передвижения и вращения.

3.4.2. Колодочные тормоза

Различают колодочные тормоза с внешним и внутренним расположением колодок. Наибольшее распространение получили колодочные тормоза с внешним расположением колодок: 1 – пружина; 2 – гидротолкатель; 3 – угловой рычаг; 4 – тяга (рис. 33), когда сила трения при торможении возникает в результате контактирования фрикционной накладки с внешней образующей поверхностью тормозного шкива.

Одноколодочные тормоза применяются редко, так как при торможении они создают значительное усилие, изгибающее тормозной вал.

В связи с этим число тормозных колодок должно быть не менее двух при их диаметральной расположении относительно металлического элемента фрикционной пары.

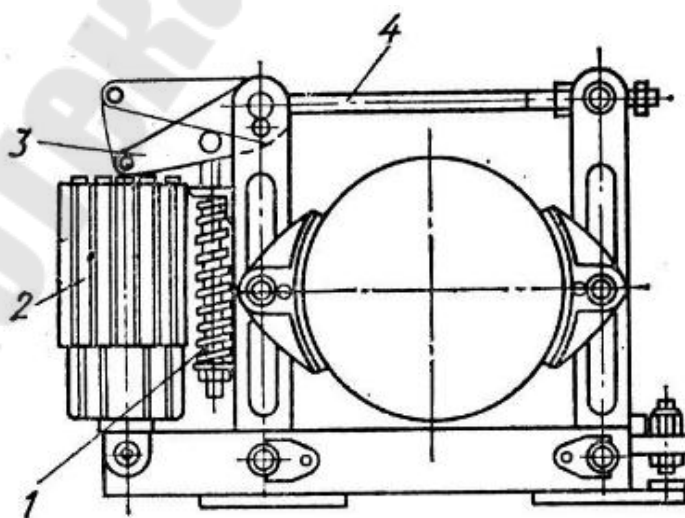


Рис. 33

Расчетная схема колодочного тормоза показана на рис. 34. Тормозной шкив 1 закреплен на валу 2 электродвигателя с помощью шпоночного соединения. К стойкам 3 шарнирно прикреплены колодки 4 с фрикционными накладками 5.

При сближении стоек под действием одинаковых усилий F_n , создаваемых системой пружин или другим устройством, колодки прижимаются к шкиву усилиями F_n . Растормаживается шкив при отходе тормозных колодок со стойками под действием одинаковых усилий, которые создаются с помощью электромагнита или электрогидравлического толкателя, включаемых одновременно с пуском электродвигателя механизма.

Тормозной шкив затормаживается силами трения $F_{тр}$. При этом возникает тормозной момент:

$$M_T = F_{тр} D = F_n f D,$$

где f – коэффициент трения; D – диаметр тормозного шкива.

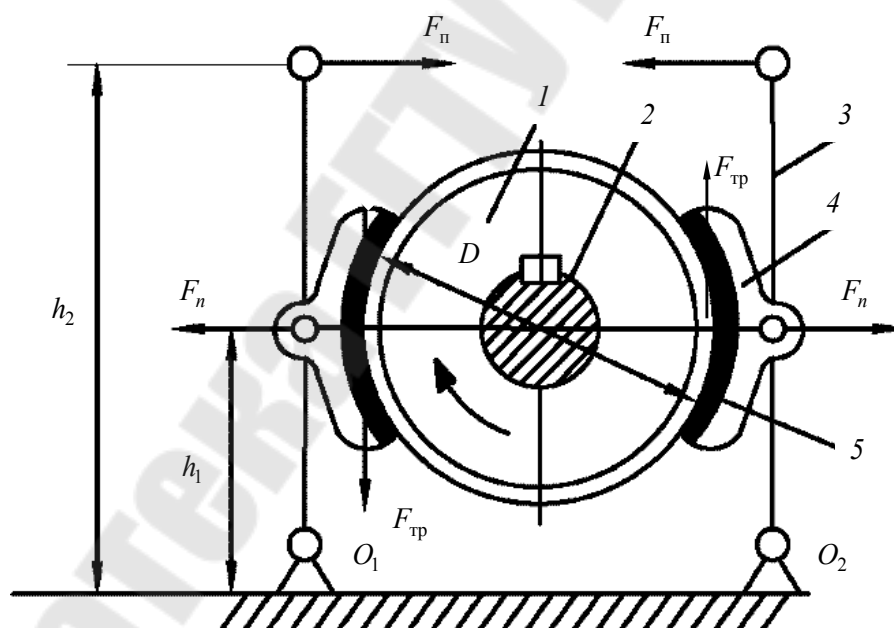


Рис. 34

Требуемый тормозной момент на валу

$$M_T = k_T T = k_T F_n f D,$$

где k_T – коэффициент запаса торможения; T – вращающий момент на тормозном валу.

Значение коэффициента k_T принимается в зависимости от режима работы механизма.

Для определения усилий F_n , обеспечивающих заданное значение тормозного момента M_T , рассмотрим условие равновесия вертикальной прямолинейной стойки тормоза с шарнирно закрепленной к ней колодкой:

$$\Sigma M_{O_1} = 0; F_n h_1 - F_{II} h_2 = 0,$$

откуда

$$F_{II} = F_n \frac{h_1}{h_2} = \frac{M_T}{fD} \frac{h_1}{h_2}.$$

Для выбора электромагнита необходимо знать работу W_p по растормаживанию двухколодочного тормоза замкнутого типа. Ее значение равно произведению силы F_{II} на расстояние s отхода каждой колодки от шкива с учетом КПД рычажной передачи и ее мертвого хода:

$$W_p = \frac{2F_{II}s}{\eta k_m},$$

где η – КПД рычажной передачи от привода тормоза к шарнирной колодке; k_m – коэффициент, учитывающий мертвый ход рычажной системы.

При выборе колодочных тормозов по каталогу учитывают требуемое значение тормозного момента M_T .

Проверку колодочного тормоза выполняют на износостойкость и на нагрев.

Расчет на износостойкость осуществляют косвенным методом путем сравнения давления на поверхности контакта колодки с тормозным шкивом с допустимым давлением:

$$p = \frac{F_n}{bl} \leq [p],$$

где b – ширина колодки; l – длина колодки по углу обхвата.

Выражая ширину и длину колодки в долях диаметра шкива, $b = \psi_{bd} D$; $l = \psi_{ld} D$, с учетом, что $F_n = \frac{M_T}{fD}$, определяют диаметр тормозного шкива:

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{M_T}{[p] f \psi_{bd} \psi_{ld}}}; \psi_{bd} \approx 0,4; \psi_{ld} = 0,5 \div 0,7.$$

Обычно принимают: $\psi_{bd} = 0,4$; $\psi_{ld} = 0,5 \dots 0,7$.

Полученный диаметр D округляют до стандартного значения и проверяют из условия допускаемого нагрева.

Проверку на нагрев осуществляют на основании теплового баланса:

$$Q_{\text{выд}} = Q_{\text{отв}},$$

где $Q_{\text{выд}}$ – количество теплоты, образующееся на поверхности трения шкива; $Q_{\text{отв}}$ – количество теплоты, отводимой от шкива.

О нагреве шкива можно также судить по удельной работе трения pv :

$$pv = \frac{F_n n}{6000b \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}} \leq [pv],$$

где n – частота оборотов шкива, α – угол обхвата колодкой тормозного шкива.

3.4.3. Дисковые тормоза

Дисковый тормоз (рис. 35) состоит из неподвижного 1 и вращающегося диска 2 с фрикционным покрытием.

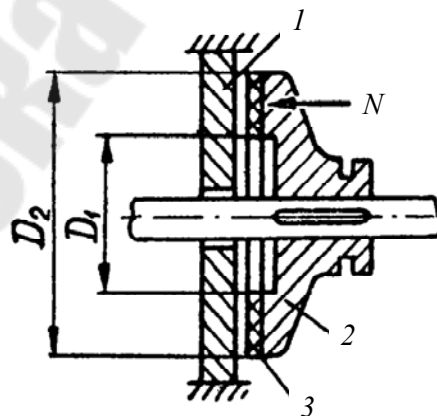


Рис. 35

Замыкание тормоза происходит в результате осевого перемещения вместе с валом вращающегося диска 2 и прижатия его к неподвижному диску 1.

Усилие прижатия, необходимое для создания требуемого тормозного момента

$$N = \frac{2M_T}{D_{cp}f},$$

где $D_{cp} = \frac{D_1 + D_2}{2}$ – средний диаметр рабочей поверхности; f – коэффициент трения; M_T – необходимый тормозной момент.

Для уменьшения тормозного усилия применяются многодисковые тормоза. В многодисковом тормозе (рис. 36) три неподвижных диска 3 на оси 4 с прикрепленным к ним фрикционным покрытием 1 прижимаются к двум вращающимся вместе с валом дискам 2, затормаживая таким образом вал.

