

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ СФЕРЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ИСО и П (ФИЛИАЛ)ДГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Т и ТАТ
_____ Б.Ю.Калмыков
«31 » августа 2019 г.

На правах рукописи

**Подъёмно-транспортные устройства транспортно-технологических
комплексов**

**Конспект лекций для изучению дисциплины
Электронный образовательный ресурс**

Для студентов всех формы обучения направления 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (магистерская программа «Техническая эксплуатация автомобильного транспорта).

Автор (составитель):

д.т.н., профессор В.А. Рыжиков

Рассмотрено и рекомендовано для использования в учебном процессе на 2019/2020 – уч.г. на заседании кафедры Т и ТАТ
Протокол № 14 от 03.07.2019 г.

Шахты 2019

СОДЕРЖАНИЕ

стр

1. Грузоподъемные машины	4
§1. Простейшие грузоподъемные устройства	4
§2. Подъемники	11
§3. Грузоподъемные краны	16
Краны мостового типа	16
Краны стрелового типа	28
Специальные краны	34
Погрузчики	36
2. Общие положения расчета грузоподъемных машин	38
§1. Основные параметры грузоподъемных машин	38
§2. Расчет нагрузки	40
3. Грузозахватные устройства	41
§1. Крюки и петли	41
Крюки	41
Петли	44
§2. Специальные захваты	45
§3. Грузозахватные устройства для насыпных грузов	48
4. Грузовые и тяговые гибкие элементы, полиспасты, барабаны, блоки	50
§1. Гибкие элементы	50
§2. Полиспасты	51
§3. Барабаны и блоки	52
5. Тормозные устройства	54
§1. Остановы	54
§2. Тормоза	55
6. Механизм подъема груза	58
§1. Схема механизма подъема	58
§2. Расчет механизма подъема	58
7. Механизм изменения вылета стрелы	63
8. Механизм передвижения	66
§1. Конструкции механизмов передвижения	66
§2. Соппротивление передвижению	68

§3. Процессы неустановившегося движения	69
§4. Расчет ходовых колес	70
9. Механизм поворота	70
§1. Определение моментов сопротивления в опорах крана	71
§2. Устройство безопасности ГПМ	73
§3. Устойчивость кранов против опрокидывания	90
10. Транспортирующие машины	93
§1. Ленточные конвейеры	94
Ленточные конвейеры общего назначения с резиноканевой лентой	96
§2. Расчет ленточный конвейеров	100
§3. Цепные конвейеры	103
§4. Транспортирующие машины без тягового элемента	110
§5. Гравитационные устройства	111
§6. Вибрационные конвейеры	111
§7. Винтовые конвейеры	113
§8. Вспомогательные устройства к конвейерам	114
11. Список используемой литературы	116

1. Грузоподъёмные машины

Грузоподъёмные машины и механизмы предназначены для перемещения грузов и людей в вертикальной и горизонтальной плоскостях на небольшие расстояния. Они относятся к устройствам циклического действия, работающих в повторно-кратковременном режиме. Основными параметрами грузоподъёмных машин являются грузоподъёмность, скорость движения отдельных механизмов, режимы работы, производительность, высота подъёма, пролёт, вылет и т.п.

Грузоподъёмные машины можно разделить на три группы: простейшие устройства для подъёма грузов, подъёмники и краны. Грузоподъёмные машины состоят из привода рабочих механизмов, металлоконструкции и грузозахватного устройства.

§1. Простейшие грузоподъёмные устройства

К простейшим устройствам для подъёма грузов являются домкраты, лебёдки, тали и однорельсовые тележки.

Домкраты применяются для подъёма на небольшую высоту (0,8-1,0 м), которые могут быть с ручным или машинным приводом. Различают домкраты механические (винтовые, рычажно-реечные, зубчато-реечные) и гидравлические.

Винтовой домкрат с ручным приводом на салазках, облегчающих его точную установку под грузом (рис.1,а.). Винтовые домкраты имеют самотормозящую резьбу, что предотвращает самопроизвольное опускание груза, однако вследствие этого КПД винтовых домкратов весьма низкий 0,3...0,4. Подъёмный стальной винт 5 ввёрнут в гайку 3, укреплённую в корпусе 4 домкрата. На верхней части винта установлена рифлёная головка 1, которая может поворачиваться относительно винта. Вращение винта 5 производят рукояткой 2 с двусторонней храповой собачкой 9. В зависимости от установки собачки изменяется направление вращения винта. Корпус домкрата в нижней части имеет опорную плиту-гайку, перемещающуюся по направляющим салазкам при вращении винта 6 горизонтального перемещения. Вращение этого винта производят рукояткой 7, снабжённой собачкой 8. Грузоподъёмность винтовых домкратов не более 20т.

Гидравлические домкраты имеют высокий КПД 0,75...0,8, малые габариты и массу. Они обеспечивают плавный подъём и спуск груза при точной его остановке в необходимом положении. Грузоподъёмность гидравлических домкратов может превышать 200т. Недостатками их являются небольшая высота подъёма груза и малые скорости. Гидравлический домкрат с ручным приводом (рис. 1,б) имеет скалку 15, снабжённую в верхней части упорной головкой 10. Скалка входит в цилиндрическую часть корпуса 14, в нижнюю часть которого под скалку плунжерным насосом 13 через систему отверстий и клапанов

подаётся рабочая жидкость. Плунжерный насос работает от рукоятки 11, при качании которой перемещается его плунжер 12. Для опускания скалки необходимо отклонить рукоятку 11 за пределы рабочего положения (вправо на рис. 1,б). При этом открывается обратный клапан, и жидкость под действием веса груза перемещается в резервуар. Уменьшая или увеличивая угол отклонения рукоятки, изменяют степень открытия отверстия обратного клапана и регулируют скорость опускания груза. Скорость подъема груза при ручном приводе весьма невелика. При большой высоте подъема и большой грузоподъемности гидравлические домкраты выполняют с машинным приводом.

Лебедки. Основное назначение лебедок – подъем, опускание и подтягивание грузов. Лебедки могут быть использованы как самостоятельные механизмы для выполнения подъемно – транспортных операций при погрузочно – разгрузочных, ремонтных и строительно – монтажных работах, а также как сборочные единицы различных подъемных устройств (кранов, подъемников и т. п.).

Лебедки классифицируют по следующим основным признакам: по типу привода – *с ручным и машинным приводом* (от электрических двигателей и т. п.); по типу тягового элемента – *канатные и цепные*; по типу установки – *стационарные* (устанавливаемые на полу, стене, потолочном перекрытии) и *передвижные* (монтируемые на рельсовых или безрельсовых тележках, перемещающихся по полу или подвесным путям); по числу барабанов – *одно - , двух – и многобарабанные и безбарабанные* (рычажные).

Стационарная канатная лебёдка с приводом от фланцевого электродвигателя переменного тока показана на рис.2. Электродвигатель 4 закреплён на корпусе редуктора 3. Быстроходный вал редуктора соединён с валом двигателя зубчатой муфтой, расположенной внутри корпуса редуктора. На свободном конце вала двигателя установлен тормозной шкив 5 колодочного тормоза с приводом от электрогидравлического толкателя. Выходной вал редуктора соединён с валом барабана 1, на котором жёстко закреплён конец каната. При включении двигателя приводится во вращение барабан лебёдки; при этом в зависимости от направления вращения ротора двигателя канат, к которому прикреплен груз, наматывается на барабан или разматывается, производя подъём или опускание груза. Изменение направления вращения барабана достигается реверсированием электродвигателя.

На втором конце быстроходного вала редуктора установлен электроиндукционный (вихревой) тормоз 2 типа ТМ-4, предназначенный для плавного регулирования скорости опускания груза.

Лебёдки с ручным приводом применяют при ненапряжённых условиях работы (малая грузоподъёмность и скорость подъёма груза). В этих лебёдках вращение барабана осуществляется с помощью приводных рукояток с тормозом, автоматически стопорящим барабан при прекращении вращения. Ручные лебёдки бывают однобарабанные и без барабана (рычажные).

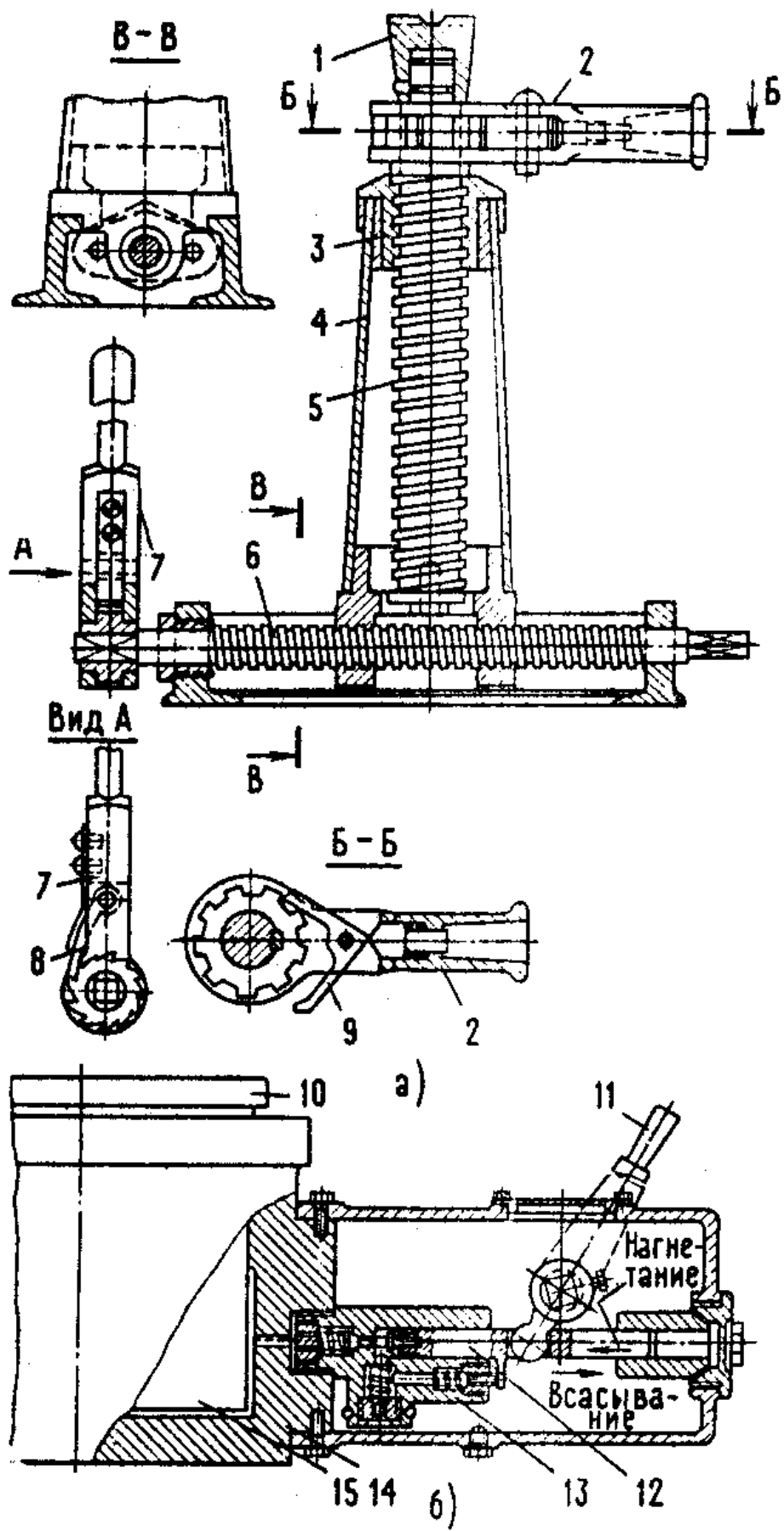


Рис. 1. Домкраты: а – винтовой; б - гидравлический

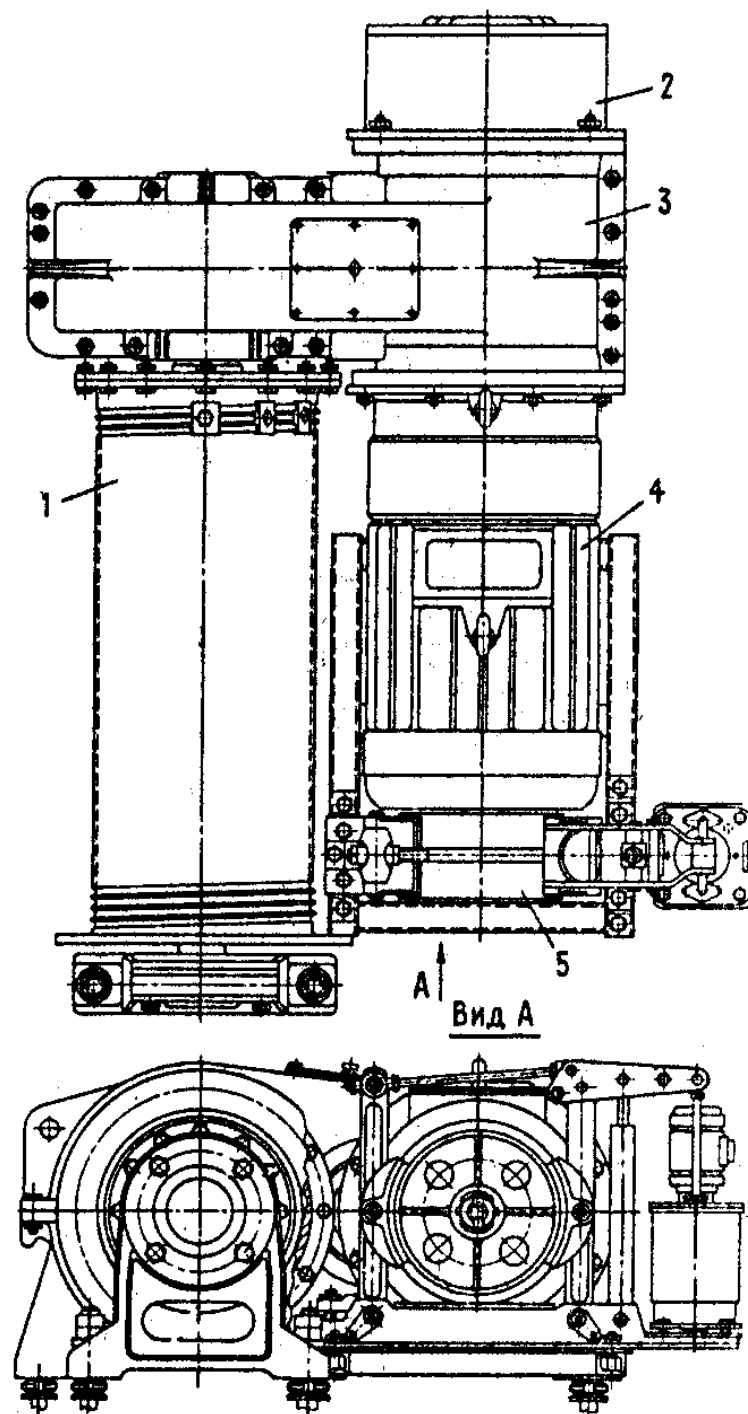


Рис. 2. Лебедка с электроприводом

Лебёдки с канатоведущим шкивом (рис.3) находят применение в пассажирских лифтах. Канатоведущий шкив 1 имеет кольцевые канавки-ручьи, в которые входят ветви каната, и передача тягового усилия осуществляется силой трения, возникающей между канатом и поверхностью ручья. По типу передачи от электродвигателя к канатоведущему шкиву лебёдки лифтов могут быть *редукторные* и *безредукторные*. В редукторных лебедках вал шкива вращается с меньшей частотой, чем вал электродвигателя, благодаря применению зубчатых или червячных передач. В безредукторных лебедках канатоведущий шкив и шкив тормозного устройства размещены непосредственно на валу ротора электродвигателя постоянного тока, имеющего малую частоту вращения. Благодаря отсут-

ствию механических передач конструкция безредукторной лебёдки более компактна, несмотря на то, что электродвигатель с малой частотой вращения имеет большие размеры, чем обычный электродвигатель той же мощности. Безредукторные лебёдки получили широкое распространение в лифтах, скорость движения кабины которых более 2 м/с; при скоростях менее 2 м/с более экономичны редукторные лебёдки.

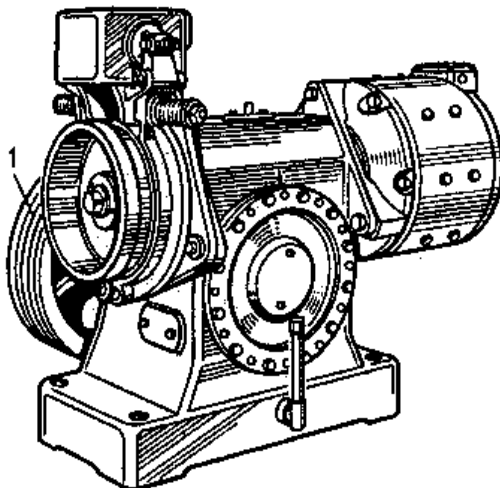


Рис 3. Электрическая лебедка с канатоведущим шкивом

При маневровых работах на железнодорожных путях, в портах и доках, для подъёма якорей на судах, подтягивание различных грузов применяют *шпильи* (рис. 4), т.е. лебёдки с фрикционным барабаном, имеющим горизонтальную или вертикальную ось вращения. Грузовой канат шпильи не закреплён на барабане, а навивается на него несколькими витками, и тяговое усилие передаётся благодаря силам трения, возникающим между поверхностью барабана и витками каната. Это позволяет использовать канат большой длины при малой длине барабана.

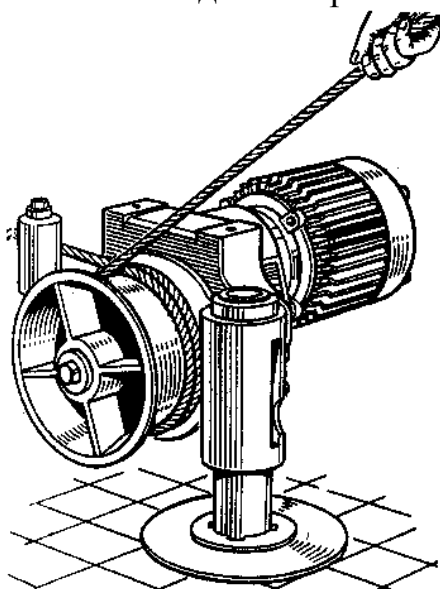


Рис. 4. Электрошпиль

Тали. Основное назначение талей - внутрицеховое и межцеховое транспортирование грузов, обслуживание поточных и автоматических линий, станков и т.п. Таль представляет собой особо компактную лебёдку с ручным, электрическим

или пневматическим приводом. Они могут быть выполнены стационарными или с возможностью передвижения. В последнем случае их устанавливают на тележках.

Таль с ручным приводом, показанная на рис. 5, подвешена к опоре при помощи крюка 3 и приводится в действие с помощью бесконечной сварной цепи 7, соединённой с приводным цепным колесом 4. В таких таях в качестве гибкого грузового элемента для уменьшения размеров массы используют сварную калиброванную цепь или пластинчатую грузовую шарнирную цепь 1. Поднятый груз удерживается в неподвижном состоянии дисковым тормозом 5, который замыкается под действием силы тяжести транспортируемого груза. В этом случае ступицу цепного колеса 4 выполняют в виде гайки, зажимающей храповое колесо 6 тормоза. Собачку 2 тормоза укрепляют на корпусе тали.

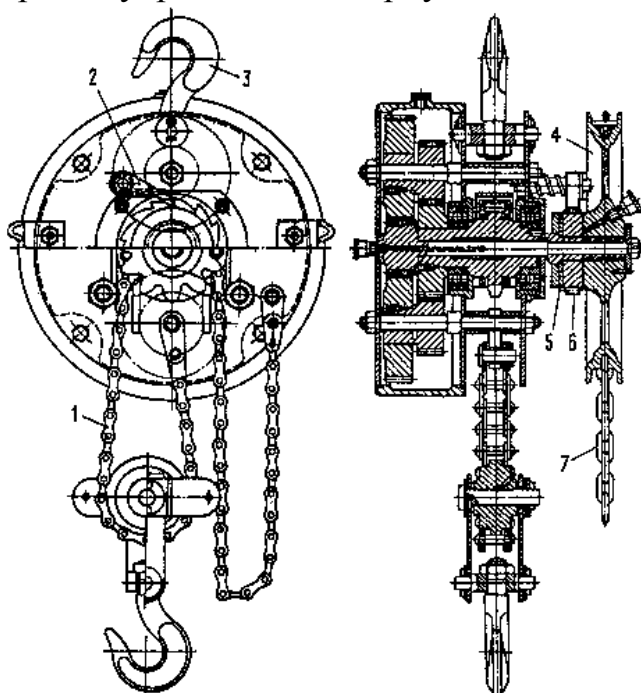


Рис 5. Таль с ручным приводом и соосной зубчатой передачей

При необходимости перемещения груза в горизонтальной плоскости тали подвешивают к тележкам, перемещаемым по подвесным однорельсовым путям, которые выполнены из стального проката двутаврового сечения. Тележки могут быть выполнены неприводными, с ручным или электрическим приводом.

Тали с электрическим приводом (электротали) имеют грузоподъёмность 0,25...16 т и скорость подъёма 0,063...0,25 м/с. Обычно электротали подвешивают к тележкам 1, имеющим ручной или электрический (рис. 6, а, б) привод механизма передвижения, при помощи бесконечной сварной цепи. Скорость передвижения талей по однорельсовым путям принимают в зависимости от длины пути и назначения тали. При скорости передвижения до 0,53 м/с управление механизмами электротали производят с подвесного пульта управления, а при скорости более 32 м/мин. из кабины управления, перемещающейся вместе с талью по подвесному пути (см. рис. 6, б).

Правилами Госгортехнадзора установлено, что вновь изготавливаемые грузоподъёмные машины, предназначенные для выполнения монтажных и других работ, требующих точности и осторожности при посадке грузов, должны иметь

возможность работать с малыми скоростями механизмов. Для этого электротали изготовляют с микроприводом, обеспечивающим при наличии нормальной скорости подъёма и опускания груза также возможность работы с весьма малыми скоростями (рис. 7). Скорость подъёма и опускания груза можно изменять благодаря применению многополюсного двигателя или вспомогательного двигателя малой мощности, приводящего в движение барабан с малой скоростью через дополнительные передачи, а также при помощи механического устройства – включением дополнительной передачи через фрикционную муфту. Всё большее применение, особенно при работе во взрывоопасной среде, находят тали с пневматическим приводом.

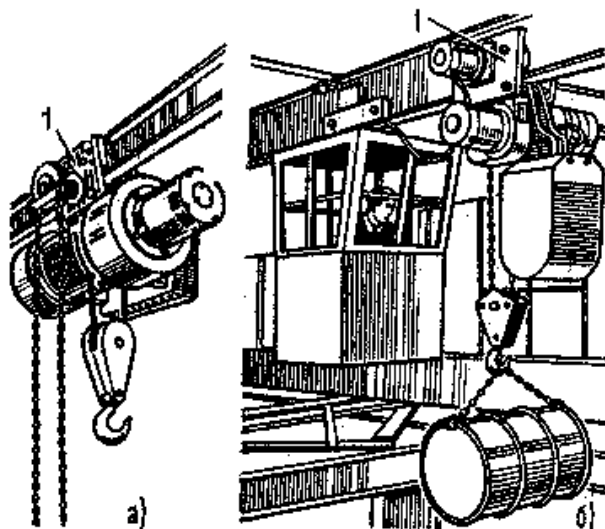


Рис.6. Электротали: а – с ручным механизмом передвижения, б – с машинным приводом механизма передвижения и управлением из кабины

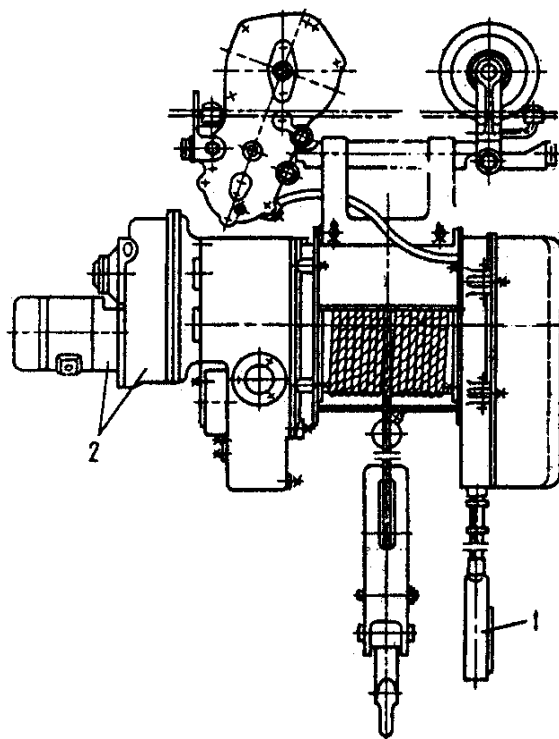


Рис. 7. Электроталь ТЭ-ВНИИПТМАШ с микроприводом и управлением снизу: 1 – пульт управления; 2 - микропривод

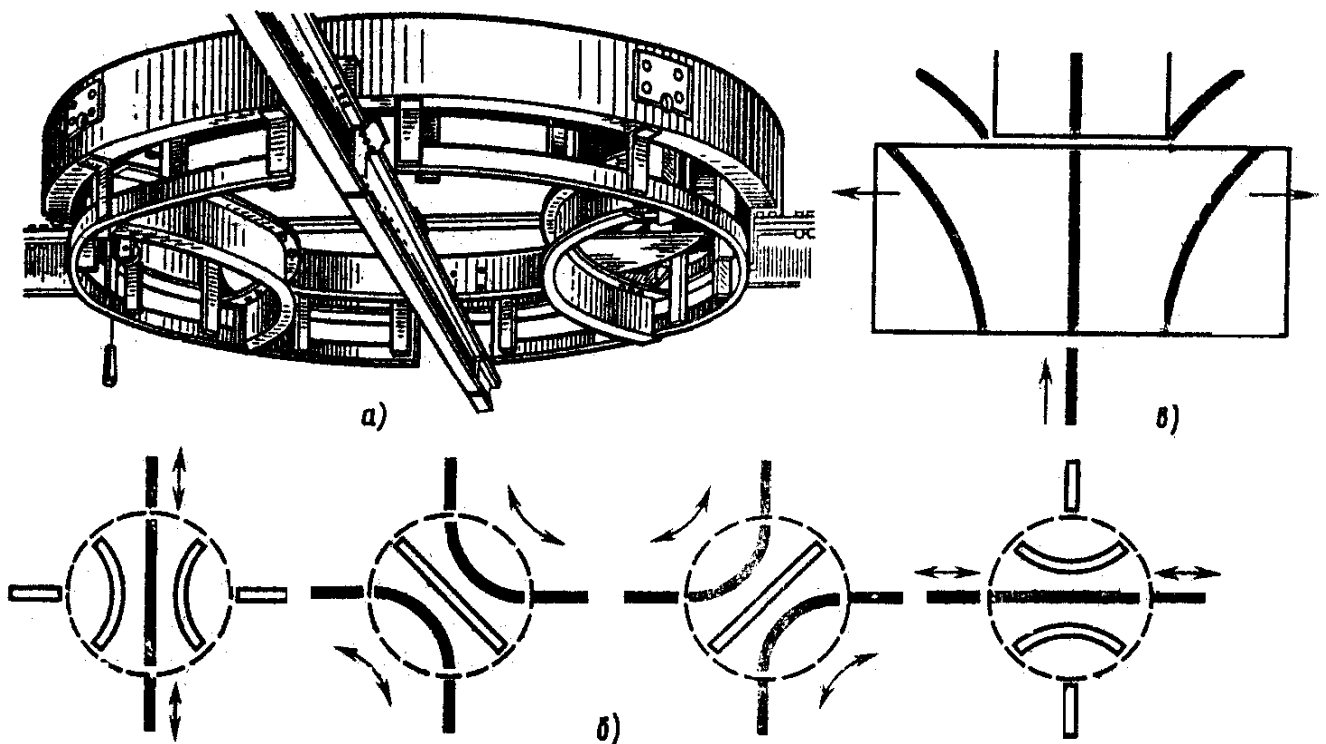


Рис. 8. Стрелки подвесных путей: а – поворотная; б – положение поворотного круга; в - рамная

Однорельсовые пути, по которым перемещаются тали, иногда имеют большую протяжённость и разветвлённость и могут охватывать всю заводскую или складскую территорию. В этом случае подвесные пути снабжают специальными поворотами устройствами и стрелками, дающими возможность перехода однорельсовой тележки с электроталью с одного пути на другой. На рис 8, а показано устройство поворотной стрелки, позволяющей обеспечить любое направление движения тележки в месте стыка четырёх путей, расположенных под прямым углом один относительно другого (рис. 8, б). На рис. 8, в изображена тройная рамная стрелка, обеспечивающая движение тележки с одного пути в любом из трёх направлений. Размыкаемые участки пути, а также рельсы стрелок и поворотных кругов должны быть оборудованы автоматическими фиксирующими устройствами, исключающими сход тележки с рельсов.

§2. Подъёмники

Подъёмником называют грузоподъёмную машину прерывного (циклического) и непрерывного действия для подъёма грузов и людей в специальных грузонесущих устройствах (кабинах, клетях, платформах, бадьях), движущихся по жёстким вертикальным или наклонным направляющим, а также по рельсовому пути. Траектория движения грузонесущего устройства определяется очертанием направляющих.

К подъёмникам относятся лифты, скиповые и строительные подъёмники, фуникулёр и эскалаторы.

Лифты. Подъёмники, перемещающие грузы только по вертикали в ограждённой со всех сторон шахте, называют лифтами. По назначению различают лифты *пассажирские* (обычные и скоростные), предназначенные для транспортирования людей; *больничные* – для транспортирования больных на больничных транспортных средствах с сопровождающим персоналом; *грузовые с проводником* – для транспортирования груза и лиц, сопровождающих груз, и *грузовые без проводника* – для транспортирования только груза.

Грузоподъёмность грузовых лифтов определяют по максимальной массе груза, размещаемого в кабине, включая массу и тары и дополнительных устройств, перемещаемых вместе с грузом, а также массу проводника, если предусмотрена работа с проводником. Грузоподъёмность пассажирских лифтов определяют в зависимости от вместимости кабины, при этом массу одного пассажира принимают равной 80 кг. При выборе скорости движения кабины учитывают назначение лифта, высоту подъёма и ускорения, которые не должны вызывать неприятных воздействий на организм человека. В современных скоростных лифтах значения ускорения и замедления не превышают 2 м/с^2 , а в больничных лифтах 1 м/с^2 . Пассажирские лифты, предназначенные для 6...10-этажных зданий, имеют, как правило, скорость 0,65 м/с и однокоростной привод; лифты для 10...14-этажных зданий имеют скорость 1 м/с и двухкоростной привод; в высотных зданиях скорость перемещения кабины принимается 1,4...5,6 м/с в зависимости от высоты здания.

Большое значение для нормальной работы лифтов имеет обеспечение точной остановки кабины, зависящей при прочих равных условиях от скорости перемещения и массы перемещаемого груза. Так как грузоподъёмность современных лифтов достигает 20 т, разность уровней при остановке пустой и гружёной кабины может быть весьма ощутимой. Вследствие этого большегрузные машины имеют обычно небольшую скорость. Для обеспечения высокой точности остановки применяют лифты с микроприводом. В этих лифтах после нажатия кнопки приказа включается основной двигатель, и кабина движется с большой скоростью, а при подходе к требуемому этажу основной двигатель автоматически отключается, и включается двигатель микропривода, мощность которого в несколько раз меньше мощности основного двигателя. Поэтому скорость кабины снижается в 10...20 раз, после чего происходит её автоматическая остановка на заданном уровне.

В приводах лифтов находят применение барабанные лебёдки, в которых канаты жёстко закреплены на барабане (см. рис. 2), и лебёдки с канатоведущими шкивами (см. рис. 3). Недостатком привода с барабанными лебёдками является большая длина барабана, увеличивающаяся с возрастанием высоты подъёма и числа грузовых канатов. Применение лебёдок с канатоведущими шкивами позволяет использовать одну и ту же лебёдку независимо от высоты подъёма кабины. Малые размеры привода лифтов с канатоведущими лебёдками, простота конструкции, повышенная безопасность работы, возможность унификации выгодно отличают их от приводов с барабанными лебёдками.

Пассажирский лифт (рис. 9) имеет кабину 11, перемещающуюся в жёстких направляющих 10, которые предохраняют её от раскачивания и удерживают

при обрыве несущего каната 4 с помощью специальных ловителей 5. Привод 2 лифта размещают в верхней или нижней части шахты (в пассажирских лифтах чаще применяют верхнее расположение привода). Противовесы 6 движутся между направляющими 7. Срабатывание ловителей происходит при скорости кабины, превышающей расчётную (предельную) скорость, для чего лифт снабжают ограничителем скорости 3. В нижней части шахты располагают буферные устройства 9 и 8 соответственно для кабины и противовеса. Аппаратура управления (магнитная станция) 1 расположена в шкафу около привода.

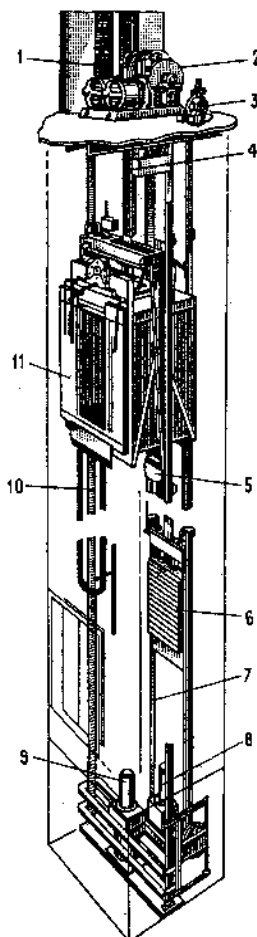


Рис. 9. Пассажирский лифт

Грузовые лифты, работающие без проводника, имеют более простую конструкцию и небольшое число предохранительных устройств. Скорость движения их обычно 0,2...0,5 м/с. Грузовые лифты с проводниками имеют более высокую скорость до 1 м/с.

По способу уравнивания масс кабины и груза лифты бывают *без противовеса* и *с противовесом*. Лифты без противовеса (рис. 10, а, б) применяют только при использовании барабанных лебёдок. Для подъёма груза в лифтах без противовеса требуется увеличенная мощность двигателя, зависящая от массы груза и кабины. Такие системы применяют редко. Для уменьшения потребной мощности используют иногда противовесы, уравнивающие часть массы кабины (рис. 10, в). Мощность двигателя в этом случае зависит от массы груза и неуравновешенной части кабины. Более рациональными являются лифты с противовесом.

сами, подвешиваемыми на отдельных навиваемых на барабан лебёдки канатах или прикрепляемых к свободным концам грузовых канатов, огибающих канатопроводящий шкив (рис. 10, г, д). В этом случае достигается полное уравнивание кабины и 50...70% массы груза. При большой высоте подъёма, более 35...40 м, когда масса неуравновешенной части грузового каната достигает существенного значения и требуется увеличение мощности двигателя при подъёме кабины из нижнего положения, применяют систему с уравнительным канатом (рис. 10, з), соединяющим через нижний обводной блок кабину с противовесом. Для увеличения сцепления каната с ручьём канатопроводящего шкива в высокоскоростных лифтах применяют систему с контршквом 1 (рис. 10, д), при которой существенно увеличивается угол обхвата канатом приводного шкива. Однако при этом увеличивается число перегибов каната, что снижает его долговечность.

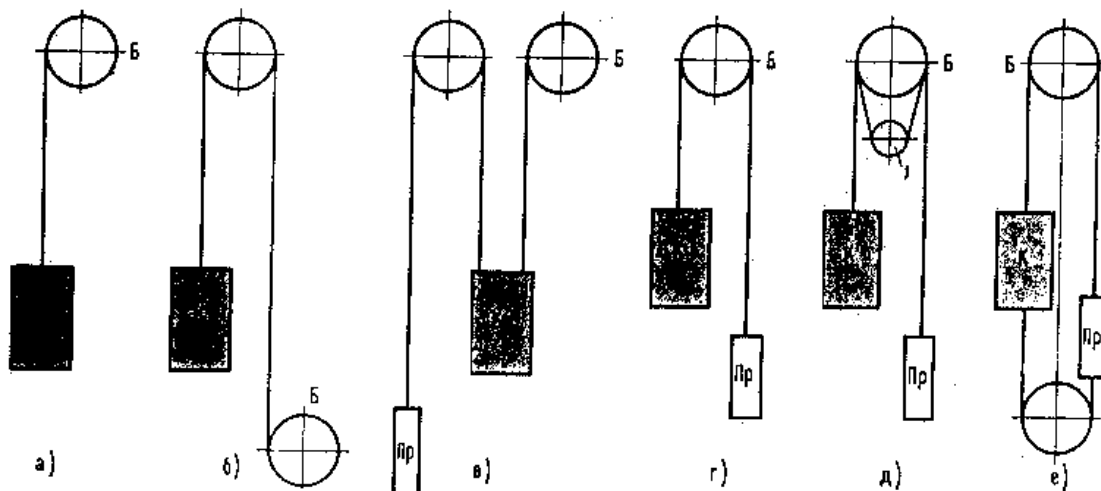


Рис. 10. Системы подвески кабины лифтов: а-в – с барабанными лебедками; г – с барабанными лебедками и канатопроводящим шкивом; д, е – с канатопроводящими шкивами; К – кабина; Пр – противовес; Б – приводной барабан или шкив

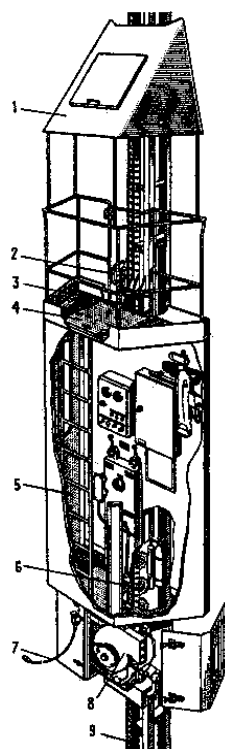


Рис. 11. Бесканатный лифт

В последнее время получили широкое распространение так называемые бесканатные лифты, предназначенные для подъёма обслуживающего персонала и грузов на мачты и башни большой высоты (буровые вышки, высотные здания, радио – и телевизионные башни). Кабины этих лифтов перемещаются вдоль направляющих благодаря силам трения, возникающим между направляющими и вращающимися приводными роликами, прижимаемыми к этим направляющим, либо посредством зубчатого зацепления приводных колёс с вертикальными рейками. Бесканатный лифт (рис. 11) имеет кабину 5, рабочую площадку с люком 4 для входа в кабину и защитную крышку 1. Привод лифта осуществляется от двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя 8, размещённого в нижней части кабины.

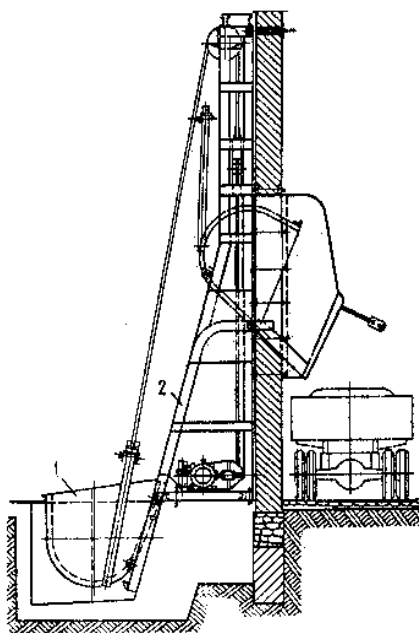


Рис. 12. Скиповый подъемник: 1 – скуп; 2 – направляющие

Двигатель через самотормозящую червячную передачу приводит во вращение три зубчатые шестерни 6, сцепленные с зубчатой или цевочной рейкой 9. Шестерни смонтированы на раме, которая перемещается на роликах вдоль направляющего рельса из таврового проката и охватывает рейку. Это обеспечивает надёжное сцепление шестерен с рейкой. Четвёртая шестерня, установленная в верхней части кабины и сцепленная с рейкой 9, вращает центробежный регулятор 2, который при превышении номинального значения скорости перемещения кабины приводит в действие ловитель 3, останавливающий кабину. Питание к электродвигателю подводится с помощью гибкого кабеля 7 или троллеев, расположенных вдоль направляющего рельса.

Скиповые подъёмники (рис. 12). Эти подъёмники представляют собой стационарную или передвижную установку для перемещения сыпучих грузов в скипах (специальных ковшах). Большое применение скиповые подъёмники находят для загрузки доменных печей, вагранок и т. п. В верхнем разгрузочном пункте скуп автоматически разгружается через откидное дно или опрокидыванием ковша.

Строительный подъёмник. Подъёмник, устанавливаемый на время строительства какого-либо сооружения для подъема и опускания строительных материалов в кабине или на платформе, перемещающейся по вертикальным направляющим, называют строительным.

Фуникулёры. Рельсовую дорогу с канатной тягой, предназначенной для перевозки пассажиров или грузов в вагонах по крутым подъемам (до 35°), называют фуникулёром.

Фуникулёры имеют два уравновешивающих друг друга вагона, из которых один движется вниз, а другой – вверх.

Эскалаторы. Подъёмник, предназначенный для перемещения людей на станциях метрополитена и в служебных помещениях с одного уровня на другой на специальных платформах ступенях по наклонному рельсовому пути, называют эскалатором.

§3. Грузоподъёмные краны

Кранами называют грузоподъёмные машины циклического действия, предназначенные для подъёма и перемещения груза, удерживаемого грузозахватным устройством. Они являются наиболее распространенными грузоподъёмными машинами, имеющими весьма разнообразное конструктивное исполнение и назначение. *По конструктивному признаку* их разделяют на краны *мостового типа*, к которым относятся мостовые, козловые и полукозловые краны, перегрузочные мосты, настенные передвижные консольные краны, мостовые краны-штабелёры; краны *стрелового типа*, к которым относятся поворотные краны на колонне, имеющие постоянный или переменный вылет, стреловые передвижные краны со стрелой, закреплённой на раме ходового устройства или поворотной платформе, размещённой непосредственно на ходовой раме, башенные краны, порталные и полупортальные краны, вантовые краны и т. п. По виду *грузозахватного устройства* механизмов краны бывают с ручным и машинным (электрическим, гидравлическим, пневматическим и др.) приводами. По *степени поворота стрелы* относительно опорной части различают **неповоротные, полноповоротные и неполноповоротные** краны. По *способу опирания* ходовой части на рельсовую путь краны могут быть **опорного типа**, опирающиеся на путь сверху, и подвесного типа, перемещающиеся по нижним полкам рельсов подвесного кранового пути.

Ниже рассмотрены некоторые типы грузоподъёмных кранов.

Краны мостового типа

Мостовые опорные краны общего назначения. Мостовой кран (рис. 13) представляет собой мост 8, перемещающийся по крановым путям 11 на ходовых колёсах 12, которые установлены на концевых балках 13. Пути 11 укладывают на подкрановые балки, опирающиеся на выступы верхней части колонн цеха. Расстояние между осями подкрановых рельсов называют **пролётом** крана, расстояние между осями ходовых колёс (при установке моста на четырёх ходовых колё-

сах) – **базой** крана. При числе ходовых колёс больше четырёх их устанавливают попарно на балансирах. В этом случае за базу крана принимают расстояние между осями балансиров.

По верхнему (в некоторых конструкциях - по нижнему) поясу балок моста в поперечном направлении относительно пролета цеха передвигается крановая тележка 5, снабженная механизмом 4 подъема груза. В зависимости от назначения рана на тележке размещают один или два механизма подъема. При наличии двух механизмов подъема один из них является главным 4, а второй меньшей грузоподъемности – вспомогательным 3. Механизм передвижения 10 крана установлен на мосту крана, механизм передвижения 9 тележки – непосредственно на тележке. Управление всеми механизмами осуществляется из кабины 1, прикреплённой к мосту крана.

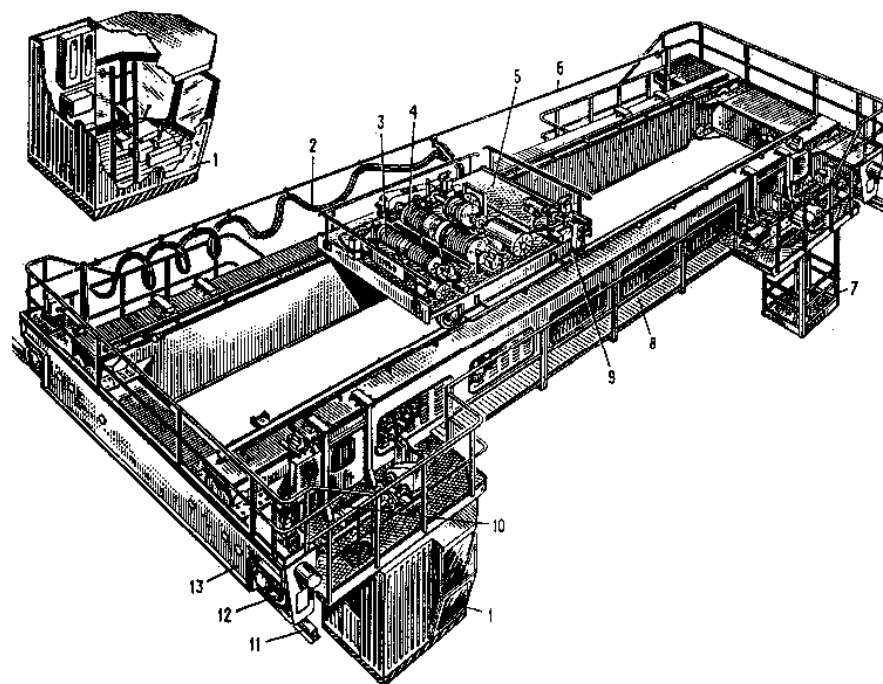


Рис 13. Мостовой кран общего назначения.

Питание электродвигателей осуществляется по цеховым троллеям, изготовленным обычно из прокатной стали углового профиля и закрепляемых на стене здания. Для подвода электроэнергии применяют токосъёмы скользящего типа, прикрепляемые к металлоконструкциям крана, башмаки которых скользят по троллеям при перемещении моста крана. Для обслуживания цеховых троллеев на кране предусмотрена специальная площадка 7. Для токопровода к двигателям, расположенным на тележке, используют троллеи, изготовленные из круглой или угловой стали, установленные с помощью специальных стоек на площадке, расположенной в продольном направлении относительно главной балки. В современных конструкциях мостовых кранов токопровод к тележке осуществляется с помощью гибкого кабеля 2, подвешиваемого на проволоке 6. Благодаря применению гибкого кабеля проще стала конструкция крана, повысилась его надёжность при эксплуатации и снизилась масса, так как не стало необходимости в наличии стоек и площадки для их размещения и обслуживания.

Всё более широкое распространение получает для подвода электроэнергии к тележкам мостовых кранов кабеленесущая каретка (рис 14), состоящая из рамы 1, двух концевых барабанов 6, через которые проводят питающие кабели 4, опорных роликов 3, поддерживающих кабели, направляющих роликов 9, расположенных около барабанов, обеспечивающих правильное положение кабелей на барабанах и препятствующих набеганию кабелей друг на друга, и катков 3, с помощью которых каретка перемещается по путям 7, уложенным на настиле моста параллельно пути движения тележки крана. Позиция 5 является местом выхода питающих кабелей на настил моста, которое расположено в центре пролёта. Позиция 8 – место крепления кабелей к тележке крана. Этот узел крепления перемещается вместе с тележкой, увлекая за собой каретку с помощью тягового каната. При этом кабели разгружены от усилия натяжения. Благодаря применению кабеленесущей каретки отпала необходимость в наличии подвижных контактов при электропитании тележки. Кроме того, повысилась надежность подвода электроэнергии и долговечность кабелей в тяжёлых условиях эксплуатации, так как в этой конструкции отсутствуют резкие перегибы кабелей, являющиеся основной причиной их выхода из строя.

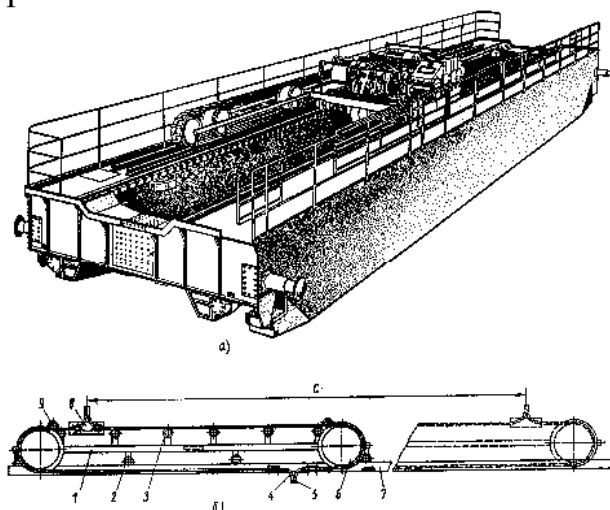


Рис. 14. Каретка с кабелем для питания электрическим током тележки мостового крана: а – общий вид мостового крана с кареткой; б – схема действия каретки.

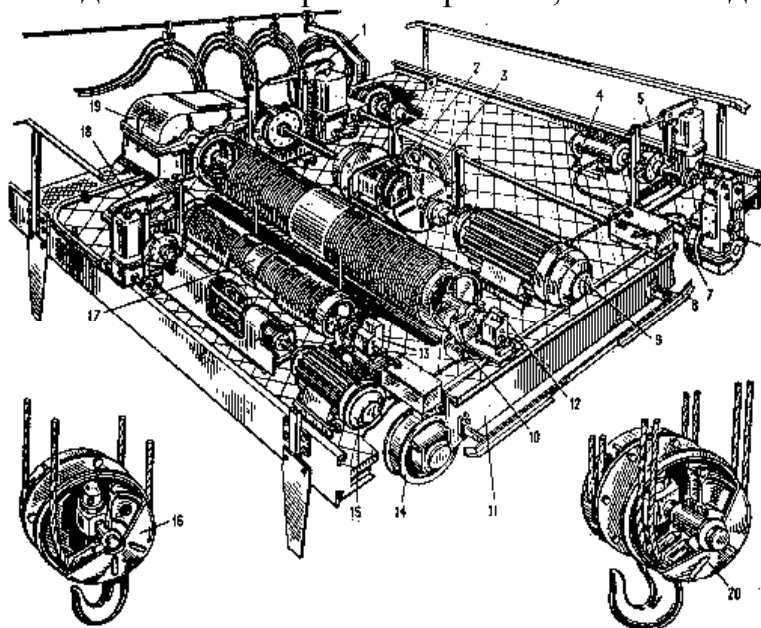


Рис. 15. Тележка мостового крана с механизмами главного и вспомогательного подъёма.

На раме 11 тележки (рис 15) крана размещены механизмы главного и вспомогательного подъёма и механизм передвижения. Механизм главного подъёма имеет электродвигатель 9, соединённый длинным валом-вставкой с редуктором 19. Полумуфту, соединяющую вал-вставку с входным валом редуктора, используют в качестве тормозного шкива колодочного тормоза 1, имеющего привод от электрогидравлического толкателя. Выходной вал редуктора соединен зубчатой муфтой с барабаном 10. Опоры верхних блоков 3 полиспаста и уравнивательные блоки 2 расположенные на верхней поверхности рамы, что облегчает их обслуживание и увеличивает возможную высоту подъёма. В качестве ограничителя высоты подъёма применён шпindelный выключатель 12, отключающий цепь управления механизмов при достижении крюковой подвеской крайних верхнего и нижнего положений.

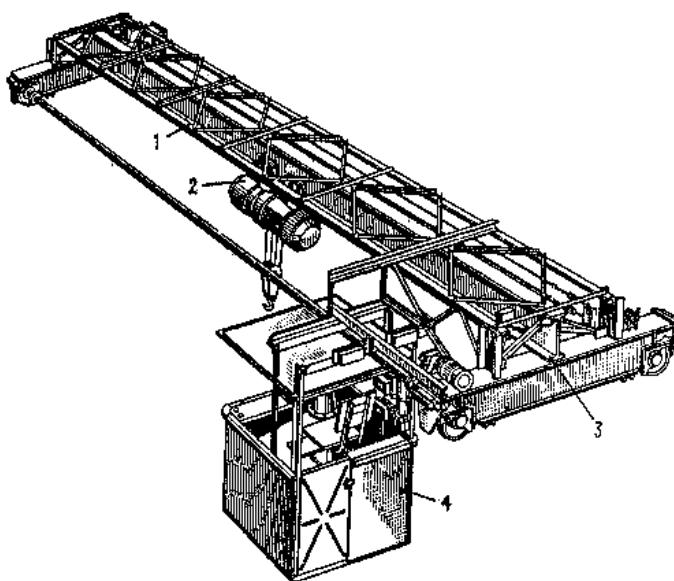


Рис. 16. Мостовой однобалочный опорный кран (кран-балка).

Механизм вспомогательного подъёма имеет аналогичную кинематическую систему (двигатель 15, редуктор 18, барабан 17, концевой выключатель 13). Оба механизма главного и вспомогательного подъёма оборудованы крюковыми подвесками 20 и 16. Механизм передвижения тележки состоит из двигателя 4, тормоза 5, вертикального зубчатого редуктора 6, двух ведущих 7 и двух холостых 14 ходовых колёс. На раме тележки укреплена линейка 8, воздействующая в крайних положениях тележки на концевой выключатель, ограничивающий путь передвижения тележки. Расстояние между осями подтележных рельсов называют *колеёй* тележки, а расстояние между осями ходовых колёс – *базой* тележки.

Мостовые краны в зависимости от назначения и характера выполняемой работы снабжают различными грузозахватными приспособлениями: крюками, подъёмными электромагнитами, грейферами, специальными захватами и т. п. Мостовой кран весьма удобен для использования, так как благодаря перемещению по крановым путям, располагаемым в верхней части цеха, он не занимает полезной площади.

При необходимости использования мостовых кранов малой грузоподъёмности (до 5 т) применяют одно- и двухбалочные опорные мостовые краны (кран-балки) (рис 16), представляющие собой облегченные мостовые краны. При небольших пролётах мост заменяют простой балкой 3, а вместо крановой тележки используют электроталь 2. При больших пролётах балки снабжают фермой горизонтальной жесткости 1. Управление одно- и двухбалочными мостовыми кранами производят из кабины 4 или с пола при помощи подвесных кнопочных коробок управления и магнитных пускателей. Мостовые краны общего назначения выпускают грузоподъёмностью 5...300 т. Для монтажных работ созданы мостовые краны грузоподъёмностью 600 т.

Мостовые краны специального назначения. К этим кранам относятся краны металлургического производства, работающие в особо тяжёлых условиях, связанных с их интенсивным использованием, наличием высокой температуры окружающей среды и излучением теплоты от раскалённого или расплавленного металла.

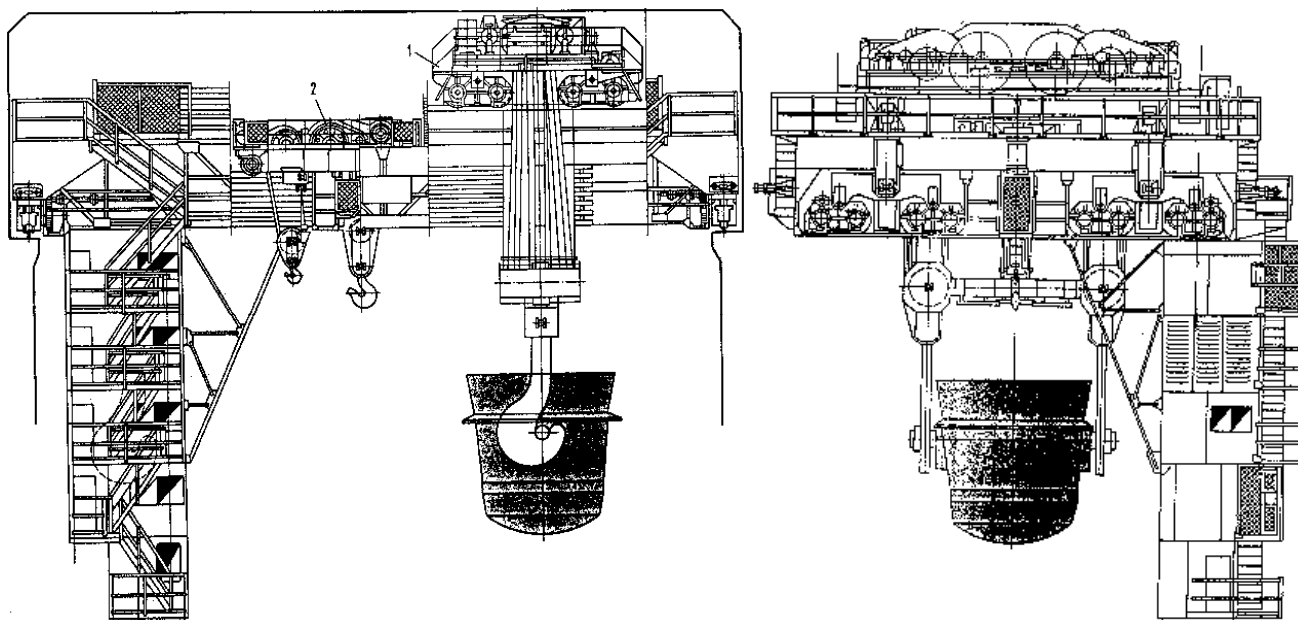


Рис. 17. Мостовой литейный кран.

Литейные краны (рис. 17) предназначены для транспортирования и заливки расплавленного чугуна в миксер или мартеновскую печь, разливки металла в изложницы, а так же для вспомогательных операций по кантовке ковшей и ремонту оборудования. Промышленностью выпускаются литейные краны грузоподъёмностью 75...630 т. они имеют обычно две тележки – главную 1 и вспомогательную 2. Грузозахватным элементом главной тележки является траверса с двумя крюками для захвата ковша с металлом. Вспомогательная тележка снабжена крюковой подвеской, используемой для кантовки ковша при разливке металла и для вспомогательных ремонтных работ. Грузоподъёмность механизма вспомогательного подъёма зависит от массы порожнего ковша.

Мульдозавалочные краны (рис 18) предназначены для подачи твёрдой шихты в мартеновские печи и вспомогательных операций при ремонте и обслуживании печей и цеха. Эти краны так же имеют две тележки. Главная тележка 1 соединена жёсткой металлоконструкцией – шахтой 3 и колонной 4 – с рабочей

площадкой и кабиной управления 5 крана. Основным грузозахватным элементом мольдозавалочного крана является хобот 6, с помощью которого захватываются мульды 7, загруженные шихтой, и производится загрузка печи. С помощью хобота можно осуществлять следующие операции: захватывание мульд, вращение мульды относительно продольной оси, качение в вертикальной плоскости, поворот вместе с рабочей площадкой в горизонтальной плоскости и вертикальное перемещение вместе с колонной и кабиной. Грузоподъёмность главной тележки обычно 3 или 5 т. колонна 4 крана квадратного сечения со стальными направляющими свободно проходит через литые корпуса верхней и нижней опор, расположенных в шахте рамы тележки, может передвигаться в опорах и поворачиваться вместе с подвижными элементами опор относительно своей продольной вертикальной оси. Вспомогательная тележка 2 грузоподъёмностью обычно 20 т. снабжена крюком и перемещается по рельсовому пути главной тележки или по специальному пути, расположенному параллельно пути главной тележки.

Краны (рис. 19) для раздевания слитков, отлитых в изложницах, снабжены большими 1 и малыми 2 клещами для захватывания изложниц и штемпелем 3 с наконечником для выдавливания слитков из изложниц. Совместным действием клещей и штемпеля могут быть осуществлены необходимые технологические операции. Для производства вспомогательных работ эти краны снабжают траверсой с крюком, которая захватывается большими клещами. Краны этого типа выпускают грузоподъёмностью 32...80 т. при использовании крюка и усилием выталкивания на штемпеле 2...4 МН. На раме тележки кроме механизма её передвижения размещены механизмы главного подъёма, управления клещами и привод механизма выталкивания, а в шахте, жёстко связанной с рамой тележки, - механизм выталкивания и клещи.

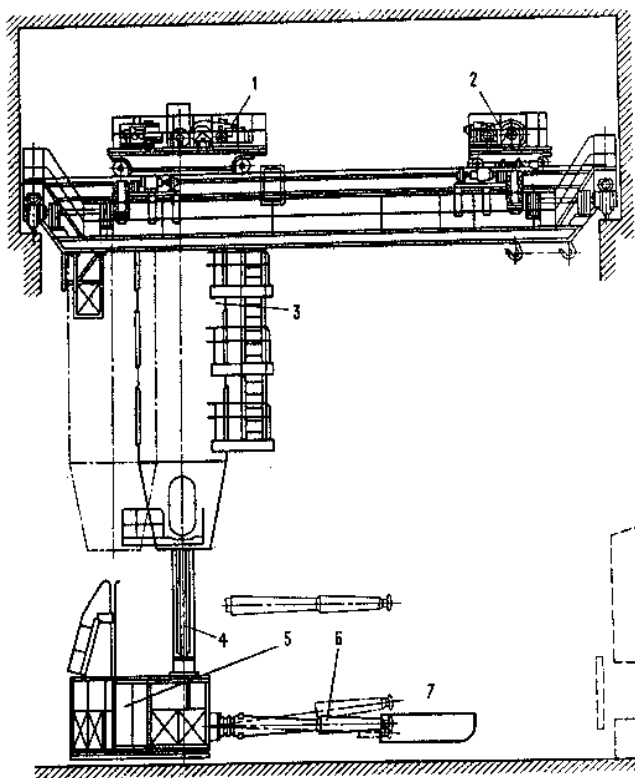


Рис.18. Мостовой мольдозавалочный кран

Кроме описанных выше, к мостовым кранам металлургического производства относятся *колодезные* (клещевые) *краны*, предназначенные для посадки стальных слитков в нагревательные колодезные печи и для подачи нагретых слитков на слитковоз или непосредственно на роликовый конвейер прокатного стана; основной грузозахватный элемент крана – клещи; *ковочные краны*, применяемые для подачи заготовок и манипулирования ими при производстве ковочных работ; *краны с подхватами* – для транспортирования горячего и холодного проката; *магнитные, мультимагнитные и грейферные краны* для работы с шихтой и др.