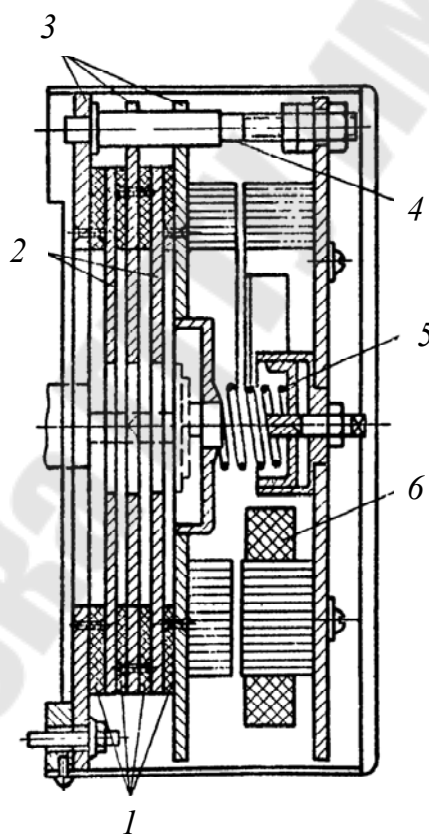


Рис. 36

Вся система дисков постоянно зажата пружиной 5, которая во время работы механизма размыкается тремя электромагнитами 6.

Усилие сжатия дисков требуется тем меньше, чем больше средний диаметр и число дисков будет иметь тормоз:

$$N = \frac{2M}{zD_{cp}f\eta},$$

где z – число трущихся поверхностей; η – коэффициент, учитывающий потери от трения при перемещении дисков по пазам шпонок.

Удельное давление на трущихся поверхностях

$$p = \frac{4N\eta}{\pi(D_2^2 - D_1^2)} \leq [p].$$

3.4.4. Конусные тормоза

Конусный тормоз (рис. 37) состоит из неподвижного 1 и вращающегося 2 дисков.

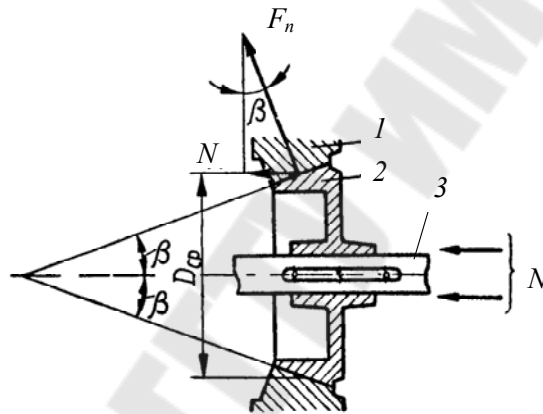


Рис. 37

Тормозной момент в конусном тормозе создается при прижатии вращающегося конусного диска, установленного на шлицах тормозного вала 3, к не вращающемуся диску с конусной выточкой.

Рабочее усилие для создания необходимого тормозного момента определяется по зависимости

$$N = F_n \sin \beta = \frac{2M_{\tau}}{D_{cp}} \sin \beta.$$

3.5. Остановы

Для удержания груза в подвешенном состоянии применяются остановки, которые не препятствуют подъему груза и исключают возможность его самопроизвольного опускания под действием собственного веса.

Остановы, в основном, применяются в лебедках, талях и домкратах для надежного фиксирования поднятого груза в заданном положении, позволяя валу или барабану лебедки вращаться в одном направлении, и препятствуя вращению в обратную сторону.

По конструктивному исполнению остановки подразделяются на храповые и фрикционные.

3.5.1. Храповые остановки

В грузоподъемных машинах, в основном, применяют храповые остановки (рис. 38).

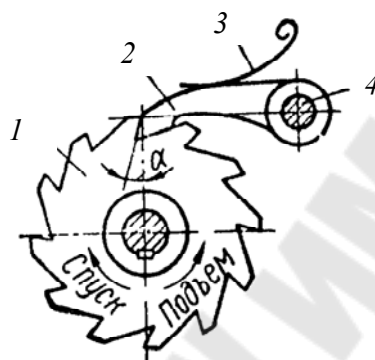


Рис. 38

Он состоит из храпового колеса 1 с зубьями специальной формы, которое закреплено на валу или на барабане механизма подъема, и подвижного упора 2, ось которого 4 укреплена на неподвижном основании и прижата пружиной 3. Подвижный упор называют «собачкой». Для опускания груза собачку необходимо вывести из зацепления с храповым колесом. Местом установки храпового механизма обычно является быстроходный вал привода с наименьшим крутящим моментом.

Наиболее опасным для элементов остановки является положение собачки, упирающейся в вершину зуба храпового колеса. Распределенная нагрузка

$$q = \frac{F_t}{b} = \frac{2T}{bD} = \frac{2T}{b m z} \leq [q],$$

где F_t – окружное усилие; T – вращающий момент, действующий на валу храпового колеса; b – ширина кромки зуба; D – внешний диаметр храпового колеса; m – модуль храпового зубчатого колеса; z – число зубьев храпового колеса; $[q]$ – допускаемая распределенная нагрузка.

Собачку храпового соединения изготавливают только из стали. Для обеспечения надежной работы соединения собачка прижимается к храповому колесу пружиной или весом специального груза. Ось вращения собачки устанавливают таким образом, чтобы угол, образованный линиями, проведенными от оси колеса и оси собачки в точку контакта собачки с колесом, составлял 90° .

Собачка при вращении храпового колеса в направлении, соответствующем подъему груза, свободно скользит по наклонным поверхностям зубьев. Если направление вращения колеса изменится на противоположное, то собачка, упираясь в верхнюю кромку колеса, соскользнет во впадину и прижмется к рабочей грани зуба торцовой поверхностью, создавая необходимый упор.

3.5.2. Фрикционные остановы

Действие фрикционных остановов основано на использовании силы трения. Они являются наиболее совершенными механизмами, обеспечивающими безударное приложение нагрузки и минимальный угол холостого хода, предшествующий заклиниванию.

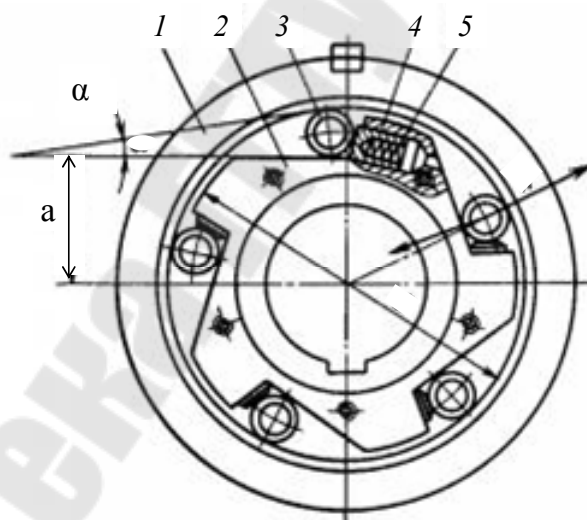


Рис. 39

Роликовый останов (рис. 39) состоит из корпуса 1, втулки 2, соединенной с валом механизма, и роликов 3.

При вращении втулки 2 против часовой стрелки ролики увлекаются силами трения в наиболее широкую часть клинового паза, что обеспечивает свободное вращение втулки 2 относительно корпуса 1. При изменении направления вращения втулки ролики заходят в узкую часть клинового паза, что приводит к заклиниванию.

Для более быстрого заклинивания роликов в конструкцию останова включены пружины 5 и штифты 4, отжимающие ролики в угол паза.

Заклинивание будет происходить в тот момент, когда силы, действующие на ролик в начальный момент заклинивания, будут стремиться втянуть ролик в клиновое пространство между корпусом и втулкой. При одинаковых значениях коэффициента трения f между роликом и деталями останова величина α должна удовлетворять неравенству $\operatorname{tg}(\alpha/2) < \operatorname{tgr} = f$. Для обеспечения саморасклинивания останова обычно принимают угол $\alpha = 6 \dots 8^\circ$.

Угол α роликового останова определяется из соотношения

$$\cos \alpha = \frac{2a + d}{D - d},$$

где a – расстояние от оси вращения до плоскости втулки; d – диаметр ролика; D – внутренний диаметр корпуса.

Наибольший вращающий момент при заклинивании роликов с учетом динамических нагрузок

$$T_{\max} = k_d \cdot T,$$

где T – номинальный крутящий момент от груза на валу останова; k_d – коэффициент динамичности.

Расчетный крутящий момент роликового останова

$$T_p = \frac{T_{\max}}{k_T},$$

где k_T коэффициент, характеризующий точность изготовления и монтажа останова.

Нормальное давление на ролик

$$N = \frac{2T_p}{zD \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}},$$

где z – число роликов; α – угол заклинивания.

4. МЕХАНИЗМЫ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

4.1. Механизм подъема груза

При помощи механизма подъема осуществляется вертикальное перемещение груза, удержание его на весу и опускание в заданном месте на опорную поверхность.

По типу привода их можно разделить на механизмы с ручным приводом и электрическим приводом.

Механизм подъема с ручным приводом (рис. 40) состоит из гибкого рабочего элемента 1, навиваемого на барабан 2, из механической передачи 3, снабженной тормозным устройством 4, и приводной рукоятки 5.

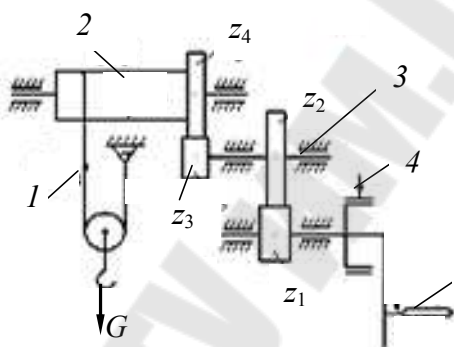


Рис. 40

Усилие рабочего, приложенное к рукоятке, определяется по следующей зависимости:

$$F_{\text{раб}} = \frac{GD_б}{2li_{\text{зп}}\eta i_{\text{п}}},$$

где G – вес поднимаемого груза; $D_б$ – диаметр барабана; l – длина рукоятки; $i_{\text{зп}}$ – передаточное отношение зубчатого механизма; η – общий коэффициент полезного действия механизма подъема; $i_{\text{п}}$ – кратность полиспаста.

Скорость подъема груза

$$V_{\text{гр}} = \frac{V_{\text{раб}}D_б}{2li_{\text{зп}}i_{\text{п}}},$$

где $V_{\text{раб}}$ – окружная скорость рукоятки.

Механизм подъема груза с электрическим приводом имеет принципиальную схему, приведенную на рис. 41.

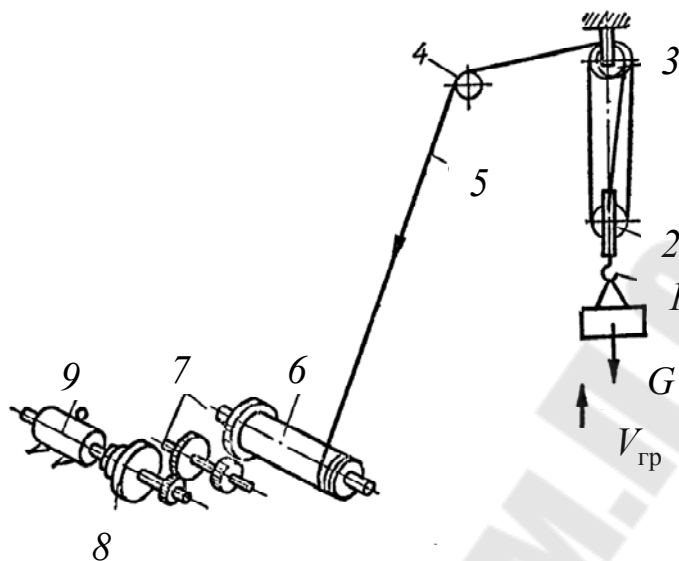


Рис. 41

На крюк 1, прикрепленный к подвижной обойме канатного полиспаста 2, подвешен груз G . Сбегающая с неподвижного блока 3 через отклоняющий блок 4 ветвь каната 5 навивается на барабан 6, который приводится в движение двигателем 9 при помощи зубчатых передач 7. На валу двигателя установлен тормозной шкив 8. В качестве тормозного шкива используется одна из половин упругой муфты, соединяющей вал двигателя с валом ведущего звена механизма. Этот тормоз предназначен для удержания груза на весу.

При проектировании механизма подъема груза, кроме грузоподъемности Q , задается требуемыми условиями работы скорость подъема груза $V_{гр}$.

При расчете механизма подъема решаются следующие задачи:

- выбор схемы подвеса груза;
- выбор барабана;
- определение мощности двигателя и выбор типа двигателя;
- выбор редуктора;
- определение потребного тормозного момента и выбор типа тормоза.

4.2. Механизм передвижения

Механизм передвижения представляет собой устройство для передвижения крана или тележки по горизонтали.

Механизмы передвижения разделяют на два вида: с приводными колесами и канатной или цепной тягой. Механизм с приводными колесами установлен непосредственно на перемещаемом объекте, а механизм с канатной тягой расположен отдельно от перемещаемого объекта и соединен с ним гибким элементом.

Непрерывными элементами механизма передвижения с приводными колесами являются двигатель, система передачи и ходовая часть. Особенности их конструкции обусловлены такими характеристиками, как грузоподъемность, длина пролета, тип металлоконструкции. Они имеют много общего: в каждой из них есть электродвигатель 1, соединительная муфта с тормозом 2, редукторы 4, ходовые катки (колеса) 7. Эти элементы участвуют в передаче крутящего момента от двигателя к колесу.

Первые три схемы имеют трансмиссионные валы 3, составленные из отдельных секций и соединенные муфтами 6. Величина крутящего момента, воспринимаемая трансмиссионными валами, различна.

В схеме (рис. 42, а) вал имеет с колесом одинаковую угловую скорость, он передает максимально возможный крутящий момент и потому вал 3, подшипники 4, муфты 2 и 6 имеют значительные размеры и массу. И они будут тем больше, чем выше будет грузоподъемность крана, длиннее пролет, выше скорость передвижения. Следовательно, эту схему, обладающую простотой конструкции, целесообразно применять в тихоходных механизмах передвижения при относительно невысокой грузоподъемности и легкой металлоконструкции.

Во второй схеме (рис. 42, б) предусмотрена дополнительная зубчатая передача 8, которая увеличивает крутящий момент на ходовом колесе 7, а редуктор 4 имеет уменьшенное передаточное число.

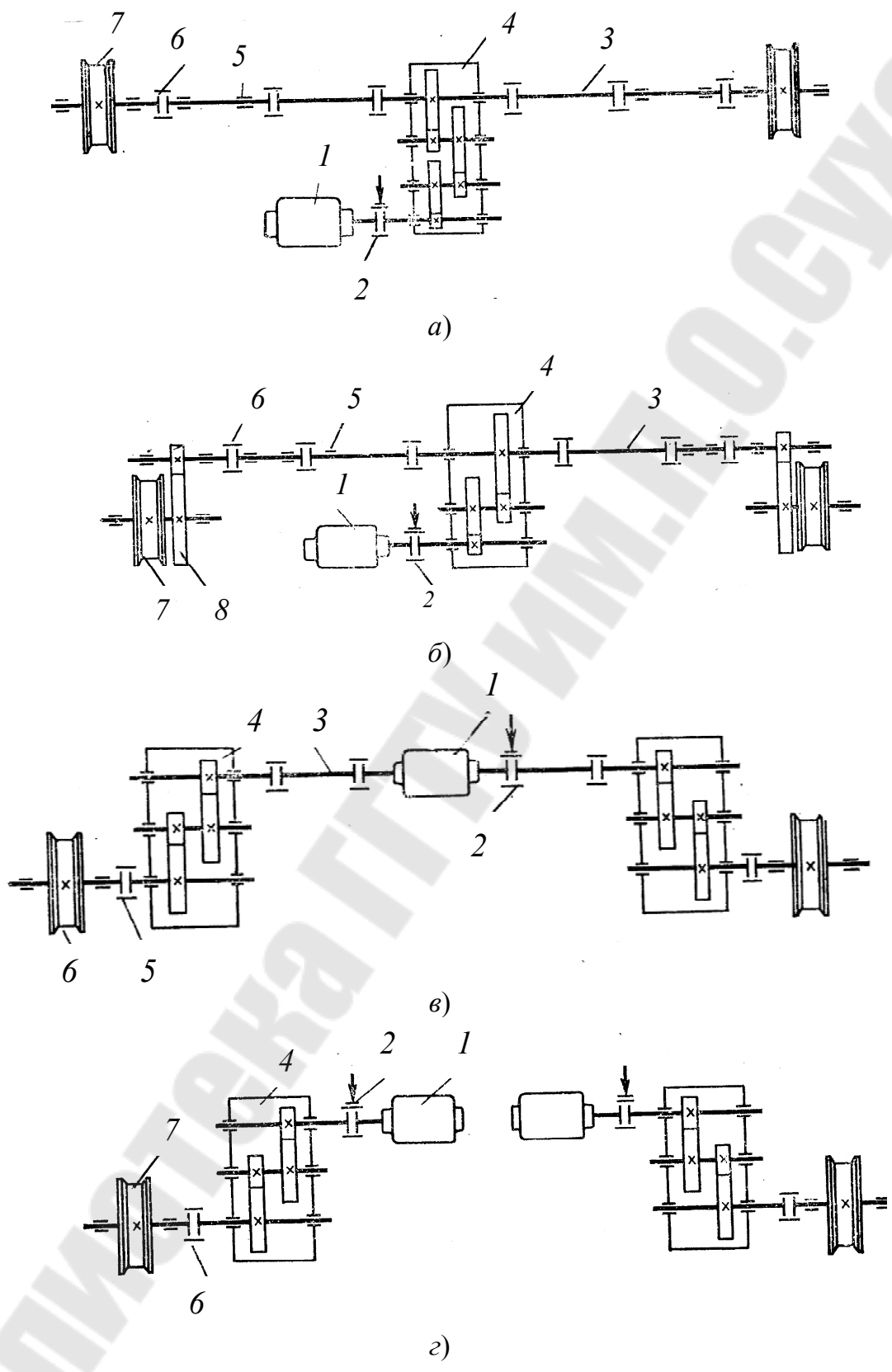


Рис. 42

Нагрузка на трансмиссионный вал 3 здесь в несколько раз меньше, чем на тихоходном валу крана с такими же параметрами, а потому размеры и масса трансмиссии при такой схеме уменьшаются.

Если же применить механизм передвижения с быстроходным валом (рис. 42, в), то трансмиссионный вал, муфты, подшипники можно сделать еще меньше, поскольку крутящий момент, передаваемый ими, равен крутящему моменту двигателя и угловые скорости вращения вала 3 и двигателя равны. Два редуктора здесь разнесены по концам трансмиссионного вала, они увеличивают крутящий момент до необходимой величины и передают его на колеса. Применение данной схемы требует повышенных требований к точности изготовления и монтажа элементов.