Подвесные мостовые краны. В зданиях, оборудованных мостовыми кранами, между границами предельного приближения крюков кранов двух соседних пролётов образуются площади, мало используемые для производственных целей и составляющие 15...20 % площади цеха. Для более полного обслуживания цеха вместо мостовых кранов опорного типа, мост которых опирается на ходовые колёса, применяют подвесные мостовые краны, ходовые тележки которых перемещаются по подвесному рельсовому пути. При использовании подвесных кранов снижается необходимая высота производственного помещения, так как вертикальный размер подвесного крана значительно меньше вертикального размера опорного мостового крана. Кроме того, применение подвесных кранов позволяет осуществить бесперегрузочную передачу грузов из пролёта в пролёт, что достигается стыкованием несущих балок (путей грузовых тележек) двух подвесных кранов, расположенных в соседних пролётах, или стыкованием несущей балки крана с однорельсовым путём соседних пролётов.

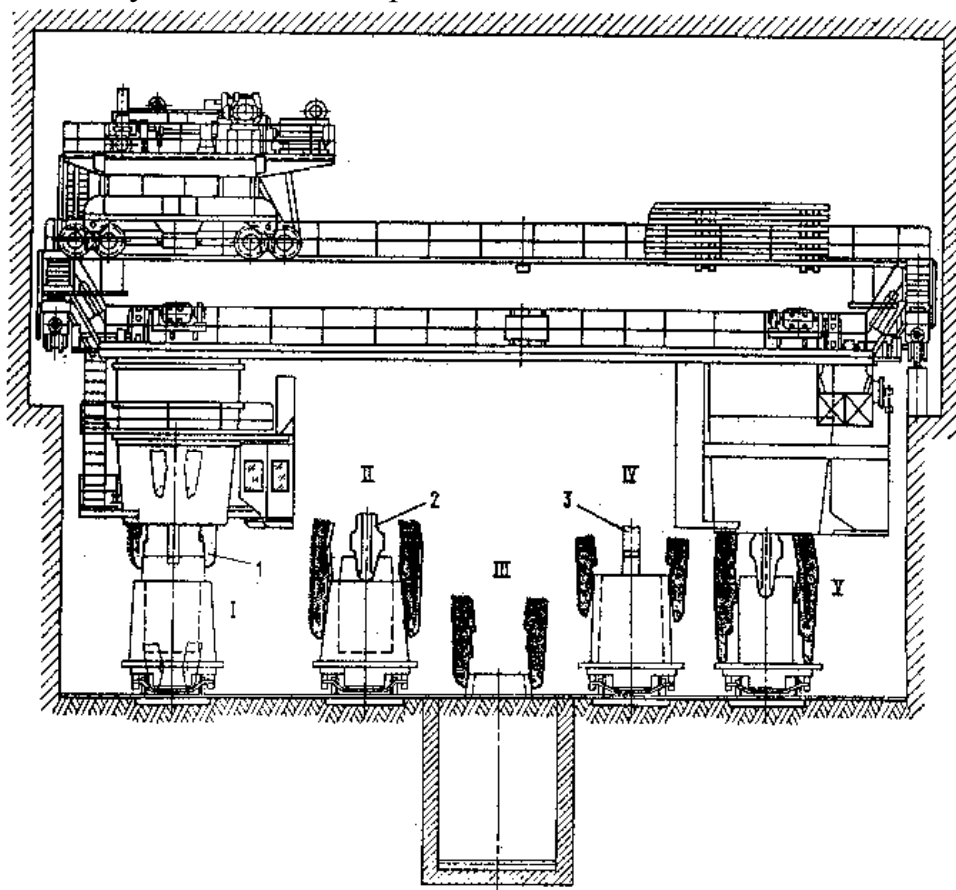


Рис. 19. Мостовой кран для раздевания слитков: I-снятие тепловых надставок; II-извлечение слитка, отлитого уширением кверху; III-захват тепловых надставок; IV-извлечение слитка, отлитого уширением книзу; V-отрывание слитка от поддона

Подвесные краны могут быть **двухопорными** (рис. 20, а) и **многоопорными** (рис. 20, б). Несущей балкой этих кранов является обычно прокатная двутавровая балка. Для больших пролётов эту балку усиливают шпренгелем, а так же горизонтальными и вертикальными фермами жёсткости. Балки подвешены к ходовым кареткам, которые передвигаются вдоль цеха по крановым путям (двутаврового сечения), прикреплённым к строительным фермам перекрытия. Общая длина крана определяется пролётом здания и может составлять 100 м. Горизонтальная жесткость металлической конструкции достигается связями, располагаемыми в плоскости верхних поясов несущих балок, а так же диафрагмами, соединяющими балки ходовых кареток с несущей балкой крана. Каждая балка ходовых кареток имеет отдельный привод механизма передвижения, расположенный непосредственно на этой балке. Для стыковки несущих балок подвесных кранов при переходе грузовой тележки из пролета в пролёт, а так же для предотвращения их расцепления должны быть предусмотрены надежно действующие фиксирующие устройства – замки 1 (рис. 20) с электрической блокировкой, исключающей возможность передвижения грузоподъёмной машины или её тележки при открытом замке.

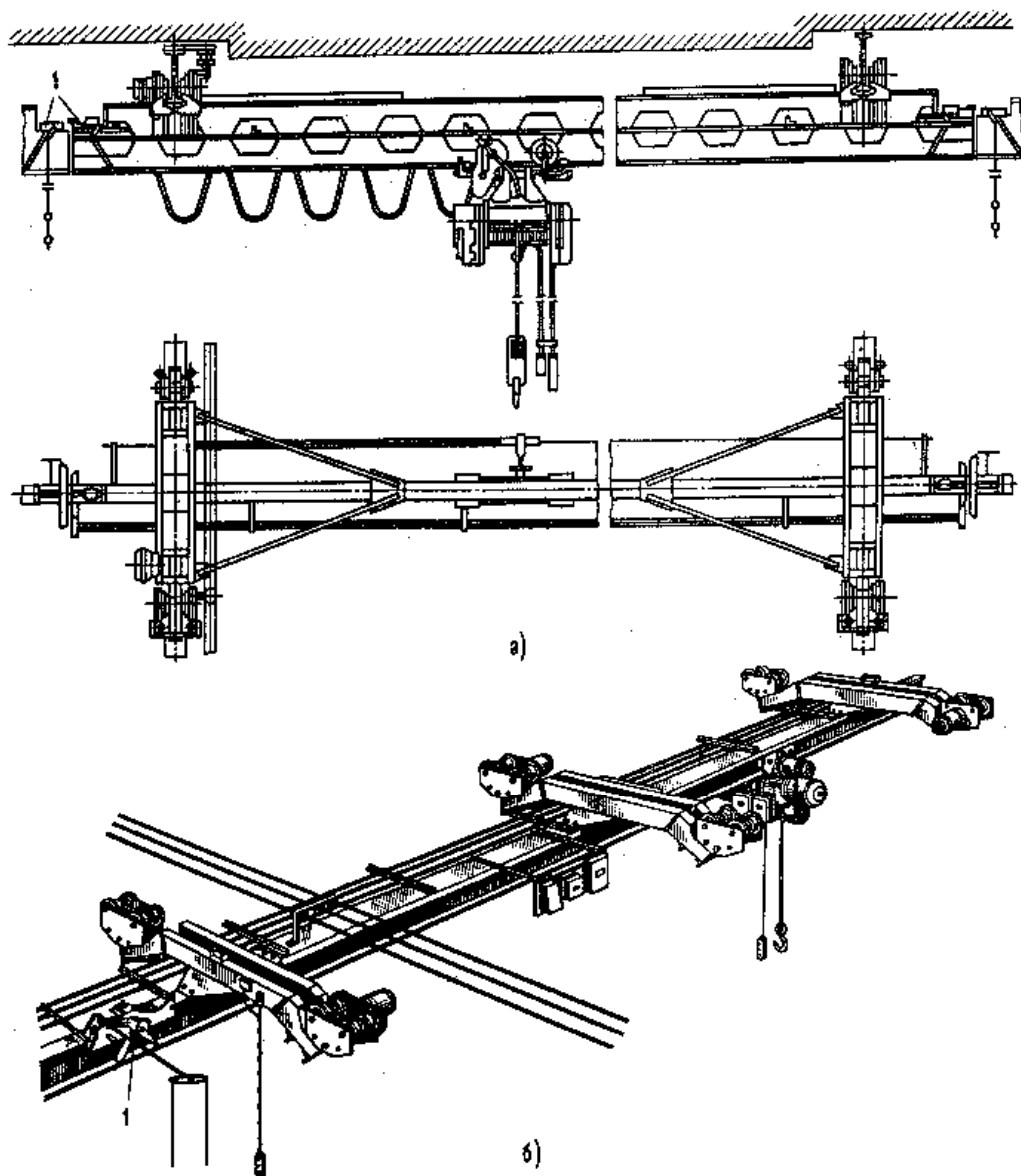


Рис. 20. Подвесные однобалочные краны: а – двухопорный; б – трехопорный

Управление подвесным краном можно производить с пола или из кабины, подвешенной к металлоконструкции крана (неподвижная кабина) или грузовой тележке (подвижная кабина), подвесные краны значительно легче мостовых кранов опорного типа. Грузоподъемность их 0,25...20 т., причем краны грузоподъемностью до 5 т. включительно оборудуют электротальями и ручными червячными таями, а краны грузоподъемностью 8, 12,5 и 20 т – нормальными механизма подъема опорных мостовых кранов. Скорость подъема груза и его передвижения по несущей балке для однобалочных подвесных кранов определяется соответствующими характеристиками электроталей. Скорость передвижения кранов, управляемых с пола, составляет 20 и 32 м/мин, а кранов, управляемых из кабины, – 63 м/мин (для однобалочных) и 63 и 80 м/мин (для двухбалочных).

Настенные передвижные консольные краны. Эти краны (рис. 21) перемещают по рельсам, закрепленным на стене здания. Для изменения вылета их снабжают тележкой или электроталью, передвигающейся по горизонтальной консоли моста (рис 21, а). В некоторых конструкциях консоль, выполненная в виде стрелы, может поворачиваться относительно оси (рис. 21, б), что облегчает управлением краном. Краны этого типа производят работы на площади цеха, располо-

женной вдоль кранового рельса. Их широко применяют в сборочных цехах и цехах механической обработки для передачи изделия с одной операции на другую.

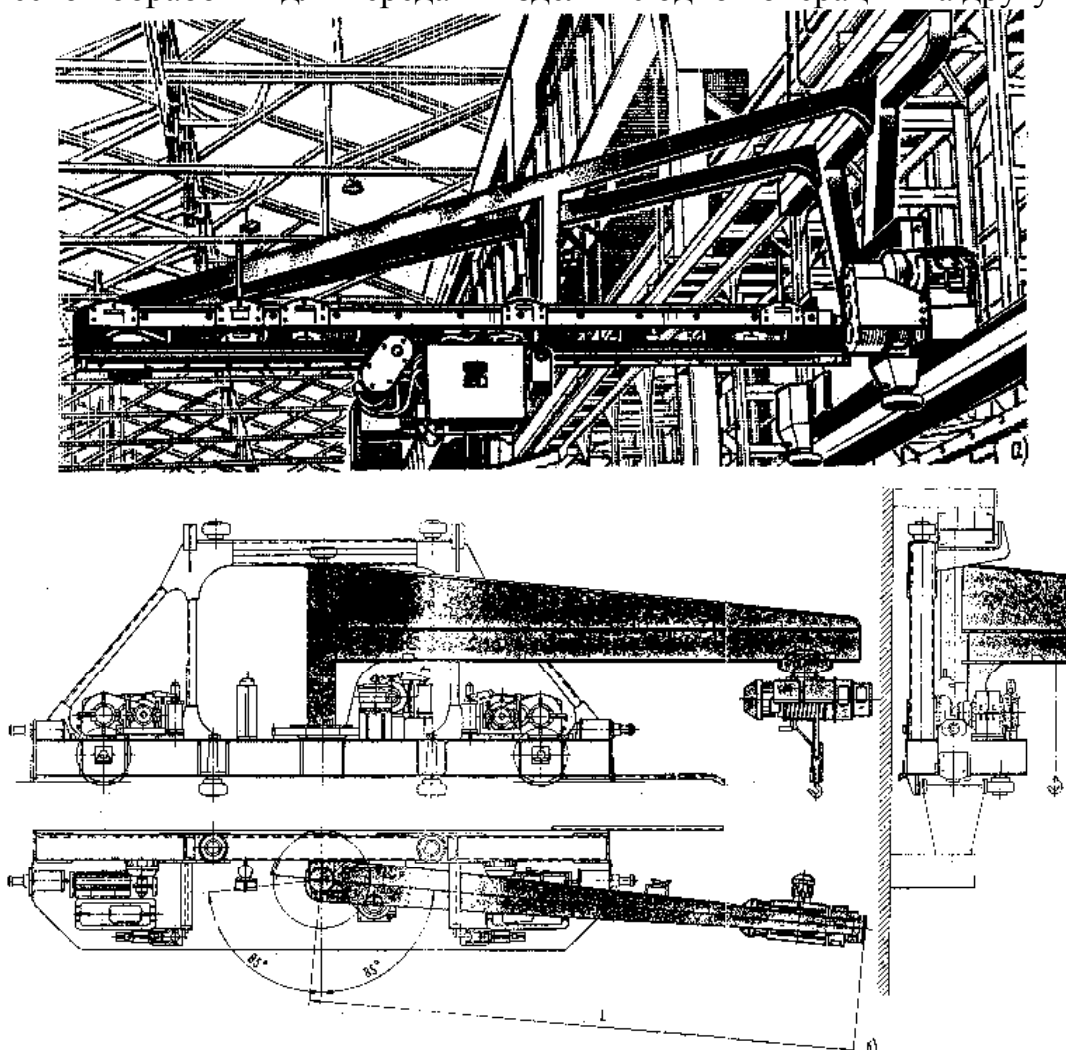


Рис. 21. Настенный передвижной консольный кран:
а – с жесткой консолью; б – с поворотной консолью

Козловые краны и мостовые перегружатели. Козловый кран (рис. 22) и мостовой перегружатель (рис. 23) имеют мост, который опирается на крановый путь с помощью двух опорных стоек. Эти краны по конструктивному исполнению не имеют существенных различий. При больших пролетах козловые краны и мостовые перегружатели выполняют с одной гибкой и одной жесткой опорами. Гибкая опора соединена с пролетным соединением металлоконструкции с помощью плоского или сферического шарнира, обладающего тремя степенями свободы. Такое соединение предотвращает возникновение распорных усилий, неблагоприятно воздействующих на крановые пути и элементы ходовой части, исключает влияние температурных деформаций и обеспечивает расчетное распределение нагрузок на опоры независимо от профиля кранового пути.

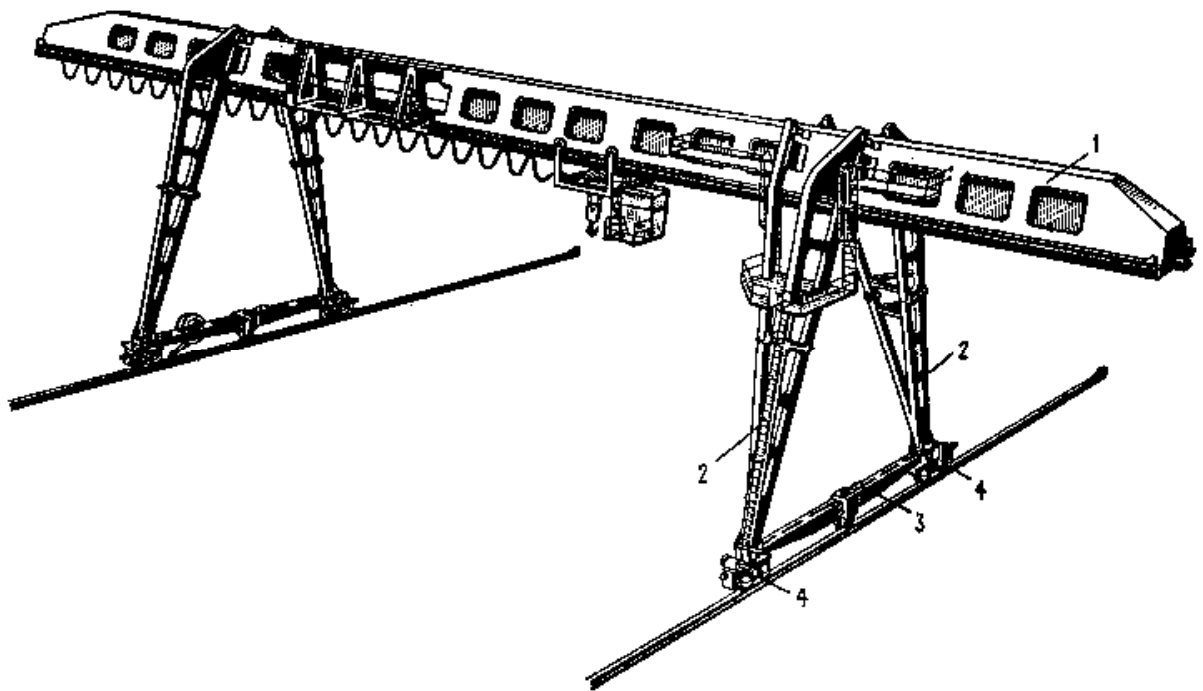


Рис. 22. Козловой кран

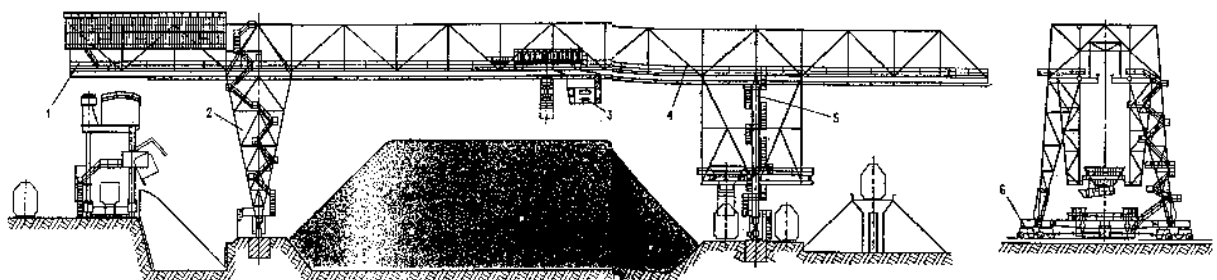


Рис. 23. Мостовой перегружатель: 1 – консоль; 2 – жесткая опора; 3 – грузовая тележка с грейфером и кабинкой управления; 4 – пролетное строение; 5 – гибкая опора; 6 – балансирная тележка механизма передвижения

Козловые краны предназначены для работы со штучными грузами на складах, для загрузки и разгрузки транспортных средств и производства монтажных работ. В качестве грузозахватного устройства они имеют крюк. Краны, используемые в строительстве, связанном с монтажом крупногабаритных элементов большой массы, имеют грузоподъемность более 200т, пролет до 100м и высоту подъема крюка до 50 м. Имеются также козловые краны грузоподъемностью 800т, применяемые при секционном судостроении.

Козловые краны для удобства монтажа часто изготавливают самомонтирующимися. В этом случае мост 1 (см. рис. 22) собирают на подставках, что облегчает монтаж. Поддерживающие стойки 2 шарнирно соединяют с мостом и балансирными тележками 4. Для подъема моста стойки соединяют полиспастами стягивающих механизмов. Когда мост займет рабочее положение, балансирные тележки 4 соединяют балкой 3, а полиспастную систему разбирают. К кранам мостового типа также относится **полукозловый кран**, мост которого опирается с одной стороны непосредственно на крановый путь, а с другой – на опорную стойку.

Мостовые перегружатели предназначены чаще для работы с массовыми грузами. Они снабжены специальными грузозахватными приспособлениями – грейферами. Мост перемещается с относительно малой скоростью. Это движение обычно является установочным. Механизм передвижения тележки и механизмы, связанные с грейфером, используют более интенсивно.

Краны – штабелеры. Основное назначение кранов-штабелеров – обслуживание складских помещений, снабженных стеллажами (высотой до 25 м), что позволяет наиболее эффективно использовать складские площади. Краны штабелеры могут быть опорного или подвесного типа. При многопролетной схеме склада и необходимости перехода грузовой тележки из одного пролета в другой применяют краны – штабелеры подвесного типа. Рельсовые пути кранов-штабелеров опираются на подкрановые балки здания или непосредственно на стеллажи.

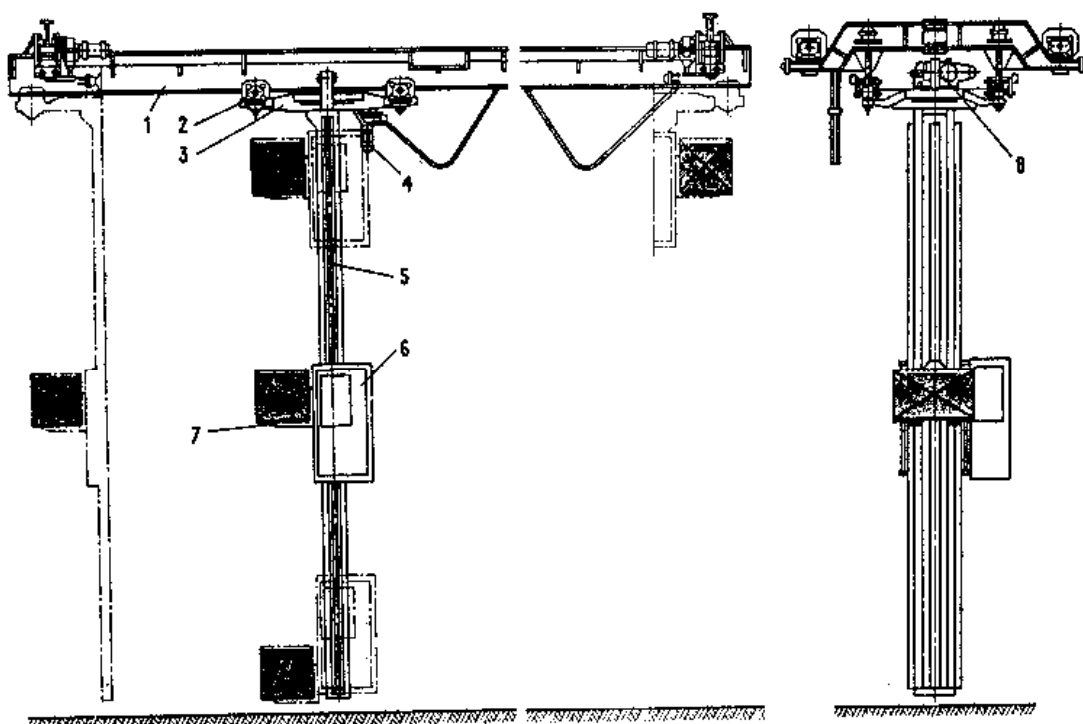


Рис. 24. Кран-штабелер подвесного типа с жесткой колонной и управлением кабины

Кран – штабелер состоит из моста 1 (рис. 24), по нижнему поясу которого перемещается грузовая тележка 3 на четырехкатковых подвесных тележках 2. На грузовой тележке расположена поворотная платформа, на верхней поверхности которой установлен механизм подъема 8, а на нижней – механизм поворота 4. К платформе прикреплена жесткая или телескопическая колонна 5, на которой закреплены рамы для восприятия нагрузки от грузоподъемного устройства и направляющие, обеспечивающие работу клинового захвата. Последний установлен на грузоподъемном устройстве и срабатывает при ослаблении натяжения гибкого грузового элемента. По колонне передвигается грузоподъемное устройство 7 и кабина управления 6. Грузоподъемное устройство снабжено вилочным захватом для захватывания грузов, уложенных на поддоны или в ящики, и для передачи их в штабель или на транспортные средства.

Краны-штабелеры имеют грузоподъемность 0,1...30 т (наиболее распространены краны-штабелеры грузоподъемностью 0.25...5 т), высоту подъема не более 16 м и угол поворота вилочного захвата 360 градусов. Транспортная скорость передвижения моста не более 60 м/с, подъема груза не более 12 м/мин, передвижения тележки не более 20 м/мин и частота поворота колонны не более 4 об/мин. Краны-штабелеры, как правило, имеют двухскоростные приводы, обеспечивающие малые установочные скорости передвижения моста не более 12 м/мин и подъема 3...4 м/мин.

Управление кранами-штабелерами при небольшой высоте штабелирования может производиться: с пола или из кабины, которая установлена на колонне стационарно либо перемещаться вместе с грузоподъемным устройством; полуавтоматически или автоматически по определенной программе. Диапазон изменения скоростей передвижения механизмов при управлении с пола и из кабины должен быть не менее 3:1, а при автоматической работе – не менее 10:1.

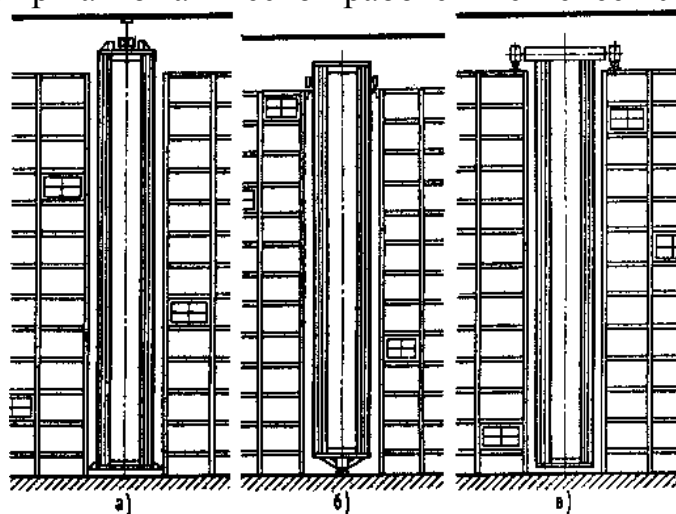


Рис. 25. Схема стеллажных кранов-штабелеров

Стеллажные краны. Эти краны являются модификацией мостовых кранов – штабелеров. Стеллажный кран (рис 25) состоит из рамы, движущийся вдоль прохода между стеллажами, и вертикально перемещающейся по раме грузовой платформы с грузозахватным устройством и кабиной управления. Стеллажные краны могут быть подвесными (рис 25, а), опирающимися на напольный рельс (рис 25, б), и двухрельсовыми, опирающимися на стеллажи (рис 25, в). Подвесные краны перемещаются по подвесному пути, закрепленному на перекрытиях здания. Кран подвешен на шарнирных ходовых тележках и удерживаются в вертикальном положении с помощью горизонтальных роликов, укрепленных в нижней части рамы и перекатываемых по направляющим рельсам. Рама таких кранов работает главным образом на растяжение, что дает возможность использовать их при больших грузоподъемностях и больших высотах подъема. Опорные однорельсовые краны передвигаются по рельсу, уложенному на полу склада, и удерживаются в вертикальном положении горизонтальными роликами, перекатываемыми по направляющим рельсам, уложенным над стеллажами. Двухрельсовые опорные краны передвигаются по двум рельсам, уложенным в верхней части стеллажей по обе стороны прохода между стеллажами. Направляющих горизонтальных роликов

в данном случае не требуется, так как колонна находится в строго вертикальном положении благодаря достаточно большой базе ходовых колес.

Краны-штабелеры всех типов в зависимости от формы и вида транспортируемого груза могут быть снабжены различными сменными грузозахватными устройствами (рис. 26).

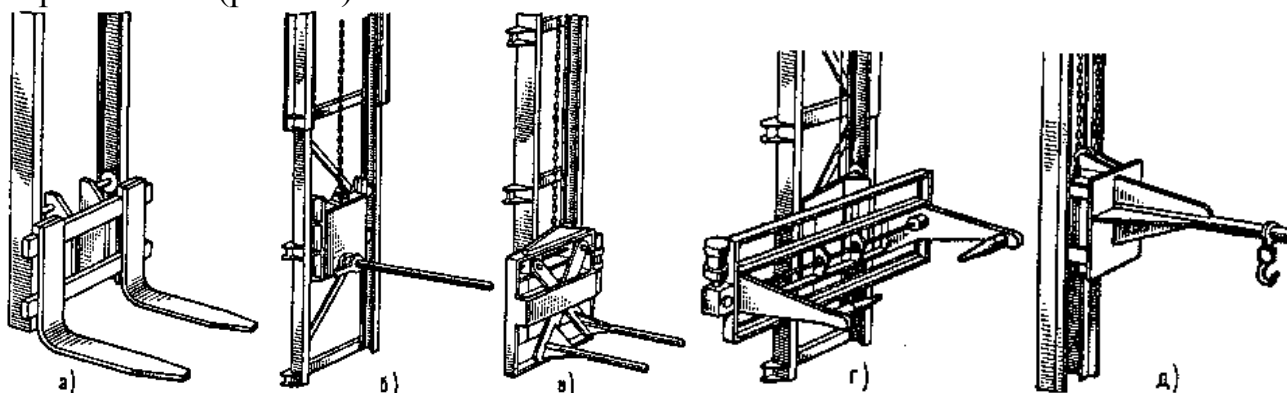


Рис. 26. Основные типы грузозахватных устройств кранов-штабелеров: *а* – вилочный захват; *б* – штыревой захват; *в* – двухштыревой захват; *г* – торцовый захват для рулонов; *д* - стрела

Краны стрелового типа

В кранах стрелового типа грузозахватное устройство подвешено к стреле или грузовой тележке, перемещающейся по стреле. По возможности перемещения краны стрелового типа бывают стационарными и передвижными. Стационарными называют краны, устанавливаемые на фундаменте или другом неподвижном основании. Передвижными называют краны, оборудованные ходовым устройством, с помощью которого они могут перемещаться по рабочей площадке. Обычно краны стрелового типа выполняют поворотными, т.е. их рабочее оборудование вращается относительно их опорной части. К кранам стрелового типа относятся стреловые краны, башенные, порталные, вантовые и др.

К простейшим поворотным кранам можно отнести краны на колонне. Эти краны могут иметь постоянный или переменный вылет, т.е. расстояние по горизонтали от оси поворотной части крана до вертикальной оси грузозахватного устройства без груза при установке грузоподъемного крана на горизонтальной площадке. Краном с постоянным вылетом можно поднять груз по вертикали и переместить в любую точку, расположенную на окружности радиуса, равного вылету стрелы. Поворотные краны с переменным вылетом стрелы могут обслуживать площадь, заключенную между двумя окружностями, радиусами которых являются максимальный и минимальный вылеты стрелы. Краны на колонне находят широкое применение в промышленности. В качестве примера крана на колонне рассмотрим палубный кран (рис 27,а), используемый для загрузки и разгрузки судов. Стрела крана, шарнирно соединенная с поворотной частью металлоконструкции, имеет изменяющийся вылет. Изменение вылета происходит вследствие качения стрелы в вертикальной плоскости с помощью гидравлического цилиндра 1. в поворотных кранах других конструкций (рис 27, б) вылет можно изменять с помо-

щью тележки 2 с электроталью, перемещающейся по горизонтальной стреле крана.

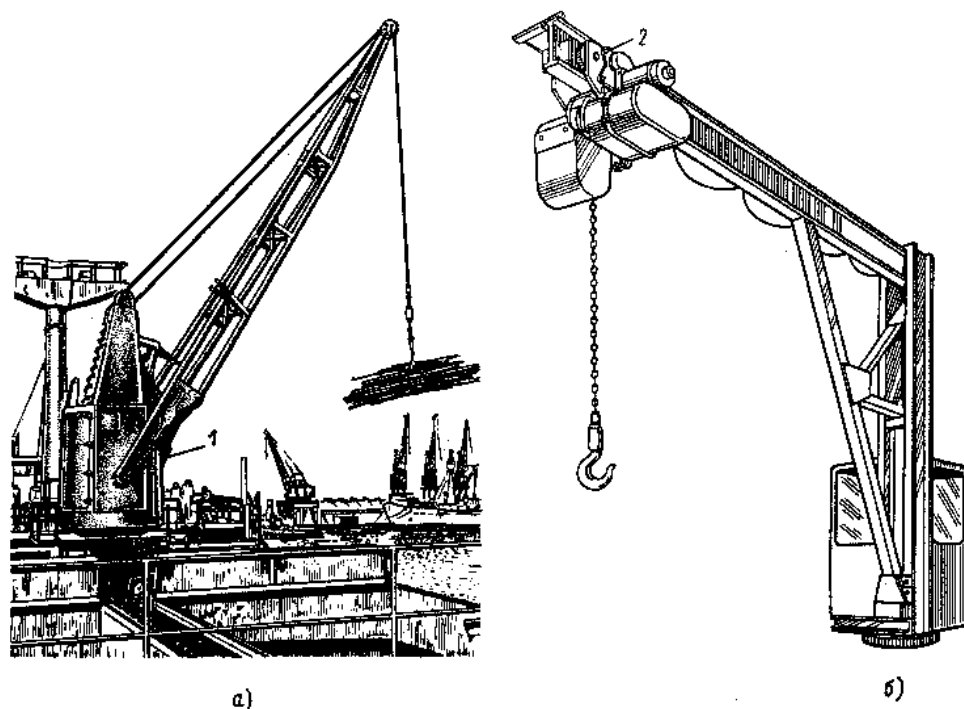


Рис. 27. Поворотные краны с переменным вылетом

Стреловые передвижные краны. У стреловых кранов стрела закреплена на раме ходового устройства или на поворотной платформе, размещенной непосредственно на ходовой раме. По конструкции ходового устройства самоходные стреловые краны могут быть разделены на гусеничные, пневмоколесные и автомобильные, тракторные, железнодорожные.

Гусеничные и пневмоколесные краны характеризуются повышенной маневренностью, их используют для строительных, монтажных и погрузочных работ, связанных с частным перебазированием.

Гусеничные краны имеют грузоподъемность не более 160 т. Ходовая часть крана снабжена рамой, установленной на гусеничных тележках, приводимых в движение от двигателя, размещенного на поворотной части крана. Скорость движения гусеничных кранов обычно не превышает 6 км/ч, поэтому на большие расстояния эти краны транспортируют на специальных платформах. Наличие гусеничного хода уменьшает нагрузки на грунт, что позволяет использовать эти краны для работы на мягких грунтах.

Масса груза, поднимаемого передвижными каналами, зависит от их вылета L . Эта масса определяется по условию обеспечения необходимой устойчивости крана и уменьшается с увеличением вылета. Указанная зависимость может быть представлена в виде графика, используя который можно определить допускаемую массу груза при любом вылете стрелы. Так гусеничный грейферный кран (рис. 28), который поднимает, не передвигаясь, груз массой 4 т при вылете 3 м, может при вылете 9 м поднять только груз массой 1 т.

Пневмоколесные краны устанавливают на стандартных автомобильных шасси (автомобильные краны, монтируемые на грузовых автомобилях грузоподъемностью 4...16 т), а также на усиленных и специальных шасси. Пневмоколесные

краны разделяют на: краны общего назначения, используемые только при работе с грузовым крюком; полууниверсальные, работающие с крюком и грейфером; универсальные, работающие с любым видом сменного оборудования как кранового, так и землеройного (краны – экскаваторы). Пневмоколесные краны имеют значительно более высокую грузоподъемность (до 100 т), чем автомобильные.

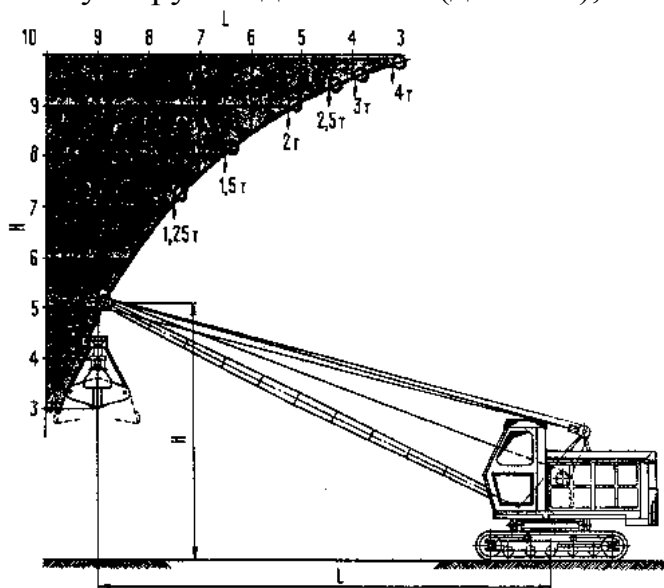


Рис. 28. Зависимость грузоподъемности крана от вылета стрелы

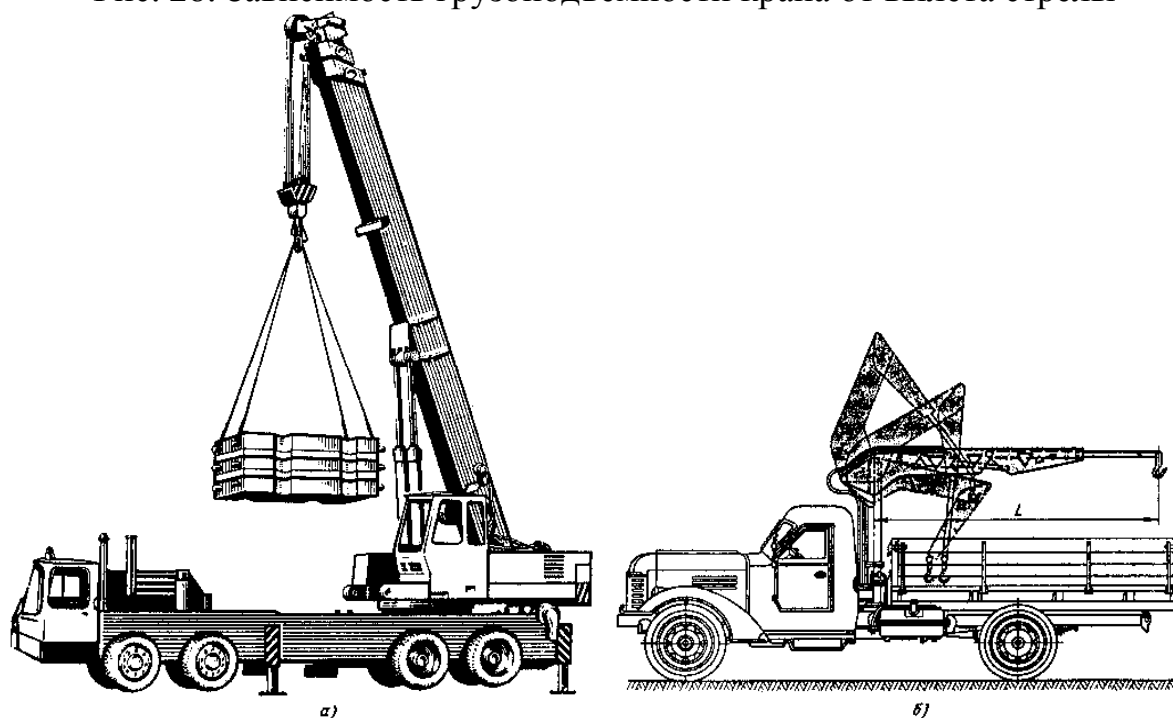


Рис. 29. Самоходные стреловые краны: *а* – пневмоколесный кран КС-6471; *б* – автомобильный консольный кран

Автомобильный кран КС – 6471 с гидравлическим приводом рабочих механизмов на специальном автомобильном шасси показана рис 29, а. Кран имеет телескопическую стрелу, длину которой можно изменять от 11 до 27 м. для устойчивости и уменьшения нагрузки на ходовую часть автомобиля кран снабжен выносными опорами, имеющими гидравлический привод и индивидуальное управление, что обеспечивает независимую установку опор применительно к рабочим поверхностям площадки. Наибольшая грузоподъемность при установке

крана на выносных опорах 40 т, транспортная скорость крана 50 км/ч. Кран оборудован также гидравлическими стабилизаторами рессор, повышающими его устойчивость и обеспечивающими более равномерную нагрузку на рессоры при движении на поворотах. На поворотной платформе установлены грузоподъемная лебедка, поворотный механизм, кабина крановщика и стрела. На оголовке стрелы расположен ограничитель грузоподъемности и высоты подъема груза.

Благодаря гидравлическому приводу можно плавно изменять в широких пределах скорость движения механизмов. Автомобильные консольные краны (рис. 29, б) с объемным гидроприводом предназначены для погрузки груза на транспортные средства и для самозагрузки, укладки груза в штабеля, а так же для других разгрузочно-погрузочных работ.

Опорно-поворотная часть автомобильного консольного крана типа 4030П в виде колонны с гидроцилиндром подъема размещена на шасси автомобиля между кузовом и кабиной. Стрела крана выполнена шарнирной, оригинальной двухзвенной складывающейся конструкции. В транспортном положении эта стрела отведена за кабину, не выходя за габариты автомобиля. Кран оснащен крюком и сменным оборудованием в виде специальных захватов (для штучных грузов) и грейферов. Для разгрузки рессор при работе кран снабжен стабилизирующим устройством, позволяющим передавать нагрузку непосредственно на задний мост и колеса, в результате чего уменьшается боковой крен крана и повышается его устойчивость.

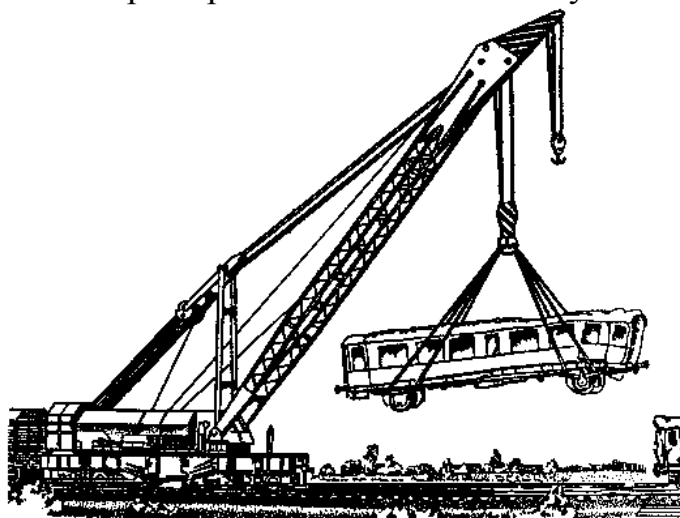


Рис. 30. Аварийный железнодорожный кран

Железнодорожные краны. Грузовые подъемные стреловые железнодорожные краны (рис 30), смонтированные на платформе, перемещаются по железнодорожным путям. Железнодорожные краны грузоподъемностью не более 75 т используют для погрузочно-разгрузочных работ, а более высокой грузоподъемности, не превышающей 250 т, – в качестве аварийных. В этих кранах все большее применение получает дизель – электрический многодвигательный привод. Ходовая часть железнодорожного крана выполнена с учетом использования узлов подвижного состава железных дорог и зависимости от грузоподъемности имеет различное число осей. Транспортная скорость не превышает 10 км/ч. При перебазировании на большие расстояния железнодорожные краны включают в состав по-

езда без ограничения скорости движения. Для увеличения опорной базы и повышения устойчивости краны снабжают выносными опорами.

Башенные краны. Стрела этих кранов закреплена на верхней части вертикально расположенной башни. Башенные краны предназначены для строительных и монтажных работ. Изменение вылета таких кранов производят либо перемещением грузовой тележки по однорельсовому пути, прикрепленному к стреле крана, либо подъемом стрелы.

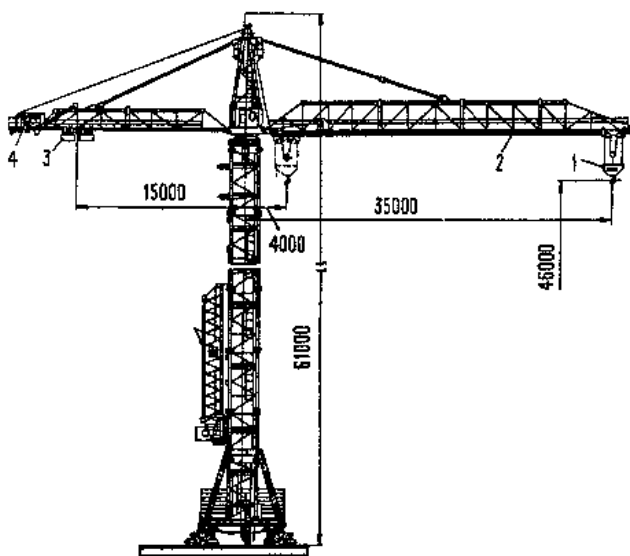


Рис. 31. Башенный монтажный кран КБ-674А с решетчатой башней

Башенный кран КБ-674А (рис. 31) имеет решетчатую сварную башню. Изменение вылета от 4 до 35 м осуществляется перемещением грузовой тележки с крюковой подвеской 1 по горизонтальной стреле 2. Кран снабжен передвижным противовесом 3, обеспечивающим необходимую устойчивость против опрокидывания. Положение противовеса определяется положением грузовой тележки. Механизм подъема 4 расположен на консоли противовеса. Кран имеет 16 ходовых колес, из них шесть – приводные. Управление краном производят из кабины управления. Имеется исполнение крана этого типа с дистанционным радиопрограммным управлением. Этот кран имеет номинальный грузовой момент 4000 кН·м. Грузоподъемность крана, зависящая от вылета, при наибольшем вылете составляет 10 т, а при минимальном – 25 т. скорость подъема (опускания) груза можно изменять от 17,5 до 100 м/мин. При монтажных работах кран имеет скорость плавной посадки груза максимальной массы 1,25...2,5 м/мин. Частота вращения стрелы крана КБ-647А 0,6 об/мин; скорость передвижения крана 20 м/мин и скорость передвижения грузовой тележки 36,7 м/мин.

Портальные краны. Для погрузки и выгрузки штучных и насыпных грузов в морских и речных портах с высоким грузооборотом применяют портальные краны. Кроме этого, эти краны могут быть использованы в судостроении и на сборочно-монтажных строительных работах. Портальные краны передвигаются по рельсовому пути. Они состоят из портала и поворотной части (рис 32). Нижняя часть крана (портал) является пространственно жесткой четырех- или трехстоечной рамой, перекрывающей железнодорожные пути или безрельсовые дороги и обеспечивающих свободный проезд транспортных средств. На портале установлена поворотная часть крана со стрелой, противовесом и механизмами подъема, поворота и изменения вылета стрелы.

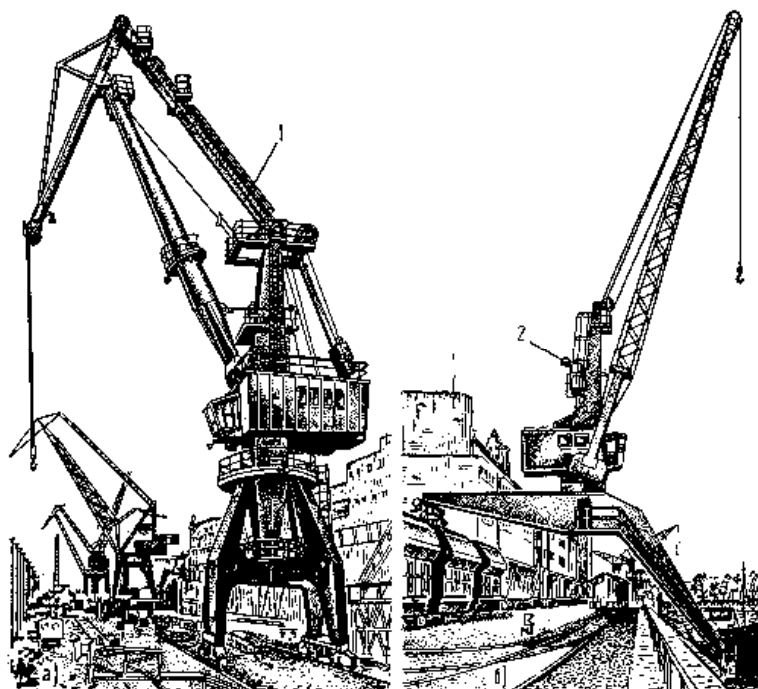


Рис. 32. Портальные краны: а – с жесткой оттяжкой 1; б – с гибкой оттяжкой и винтовым механизмом 2 изменения вылета стрелы

Вантовые краны. Благодаря простоте конструкции, легкости монтажа и демонтажа и удобству перевозки вантовые краны широко применяют на строительных и монтажных работах. Это мачтовые краны стрелового типа, поворотные, со стрелой, закрепленной шарнирно на вертикальной мачте, удерживаемой посредством канатных оттяжек – вантов. Вантовый кран, показанный на рис 33, имеет вращающуюся опорную колонну (мачту) 3, к которой шарнирно прикреплена стрела 4. Жесткие оттяжки 2 удерживают поворотную часть колонны от опрокидывания моментом, возникающим под действием веса груза. Управление механизмами подъема груза и изменения стрелы производят отдельной лебедкой 1. Эти краны по сравнению с другими свободно стоящими поворотными кранами имеют меньшую массу и стоимость.

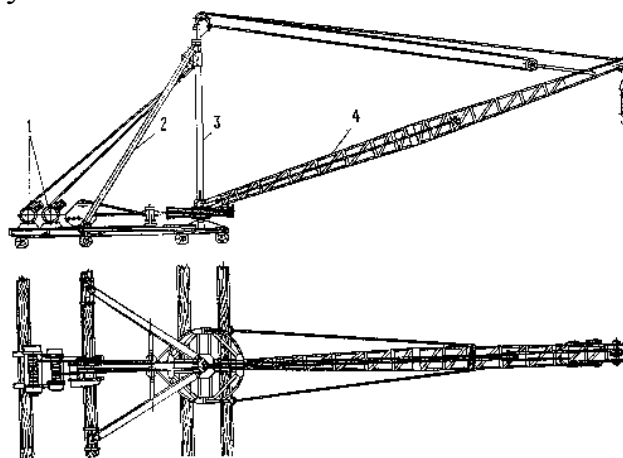


Рис. 33. Вантовый кран
Специальные краны

К специальным кранам можно отнести плавучие, кабельные, контейнерные и другие краны.

Плавучие краны. В портах для строительных и ремонтных работ, а так же при устранении последствий аварии используют плавучие краны. Эти краны (рис. 34) устанавливают на самоходных и буксируемых понтонах. Самоходные понтоны оснащают комплектом оборудования, необходимого для навигации. Энергоснабжение крана осуществляется от силовых установок, размещенных на понтоне. Приводы механизмов крана электрические, обычно постоянного тока по системе генератор – двигатель.

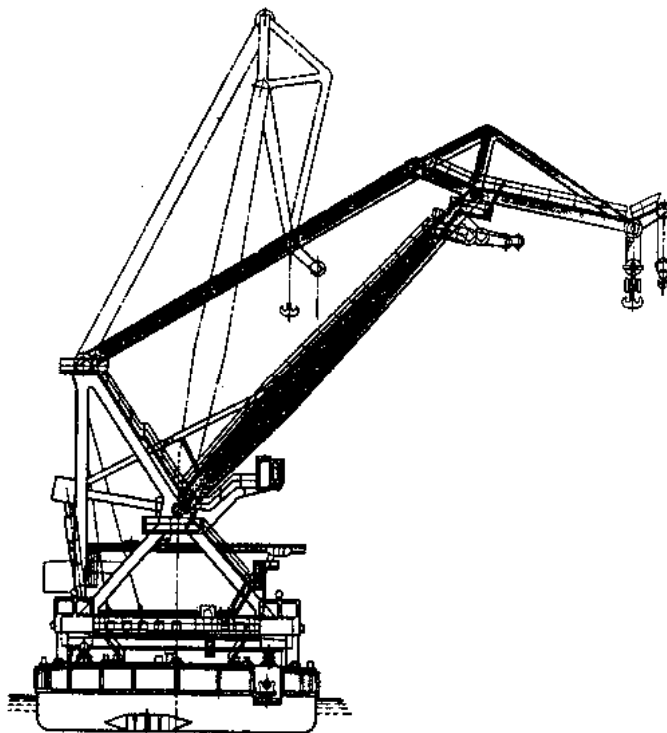


Рис. 34. Плавучий кран

Кабельные краны. Основное назначение кабельных кранов – обслуживание больших производственных площадей, строительства мостов и гидротехнических сооружений. Кабельный кран (рис. 34) состоит из двух опорных башен 1 и 7 с натянутым между ними несущим канатом 3, выполняющим функцию пролетного строения мостового перегружателя (см. рис. 23). По несущему канату с помощью тягового каната 5 передвигается грузовая тележка 2 с грузозахватным устройством. Тяговый канат огибает блоки, расположенные на обеих башнях, и барабан тяговой лебедки 8 и образует замкнутое кольцо с прикрепленной к нему тележкой 2. Для подъема и опускания груза в любой точке пролета крана имеется подъемный канат 6, прикрепленный одним концом к тележке или к противоположной опорной башне, а другим – к барабану подъемной лебедки 9. В качестве несущего каната используют специальный спиральный канат одинарной свивки закрытой конструкции, имеющий гладкую поверхность. Для уменьшения провисания подъемного и тягового канатов служат поддержки 4. При движении подъемного и тягового канатов с одинаковой скоростью грузовая тележка перемещается по несущему канату. Подъем или опускание груза происходит только при работе подъемной лебедки.

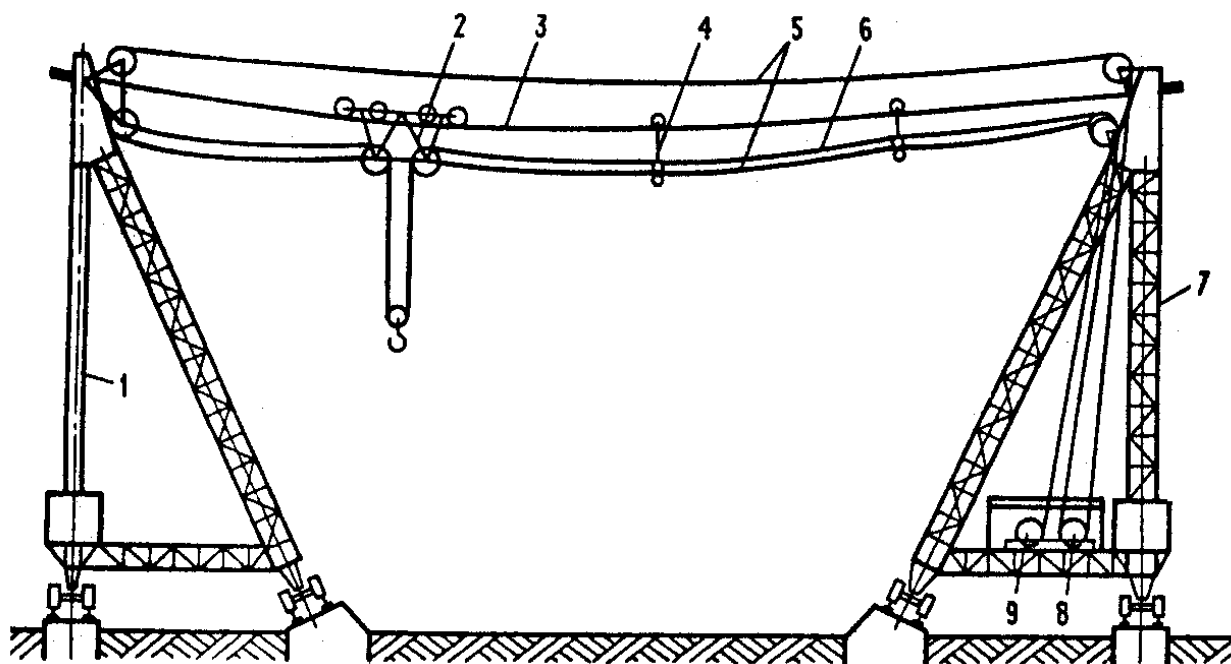


Рис. 35. Схема кабельного крана

Опорные башни кабельного крана могут быть неподвижными и подвижными. Подвижные опорные башни могут быть выполнены перемещающимися по параллельным подкрановым путям, или одна из них может быть неподвижной, а другая перемещаемой по рельсовому пути, представляющему собой часть окружности. В этом случае кабельный кран называют *радиальным*, он обслуживает площадь сектора круга. Пролет кабельных кранов обычно 150...600 м, но иногда превышает 1000 м; грузоподъемность 1...25 т, но может быть 50...150 т. Скорость подъема груза в зависимости от высоты подъема 1,5...3 м/с, а скорость передвижения грузовой тележки 8...10 м/с. Передвижение башен является установочным движением и производится со скоростью 6...20 м/мин. Высота башни на складах составляет 20...30 м. В качестве грузозахватных устройств в кабельных кранах используют крюковую подвеску, грейфер или бады с раскладывающимся или опрокидным дном.

Контейнерные краны. Эти грузоподъемные краны находят широкое применение для перегрузки стандартных контейнеров в морских и речных портах и на крупных железнодорожных узлах. Они оборудованы специальным устройством – захватом для контейнеров, называемым спредером. Контейнерные краны чаще всего выполняют в виде козловых кранов на рельсовом ходу. Для работ на причалах эти краны снабжают откидной консолью, дающей возможность беспрепятственного перемещения судов.

В последнее время для производства работ и доставки грузов все шире находят применение аэростаты, дирижабли и краны – вертолеты (рис. 36). В труднодоступных местах эксплуатация крана – вертолета экономически выгодна. Так применение его при прокладке одной из высоковольтных линий электропередачи сэкономило 35% средств, запланированных для этих целей на эксплуатацию автомобилей, грузоподъемных и других машин.

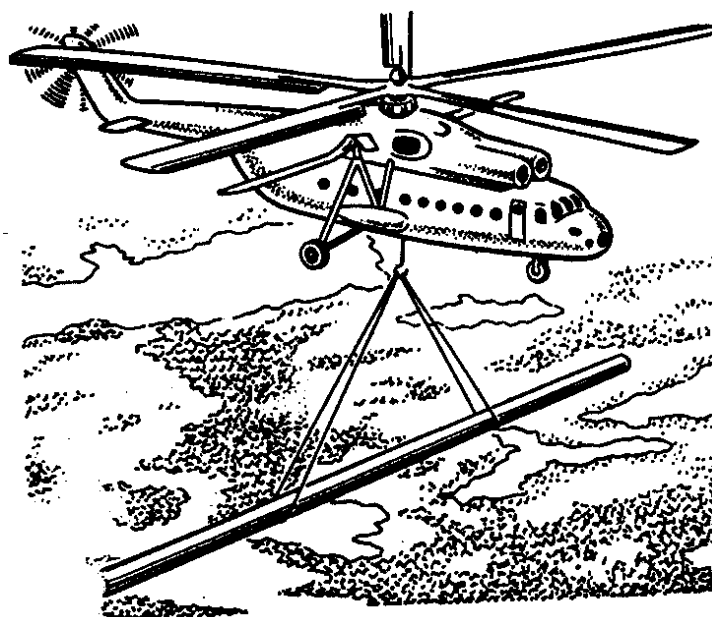


Рис. 36. Кран-вертолет

Погрузчики

Для внутрицехового и межцехового транспорта. А так же для погрузочно-разгрузочных работ на складах, железных дорогах и портах широко применяют погрузчики (рис 37). Они выполняют операции захватывания, вертикального и горизонтального перемещения груза и укладки его в штабель или на транспортные средства. Отечественная промышленность выпускает погрузчики с приводом от двигателя внутреннего сгорания или с электроприводом, питающимся от аккумуляторной батареи. При работе в закрытых помещениях и цехах применяют аккумуляторные погрузчики. Отечественные аккумуляторные погрузчики выпускают грузоподъемностью не более 5 т, погрузчики с двигателем внутреннего сгорания – грузоподъемностью 3,2 т и более.

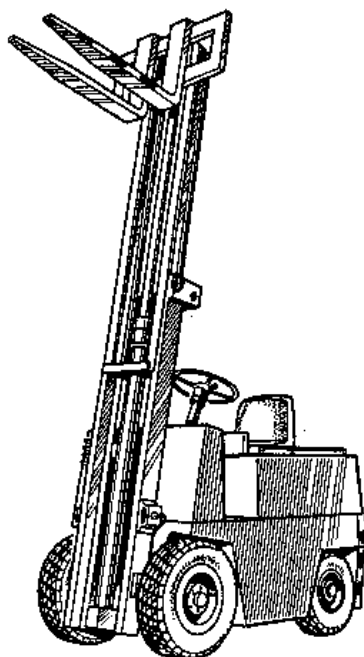


Рис. 37. Электропогрузчик на пневмоколесном ходу с вилочным захватом

В зависимости от назначения погрузчики выполняют в виде самоходных тележек, имеющих подвижную платформу с подъемным грузозахватным устройством, или в виде тягачей для буксирования прицепных тележек. В зависимости от характера выполняемой работы и вида груза погрузчики оборудуют различными специальными приспособлениями для захватывания штучных грузов и укладки их в штабеля или на стеллажи.