В последние годы расширяется применение механизмов передвижения с раздельным приводом (рис. 42, г). Они имеют отдельный привод для каждой стороны моста, рассчитанный на 60 % от общей мощности для компенсации возможной неравномерности загрузки. Появляется возможность создавать блочные конструкции приводных агрегатов, обеспечивается удобство монтажных работ, технического обслуживания и ремонта.

Механизмы передвижения с канатной тягой (рис. 43) применяются в козловых, башенных, кабельных кранах. Они позволяют уменьшить нагрузку на пролетную часть крана или стрелу, а также обеспечить движение грузовой тележки по наклонному пути.

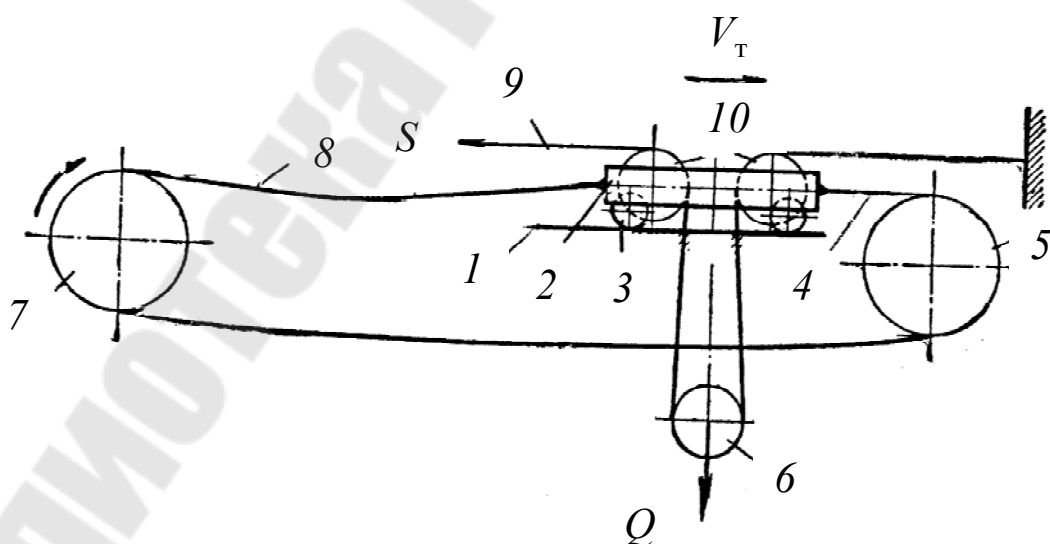


Рис. 43

По ходовому пути *1* перемещается грузовая тележка, имеющая жесткую раму *2* и ходовые катки *3*. Перемещение обеспечивают тяговые канаты *4* и *8*. Одним концом они закреплены на раме тележки, а другой конец этих канатов запасован на барабане привода *7*. При этом канат огибает стационарно установленный обводной блок *5*. Барабан имеет два нарезных рабочих участка, и канаты на нем располагаются так, что при вращении в одну сторону одна из ветвей наматывается на барабан, а другая сматывается, передавая тяговое усилие тележке и перемещая ее. При изменении направления вращения тележка перемещается в другую сторону.

На тележке установлены блоки *10* подъемного каната *9*, на котором подвешена крюковая обойма *6*. Крепление канатов на барабане должно быть выполнено так, чтобы грузовые и тяговые канаты не соприкасались.

4.3. Механизм поворота

Механизм поворота служит для вращения металлоконструкции крана и груза. Принципиальное отличие работы этого механизма от механизма подъема в том, что при повороте отсутствуют поступательно движущиеся массы, а имеются только вращательные массы.

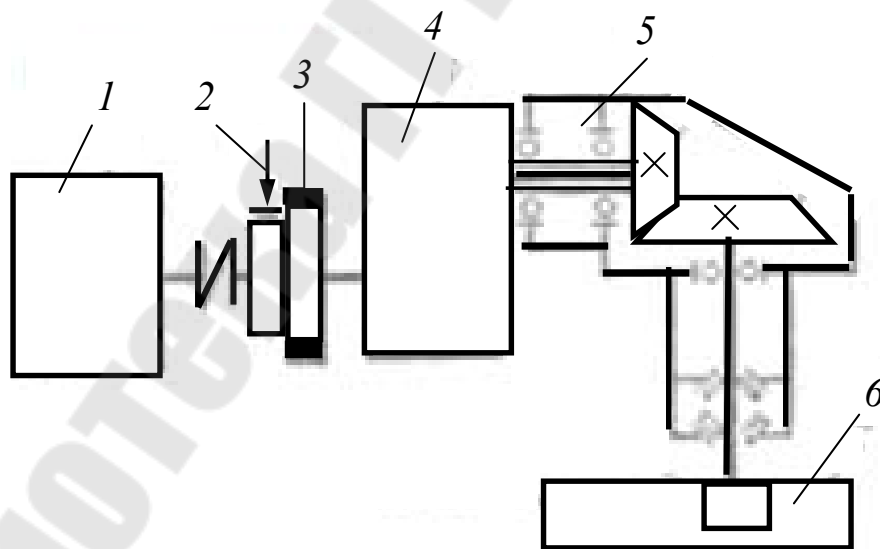


Рис. 44

Кинематическая схема механизма поворота автомобильного ба-
шенного крана приведена на рис. 44. Механизм поворота состоит из

электродвигателя 1, тормоза 2, маховика 3, цилиндрического 4 и конического 5 редукторов и зубчатого венца поворотного круга на платформе.

Оба редуктора и электродвигатель с тормозом закреплены на поворотной платформе крана. Цилиндрическая шестерня вертикального вала находится в зацеплении с венцом 6 ходовой рамы, находящейся на автомобиле. Для повышения плавности работы механизма тормозной шкив выполнен как одно целое с маховиком.

Существуют и другие схемы механизмов поворота. В конструкциях этих механизмов поворота может применяться червячный редуктор или планетарный редуктор. Двигатель может иметь вертикальное расположение.

4.4. Механизм изменения вылета стрелы

Назначение механизма изменения вылета стрелы изменять наклон стрелы, закрепленной шарнирно у основания, путем подъема или опускания ее головной части, а также обеспечивать удержание стрелы с грузом в заданном наклонном положении. У стреловых кранов при изменении наклона стрелы меняется не только вылет крюка, но и высота подъема крюка.

Существует несколько способов изменения вылета стрелы: изменением угла наклона подъемно-опускной системы стрелы, выдвиганием отдельных секций телескопически раздвижной стрелы и изменением взаимного расположения отдельных секций шарнирно-сочлененной стрелы.

Различают краны с обычными стрелами и краны с уравновешенными стреловыми устройствами. Краны с обычными стрелами не обеспечивают горизонтальное перемещение груза, т. е. при качании стрелы происходит подъем или опускание груза.

В уравновешенных стрелах груз перемещается по траектории, близкой к горизонтальной.

К схемам, обеспечивающим горизонтальное перемещение груза, относятся стрела с уравнительным полиспадом и шарнирно-сочлененные стрелы.

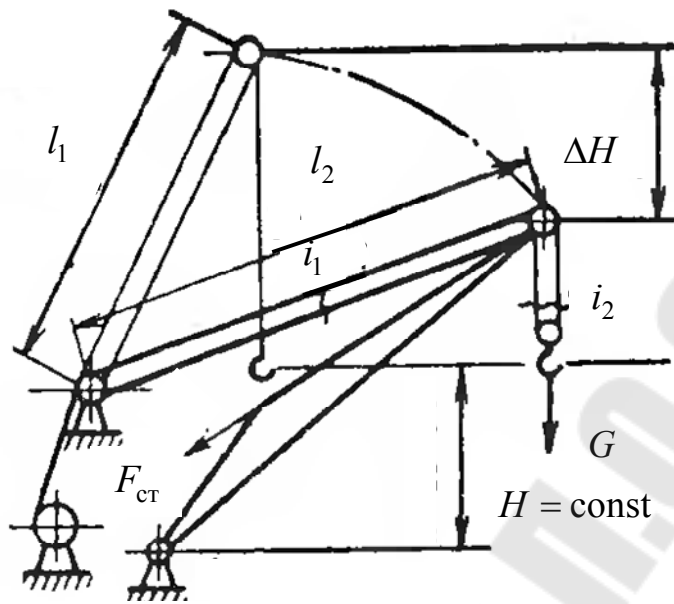


Рис. 45

В стреле с уравнительным полиспастом (рис. 45) подъемный канат сначала огибает уравнительный полиспаст с кратностью i_1 , а затем грузовой полиспаст с кратностью i_2 . При качании стрелы концевой блок поднимается на величину ΔH , но при этом расстояние между блоками уравнительного полиспаста изменяется на величину $\Delta l = l_1 - l_2$, и в результате перекачивания каната меняется длина подвеса груза. При $\Delta H = \Delta l$ груз при качании стрелы остается на одной высоте.

Шарнирно-сочлененные стрелы состоят из стрелы 1, хобота 2 и гибкой (рис. 46) или жесткой (рис. 47) оттяжки.

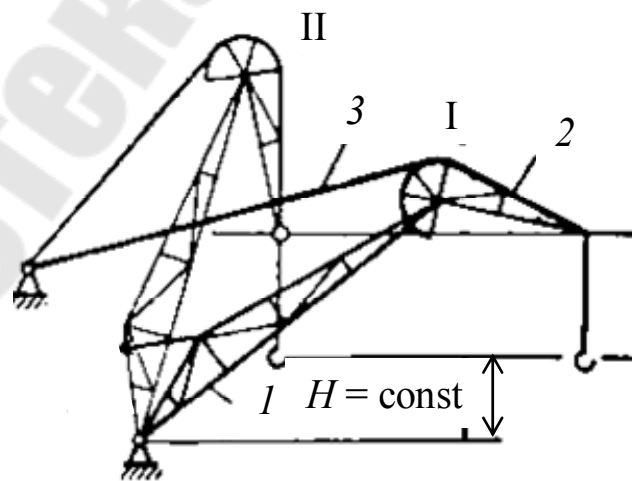


Рис. 46

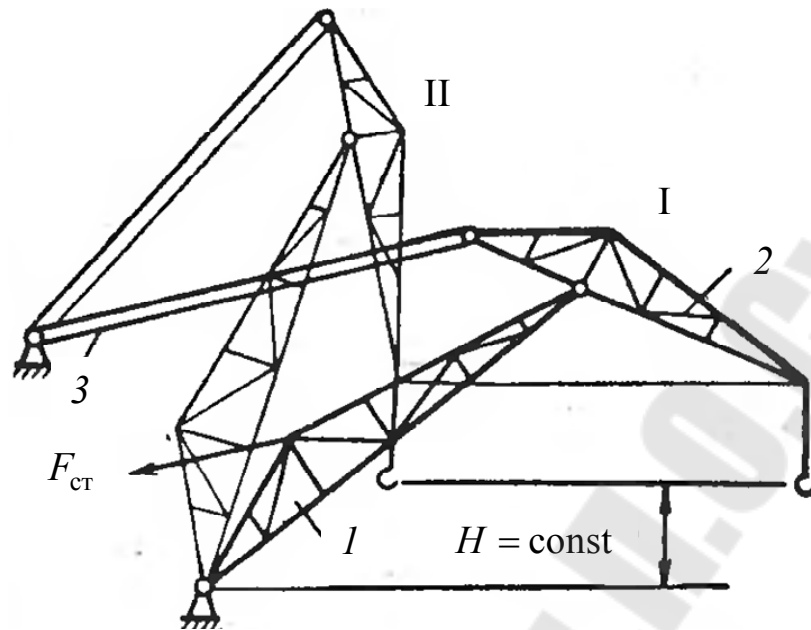


Рис. 47

Хобот может иметь прямую или криволинейную форму задней части. Криволинейная часть хобота профилируется так, чтобы при перекачивании каната по хоботу обеспечивалось горизонтальное перемещение груза. В стрелах с жесткой оттяжкой конец хобота при соответствующем выборе размеров отдельных элементов укосины описывает кривую лемнискату, отдельные участки которой близки к горизонтальным прямым.

5. МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

5.1. Общие понятия и определения

Транспортирующими машинами непрерывного действия называют машины, которые перемещают насыпные или штучные грузы непрерывным потоком. От других видов транспорта они отличаются фиксированной в пространстве траекторией перемещения груза, и называют их транспортерами.

Рабочими органами транспортеров могут быть прорезиненные ленты, цепи, винты, ролики или трубы. В связи с этим транспортеры называют соответственно ленточными, цепными, шнековыми и т. д.

Если транспортер перемещает груз в вертикальной плоскости, то его называют элеватором.

Если на транспортере помимо перемещения объекта над ним выполняются какие-либо технологические операции, то такой транспортер называют конвейером.

По принципу действия транспортирующие машины классифицируют на две группы: транспортирующие машины с тяговым органом, в которых груз перемещается вместе с тяговым органом, и транспортирующие машины без тягового органа.

К транспортирующим машинам первой группы относятся ленточные, пластинчатые, скребковые и ковшовые транспортеры, элеваторы и подвесные канатные дороги.

К транспортирующим машинам второй группы относятся качающиеся, винтовые, вибрационные, пневматические и гидравлические транспортеры, гравитационные устройства.

5.2. Ленточные транспортеры

Ленточные транспортеры являются наиболее распространенным средством непрерывного транспорта благодаря высокой производительности, большой длине транспортирования, высокой надежности, простоте конструкции и эксплуатации: 1 – приводной барабан, 2 – загрузочный лоток, 3 – прижимной ролик, 4 – очистное устройство, 5 – отклоняющий барабан, 6 – натяжной барабан, 7 – амортизирующие ролики, 8 – нижние роликсопоры, 9 – лента, 10 – верхние роликсопоры, 11 – приемный бункер.

Основным элементом ленточного транспортера (рис. 48) является замкнутая лента, огибающая концевые барабаны, один из которых, как правило, является приводным, другой – натяжным.

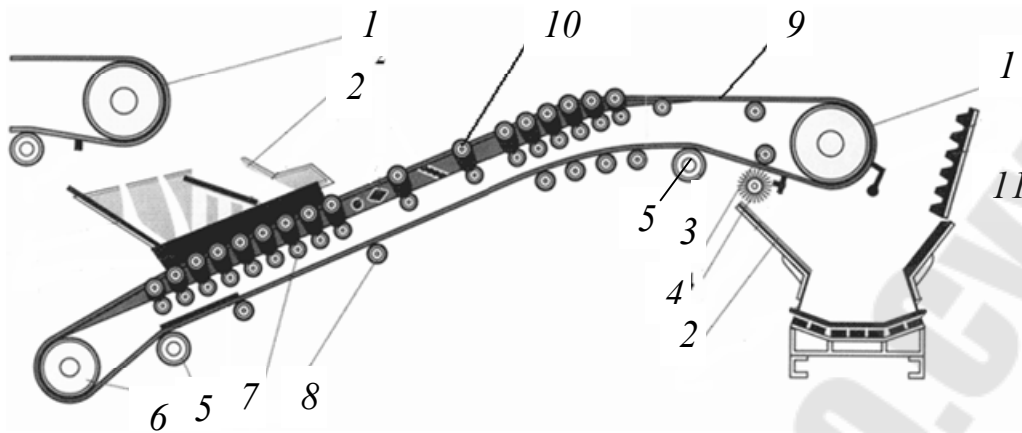


Рис. 48

Поступательное движение транспортер получает от фрикционного привода, необходимое первоначальное натяжение ленты обеспечивается натяжным устройством.

На верхней ветви ленты перемещается транспортируемый груз, и она является грузонесущей. Нижняя ветвь является холостой. На всем протяжении трассы лента поддерживается роlikоопорами. В зависимости от конструкции роlikоопор лента имеет плоскую или желобчатую форму.

Груз поступает на ленту через загрузочное устройство, разгрузка производится с концевого барабана в приемный бункер.

Для обеспечения устойчивого положения груза на ленте угол наклона транспортера должен быть на $10\text{--}15^\circ$ меньше угла трения груза о ленту в покое, так как во время движения ленты на роlikоопорах 10 встряхивается, и груз сползает вниз.

Для очистки рабочей стороны ленты от оставшихся частиц устанавливают вращающиеся щетки или неподвижный скребок.

Расчетная ширина ленты при заданной производительности Q_{\max} и скорости V транспортера определяется по формуле

$$B_p = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q_{\max}}{k_n V \rho k_\beta}} + 0,05 \right),$$

где k_n – коэффициент, зависящий от типа роlikоопор; ρ – насыпная плотность транспортируемого груза; k_β – коэффициент, зависящий от угла наклона транспортера.

Площадь поперечного сечения насыпного груза на движущейся ленте зависит от ее ширины и ширины находящегося на ней насыпного груза, тапа роликоопор, угла естественного откоса груза.

Скорость движения ленты транспортера зависит от типа транспортируемого груза, ширины ленты, угла наклона транспортера, наличия узлов промежуточной загрузки и разгрузки. Увеличение скорости движения вызывает уменьшение распределенной нагрузки.

Однако при транспортировании на большой скорости крупнокусковых грузов возникает ударная нагрузка на ленту и роликоопоры, а у пылевидных грузов наблюдается повышенное сопротивление воздуха, что приводит к пылению и потерям груза.

Производительность ленточного транспортера определяется по формуле

$$Q = 3600FV\rho,$$

где F – площадь поперечного сечения груза на ленте.

Расчетная мощность электродвигателя привода ленточного транспортера

$$P = (k_1LV + 0,00015QL \pm 0,0027QH)k_2,$$

где k_1 и k_2 – коэффициенты, зависящие от ширины ленты и длины транспортера; L – длина транспортера; H – высота подъема.

5.3. Пластинчатые транспортеры

Пластинчатыми транспортерами называют машины непрерывного действия, грузонесущим элементом которых является жесткий металлический или деревянный, пластмассовый, резинотканевый настил, состоящий из отдельных пластин. Тяговым элементом является одна или две пластинчатые цепи, огибающие приводную и натяжную звездочки.

Пластинчатые транспортеры используют для транспортирования в горизонтальном и наклонном направлениях насыпных и штучных грузов.

На пластинчатых транспортерах можно перемещать крупнокусковые и абразивные материалы, а также тяжелые штучные грузы.

Пластинчатые транспортеры классифицируют по конструкции настила, конфигурации трассы и назначению. По назначению различают стационарные и передвижные пластинчатые транспортеры.