Универсальность погрузчика и возможность его использования определяется числом и конструкцией сменных грузозахватных приспособлений, основным из которых является вилочный захват. Конструкции сменных грузозахватных приспособлений аналогичны представленным на рис. 26 для крана штабелера. Для работы с некоторыми грузами (бочки, рулоны, ящики, и т.п.) на каретке грузоподъемного устройства устанавливают захват с челюстями плоской или полукруглой формы, которые можно поворачивать на угол $90...360^\circ$. Это позволяет при укладке груза в штабель установить его в требуемом положении. Для удобства захватывания, транспортирования и укладки грузов рама погрузчика может отклоняться от вертикального положения вперед на угол $3...6^\circ$ (рис.38) и назад на угол $10...15^\circ$. Наклон рамы вперед, производимый при помощи гидроцилиндра, облегчает сталкивание груза с вилочного захвата при штабелировании, наклон назад увеличивает устойчивость погрузчика при перевозке груза.

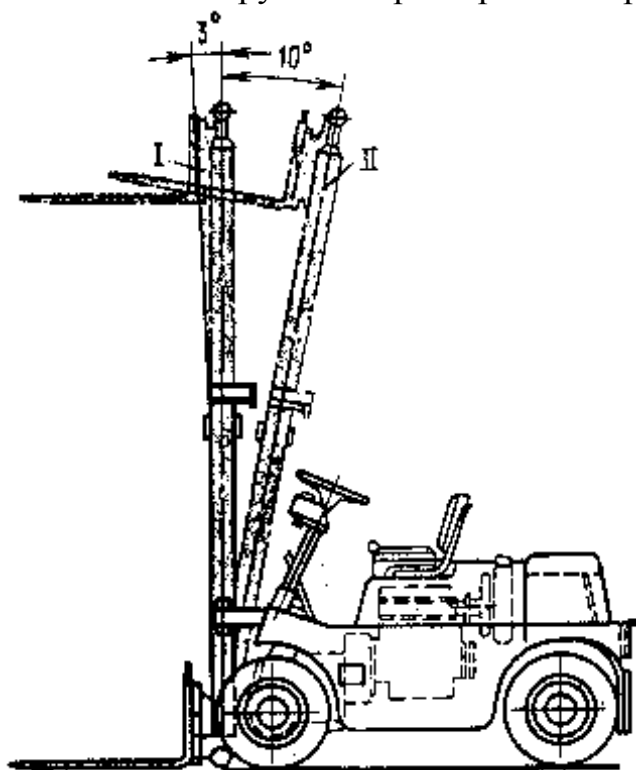


Рис. 38 Положение рамы погрузчика:

I – при захвате и штабелировании грузов; II- при транспортировании

Отечественные погрузчики имеют гидравлический или механический привод грузоподъемного устройства. Преимуществом гидравлического привода является плавность подъема и опускания каретки, широкий диапазон регулирования скорости и простота конструктивной схемы. Механический привод требует применения специального редуктора и весьма длинной грузовой цепи.

2. Общие положения расчёта грузоподъёмных машин

§1. Основные параметры грузоподъёмных машин

Грузоподъёмные машины характеризуются следующими основными показателями: грузоподъёмностью, скоростями движения отдельных механизмов, пролётов, режимами работы, вылетом, высотой подъёма грузозахватного органа. Значение этих показателей должны происходить повторно – кратковременных выключениях. Полное время цикла работы механизма складывается из времени пуска $\sum t_n$, времени движения с установившейся скоростью $\sum t_y$, времени торможения $\sum t_T$ и времени пауз $\sum t_0$

$$t_u = \sum t_n + \sum t_y + \sum t_0 + \sum t_T .$$

Относительная продолжительность включения

$$P_g = \frac{t_g}{t_u} \cdot 100\%$$

где t_g - время работы механизма в течении цикла.

Приняты номинальные значения ПВ 15, 25, 40, 60%. Интенсивность работы механизма определяется коэффициентами использования в течении суток k_c и коэффициентом использования в течении года. Коэффициент использования крана по грузоподъёмности

$$K_r = \frac{Q_{cp}}{Q} ,$$

где Q_{cp} - среднее значение массы поднимаемого груза за смену. Для кранов с тяжёлыми грузозахватными устройствами

$$k_r = \frac{Q_{cp} + Q_M}{Q + Q_M} ,$$

где Q_M - масса грузах ватного устройства. Классы использования механизма, характеризующие интенсивность механизма при эксплуатации, устанавливаются в зависимости от общего времени работы T . Существует шесть классов A_0, A_1, \dots, A_6 . Классы нагружения механизма, характеризующие относительную нагрузку механизма, в зависимости от значения коэффициента нагружения K приведены в табл. 1.

Основными параметрами грузоподъёмных машин в соответствии со стандартом являются грузоподъёмность, скорость движения механизмов, пролёт, режим работы, вылет, высота подъёма.

Грузоподъёмностью машины Q называют массу номинального рабочего груза на подъём которого рассчитана машина. Соотношение между массой Q и весом G равно $G = Qg$. При определении грузоподъёмности учитывают массу грузозахватных приспособлений и вспомогательных устройств. Значение грузоподъёмности должно соответствовать ГОСТ 1575 – 81 для всех грузоподъёмных кранов от 0,01 (Т) до 1250 (Т).

Самоходные и башенные краны кроме грузоподъёмности характеризуются грузовым моментом, являющимся произведением веса груза на вылет стрелы.

Скорость подъёма груза зависит от грузоподъёмности крана и составляет 25...80 м / мин. Скорость передвижения мостового составляет 100 – 120 м / мин, а скорость передвижения тележки 35...50 м / мин. Частота вращения кранов достигает 3 об /мин.

Пролёт – это расстояние по горизонтали между осями рельсов кранового пути регламентируется ГОСТ 534 – 78.

Режим работы является комплексной характеристикой, учитывающей изменение и длительность действия нагрузки на кран. Работа грузоподъёмных машин

Таблица 1

Класс нагружения	Коэффициент нагружения
B1	0,125
B2	0,125 – 0,25
B3	0,25 – 0,50
B4	0,50 – 1,00

Коэффициент нагружения определяется по формуле

$$k = \sum \left(\frac{P_i}{P_{\max}} \right)^3 \cdot \frac{t_i}{\sum t_i},$$

где P_i - нагрузка, действующая на механизм в течении периода времени t_i за заданный срок службы.

В зависимости от сочетаний класса использования и класса нагружения по данным таблицы 2 устанавливают группу режима работы.

Таблица 2

Класс использования	Класс нагружения				Класс использования	Класс нагружения			
	B1	B2	B3	B4		B1	B2	B3	B4
A0	1м	1м	1м	2м	A4	3м	4м	5м	6м
A1	1м	1м	2м	3м	A5	4м	5м	6м	-
A2	1м	2м	3м	4м	A6	5м	6м	-	-
A3	2м	3м	4м	5м					

Цифра перед буквой М указывает режим работы, который согласно Правил Госгортехнадзора устанавливает: 1, 2, 3 – легкий режим работы; 4, 5 – тяжёлый режим работы; 6 – весьма тяжёлый режим работы.

Класс использования, характеризующий интенсивность использования крана во время его эксплуатации, определяется числом циклов работы C_0, C_1, \dots, C_9 ($1,6 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^6$).

Класс нагружения определяется распределением массы грузов перемещаемых краном, относительно номинальной грузоподъёмности $Q_{ном}$ за срок его службы.

Класс нагружения характеризуется коэффициентом нагрузки K_p

$$K_p = \sum \frac{N_i}{N_r} \cdot \left(\frac{Q_i}{Q_{ном}} \right)^3,$$

где N_i - число циклов работы крана за срок службы с грузом массой Q_i ;
 N_T - общее число циклов работы крана за срок его службы.

Расчёт на прочность деталей грузоподъёмных машин производят в соответствии с действительным режимом их работы. Суммарное машинное время работы T (ч) за полный срок службы h (год), необходимое для расчёта на сопротивление усталости определяется соотношением:

$$T = 365 K_r 24 K_c K_4 \frac{ПВ\%}{100} \cdot h$$

Производительность грузоподъёмной машины $\left(\frac{T}{ч}\right)$ с учётом числа циклов z_i определяется:

$$Q_r = \sum z_i \cdot Q_i$$

§2. Расчётные нагрузки

Расчётный случай 1 – нормальная нагрузка в рабочем состоянии машины, включающая номинальный вес груза и грузозахватного устройства, собственный вес конструкции, нагрузки от ветра в рабочем состоянии, а также динамические нагрузки. В этом случае металлические конструкции и детали механизмов рассчитывают на сопротивление усталости, износостойкость и долговечность.

Расчётный случай 2 – максимальная рабочая нагрузка включающая максимальную динамическую нагрузку. Расчёт ведут с учётом максимального уклона пути и максимального крена. Проводят проверку грузовой устойчивости.

Расчётный случай 3 – нагрузка в нерабочем состоянии машины, установленной на открытом воздухе, при отсутствии груза и неподвижных механизмов. При этом на машину кроме её веса, действует предельная ветровая нагрузка, а иногда снег и гололёд. В этом случае рассчитывается прочность металлоконструкции, противоугонные и тормозные устройства.

Расчёт сопротивления усталости ведут по эквивалентной нагрузке:

$$G_{эkv} = K_g \cdot G_{max}; \quad M_{эkv} = K_g \cdot M_{max}$$

Коэффициент долговечности K_g определяется по формуле:

$$K_g = \sqrt[m]{\frac{60 T n_1}{n_0} \cdot \sum \left[\frac{t_i}{T} \cdot \left(\frac{G_i}{G_{max}} \right)^m \cdot \frac{n_i}{n_1} \right]}$$

где n_i - число нагружений в минуту, равное частоте вращения вала в минуту;

n_0 - базовое число, для деталей меньше 50 мм.

$n_0=10^7$, для деталей больше 50 мм. $n_0=5 \cdot 10^7$.

t_i , G_i , n_i - соответственно время, нагрузка и число нагружений в минуту и данном расчётном режиме.

M – коэффициент кривой усталости; для контактной прочности $m=3$, а при изгибной прочности $m=9$. Максимальное значение расчётной нагрузки и момента определяют:

$$G_{\max} = K \cdot G_{\text{ном}}; \quad M_{\max} = K \cdot M_{\text{ном}}$$

где K – коэффициент нагрузки; для механизма подъёма $K=1,1$; для других механизмов принимают в зависимости от перегрузки электродвигателя.

3. Грузозахватные устройства

К грузозахватным устройствам относят крюки, петли, клещевые захваты, спредеры, электромагниты, вакуумные захваты, ковши, грейферы и др.

§1. Крюки и петли

Крюки

По форме крюки разделяют на однорогие и двурогие (рис 39). Однорогие крюки (ГОСТ 6627 – 74) используют для механизмов с ручным и машинным приводом, двурогие крюки (ГОСТ 6628 – 73). Пластинчатые однорогие и двурогие крюки выбирают по ГОСТ 6619 – 75. Кованные и штампованные крюки изготавливают из низкоуглеродистой стали 20 (20 г). Послековки крюки подвергают отжиму. После изготовления каждый крюк испытывают под нагрузкой на 25% выше номинальной в течении 10 минут. После снятия нагрузки на крюке не должно быть трещин и надрезов. При применении стандартного крюка его расчёт не производится. Крюки могут снабжаться предохранительным замком (рис. 40). Крюки соединяют с гибким грузовым элементом грузоподъёмной машины непосредственно прикреплением грузового элемента к проушине крюка или с помощью крюковых подвесок. Непосредственное соединение (рис. 41) крюка с гибким грузовым элементом используют при подвесе груза на одной ветви гибкого грузового элемента (каната); соединение посредством крюковых подвесок (рис. 42) – при подвесе груза на несколько ветвях каната. Различают два типа крюковых подвесок: нормальные (рис. 42, а) и укороченные (рис. 42, б).

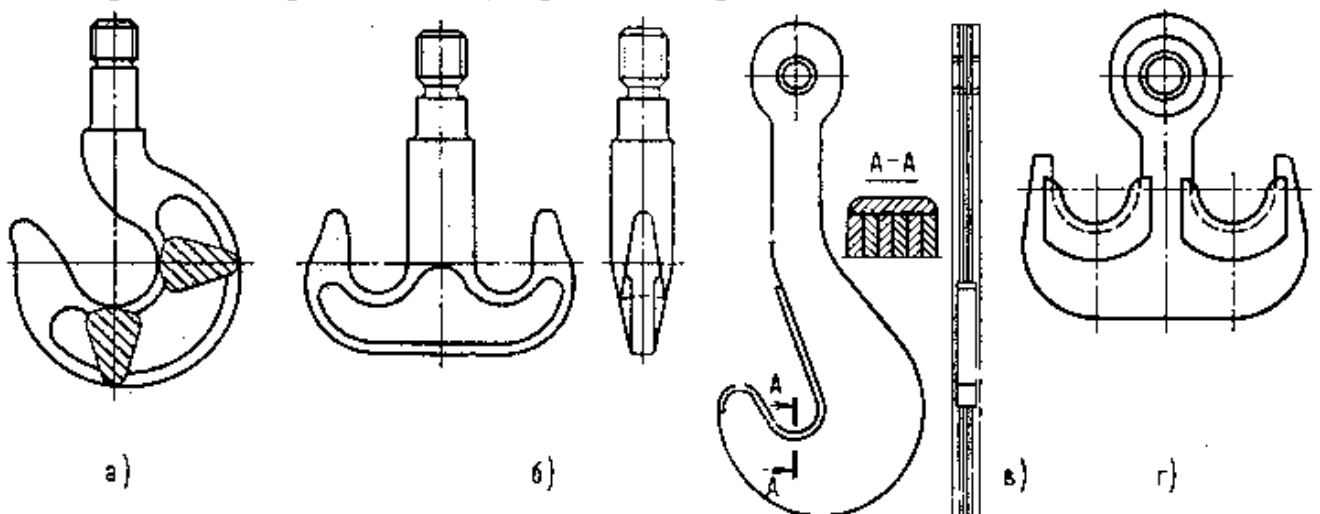


Рис. 39. Грузовые крюки: а, б – кованые или штампованные; в, г - пластинчатые

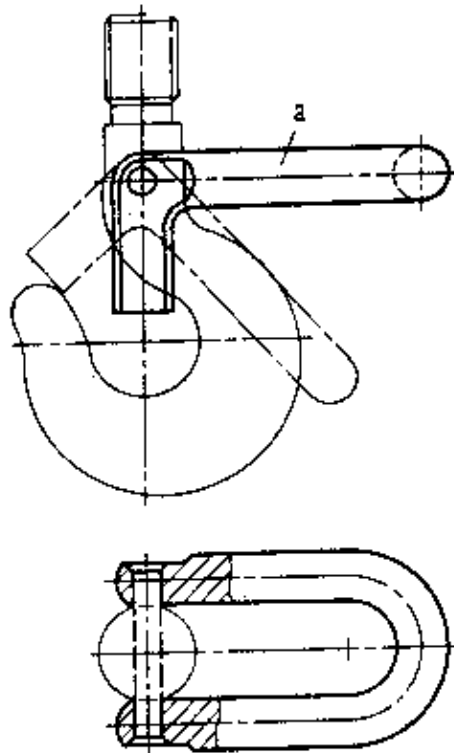


Рис. 40. Крюк с предохранительным замком

При использовании нормальных крюковых подвесок траверса, на которой закреплен крюк, соединена с осью канатных блоков щеками, изготовленными из листовой или полосовой стали Ст3, которые рассчитывают на растяжение по формуле Лямэ (рис. 42, в) в сечении, ослабленном отверстием под цапфы траверсы, при обеспечении коэффициента запаса прочности $n = 3, 5, \dots, 4$.

$$\sigma = \frac{G}{4\delta \cdot r} \cdot \frac{R^2 + r^2}{R^2 - r^2} \leq [\sigma]$$

Траверса имеет на концах стопорные накладки, препятствующие осевому перемещению, но позволяющие свободно поворачиваться вместе с крюком относительно горизонтальной оси. При укороченной подвеске блоки размещают на цапфах траверсы. С помощью этой подвески можно поднять груз на несколько большую высоту, чем при нормальной подвеске.

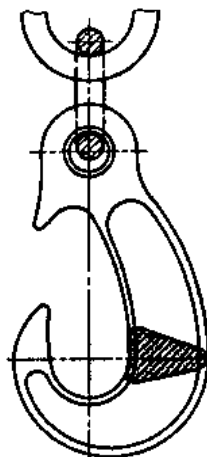


Рис. 41. Подвеска специального крюка на одной ветви гибкого элемента

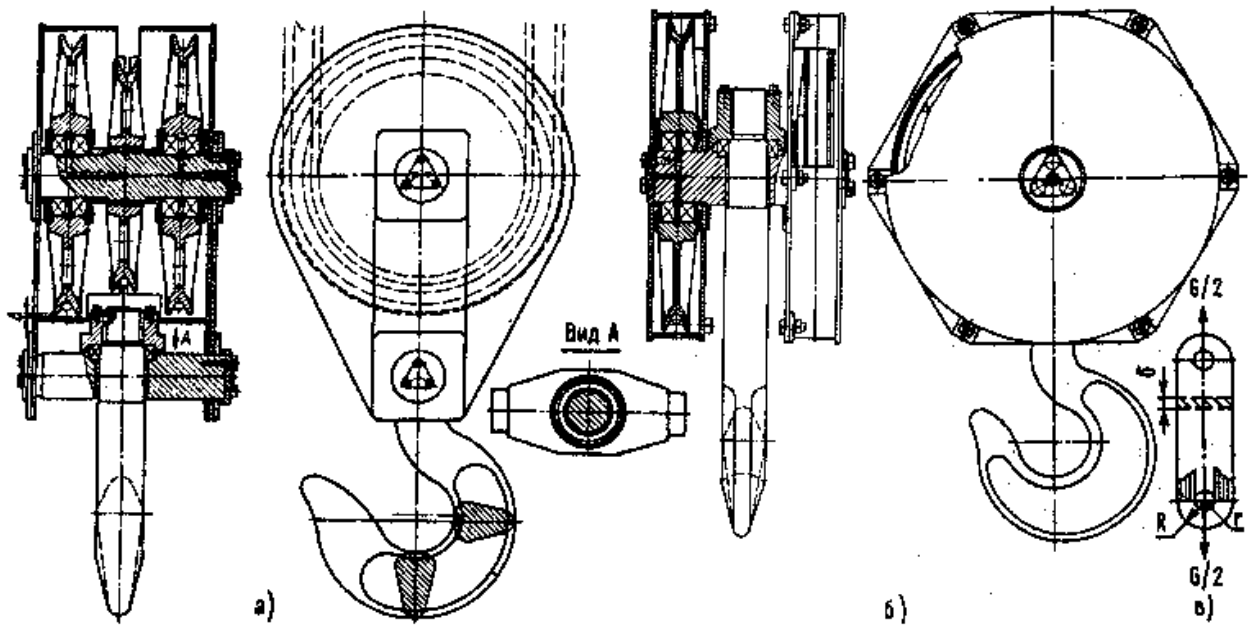


Рис.42. Крюковые подвески: а – нормальная для трёхкратного сдвоенного полиспаста; б – укороченная для двукратного сдвоенного полиспаста; в – схема к расчёту щеки

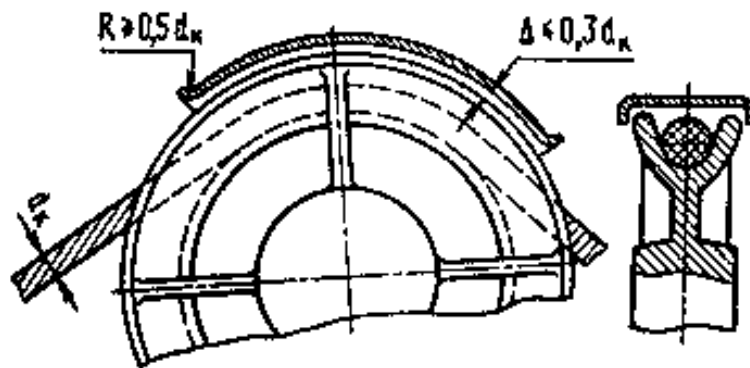


Рис.43 Установка ограждения на канатном блоке

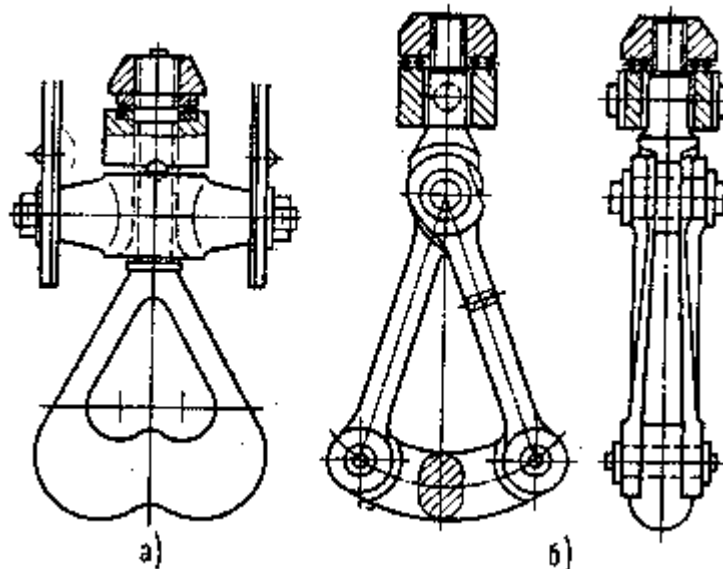


Рис.44 Грузовые петли: а – цельнокованая; б – составная

Укороченную подвеску можно применять только при чётной кратности полиспаста. Хвостовик крюка проходит через отверстие в траверсе и закрепляется

гайкой, опирающейся на сферическую шайбу (при грузоподъёмности до 3,2 т). Эти подшипники выбирают по статической грузоподъёмности по расчётной нагрузке, превышающей вес номинального груза на 25%. Во избежание самопроизвольного свинчивания гайка должна быть зафиксирована стопорной планкой, закреплённой на торце хвостовика крюка и входящей в пазы гайки. Согласно правилам Госгортехнадзора стопорение гайки посредством штифтов, шплинтов или стопорных болтов не допускается.

Траверсу изготавливают из сталей 40, 45 или Ст4 и рассчитывают на изгиб по среднему сечению, ослабленному отверстием для хвостовика крюка. Коэффициент запаса прочности относительно предела текучести, учитывая сложную конфигурацию траверсы, принимают не менее 3. Цапфы траверсы рассчитывают также на изгиб и проверяют по давлению между цапфой и щекой. Допускаемое давление принимают не более 35 МПа во избежание задира поверхности соприкосновения при повороте траверсы. Для предохранения от выскакивания каната из ручья блока блоки крюковой подвески (а также головные блоки стрел кранов) должны быть защищены кожухом, изготовленным из листовой стали толщиной не менее 3 мм. Радиальный зазор между ребрами блока и кожухом Δ (рис.43) не должен быть более 0,3 диаметра каната. Кожухи крюковых подвесок имеют прорези для прохода каната, ширины и длину которых выбирают так, чтобы исключалось трение каната о кожух при работе грузоподъёмной машины.

Петли

В грузоподъёмных машинах применяют *цельнокованные* и составные грузовые *петли* (рис.44). Форма и размер петель не стандартизированы, поэтому требуется обязательный расчёт их на прочность. При этом цельнокованные петли рассчитывают, как жесткую раму (статически неопределимая система), а составные петли – как шарнирные системы: тяги петель проверяют на растяжение, поперечину – на изгиб и сжатие как криволинейную двухопорную балку. Шарниры составной петли проверяют на смятие и изгиб осей. При проверке смятия на внутренней поверхности отверстия по формуле Лямэ допускаемое напряжение не должно превышать 100 МПа. Допускаемое напряжение при изгибе при использовании поперечины петли из низкоуглеродистых сталей (сталь 20, Ст3) определяют при коэффициенте запаса прочности 2,5...3. При одинаковой грузоподъёмности петли имеют меньшие размеры и массу, чем крюки, так как в сечениях петель действуют меньшие изгибающие моменты. В эксплуатации петли менее удобны, чем крюки, так как требуется продевание стропов через отверстие петли.

Для крепления груза к крюку грузоподъёмной машины (зачаливание груза) применяют стропы (рис. 45), изготавливаемые из стального каната или сварной цепи. Безопасность операций по перемещению груза в значительной степени зависит от прочности стропов (которые следует регулярно проверять и снабжать сертификатом с результатами и датой испытания) и правильного их накладывания на поднимаемый груз. Стропы должны накладываться на груз без перекручиваний, с использованием специальных подкладок под острые рёбра груза для предохранения от повреждений.

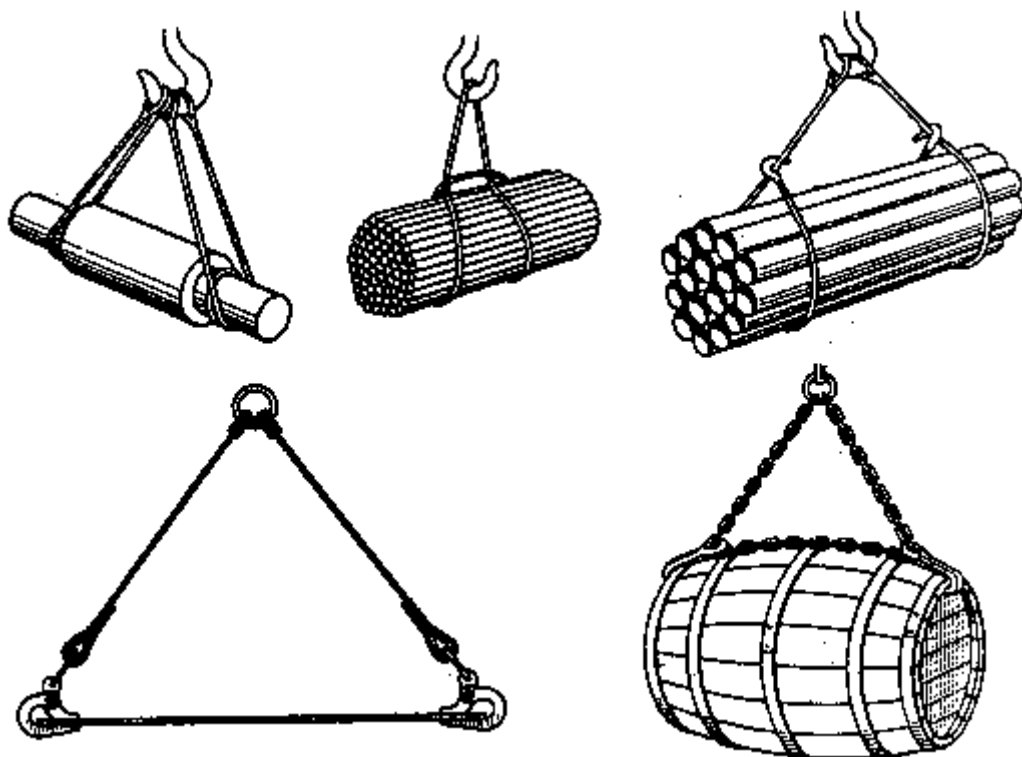


Рис. 45. Виды зачаливания грузов

§ 2. Специальные захваты

Клещевые захваты. При работе грузоподъемной машины со штучными грузами определённой формы и размера для сокращения времени на подвеску и освобождение грузов и уменьшения потребности в ручном труде применяют специальные захваты, подвешиваемые к крюку (рис.46). При конструировании таких захватов стремятся обеспечить надёжность и соблюдение требований техники безопасности, уменьшение размеров и массы, предотвращение повреждений груза при его захватывании, удобство в эксплуатации и сокращение ручных операций. В зависимости от степени автоматизации процесса захватывания и освобождения груза захваты разделяют на полуавтоматические (обеспечивающие автоматический захват груза при ручном освобождении) и автоматические (обеспечивающие захват и освобождение груза без применения рабочей силы).

Расчет клещевого захвата сводится к определению размеров рычагов, при которых сила трения, создаваемая между клещами и грузом, удерживала бы груз. Рассмотрим действие всех сил на груз и элементы симметричного захвата (рис. 47). Влиянием массы рычагов обычно при расчетах пренебрегают. Сила, действующая на тягу захвата, $F = \frac{G}{2 \cos \alpha}$. Предельная горизонтальная сила тяжести груза клещами, при которой начинается проскальзывание груза, $N_1 = \frac{G}{2 f}$. Для надежного удерживания груза захват должен развить усилие сжатия $N = \frac{Gk}{2 f}$ (здесь k – коэффициент запаса, учитывающий возможное изменение коэффициен-

та трения и потери на трение в шарнирах рычажной системы и принимаемой равным 1,25...1,6 в зависимости от вида груза и условий работ).

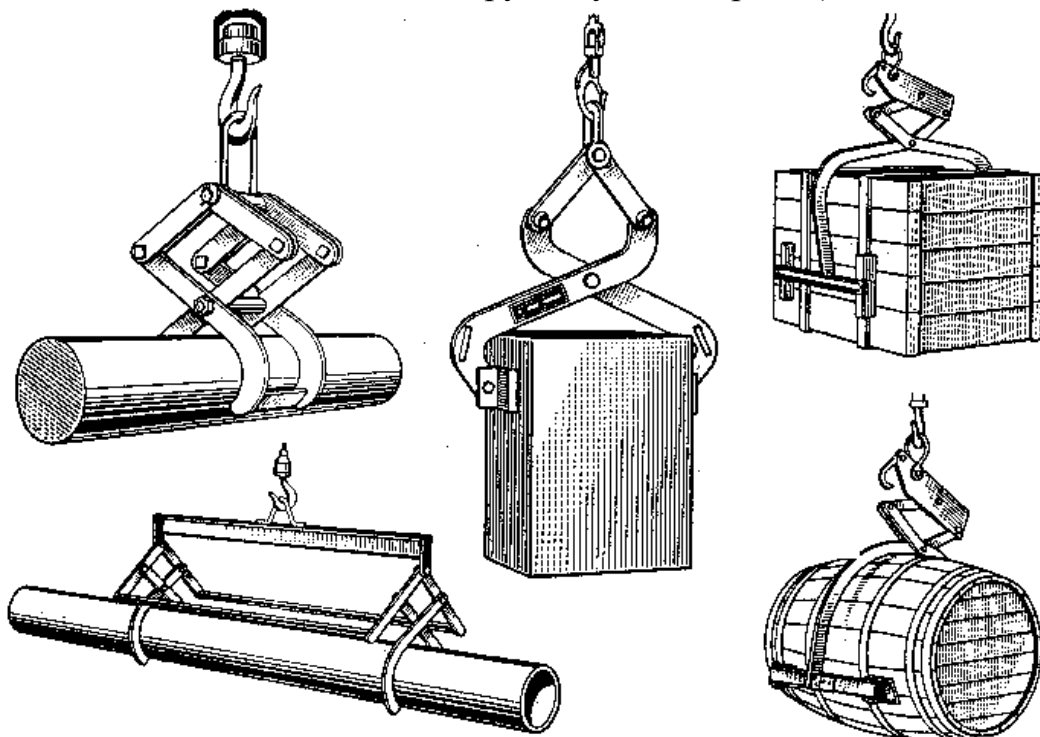


Рис. 46. Клешневые захваты

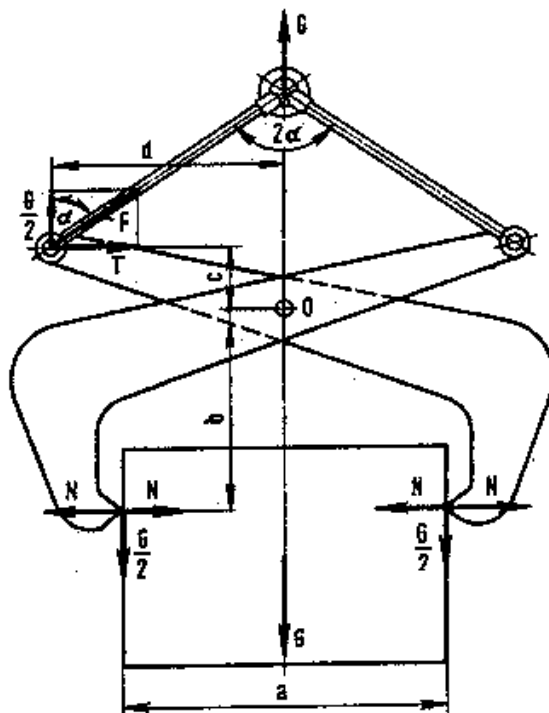


Рис. 47. Схема к расчету симметричного захвата

Из уравнения моментов сил, действующих на рычаги относительно точки O , имеем

$$\frac{G a}{2} + Nb = Tc + \frac{G}{2} d.$$

Подставляя значения сил в это уравнение, после преобразований получаем

$$\frac{a}{2} + \frac{bk}{f} = ctg\alpha + d.$$

Это уравнение справедливо при выбранных для данной конструкции захвата значениях размеров a , b , c и d , при установленном угле α и при данном значении коэффициента трения f между грузом и упором клещей захвата, значения которого для захвата со стальным упором следующие.

Материал груза f при упоре:	Сталь	Камень	Дерево
гладком	0,12...0,15	0,2...0,28	0,3...0,35
рифленом	0,2...0,25	0,4...0,5	—

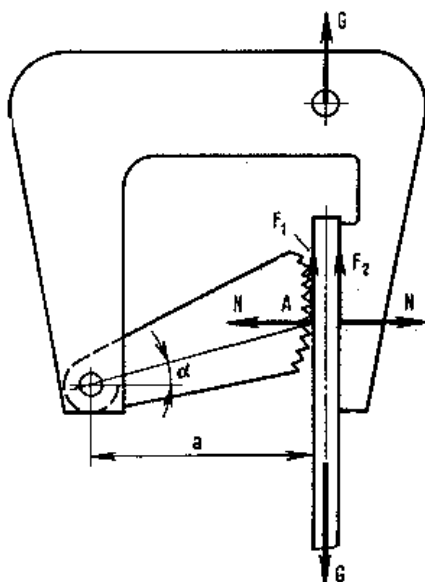


Рис. 48. Схема к расчету эксцентрикового захвата

Эксцентриковый захват. На рис. 48 показана схема эксцентрикового захвата для транспортирования листов в вертикальном положении. Захват подвешивают к крюку крана. В начале подъема эксцентрик, касающийся листа в точке A , увлекается силой трения вниз под действием силы тяжести листа и прижимает лист к упору рамки захвата. Усилие распора N при подъеме листа действует нормально к листу. Лист удерживается в захвате силами трения между листом и эксцентриком F_1 и между листом и упором рамки F_2 . С уменьшением угла α (обычно α в начале подъема принимают около 10°) сила трения быстро возрастает, что обеспечивает надежное удерживание груза захватом.

Рассматривая условия равновесия эксцентрика (без учета потерь на трение на оси поворота эксцентрика), получаем, что для захватывания листа под действием силы трения F_1 момент $F_1 a$ относительно оси шарнира эксцентрика должен быть не менее момента от усилия распора N , т.е.

$$F_1 a \geq Natg\alpha$$

Так как $F_1 = Nf_1$, то $f_1 = \operatorname{tg} \rho_1 \geq \operatorname{tg} \alpha$

Отсюда условия захватывания листа эксцентриком имеет вид $\alpha \leq \rho_1$, т.е. угол α должен быть меньше или равен углу трения ρ_1 между эксцентриком и листом. Условие удержания поднятого груза $F_1 + F_2 \geq G$, но $F_1 = Nf_1$ и $F_2 = Nf_2$, откуда необходимо усилие распора

$$N \geq \frac{G}{(f_1 + f_2)}$$

где f_1 и f_2 - значение коэффициента трения соответственно между эксцентриком и листом, а также между листом и упором рамки.

Согласно Правилам Госгортехнадзора применение фрикционных захватов для транспортирования ядовитых и взрывчатых грузов, а также сосудов, находящихся под давлением газа и воздуха, не допускается.

§3. Грузозахватные устройства для насыпных грузов

Для порционного транспортирования насыпного груза применяют *ковши*, *бадью* и *грейферы*. Разгрузка ковшей и бадью производится при раскрытии створок дна, опусканием дна или опрокидыванием. Засыпание груза в ковш и бадью является трудоемкой операцией, часто требующей специальных приспособлений и применение ручного труда. Операцию захватывания насыпного груза можно механизировать, применяя автоматические грузозахватные устройства – грейферы. При их использовании производительность транспортных операций существенно повышается, а доля ручного труда резко снижается или совсем исключается.

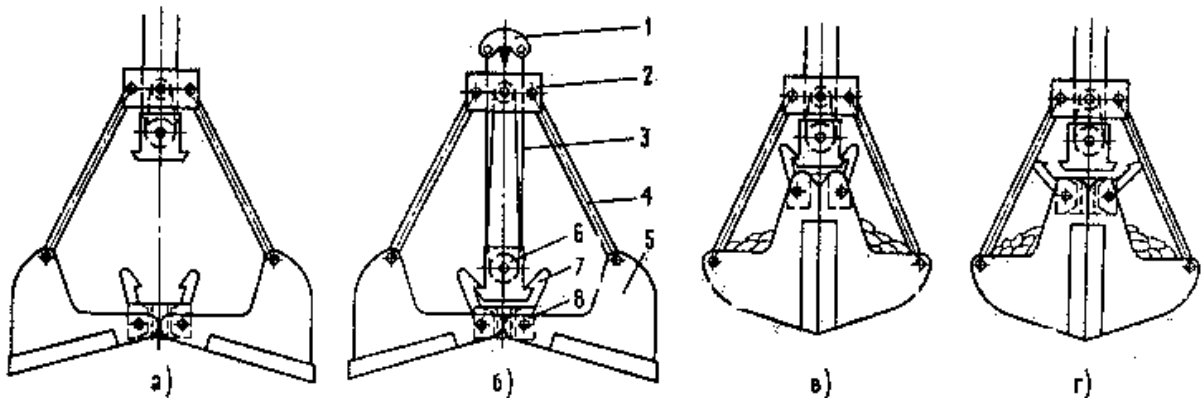


Рис. 49. Схема работы одноканатного грейфера.

Грейферы широко используют для подготовки и подачи шихты на шихтовых и скрапных дворах, для работы на рудных дворах, для работы на рудных дворах и складах угля, для подачи и уборки формовочных материалов в литейных цехах, для работ в сельском хозяйстве и т.д. Грузоподъемности крана, оборудованного грейфером, включает собственную массу грейфера и массу поднимаемого материала. Грейферы по кинематическому признаку можно разделить на *канатные*, соединенные с проводными лебедками с помощью гибкого органа (каната), и

приводные, в которых механизм зачерпывания и опорожнения размещен непосредственно на грейфера.

Канатные грейферы, в свою очередь, разделяют на *одноканатные* и *многоканатные*. Приводные грейферы по типу привода механизма бывают электромоторные, гидравлические, электрогидравлические, и пневматические.

Одноканатные грейферы подвешивают к крюку обычного крана с однобарабанным приводом за скобу 1 (рис. 49), что позволяет использовать кран для работы с крюком и с грейфером. Грейфер состоит из двух челюстей 5, шарнирно соединенных на нижней траверсе 8. Тяги 4 соединяют челюсти с верхней траверсой 2. Скоба 1 канатным полиспастом 3 соединена с подвижной головкой 6. На нижней траверсе расположены захваты 7. При порожнем грейфере (рис. 49, а) подвижная головка 6 находится в верхнем положении и упирается в верхнюю траверсу, челюсти раскрыты, и грейфер висит на канатах полиспаста 3. Для осуществления зачерпывания груза грейфер опускается на груз, подвижная головка 6 опускается и входит между захватами 7 и сцепляется с ними (рис. 49, б). Затем при подъеме скобы 1 начинает подниматься головка 6 вместе с нижней траверсой 8, что приводит к замыканию челюстей и зачерпыванию груза. При полностью закрытых челюстях (рис. 49, в) может начаться подъем грейфера и перемещение его к месту разгрузки. Для раскрытия челюстей грейфер следует поставить на опорную поверхность и ослабить натяжение каната полиспаста 3, что приведет к расцеплению головки 6 и нижней траверсы 8 (рис. 49, г). Затем при подъеме головки 6 вместе с верхней траверсой 2 челюсти грейфера разойдутся, груз высыпится, и цикл работы повторится. В некоторых конструкциях раскрытие грейфера может быть достигнуто и без опускания грейфера на материал. В этом случае запорное устройство выполняют с тросом, при натяжении которого захваты отпускают головку и дают возможность раскрыться челюстям.

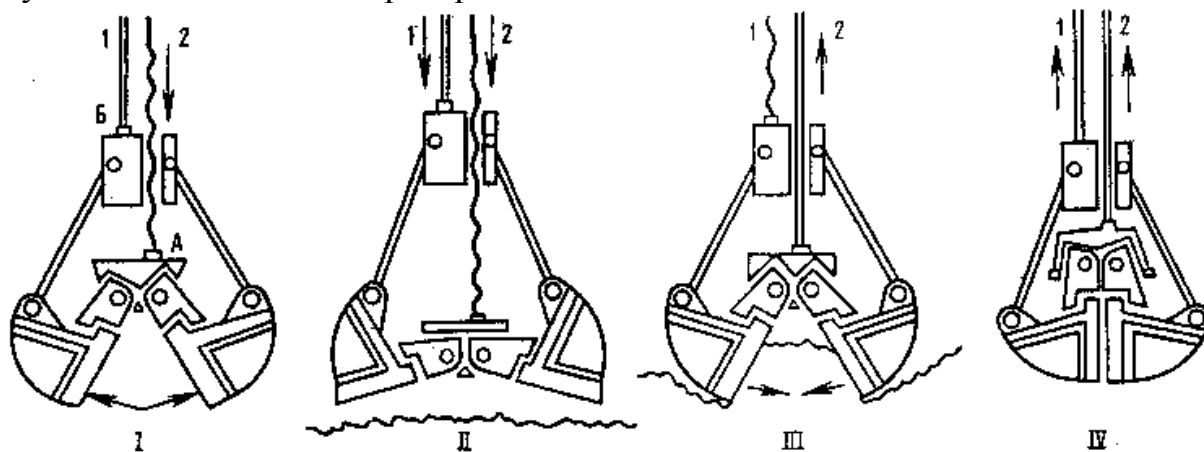


Рис. 50. Схема работы двухканатного грейфера.

При постоянной работе крана с грейфером применяют двухканатные грейферы (рис. 50), отличающиеся более полной механизацией процесса захвата груза и опорожнения грейфера и значительно высокой производительностью по сравнению с одноканатными грейферами. Однако двухканатные грейферы можно использовать только при наличии специальной грейферной лебедки с двумя механизмами, барабаны которых имеют возможность независимого движения. Замыкающие канат 2, прикопленный в точке А к нижней обойме, идет на барабан за-

мыкающего механизма, а подъемный (поддерживающий) канат 1, прикрепленный в точке Б к верхней обойме, – на барабан подъемного механизма. Работает двухканатный грейфер следующим образом. При ослабленном замыкающем канате 2 и неподвижном подъемном канате 1 челюсти грейфера под действием собственного веса и веса траверсы раскрыты (положение I). При ослаблении замыкающего и подъемного канатов раскрытый грейфер опускается на материал (положение II); при этом механизмы лебедки должны обеспечить одинаковую скорость этих канатов. Замыкание челюстей грейфера производится натягиванием замыкающего каната 2 при ослабленном и неподвижном подъеме канате 1. Замыкаясь, челюсти захватывают материал (положение III). При подъеме груженого грейфера подъемные и замыкающие канаты синхронно наматываются на барабаны (положение IV). В таком виде грейфер перемещается к месту разгрузки. Затем ослабляют замыкающий канат, и грейфер зависает на подъемном канате, челюсти под действием собственного веса и веса груза раскрываются, и груз высыпается (положение I). Затем грейфер переносится к месту загрузки, и цикл работы повторяется. Подъемные канаты крепят к верхней траверсе грейфера, а замыкающие канаты образуют полиспаст, связывающий нижнюю и верхнюю траверсы и увеличивающий усилие зачерпывания материала челюсти.

4. Грузовые и тяговые гибкие элементы, полиспасты, барабаны, блоки

§1. Гибкие элементы

В качестве гибких элементов грузоподъемных машин используют стальные канаты, сварные и пластинчатые цепи.

Стальные подъемные канаты изготавливают из стальной проволоки марки В, I или II диаметром от 0,2 до 3 мм с расчетным временным сопротивлением 1600-2000 МПа. Преимущественно применяют канаты двойной свивки шести-прядные и восьмипрядные. Сердечник канатов может быть органический, синтетический или металлические. Канаты с металлическим сердечником применяют при многослойной навивки на барабан. По способу свивки канаты классифицируются на нераскручивающиеся и раскручивающиеся, односторонней и крестовой свивки, правой и левой свивки. По назначению канаты разделяют на грузовые, для транспортирования грузов и грузоподъемные предназначенные для подъема людей и грузов. Достоинством стальных канатов является гибкость во всех направлениях и надежность.

Диаметр канатов выбирают по ГОСТу в соответствии с соответствием

$$S_{\max} n_k \leq S_p.$$

где S_{\max} , S_p – соответственно максимальное рабочее и разрывное усилие каната;

n_k – коэффициент запаса прочности.

Диаметр выбранного каната определяют с учетом диаметром блока Д

$$D \geq ed,$$

где e - коэффициент зависящий от типа грузоподъемной машины $e=18...35$.

Сварные цепи изготавливают из углеродистой стали с $\sigma_b \geq 340$ МПа. Сварные цепи (ГОСТ 2319-81) выполняют двух типов: короткозвенные, длиннозвенные, калиброванные и не калиброванные. Сварные цепи рассчитывают так же как и канаты. Грузовые пластинчатые цепи состоят из стальных пластин, соединенных валиками.

§2. Полиспасты

Силовым полиспастом называют систему подвижных и неподвижных блоков, соединенных канатом, используемую для уменьшения натяжения каната и соответственно для уменьшения момента от рабочей нагрузки на барабане. Введение силового полиспаста приводит к уменьшению передаточного числа механизма, что влечет за собой уменьшение габаритов передачи и ее массы. В гидравлических и пневматических подъемниках находят применение скоростные полиспасты, увеличивающие скорость движения груза. У сдвоенных полиспастов две ветви каната навиваются на барабан (рис. 51 в, г, д).

Блоки полиспастов разделяют на подвижные, ось которых перемещается в пространстве, и неподвижные ось которых не перемещаются.

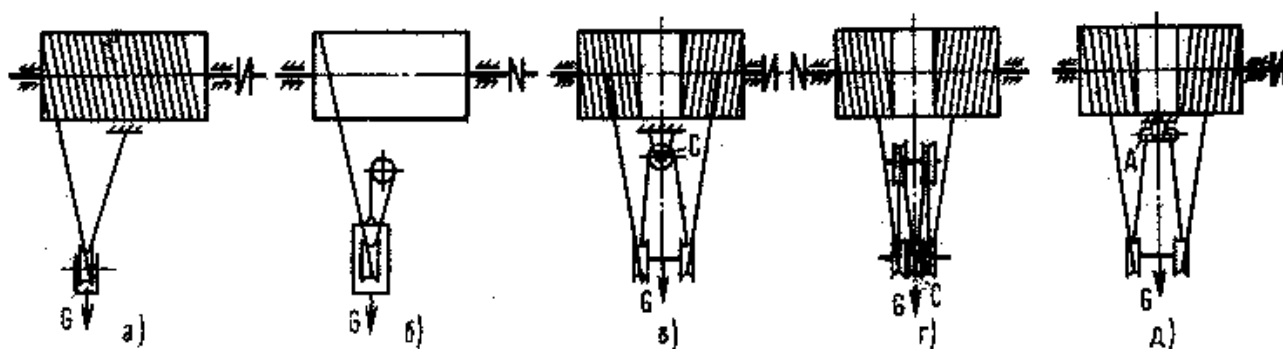


Рис. 51. Схема полиспастов:

а – простого двукратного; б – простого трехкратного; в – сдвоенного двукратного с уравнительным блоком С; г – сдвоенного трехкратного с уравнительным блоком С; д – сдвоенного двукратного с уравнительной траверсой А

Натяжение каната навиваемого на барабан S_6 при подъем или опускании груза весом G будет равно

$$S_6 = \frac{G}{a\eta_{II}},$$

где a – кратность полиспаста;

η_{II} – к.п.д полиспаста

$$\eta = \frac{(1 - \eta^a)\eta^t}{(1 - \eta)},$$

здесь η – к.п.д блока, t – число обводных блоков.

Скорость подъема груза V_{Γ} и скорость каната V на барабане связаны зависимостью

$$V = aV_{\Gamma}\eta.$$

Необходимая частота вращения барабана

$$n = \frac{60aV_{\Gamma}}{\Pi D},$$

где D – диаметр барабана, измеренная по центру каната.

Усилие, необходимые для подъема груза

$$F = \frac{Gg}{\eta_{\Pi}\eta^t}.$$

§3. Барабаны и блоки

Барабаны используют многослойной и однослойной навивки каната. Они могут быть выполнены с гладкой поверхностью и с винтовой нарезкой поверхности (рис. 52).

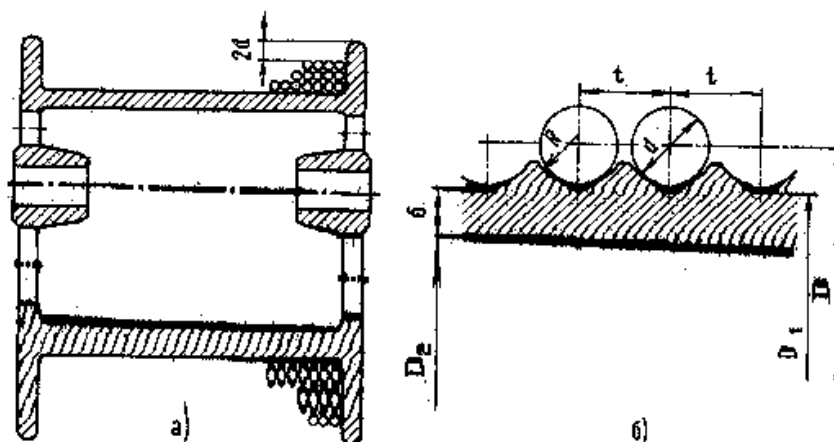


Рис. 52. Барабан: а – с гладкой поверхностью навивки; б – стенка барабана с нарезанной винтовой канавкой для каната

Для правильной укладки каната на барабана используют канатоукладчики различных типов. Шаг нарезки t барабана должен быть не менее $1,1d$. Радиус канавки $R=0,54d$, глубина винтовой должна быть не менее $0,3d$. Длина нарезной часть барабана l должна быть такой, чтобы при сматывании каната на нем оставалось 1,5 витков, не считая витков находящиеся под зажимными устройствами.

$$l = \left(\frac{L}{\Pi D} + 1,5 \right) t,$$

где L – рабочая длина каната.

Стрелки барабана рассчитывают на сжатие и изгиб с кручением. Для литых барабанов изготовленных из серого чугуна толщину стрелки можно определить по эмпирической формуле

$$b = 0,02D + (0,6...1,0).$$

Необходимое усилие зажатия планки крепления каната

$$N = \frac{KS\delta}{c},$$

Где $k=0,85$ – коэффициент запаса,
 $c=0,35$ – коэффициент сопротивления.

Необходимые число винтов крепления

$$z \geq \frac{4N}{\Pi d_1^2 [\sigma_p]},$$

где d_1 – номер винта.

Закрепление концов каната осуществляется с помощью коушей, зажимов, заплеткой, опрессованием и т.д (рис. 53).

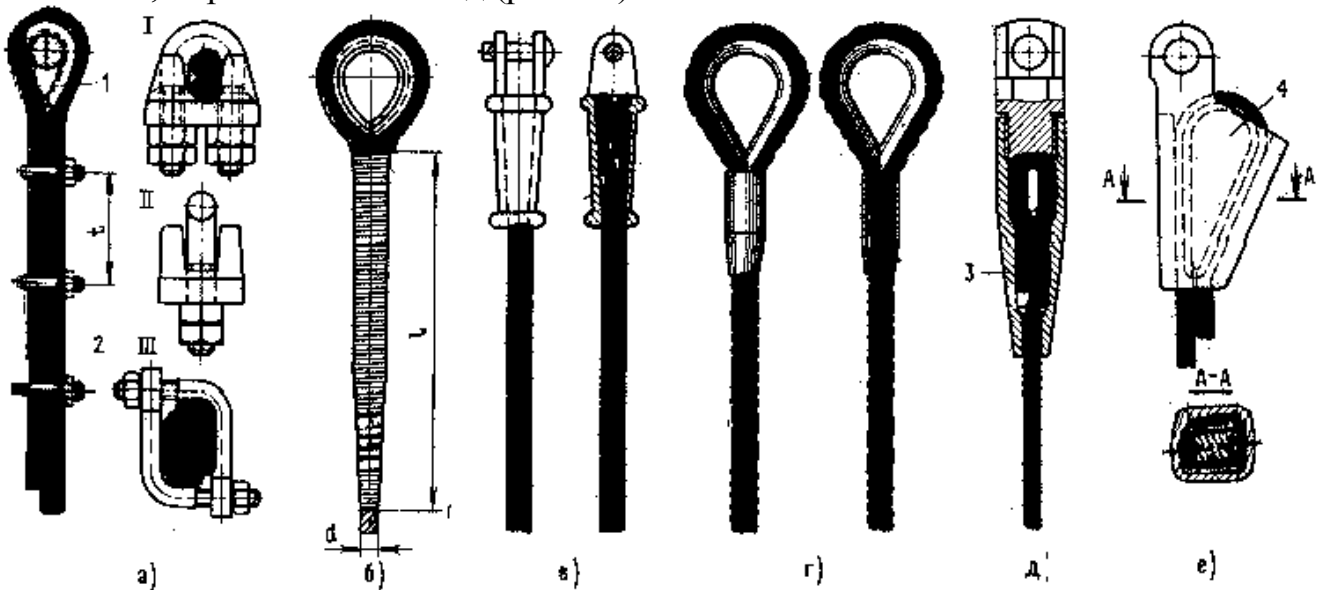


Рис. 53. Узел крепления конца каната: а – зажимами; б – зацепкой; в – втулкой с заливкой легкоплавким сплавом; г – опрессованием втулки; д – обжимной гайкой; е – клиновое; 1 – коуш; 2 – зажим; 3 – втулка; 4 - клин

Блоки уготовляют из серого чугуна. Размер профиля ручья должны соответствовать следующим соотношениям (рис. 54)

$$R = 0,53 - 0,56d; \quad H = (1,4 - 1,9)d; \quad r = 2d.$$

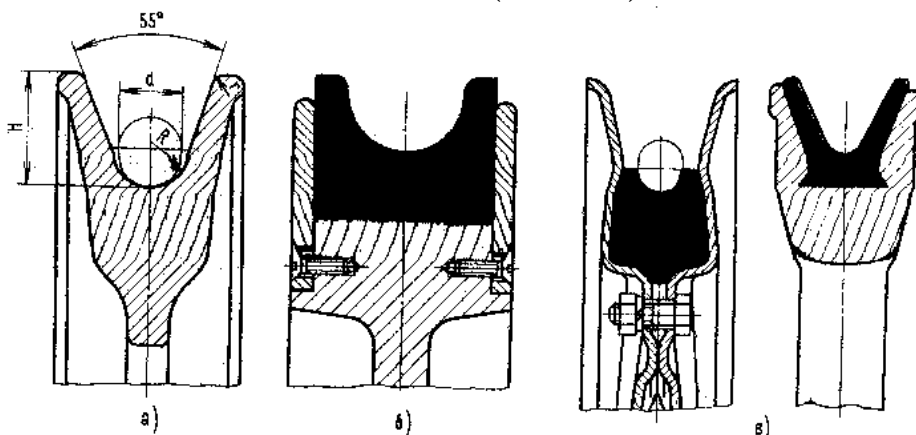


Рис. 54. Блоки для канатов: а – профиль ручья блока; б, в – ручей блока, футерованный соответственно пластмассой и алюминием

Для повышения долговечности каната ручки блоков футурируют резиной, пластмассой.

5. Тормозные устройства

Тормозные устройства в механизмах подъема обеспечивают остановку груза и укрепление его в подвешенном состоянии, а в механизмах передвижения и поворота остановку механизма на определенной длине тормозного пути с последующим удержанием механизма в неподвижном состоянии.

По конструктивному исполнению рабочих элементов тормозные устройства разделяются на колодочные, ленточные, дисковые и конические.

По принципу действия тормозные устройства бывают автоматические, замыкаемые одновременно с включениям двигателя и управляемые с помощью педали или рукоятки.

По характеру действия приводного усилия тормозные устройства разделяют на нормально замкнутые и нормально разомкнутые и комбинированные. Они должны быть достаточно просты по конструкции, удобны для осмотра, регулирования и замены изношенных деталей, надежностью работы, небольшими габаритами.

§1. Остановы

Остановы – устройства, служащие для удерживания груза в подвешенном состоянии. Они не препятствуют подъему груза, но исключают возможность его самопроизвольного опускания под действием собственного веса. Остановы бывают храповые и фрикционные. В грузоподъемных машинах в основном применяют храповые остановки (рис. 55). Они состоят из храпового колеса 1, закрепленного на валу 2 и собачки 3, ось 4 которой установлена на элементах механизма. Для опускания груза собачку необходимо вывести из зацепления с храповым колесом.

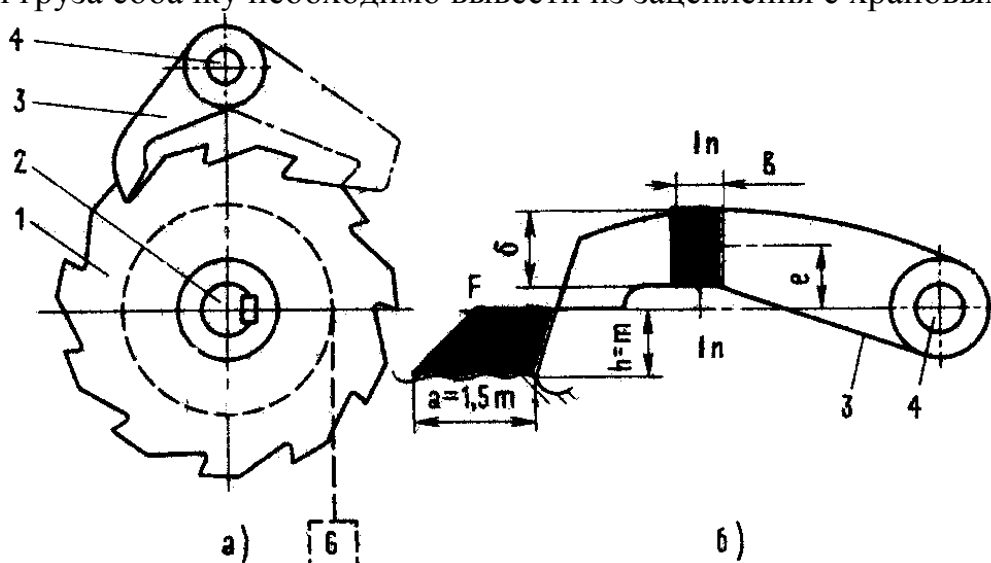


Рис. 55. Храповой останов:

а – схема; б – положение элементов, принимаемое для расчета

Расчет собачки ведут из условия прочности

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{Bb} + \frac{6Fe}{Bb^2} \leq [\sigma]$$

где $F = \frac{2M_{кр}}{D}$ – окружное усилие.

Здесь $M_{кр}$ – крутящий момент;

D – внешний диаметр храпового колеса,

B – ширина собачки.

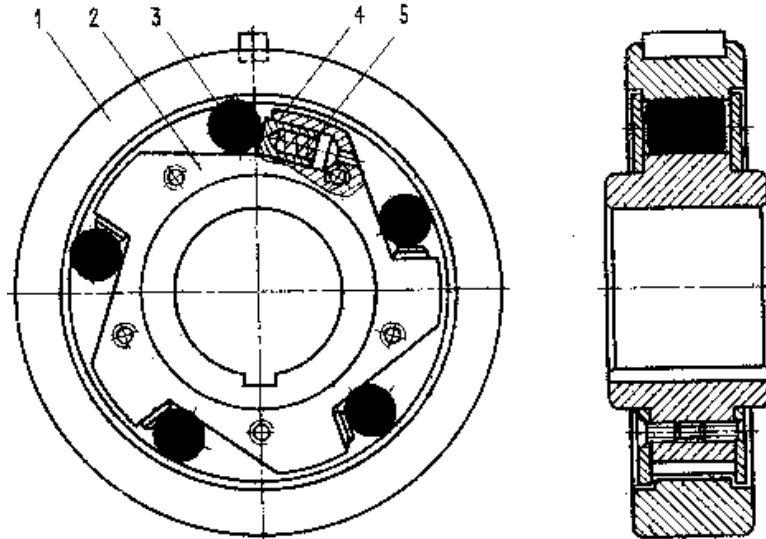


Рис. 56. Роликовый останов

К фрикционным остановам относятся роликовые остановы. Их действие основано на использовании силы трения, для обеспечения плавного приложения нагрузки при минимальном угле холостого хода. Роликовый останов (рис. 56) состоит из неподвижного корпуса 1, втулки 2 и расположенных в клиновых пазах роликов 3. При вращении втулки 2 против хода часовой стрелки ролики увлекаются силой трения в более широкую часть клинового паза, что обеспечивает свободное вращение втулки. При перемене направления вращения ролики увлекаются в узкую часть клинового паза, что приводит к заклиниванию роликов и остановки втулки.