К преимуществам пластинчатых транспортеров по сравнению с ленточными транспортерами относятся:

- 1) возможность транспортирования тяжелых крупнокусковых, острокромочных и горячих грузов;
- 2) спокойный и бесшумный ход;
- 3) возможность загрузки без применения питателей;
- 4) возможность установки промежуточных приводов, что позволяет увеличить трассу транспортирования;
- 5) высокая производительность при небольшой скорости движения.

Недостатками пластинчатых конвейеров являются: большая масса настила и цепей и их высокая стоимость; наличие большого количества шарниров цепей, требующих дополнительного обслуживания; сложность замены изношенных катков тяговых цепей; большие сопротивления движению.

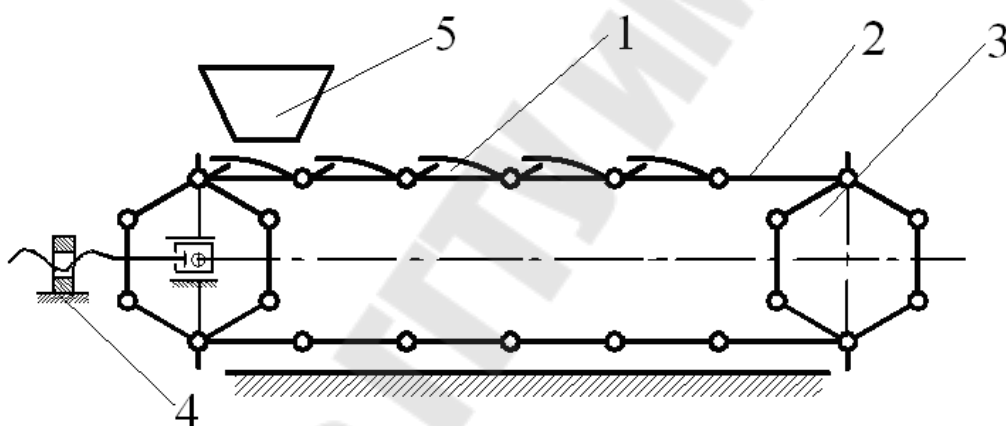


Рис. 49

Пластинчатый транспортер (рис. 49) имеет станину, на концах которой установлены две звездочки – приводная 3 с приводом и натяжная с натяжным устройством 4. Бесконечный настил 1, состоящий из отдельных пластин, закрепляется к ходовой части, состоящей из одной или двух тяговых цепей 2, которые огибают концевые звездочки и находятся в зацеплении с их зубьями.

Вертикально замкнутые тяговые цепи движутся вместе с настилом по направляющим путям станины вдоль продольной оси транспортера. Транспортер загружается через одну или несколько воронок 5 в любом месте трассы, а разгружается через концевую звездочку и воронку.

Исходными данными для расчета являются: производительность; конфигурация трассы; характеристика транспортируемого груза; скорость движения полотна; режим работы.

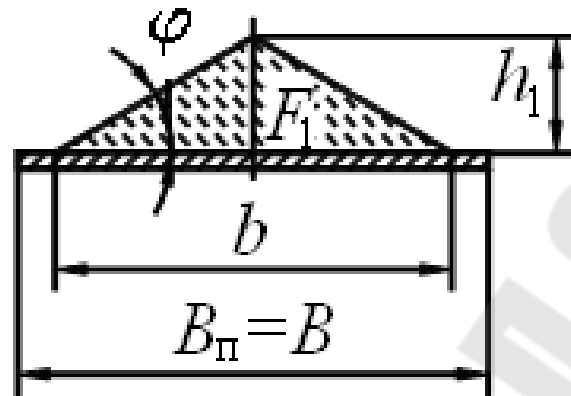


Рис. 50

Площадь сечения насыпного груза на настиле без бортов

$$F_1 = \frac{bh_1c_2}{2} = \frac{c_2b^2 \operatorname{tg}\varphi_1}{4},$$

где h_1 – высота треугольника (рис. 50); c_2 – коэффициент, учитывающий уменьшение площади на наклонном конвейере; φ_1 – угол естественного откоса груза в движении; b – основание треугольника.

Производительность конвейера

$$Q_{\pi} = 3600F_1\rho V.$$

5.4. Скребокковые транспортеры

К скребокковым транспортерам относятся разнообразные по конструкции транспортирующие машины, в которых груз перемещается волочением по неподвижному открытому или закрытому желобу или трубе прямоугольного или круглого сечения при помощи движущихся скребков, прикрепленных к тяговому элементу. Скребокковые транспортеры применяют для транспортирования пылевидных, зернистых и крупнокусковых сыпучих грузов, а также для охлаждения горячих грузов: золы, шлака и др.

В качестве гибких тяговых элементов, в основном, используются цепи. При цепном тяговом элементе шаг скребков кратен шагу цепи. Рабочей ветвью транспортера обычно является нижняя, реже – верхняя ветвь, используются транспортеры с двумя рабочими ветвя-

ми, по которым груз может перемещаться одновременно в обе стороны. Нижняя грузонесущая ветвь цепи проходит внутри каркаса и огибает концевые звездочки, обратная ветвь располагается в верхней части каркаса и движется по направляющим путям или роликам.

Скребковые транспортеры нашли широкое применение в угольных шахтах, на обогатительных фабриках, предприятиях химической и пищевой промышленности, животноводческих комплексах.

Скребковые транспортеры классифицируют по следующим признакам:

- 1) по форме скребков: со сплошными и контурными скребками;
- 2) по высоте скребков: с высокими и низкими скребками;
- 3) отдельную группу составляют трубчатые скребковые транспортеры с пространственной трассой.

По характеру движения скребковые транспортеры выполняют работу с непрерывным поступательным движением и с возвратно-поступательным движением: штанговые скребковые транспортеры с шарнирно закрепленными на жесткой штанге сплошными скребками или с жестко закрепленными скребками-шипами.

В скребковых транспортерах с низкими скребками груз перемещается в желобе транспортере сплошным слоем, высота которого в 2–6 раз больше высоты скребков.

Преимуществами скребковых транспортеров являются: простота конструкции и устройства промежуточной загрузки и разгрузки; возможность герметичного транспортирования пылящих и горячих грузов.

К недостаткам скребковых транспортеров относятся:

- 1) интенсивный износ ходовой части и желоба;
- 2) значительный расход энергии из-за трения ходовой части о желоб;
- 3) заклинивание кусков груза между скребками и желобом при перемещении грузов с трудно дробимыми кусками.

Основным параметром скребкового транспортера является ширина скребка или скребковой цепи, для трубчатых скребковых транспортеров – наружный диаметр трубы.

Скребковый транспортер со сплошными высокими скребками (рис. 51) состоит из открытого желоба 1, укрепленного на станине. Вдоль желоба перемещается тяговая цепь 3 с закрепленными на ней скребками 2, огибающая натяжную 5 и приводную 6 звездочки.

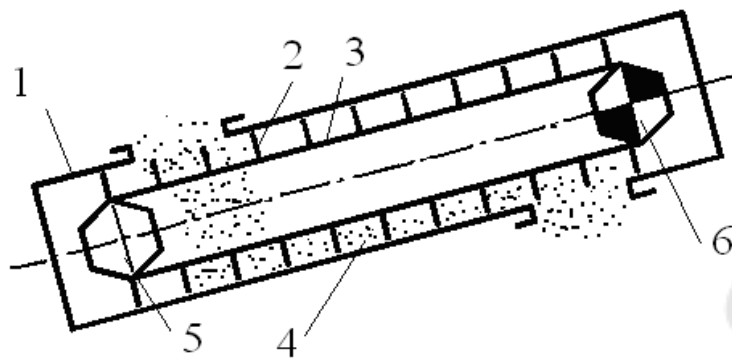


Рис. 51

Движение тяговая цепь получает от привода, а первоначальное натяжение – от натяжного устройства. Транспортируемый груз 4 засыпается в желоб в любом месте трассы, разгрузка может производиться в любом месте по его длине с помощью люков в днище желоба, перекрываваемых шиберными затворами.

При перемещении кусковых грузов шаг скребков должен выбираться большим, чем размер наибольшего куска груза. Шаг скребков

$$a_c = 2t_{ц} \text{ или } a_c = (2...4)h_c,$$

где $t_{ц}$ – шаг цепи; h_c – высота скребка.

Производительность скребкового транспортера

$$Q_T = 3600F\rho V = 3600B_{ж}h_{ж}\psi c_{и}\rho V,$$

где F – расчетная площадь сечения груза в желобе; ρ – плотность груза; V – скорость транспортирования; ψ – коэффициент заполнения желоба; $c_{и}$ – коэффициент использования объема желоба.

5.5. Ковшовые транспортеры

Ковшовые транспортеры (рис. 52) имеют схемы трассы такие же, как и скребково-ковшовые, но их конструкции и способ перемещения груза имеют существенные отличия.

Ковшовые транспортеры перемещают сухие, хорошо сыпучие пылевидные, зернистые и мелкокусковые грузы.

Ковши 2 размещаются между двумя пластинчатыми катковыми цепями 1 на свободных шарнирах, ось подвешивания ковша располагается выше его центра тяжести, благодаря чему ковши постоянно сохраняют устойчивое отвесное положение на всех участках трассы без

дополнительной фиксации и автоматический возврат в исходное положение после опрокидывания для разгрузки.