§2. Тормоза

В подъемно-транспортных машинах широкое применение находят колодочные тормоза. Торможение механизма происходит в результате возникновения силы трения между тормозным шкивом, связанным с одним из валов механизма и тормозной колодкой, соединенной посредством рычажной системы с неподвижными элементами конструкции (рис. 57).

Общий тормозной момент создаваемый тормозом,

$$M_T = \frac{P \cdot l \cdot l_1 \cdot f \cdot D}{l_1^2 - f^2 b^2} \quad \text{или} \quad P = \frac{M_T \cdot l_1}{f \cdot D \cdot \eta \cdot l}$$

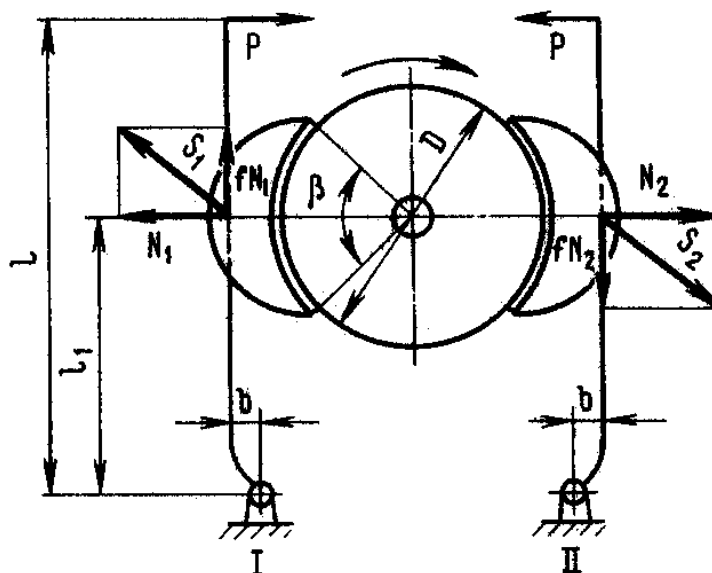


Рис. 57. Расчетная схема двухколодочного тормоза

Тормозной момент при прямых рычагах,

$$M_T = f \cdot P \cdot D \cdot \frac{l}{l_1} \eta,$$

где η – коэффициент, учитывающий потери на трение в шарнирах ($\eta=0,9-0,95$).

Среднее давление между шкивом и колодкой

$$P = \frac{N \cdot 360}{\pi \cdot D \cdot B \cdot \beta} \leq [P],$$

где B – ширина колодки,

β – угол обхвата шкива ($\beta=60-100^\circ$).

$$N = \frac{P \cdot l}{l_1 - fb},$$

$[P]$ – допускаемое давление ($[P]=0,3 \div 1$ МПа).

В качестве фрикционного материала используют вальцованную ленту ЭМ-2 толщиной 4-8 мм и шириной 20-100 мм. Тормозные шкивы изготовляют из стали или чугуна.

Широкое распространение получили колодочные тормоза типа ТКП и ТКТ с приводом от специальных тормозных электромагнитов типа МП и МО-Б (рис. 58). Тормоз состоит из двух кованых рычагов 2 и 5 с шарнирно закрепленными на них тормозными колодками 1 и 3. Замыкание тормоза осуществляется усилием, создаваемым основной сжатой пружиной 11, установленной в скобе 12 над тормозным шкивом. Для обеспечения схода рычага 2 с колодкой 1 от тормозного шкива при разомкнутом тормозе, установлена вспомогательная пружина 13. Тормозной рычаг 5 отводится от шкива моментом от действия силы тяжести электромагнита 4, закрепленного на рычаге 5. Для обеспечения ровного хода колодок предусмотрен регулировочный винт 6. Для регулировки пружины на штоке 10 установлены гайки 8 и 9. Для размыкания тормоза без включения электромагнита предусмотрена гайка 7.

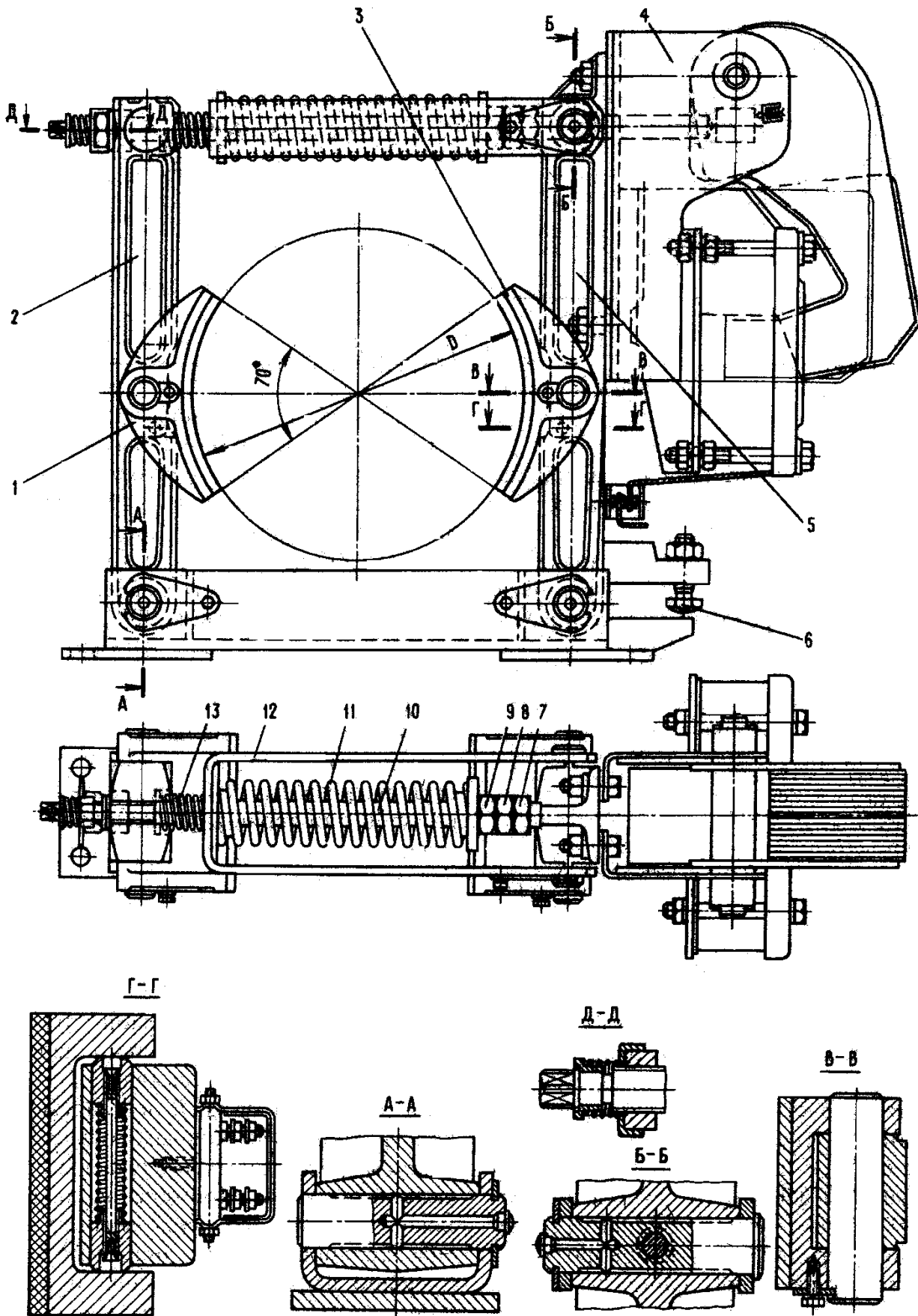


Рис. 58. Колодочный тормоз ТК-ВНИИПТМАШ, замыкаемый усилием пружины и приводом от коротко-ходового электромагнита типа МО-Б

На рис. 59 показан колодочный тормоз ТКГ с электрогидравлическим толкателем типа ТКГ с замыканием от усилия сжатой пружины 2 и с приводом от толкателя 1. Электрогидравлический толкатель содержит центробежный насос, приводимый в движение от электродвигателя и поршневой группы. В качестве размыкающих механизмов также используют электромеханические толкатели центробежного действия силы вращающихся масс.

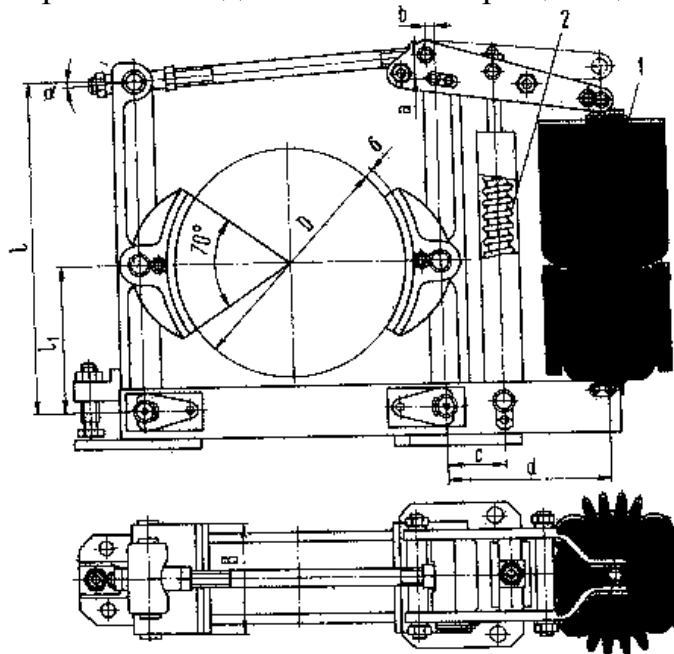


Рис. 59. Колодочный тормоз ТКГ с приводом от электрогидравлического толкателя

При расчете тормозов необходимо учитывать тепловые процессы. Уравнение теплового баланса имеет вид:

$$W = W_1 + W_2 + W_3,$$

где W – количество теплоты (Дж) возникающие при торможении в течении часа работы тормоза,

W_1 – количество тепла отводимое в окружающую среду,

W_2 – количество теплоты отводимое конвекцией за час,

W_3 – количество теплоты отводимое конвекцией с поверхности вращающегося шкива за час.

6. Механизм подъема груза

§1. Схема механизма подъема

Механизм подъема состоит из зубчатого цилиндрического или червячного редуктора, соединенного муфтой с электродвигателем, и тормозного устройства (рис. 60).

Выходной вал редуктора соединен с барабаном, на котором закреплен гибкий грузовой элемент, соединенный с грузозахватным устройством. Соединение валов механизмов рекомендуется выполнять при помощи зубчатых или упругих муфт.

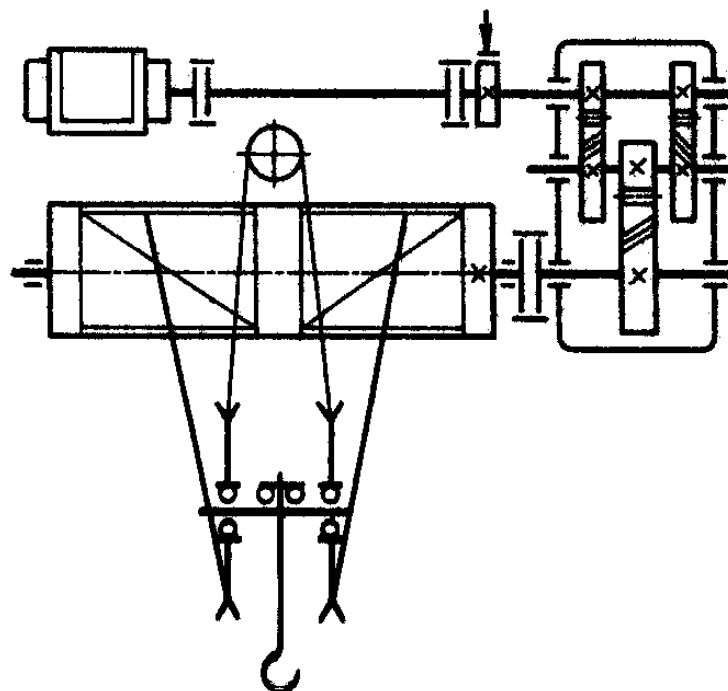


Рис. 60. Схема механизма подъема

Для получения статически определимой системы и создания блочной и компактной конструкции наиболее распространение получила установка одной из опор 2 оси 4 барабана 5 внутри консоли выходного вала редуктора 1 (рис 61). Конец этого вала выполняют в виде зубчатой полумуфты, причем вторая полумуфта 3 закреплена на барабане. В этом случае вал редуктора и ось барабана установлены на двух опорах. Ось барабана работает только на изгиб.

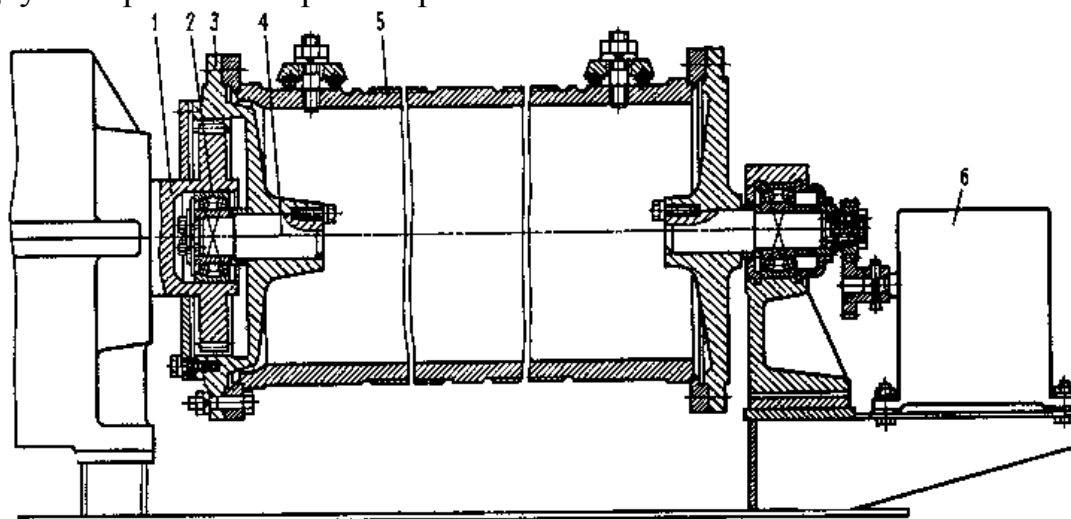


Рис. 61. Типовая конструкция соединения барабана с валом редуктора при помощи зубчатой муфты

На параметры механизма подъема оказывает существенное влияние кратность полиспаста, которую выбирают на основе конструктивного анализа механизма. Если канат наматывается на барабан не проходя через направляющие блоки (например, в мостовых кранах), то для обеспечения строго вертикального подъема груза в кранах применяют сдвоенные полиспасты. Если канат перед навивкой на барабан проходит через направляющие блоки, то используют оди-

нарные полиспасты с кратностью более высокой, чем у сдвоенных. В механизмах подъема груз подвешивают на одной ветви каната только в кранах малой грузоподъемности (1..3 т). В стреловых (портальных) кранах, имеющих большую высоту подъема груза, груз подвешивают на одной ветви каната в кранах грузоподъемностью 5 и даже 10 т. При грузоподъемности до 25 т обычно применяют двух-, трех- и четырехкратные полиспасты; при больших грузоподъемностях кратность полиспаста достигает 12.

Унификация механизмов подъема кранов различной грузоподъемности достигается изменением кратности полиспаста для получения примерно одинаковых крутящих моментов от веса груза и потребной мощности электродвигателя при разной скорости подъема груза. Это позволяет применять в кранах различной грузоподъемности одинаковые электродвигатели, редукторы, барабаны, блоки, канаты, тормоза и т. п.

В кранах, оборудованных грузовым электромагнитом, механизм подъема должен иметь специальный кабельный барабан для гибкого кабеля, подающего электроэнергию к магниту. Кабельный барабан располагают на отдельном валу, и он приводится в движение от вала грузового барабана при помощи цепной или зубчатой передачи. От электросети электроэнергия поступает по кольцевому токосъемнику со скользящими контактами к вращающемуся барабану.

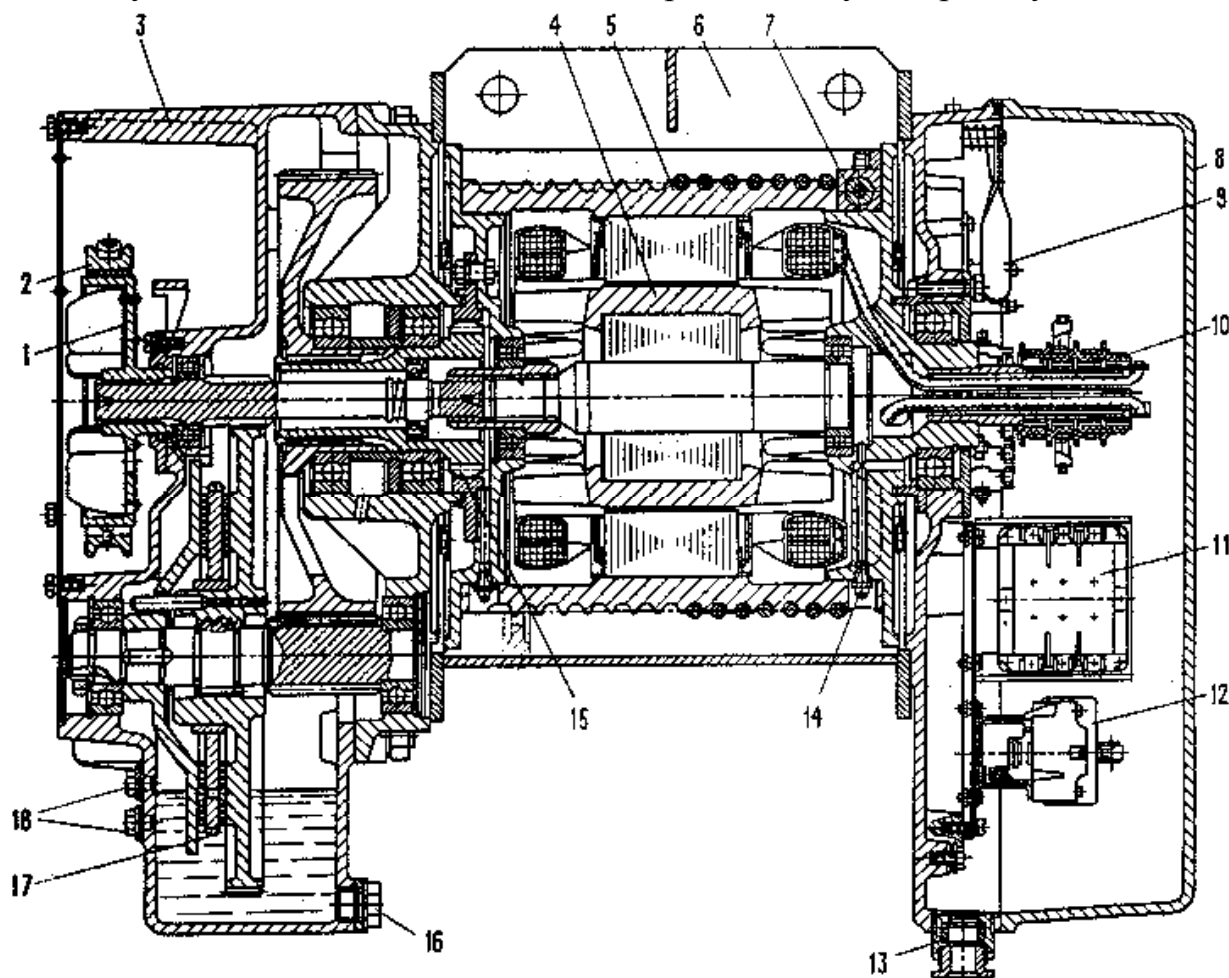


Рис. 62. Механизм подъема электротали ТЭ

Часто в качестве механизма подъема используют электротали (см. рис. 6, 7). Электроталь ТЭ-ВНИИПТМАШ (рис. 62) имеет электродвигатель 4, статор ко-

торого запрессован в барабан 5 и вращается вместе с ним. Размещение двигателя внутри барабана уменьшает длину и массу тали, так как отсутствуют корпусные детали двигателя. Через двухпарный соосный редуктор 3 крутящий момент ротора двигателя передается на барабан. Входной вал проходит внутри втулки зубчатой муфты 15, передающей вращение барабану от тихоходного зубчатого колеса редуктора и одновременно являющейся одной из опор барабана. Вторая опора барабана находится в корпусе шкафа 8 электроаппаратуры, расположенном со стороны, противоположной редуктору, что обеспечивает симметрию электротали и уравновешивание редуктора.

Таль оборудована двумя тормозами: стопорным – колодочным электромагнитным тормозом 2 с приводом от электромагнита типа МИС-Е и автоматическим спускным дисковым тормозом 11, замыкаемым силой тяжести транспортируемого груза. Тормозной шкив 1 стопорного тормоза, снабженный лопастями, насажен на консоль быстроходного вала редуктора и выполняет роль вентилятора для охлаждения тали. Уровень масла в редукторе контролируется с помощью пробок 18; для слива масла предусмотрена пробка 16. Смазывание подшипников вала ротора и барабана производят с помощью шприц-масленок 14. В шкафу электроаппаратуры располагается пусковая аппаратура: пускатели электродвигателей механизма подъема 11 и передвижения 12, кольцевой токосъемник 10 со щетками, клеммные коробки и концевые выключатели 9 подъема и опускания, ограничивающие крайние верхнее и нижнее положения крюка. Кабель управления вводят в шкаф электроаппаратуры через отверстие 13. Крепление 7 каната на барабане осуществлено с помощью коуша с заливкой каната легкоплавким материалом. Редуктор 3 и шкаф электроаппаратуры соединены между собой сварным корпусом 6. Высота подъема груза электротали изменяется путем изменения длины барабана.

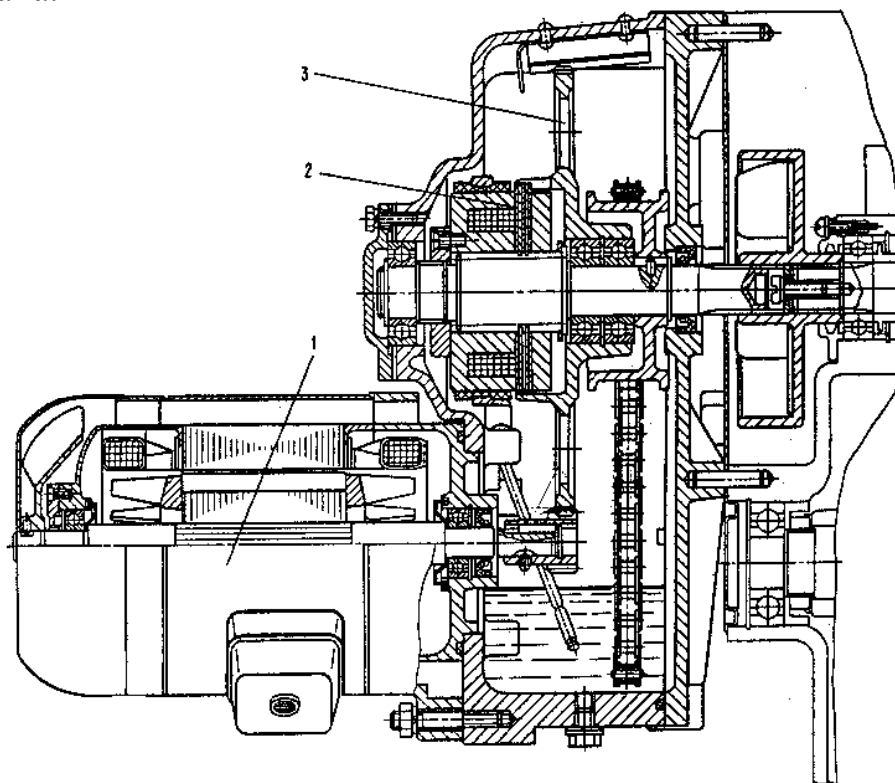


Рис. 63. Микропривод механизма подъема электротали ТЭ

При необходимости точной установки груза используют электротали с *микроприводом*, обеспечивающим получение малых посадочных скоростей. На рис. 63 представлен микропривод механизма подъема тали ТЭ-ВНИИПТМАШ. Основной двигатель тали встроен в барабан (см. рис. 62) и обеспечивает подъем груза со скоростью 8 м/мин. Для получения скоростей 0,5...1,0 м/мин используют микропривод, присоединяемый к корпусу редуктора нормальной тали ТЭ. Он состоит из двигателя 1 типа АОЛ малой мощности, соединяемого через зубчатую пару 3 и электромагнитную дисковую муфту сцепления 2 с быстроходным валом механизма подъема. При включении основного двигателя зубчатая пара 3 остается неподвижной. При включении двигателя микропривода одновременно включается муфта 2, и вращение передается от микродвигателя через зубчатую пару 3 на вал редуктора механизма подъема.

§2. Расчет механизма подъема

При установившемся движении момент на валу двигателя при подъеме груза номинальной массы будет равен

$$M_c = \frac{S_{\max} m D_{\delta}}{2U_o \eta_m},$$

где S_{\max} – максимальное натяжение каната на барабане;

m – число канатов, навиваемых на барабан;

D_{δ} – диаметр барабана;

U_o – передаточное число механизма;

η_m – к.п.д. механической передачи.

Мощность двигателя (кВт) при подъеме груза будет равна

$$P_{cm} = \frac{G_{gp} V_{gp}}{1000 \eta_m \eta_n}$$

где G_{gp} – вес груза;

V_{gp} – скорость подъема груза;

η_n – к.п.д. полипласта.

При опускании груза момент на валу двигателя можно определить по формуле

$$M'_c = \frac{S_{\min} m D_{\delta}}{2U_o} \eta_m,$$

где S_{\min} – минимальное натяжение каната.

Значение к.п.д. механизма уменьшается при работе с малыми грузами. Ориентировочные значения к.п.д. для различных грузов определяется по экспериментальным зависимостям.

В период пуска, кроме статического момента, двигатель преодолевает также моменты от сил инерции груза $M_{ин1}$ и вращающихся элементов привода $M_{ин2}$.

$$M_{пуск} = M_c + M_{ин1} + M_{ин2}.$$

После преобразования выражение для пускового момента (Н·м) примет вид:

$$M_{\text{пуск}} = M_c + (1,1 \dots 1,2) \frac{I_1 n_1}{9,55 t_n} + \frac{Q D_6^2 n_1}{38,2 U_m^2 a^2 t_n \eta_o},$$

где Q – масса груза;

n_1 – частота вращения двигателя;

I_1 – момент инерции первого вала;

a – кратность полипласта;

t_n – время пуска.

Время пуска можно определить по формуле

$$t_n = \frac{1}{M_{\text{пуск}} - M_c} \left[(1,1 \dots 1,2) \frac{I_1 n_1}{9,55} + \frac{Q D_6^2 n_1}{38,2 U_m^2 a^2 \eta_o} \right].$$

При расчетах ускорение при пуске выбирают в зависимости от назначения крана: для монтажных работ $a=0,1 \text{ м/с}^2$; для механосборочных цехов $a=0,2 \text{ м/с}^2$; для металлургических цехов $a=0,5 \text{ м/с}^2$; для грейферных кранов $a=0,8 \text{ м/с}^2$.

При торможении двигатель отключается и включается тормоз. Уравнение моментов имеет вид

$$M_T = \pm M_{CT} + M_{ин1} + M_{ин2},$$

где M_T – номинальный момент развиваемый тормозом.

При опускании груза в процессе торможения перед M_{CT} ставится плюс, а при подъеме – знак минус.

7. Механизм изменения вылета стрелы

Изменение вылета стреловых и поворотных кранов можно производить с помощью тележки, перемещающейся по горизонтальному поясу стрелы или качением стрелы в вертикальной плоскости. Механизм изменения вылета стрелы может быть с гибкой или жесткой связью привода стрелы. Механизм с гибкой связью применяют для кранов с неуравновешенной стрелой. В этом случае к стреле прикладывают усилие F , которое определяют из уравнения моментов (рис 64).

$$\sum M_o = G_{zp} L + Gb - Fh - Se + W_{zp} H + W_c c = 0,$$

где G – вес металлоконструкции крана;

S – натяжение каната механизма подъема груза;

W_{zp} и W_c – ветровая нагрузка соответственно на груз и стрелу;

b, h, e, H, c – плечи сил.

Отсюда требуемое усилие

$$F = \frac{G_{zp} L + Gb - Se + W_{zp} H + W_c c}{h}.$$

Максимальное натяжение каната на барабане, будет равно

$$S_{\text{max}} = \frac{F}{a \eta_n \eta^k},$$

где η и η_n – к.п.д. соответственно направляющего блока и полипласта;
 k – число направляющих блоков.

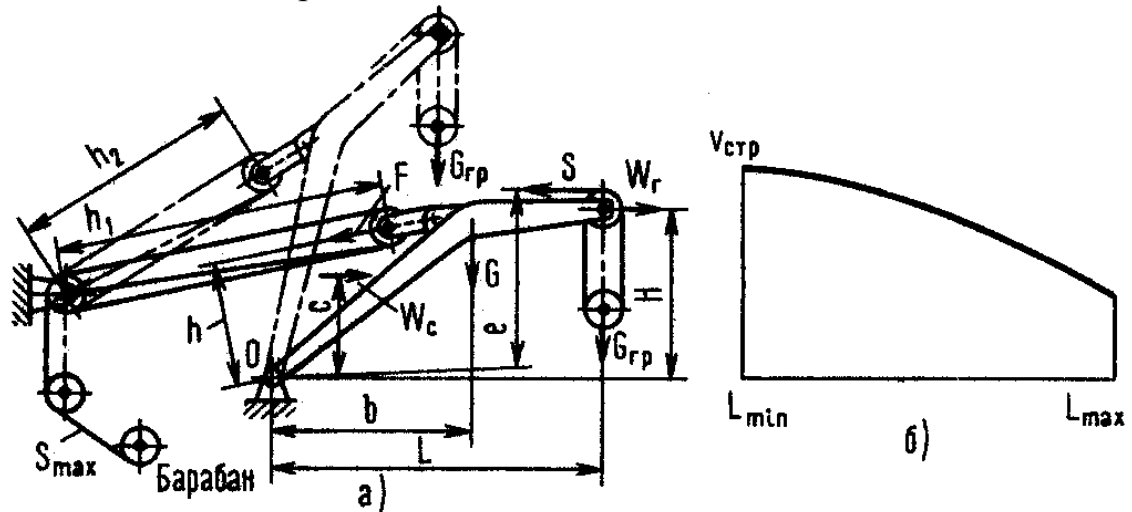


Рис. 64. Схема изменения вылета стрелы

Схемы механизмов изменения вылета с жесткой кинетической связью механизма со стрелой приведена на рис. 65.