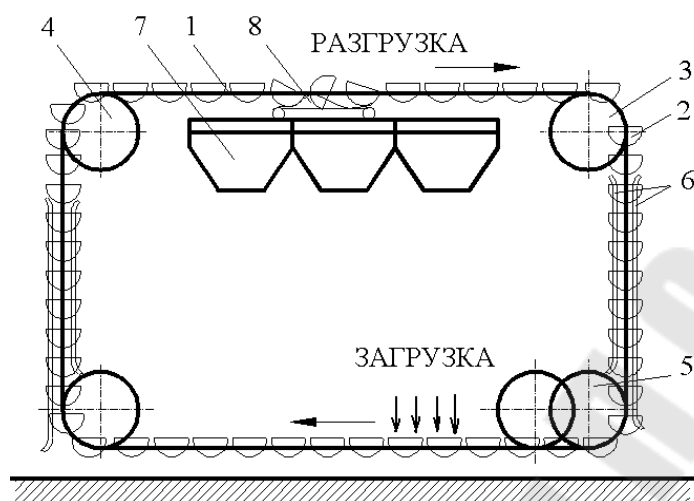


Рис. 52

В конструкции ковшового транспортера входят отклоняющие звездочки 4, направляющие рельсы 6, разгрузочное устройство 8 и приемный бункер 7.

Движение полотну передается от редукторного привода 3 с тормозным устройством. Натяжение цепей производится с помощью натяжного устройства 5.

Привод устанавливается после участков с наибольшим сопротивлением, а натяжное устройство устанавливается в месте спуска холостой ветви транспортера.

Расчет ковшового транспортера выполняется в два этапа: предварительное определение основных параметров и ходовой части по исходным данным; поверочный расчет с параметрами, определенными в первом этапе.

Производительность ковшового транспортера

$$Q = \frac{3,6V_0V\rho\psi}{a_k},$$

где V_0 – объем ковша, л; V – скорость конвейера, м/с; ψ – коэффициент заполнения ковшей; a_k – шаг ковшей, м.

Размеры ковша проверяют по условию кусковатости.

5.6. Винтовые транспортеры

Винтовые транспортеры относятся к группе транспортирующих машин без тягового органа и используются в химической и мукомольной промышленности, при производстве строительных материалов для транспортирования пылевидных, порошкообразных и реже мелкокусковых грузов на небольшое расстояние в горизонтальном или вертикальном направлении.

Винтовыми транспортерами не рекомендуется перемещать липкие и влажные, сильно уплотняющиеся и высоко абразивные грузы, а также грузы, дробление которых снижает их качество. Транспортирование абразивных материалов винтовыми транспортерами приводит к быстрому изнашиванию винта и желоба; очень липкие грузы налипают на винт и вращаются вместе с ним, не перемещаясь вдоль желоба.

К достоинствам винтовых транспортеров относятся компактность, простота конструкции и обслуживания, надежность в эксплуатации, удобство промежуточной разгрузки, герметичность и пригодность для транспортирования горячих, пылящих и токсичных материалов.

Недостатками являются повышенная энергоемкость, измельчение грузов в процессе транспортирования, повышенный износ винта и желоба, ограниченная длина, высокая чувствительность к перегрузкам, возможность образования заторов.

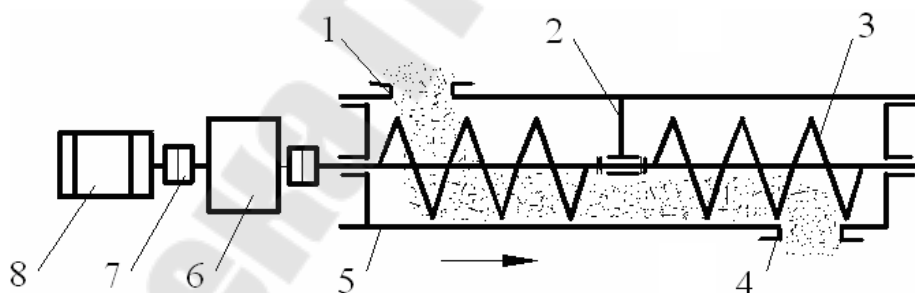


Рис. 53

Горизонтальный транспортер (рис. 53) состоит из неподвижного желоба 5 в форме полуцилиндра, закрытого сверху крышкой; привода (включающего электродвигатель 8, редуктор 6 и две муфты 7); приводного вала с прикрепленными к нему витками транспортирующего винта 3; концевых и промежуточной подшипниковых опор 2; загрузочного 1 и разгрузочного 4 устройств.

Насыпной груз подается в желоб через одно или несколько отверстий, перемещение груза по желобу обеспечивается витками вра-

щающегося винта, при этом груз перемещается вдоль оси конвейера в направлении транспортирования, как гайка вдоль винта, а затем высыпается через одно или несколько разгрузочных отверстий с затворами, расположенных в днище желоба.

Винт конвейера представляет собой трубу с приваренными к ней лопастями, изготовленными из стального листа. Винты транспортера изготовляют различной конструкции (рис. 54): *а* – сплошной; *б* – ленточный; *в* – лопастной; *г* – фасонный.

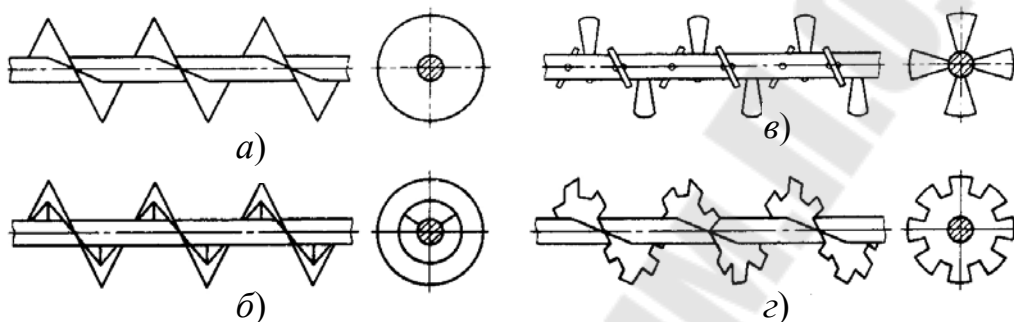


Рис. 54

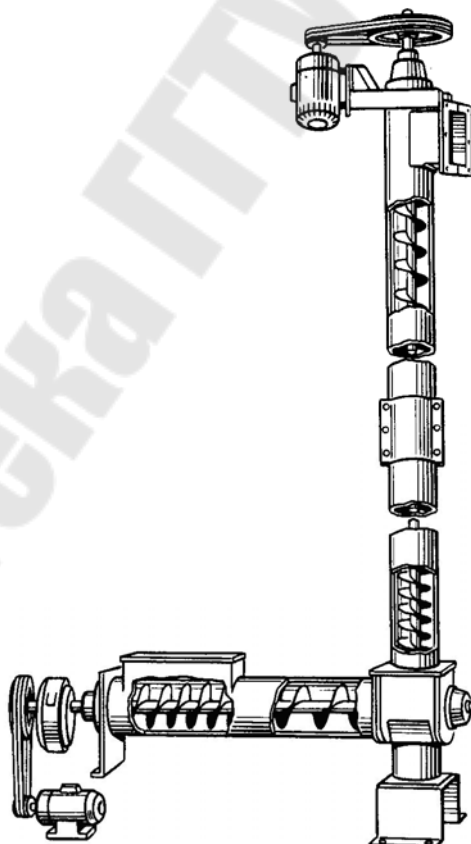


Рис. 55

Вертикальные винтовые транспортеры (рис. 55) относятся к транспортерам специального типа и состоят из вала со сплошными винтовыми витками, вращающегося в цилиндрическом кожухе, горизонтального винта-питателя и одного или двух отдельных приводов.

Преимущества и недостатки вертикальных винтовых транспортеров те же, что у горизонтальных.

Исходными данными для расчета винтового транспортера являются:

- характеристика транспортируемого груза;
- высота и длина перемещения;
- производительность конвейера.

Производительность горизонтальных и пологонаклонных винтовых транспортеров

$$Q = 47D^2 C t n \psi \rho,$$

где D – диаметр трубы, м; C – поправочный коэффициент, зависящий от угла наклона транспортера; t – шаг винта, м; n – частота вращения винта, мин⁻¹; ψ – коэффициент наполнения желоба; ρ – насыпная плотность груза, т/м³.

5.7. Роликовый транспортер

Роликовые транспортеры (рис. 56) служат для перемещения штучных грузов. На неподвижных осях рамы транспортера в подшипниках вращаются ролики.

Длина ролика должна быть больше ширины или диаметра груза, а расстояние между роликами меньше половины длины груза.

Роликовые транспортеры бывают 2 типов: гравитационные и приводные.

В гравитационных транспортерах, устанавливаемых с уклоном до 5°, ролики свободно вращаются под действием силы тяжести перемещаемого груза. В приводных транспортерах ролики имеют групповой привод от двигателя. Такие транспортеры применяют, когда нужно обеспечить постоянную скорость движения грузов, перемещать их в строго горизонтальной плоскости или поднимать под некоторым углом.

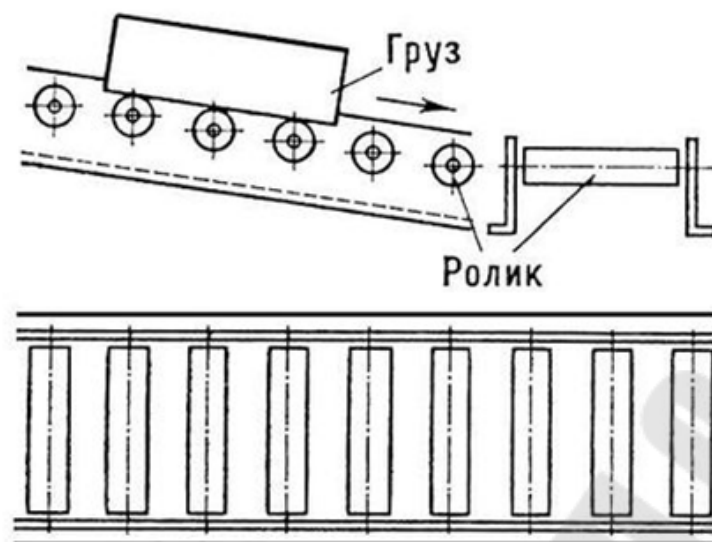


Рис. 56

Роликовые транспортеры отличаются простотой конструкции, возможностью создания трассы практически любой конфигурации и длины с многочисленными разветвлениями и пересечениями, они входят в состав сложных транспортно-технологических систем и комплексов, используются в сочетании с другими подъемно-транспортными и транспортирующими машинами и технологическим оборудованием.

5.8. Пневматический и гидравлический транспорт

Пневматические транспортирующие устройства применяются для транспортирования по трубам в смеси с воздухом порошкообразных, мелковолокнистых и зернистых материалов, скорость которым сообщается движущимися потоками воздуха. Они подразделяются на всасывающие, нагнетающие и смешанные в зависимости от способа создания движения воздуха.

Всасывающее устройство состоит из вакуум-насоса, создающего разрежение, за счет которого происходит засасывание вместе с воздухом через сопло материала в трубопровод. В камере происходит осаждение груза и воздуха, создающее мелкую пыль, которая проходит через фильтр, и воздух выбрасывается в атмосферу, а груз удаляется через шлюзы, препятствующие засасыванию воздуха из атмосферы, что улучшает санитарно-гигиенические условия при транспортировании вышеприведенных грузов.

Нагнетательные установки удобны в тех случаях, когда груз, получаемый из одного пункта, необходимо распределять по нескольким приемным точкам. В нагнетательных установках груз перемещается в струе сжатого воздуха.

Преимуществом пневмотранспортных установок является возможность перемещать материалы. Они удобны и своей компактностью: транспортные линии можно располагать в траншеях, подвешивать на столбах, кронштейнах, не занимая много места в производственных помещениях. Благодаря герметичности трубопроводов, потери транспортируемого материала незначительны. Высокая производительность и дальность транспортирования и относительно невысокие затраты на сооружение установок также являются их положительными качествами. Но вместе с тем у пневматических транспортных установок высокий удельный расход энергии по сравнению с транспортерами с механическим приводом и быстрый износ трубопроводов при транспортировании абразивных материалов.

Установки гидравлического транспорта служат для перемещения насыпного груза по трубам и желобам в струе жидкости. Смесь груза с водой называется гидросмесью или пульпой.

Принцип действия гидравлических транспортных установок заключается в передаче энергии движущейся воды частицам насыпного груза и перемещении их с большой скоростью.

Гидротранспортные установки разделяют на напорные и безнапорные. По желобам пульпа перемещается самотеком в сторону движения. По трубопроводам пульпа перемещается самотеком или под напором с помощью насоса: в горизонтальном направлении, вниз или вверх.

Преимуществами гидронапорных установок является: компактность трубопроводов; герметичность; высокая производительность; большая длина транспортирования по сложной трассе; простота технического обслуживания; возможность создавать любую по очертаниям трассу; автоматизация процесса транспортирования; обеспечение загрузки и разгрузки в любой точке трассы.

К недостаткам относятся: ограничение ассортимента транспортируемых грузов по гранулометрическому составу; повышенный износ трубопровода; увеличенный расход энергии; потребность в больших количествах воды и опасность ее замерзания в зимних условиях; повышенная влажность в закрытых помещениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фиделев, А. С. Подъемно-транспортные машины / А. С. Фадеев. – Киев : Вища школа, 1976. – 220 с.
2. Додонов, Б. П. Грузоподъемные и транспортные устройства : учеб. для техникумов / Б. П. Додонов, В. А. Лифанов. – М.: Машиностроение, 1984. – 136 с. : ил.
3. Спиваковский, А. О. Транспортирующие машины : учеб. пособие для машиностроит. вузов / А. О. Спиваковский, В. К. Дьячков. – 3-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1983. – 487 с. : ил.
4. Машины непрерывного транспорта : конспект лекций по дисциплине. – Екатеринбург : УПИ, 2008. – 241 с.
5. Абармович, И. И. Грузоподъемные краны промышленных предприятий : справочник / И. И. Абрамович, В. Н. Березин, А. Г. Яуре. – М. : Машиностроение, 1989. – 360 с.
6. Конвейеры : справочник / Р. А. Волков [и др.] ; ред. Ю. А. Пертен. – Л. : Машиностроение, 1984. – 367 с. : ил.
7. Зенков, Р. Л. Машины непрерывного транспорта : учеб. для студентов вузов / Р. Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1987. – 432 с. : ил.
8. Марон, Ф. Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин / Ф. Л. Марон, А. В. Кузьмин. – Минск : Высш. шк., 1984. – 272 с.
9. Александров, М. П. Подъемно-транспортные машины : учеб. для машиностроит. специальностей вузов. / М. П. Александров. – 6-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 1985. – 520 с.
10. Шахмейстер, Л. Г. Теория и расчет ленточных конвейеров / Л. Г. Шахмейстер, В. Г. Дмитриев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1987. – 336 с. : ил.
11. Ленточные конвейеры в горной промышленности / В. А. Дьяков [и др.] ; ред. чл.-кор. АН СССР А. О. Спиваковский. – М. : Недра, 1982. – 349 с.
12. Шеффлер, М. Основы расчета и конструирования подъемно-транспортных машин : пер. с нем. / М. Шеффлер, Г. Пайер, Ф. Курт. – М. : Машиностроение, 1980.
13. Григорьев, А. М. Винтовые конвейеры / А. М. Григорьев. – М. : Машиностроение, 1972. – 184 с.
14. Меновщиков, В. А. Подъемно-транспортирующие машины в примерах и задачах : учеб. пособие / В. А. Меновщиков, В. М. Ярлыков. – Красноярск : Изд-во Краснояр. гос. аграр. ун-та, 2004. – 203 с.

15. Арсланов, И. Г. Подъемно-транспортные устройства : конспект лекций / И. Г. Арсланов, А. А. Бадриев. – Уфа : УГНТУ, 2007. – 70 с.

16. Ромакин, Н. Е. Конструкция и расчет конвейеров : справочник / Н. Е. Ромакин. – Старый Оскол : ТНТ, 2011. – 504 с.

17. Ромакин, Н. Е. Машины непрерывного транспорта / Н. Е. Ромакин. – М. : Академия, 2008. – 432 с.

18. Мусияченко, Е. В. Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта : конспект лекций / Е. В. Мусияченко, Н. Н. Малышева. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009 – 234 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ.....	4
1.1. Домкраты.....	4
1.2. Тали.....	6
1.3. Лебедки.....	8
1.4. Подъемники.....	10
1.5. Краны.....	12
1.5.1. Стреловые краны.....	13
1.5.2. Мостовые краны.....	16
1.5.3. Козловой кран.....	17
1.5.4. Кабельный кран.....	18
1.5.5. Кран-балка.....	19
2. ПАРАМЕТРЫ МАШИН ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ.....	20
3. ДЕТАЛИ И УЗЛЫ МАШИН ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ.....	23
3.1. Канаты.....	23
3.2. Цепи.....	25
3.3. Грузозахватные устройства.....	26
3.3.1. Крюки.....	26
3.3.2. Блоки.....	27
3.3.3. Полиспасты.....	29
3.3.4. Стропы.....	30
3.3.5. Траверсы.....	32
3.3.6. Грейферы.....	33
3.4. Тормоза.....	34
3.4.1. Ленточные тормоза.....	34
3.4.2. Колодочные тормоза.....	38
3.4.3. Дисковые тормоза.....	41
3.4.4. Конусные тормоза.....	43
3.5. Остановы.....	43
3.5.1. Храповые остановки.....	44
3.5.2. Фрикционные остановки.....	45
4. МЕХАНИЗМЫ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН.....	47
4.1. Механизм подъема груза.....	47
4.2. Механизм передвижения.....	49
4.3. Механизм поворота.....	52
4.4. Механизм изменения вылета стрелы.....	53
5. МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ.....	56
5.1. Общие понятия и определения.....	56

5.2. Ленточные транспортеры	56
5.3. Пластинчатые транспортеры	58
5.4. Скребокковые транспортеры.....	60
5.5. Ковшовые транспортеры	62
5.6. Винтовые транспортеры	64
5.7. Роликовый транспортер.....	66
5.8. Пневматический и гидравлический транспорт.....	67
ЛИТЕРАТУРА.....	69

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Бельский Алексей Тимофеевич
Тариков Георгий Петрович**

ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

**Курс лекций
для студентов специальности 1-36 12 01
«Проектирование и производство
сельскохозяйственной техники»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор *Т. Н. Мисюрова*
Компьютерная верстка *Е. Б. Яцук*

Подписано в печать 31.03.14.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 4,55.

Изд. № 42.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр
учреждения образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого».
ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48