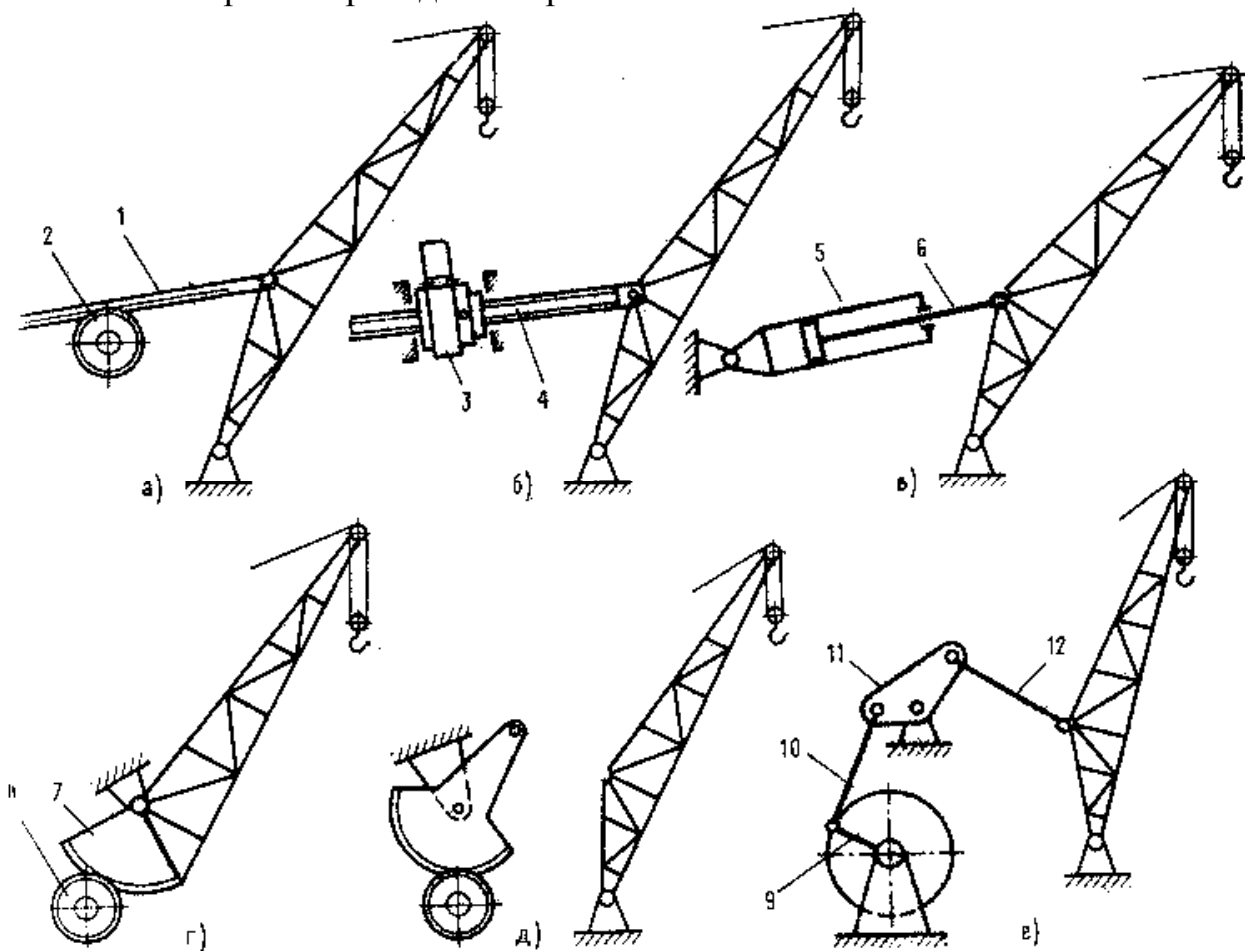


Рис. 65. Схемы механизмов изменения вылета: а – реечный; б – винтовой; в – гидравлический; г – секторный; д – секторно-кривошипный; е – кривошипно-шатунный

Реечный механизм наиболее легкий и простой в изготовлении. Винтовой механизм сложнее в изготовлении. Гидравлический механизм обеспечивает плавную работу. Секторный механизм обеспечивает равномерную угловую скорость.

Кривошипно-шатунный механизм надежен и безопасен в работе. Расчет механизма сводится к определению усилия на исполнительном механизме и мощности двигателя.

Для разгрузки привода момент от веса стрелы G_c уравнивают моментом от веса стрелового противовеса $G_{пр}$ расположенного на стреле (рис. 66).

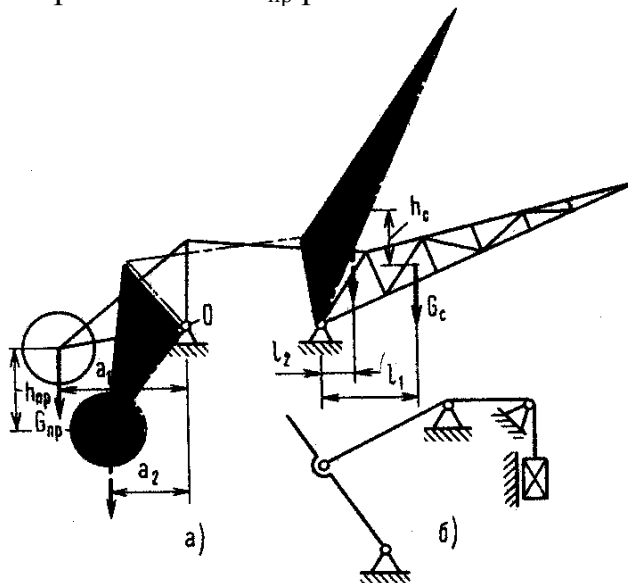


Рис. 66. Схема уравнивания массы стрелы

При применении стрел с устройством выравнивающим траекторию движения груза, мощность двигателя механизма изменения вылета расходуется главным образом на преодоление сил трения в шарнирах укосины и блоков.

На рис 67 показаны схемы выравнивающих устройств.

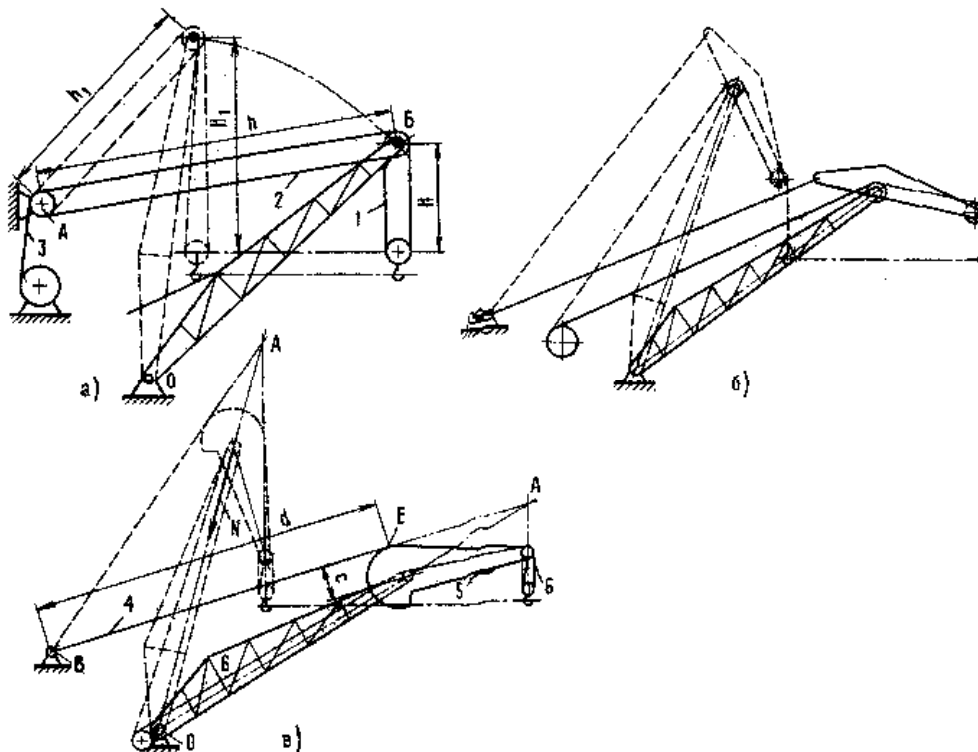


Рис. 67. Схемы устройств обеспечения горизонтального перемещения груза при изменении вылета качением стрелы: а – уравнительным полиспастом; б – консольным хоботом; в – профилированным хоботом

В системе с уравнильным полиспастом (рис 67, а) подъемный канат 3 проходит через грузовой полиспаст 1 и уравнильный полиспаст 2. Подбирая место расположения обоймы А относительно оси поворота стрелы О соотношение кратностей полиспастов, можно получить практически горизонтальное перемещение груза при изменении вылета стрелы. Эта система отличается простым конструктивным исполнением и хорошей компоновкой при монтаже. В системе с шарнирно-сочлененными укосинами стрела снабжена консольным прямолинейным хоботом (рис. 67, б). Размеры элементов укосины выбирают из условия обеспечения достаточно пологой траектории движения конца хобота. При профилированном хоботе с гибкой оттяжкой канат 4, огибающий криволинейную часть хобота 5, закреплен одним концом на нем. При повороте хобота оттяжкой канат 4 огибает криволинейную часть хобота, что приводит к смещению точки касания Е. Подъемный канат 6, при качании стрелы не перемещается по блокам.

Механизм изменения вылета стрелы, аналогично механизму подъема, снабжают тормозами нормально-замкнутого типа, автоматически размыкающимися при включении привода.

8. Механизмы передвижения

§1. Конструкции механизмов передвижения

Механизмы передвижения предназначены для передвижения крана или тележки по горизонтали. Механизмы передвижения бывают с приводными колесами и канатной или цепной тягой.

Краны и крановые тележки опираются на ходовые колеса. Колеса соединены с приводом, являются приводными, а остальные холостыми. Иногда все ходовые колеса являются приводными. Механизмы передвижения кранов могут быть выполнены с тихоходным или быстроходным трансмиссионным валом U с раздельным приводом (рис. 68).

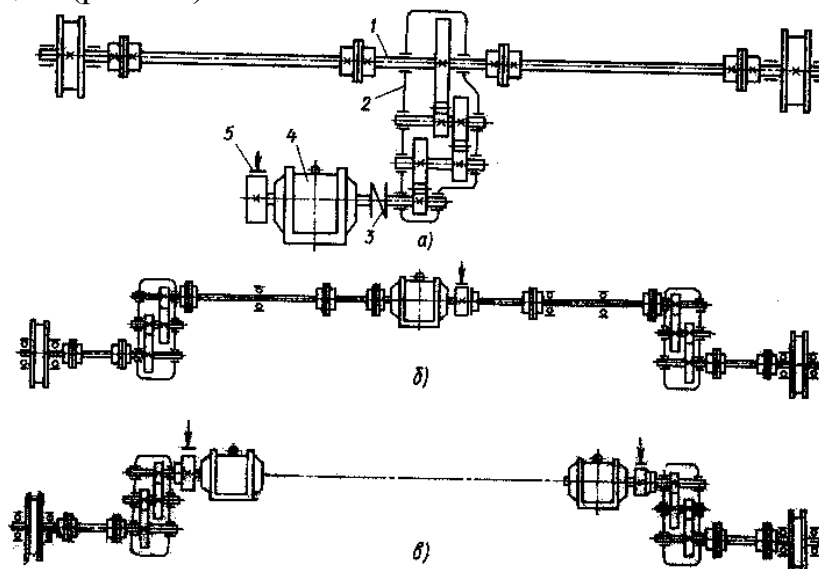


Рис. 68. Схемы механизмов передвижения кранов: а, б – соответственно с тихоходным и быстроходным трансмиссионным валом; в – с раздельным приводом

Механизм передвижения с тихоходным валом имеет привод, установленный в средней части моста и состоящий из двигателя 4, муфты 3 и редуктора 2. Выходной вал редуктора связан с трансмиссионным валом 1, выполненным из отдельных секций, которые соединены муфтами и установлены на подшипниках, закрепленных на мосту крана. Посредством муфт трансмиссионный вал также соединен с валами приводных ходовых колес, Тормоз 5 устанавливают на муфте или на свободном конце вала двигателя. Этот механизм обладает повышенной надежностью.

Механизм передвижения с быстроходным трансмиссионным валом имеет два редуктора, установленных около концевых балок моста крана. Этот механизм имеет небольшую массу при повышенной жесткости металлоконструкции моста крана.

Механизм передвижения с отдельным приводом не имеет трансмиссионного вала. В этом механизме каждая концевая балка моста приводится в движение индивидуальным приводом. При этом между приводами, расположенными на различных концевых балках, не предусмотрено никакой связи. Этот привод обеспечивает нормальную работу кранов при отношении крана к его базе при $L/B \leq 6$. На рис. 69 показаны различные установки привода.

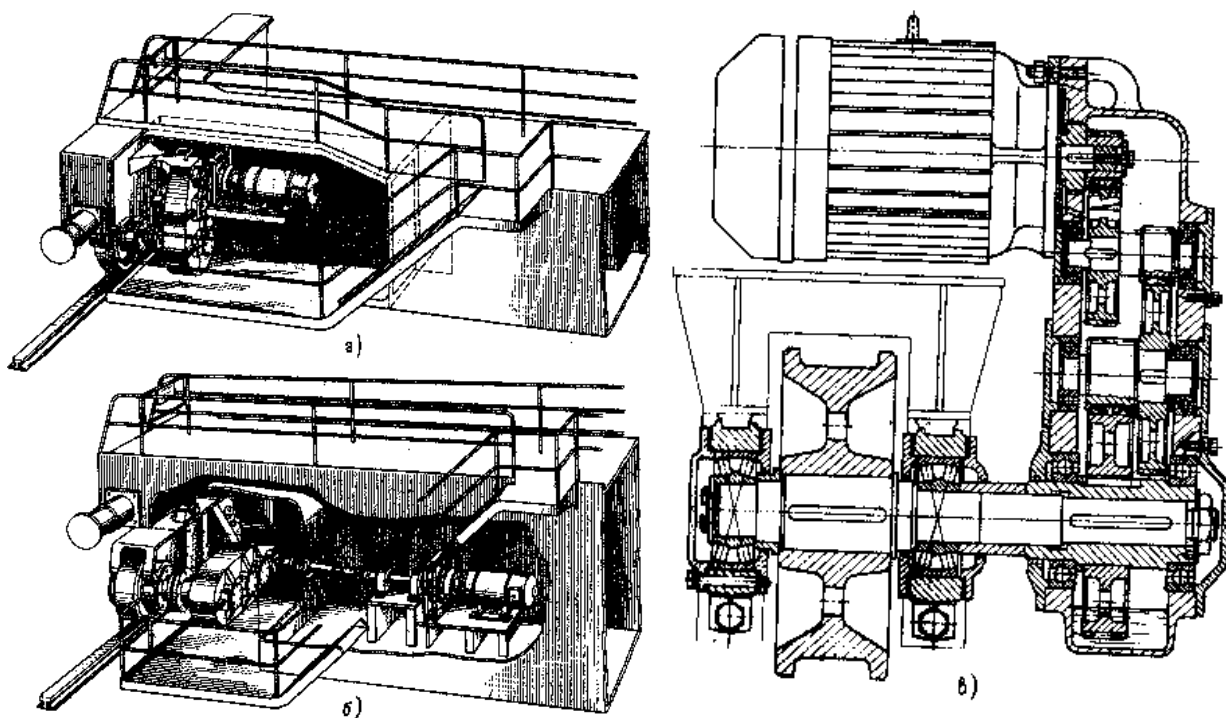


Рис. 69. Установка отдельного привода: а – с вертикальным редуктором, б – с горизонтальным редуктором, в – фланцевым электродвигателем.

Ходовые колеса мостов кранов выполняют двухребордными или безребордными.

Поверхность катания ходового колеса может быть цилиндрической или конической с уклоном обода 1:20. ходовые колеса с коническим ободом применяются в механизмах передвижения с центральным приводом и двумя ведущими колесами. В этом случае применяют подкрановые рельсы типа КР или Р со скругленной головкой.

Число ходовых колес моста зависит от грузоподъемности и пролета крана. В кранах небольшой грузоподъемности применяют четыре ходовых колеса, буксы которых прикреплены непосредственно к концевым балкам. В кранах большой грузоподъемности число колес увеличивается и для равномерного их нагружения их устанавливают попарно на балансировках.

Механизм передвижения тележек мостовых кранов аналогичен механизму передвижения крана с тихоходным валом. Широкое применение находят одно-рельсовые тележки, перемещающиеся по нижнему или верхнему поясу подвесного пути.

§2. Сопротивление передвижению

При передвижении тележки или моста крана по рельсам двигатель механизма передвижения преодолевает сопротивления сил трения, сил инерции, ветровой нагрузки и сопротивления движению при возможном уклоне пути.

Общий момент сопротивления передвижению

$$M = (G_{zp} + G) \left(\mu + \frac{fd}{2} \right) K_p,$$

где G – собственный вес тележки;

G_{zp} – вес груза;

d – диаметр цапфы;

f – коэффициент трения в опоре колеса;

μ – коэффициент трения качения колеса по рельсу.

K_p – коэффициент трения реборд.

Сопротивление передвижению, приведенное к окружности качения колеса диаметром $D_{x.k}$

$$W = \frac{G_{zp} + G}{D_{x.k}} \cdot (2\mu + fd) K_p + W_v,$$

где W_v – ветровая нагрузка на кран или тележку.

Момент сопротивления, приведенный к валу двигателя

$$M_c = \frac{M}{i_m \eta_m} = \frac{WD_{x.k}}{2i_m \eta_m},$$

где i_m , η_m – соответственно передаточное число и к.п.д. от вала колеса до вала двигателя.

Следует также учитывать сопротивление передвижению при уклоне пути

$$W_{укл} = \alpha (G_{zp} + G),$$

где α – уклон пути. $\alpha = 0,001 \div 0,005$.

Для кранов с безребордными ходовыми колесами полное усилие сопротивления, приведенное к оси ходового колеса

$$W = \frac{G_{zp} + G}{D_{x.k}} \cdot (2\mu + fd) + \frac{S_n}{D_p} (2\mu_p + f_p d_p),$$

где D_p, d_p – диаметры поверхности катания соответственно направляющего ролика и цапфы оси ролика;

μ_p, f_p – коэффициенты соответственно трения качения и трения в подшипнике ролика;

S_n – боковые нагрузки.

$$S_n = f \cdot (G_{zp} + G)$$

§3. Процессы неустановившегося движения

Уравнение моментов при пуске имеет вид

$$M_{\text{пуск}} = M_c + M_{\text{ин1}} + M_{\text{ин2}},$$

где $M_{\text{ин1}}$ – моменты инерции вращающихся масс механизма;

$M_{\text{ин2}}$ – моменты инерции поступательно движущихся масс груза и крана.

Подставив в уравнение пускового момента моменты сил инерции получим

$$M_{\text{пуск}} = M_c + (1,1 \dots 1,2) \frac{I_1 n_1}{9,55 \cdot t_n} + \frac{(Q + Q_{zp}) D_{x.k.}^2 \cdot n_1}{38,2 \cdot t_n \cdot i_m^2 \cdot \eta_m} \quad (1)$$

где n_1 – частота вращения вала двигателя;

t_n – время пуска.

Для обеспечения надежного сцепления коэффициент запаса сцепления принимают $K_{cy} = 1,1$ - с ветровой нагрузкой.

Максимальное ускорение, при котором обеспечивается заданный коэффициент сцепления

$$[j] = \left[\frac{m}{n} \left(\frac{\varphi}{K_{cy}} + f \frac{d}{D_{x.k.}} \right) - (2\mu + fd) \cdot \frac{K_p}{D_{x.k.}} - \frac{W_B}{G} \right] g$$

где φ – коэффициент сцепления колес с рельсом.

Отсюда $t_n = \frac{v}{[j]}$.

Для обеспечения отсутствия буксования ведущих ходовых колес по рельсам в процессе пуска следует провести проверку выбранного двигателя по ускорению. Из уравнения (1) при работе без груза определяют фактическое время пуска t_n и фактическое ускорение $j = \frac{v}{t_n}$.

Фактический коэффициент запаса сцепления при пуске будет равен

$$K_{cy} = \frac{\varphi}{\left[\frac{v}{gt_n} + \frac{W_B}{G} + (2\mu + fd) \cdot \frac{K_p}{D_{x.k.}} \right] \frac{n}{m} - f \frac{d}{D_{x.k.}}} \geq [K_{cy}]$$

Процесс торможения механизма передвижения не отличается принципиально от процесса пуска. Уравнение моментов при торможении крана имеет вид

$$M_T + \frac{W_T D_{x.k.}}{2i_m \eta_m} = (1,1 \dots 1,2) \frac{I_1 n_1}{9,55 t_n} + \frac{GD_{x.k.}^2 n_1 \eta_m}{38,2 t_n i_m^2} + \frac{(W_B + W_{\text{пуск}}) D_{x.k.} \eta_m}{2i_m}$$

Фактический коэффициент запаса сцепления при торможении будет равен

$$K_{сц} = \frac{\varphi}{\left[\frac{v}{gt_T} + \frac{W_B}{G} - (2\mu + fd) \cdot \frac{K_p}{D_{x.к.}} \right] \frac{n}{m} + f \frac{d}{D_{x.к.}}} \geq [K_{сц}].$$

§4. Расчет ходовых колес

При проектировании грузоподъемной машины диаметр и ширину поверхности катания ходовых колес выбирают по стандартам в зависимости от грузоподъемности и числа колес, а затем проводят проверочный расчет по контактным напряжениям. В зависимости от типа обода и типа рельса различают линейный и точечный контакты.

При точечном контакте

$$\sigma = \kappa \cdot \kappa_f \cdot 10^{-2} \sqrt[3]{\frac{FE^2}{R_1^2}} \leq [\sigma_9],$$

где κ – коэффициент, зависящий от радиусов колеса;

κ_f – коэффициент тангенциальной нагрузки;

F – приведенная расчетная нагрузка.

$$F = \kappa_T \cdot \kappa_H \cdot F_c,$$

здесь κ_T – коэффициент толчков;

κ_H – коэффициент неравномерности распределения нагрузки;

F_c – нагрузка на ходовое колесо.

При контакте цилиндрического колеса с плоским рельсом

$$\sigma = 1,67 \cdot 10^{-4} \cdot \kappa_f \sqrt{\frac{F \cdot E}{R \cdot b}} \leq [\sigma_9],$$

где b – рабочая ширина головки рельса.

Приведенный модуль упругости можно определить по формуле

$$E = \frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2},$$

где E_1, E_2 – модули упругости материала колес и рельса.

Базовые допускаемые значения эффективных напряжений можно принять

$$[\sigma_9] = (2,5 \dots 3) HB.$$

9. Механизмы поворота

Механизмы поворота предназначены для вращения поворотной части крана и груза, поворотные краны можно разделить на две группы: краны, грузоподъемность которых не зависит от вылета стрелы, и стреловые краны грузоподъемность которых, для обеспечения устойчивости, изменяется и изменением вылета

стрелы. Краны с постоянной грузоподъемностью имеют колонну, которая может быть выполнена неподвижной или поворотной.

Механизм поворота (рис. 70) имеет двигатель, соединенный муфтой 3 с червячно-планетарным редуктором 2, ($i=200\div 1000$) имеющим горизонтальное расположение червячного класса 1. На выходном конце вала редуктора расположена шестерня 5, находящаяся в зацеплении с зубчатым колесом 4, соединенным с поворотной частью крана или неподвижной частью порталных кранов должны быть оборудованы муфтой предельного момента. В редукторе применяют коническую предохранительную муфту, встроенное в червячное колесо.

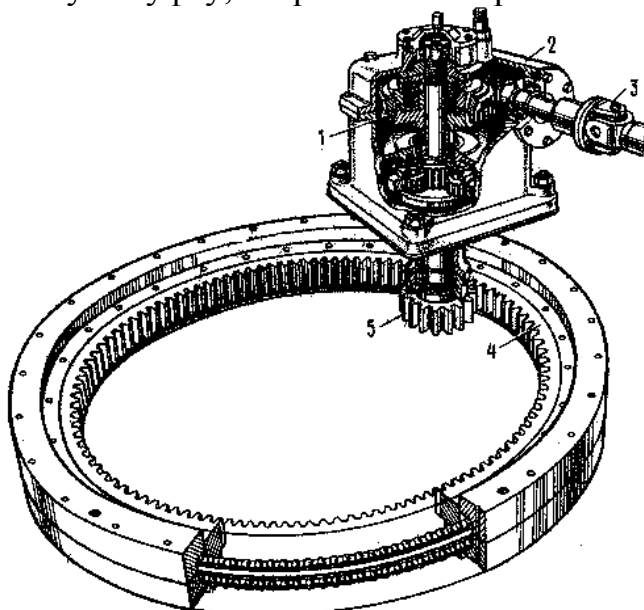


Рис. 70. Механизм поворота

Поворотная часть кранов и крановых тележек может опираться на неподвижную или вращающуюся колонку или поворотный круг. В соответствии с этим различают опорно-поворотные устройства на колонне и поворотном круге. При неподвижной колонне поворотная часть крана опирается на пяту, расположенную в верхней части колонны, а опрокидывающий момент от веса груза уравновешивается горизонтальными реакциями, воспринимаемыми верхней и нижней опорами кранов. При вращающейся колонне, цапфы колонны вращаются в неподвижно установленных опорах, причем нижняя опора установленная на фундаменте воспринимает вертикальные и горизонтальные усилия, а верхняя опора — только горизонтальные усилия.

Большое распространение получили опорно-поворотные устройства на поворотном круге. В этом случае поворотная часть крана опирается на колеса, катки, шары или ролики, катящиеся по круговому рельсу. В последнее время в поворотных кранах все большее применение находят одно или двухрядные шариковые и роликовые опорно-поворотные устройства.

§1. Определение моментов сопротивления в опорах крана

Поворотная часть крана на неподвижной колонне устанавливают на двух опорах. Вертикальное усилие V , действующее на верхнюю опору (рис. 71) равно

$$V = G + G_{gp} + G_{np},$$

где G – Суммарный вес поворотной части.

G_{gp} – вес груза;

G_{np} – все противовеса.

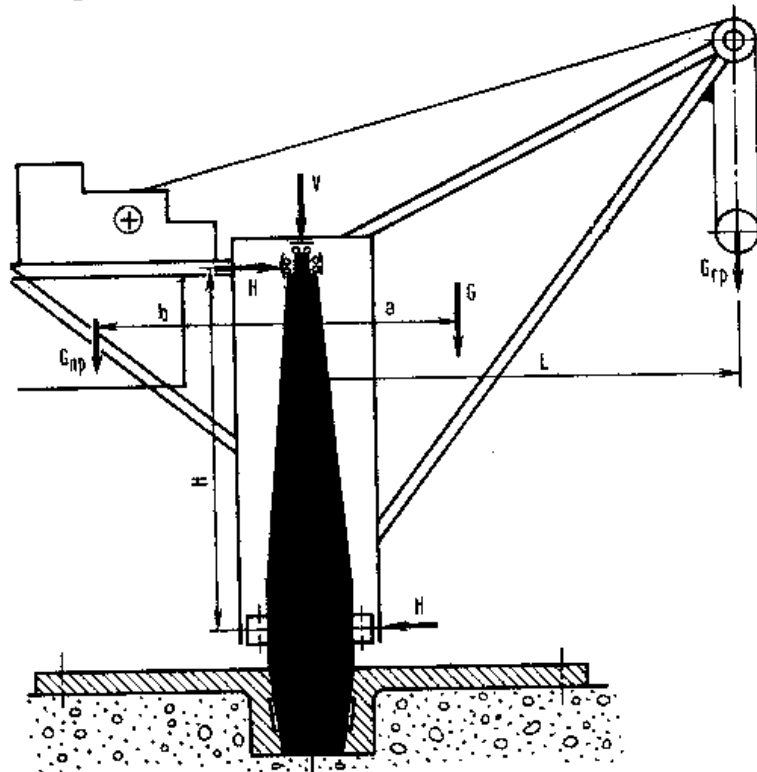


Рис. 71. Схема поворотного крана на неподвижной колонне

Горизонтальное усилие H , действующее на верхней и нижней опорах:

$$H = \frac{(Ga + G_{gp}L + G_{np}b)}{h}.$$

Момент сопротивления в опорах относительно оси вращения

$$M_c = M_{BV} + M_{BH} + M_{hH}.$$

Момент сопротивления в верхней опоре от усилия H

$$M_{BH} = H \frac{d_1}{2} f,$$

где d_1 – диаметр сои катка, воспринимающего горизонтальное усилие.

Момент сопротивления в верхней опоре от усилия V с упорным подшипником диаметром d_o .

$$M_{BV} = fV \frac{d_o}{2}.$$

Момент трения в нижней опоре от усилия H

$$M_{hH} = \frac{H}{2\omega \frac{\alpha}{2}} \left[f \frac{d_1 D}{d} + 2\mu \left(\frac{D}{d} \pm 1 \right) \right],$$

где α – угол между направлениями сил N , равный 60° .

D – диаметр колонны по которой перемещаются катки.

Знак плюс соответствует неподвижной колонне, а знак минус – вращающейся колонне.

При пуске уравнение моментов имеет вид

$$M_{\text{пуск}} = M_c + M_{\text{ин}1} + M_{\text{ин}2} + M_{\text{ин}3} + M_B,$$

где $M_{\text{пуск}}$ – средний пусковой момент двигателя;

$M_{\text{ин}1}$, $M_{\text{ин}2}$, $M_{\text{ин}3}$ – соответственно моменты инерции элементов привода, груза, вращающихся частей металлоконструкции;

M_B – момент ветровой нагрузки;

M_c – статический момент сопротивления.

После преобразования получим

$$M_{\text{пуск}} = M_c + (1,1 \dots 1,2) \frac{I_1 n_1}{9,55 \cdot t_n} + \frac{G_{\text{сп}} L^2 n_1}{9,55 \cdot t_n \cdot i_m^2 \cdot \eta_m} + \frac{n_1 \sum I_i}{9,55 \cdot t_n \cdot i_m^2 \cdot \eta_m} + \frac{W_B a}{i_m \eta_m}$$

где i_m , η_m – соответственно общее передаточное число и к.п.д механизма;

L – максимальный вылет;

n_1 – частота вращения электродвигателя;

I_1 – моменты инерции стрелы, противовеса и т.д.;

W_B – ветровая нагрузка;

t_n – время пуска.

$$t_n = \frac{60\beta}{n_c \pi},$$

здесь β – угол поворота стрелы за время пуска.

Механизмы поворота грузоподъемных машин с машинным приводом должны быть снабжены тормозами. Уравнение моментов при торможении имеет вид

$$M_T + M_{CT} = M_{\text{ин}1} + M_{\text{ин}2} + M_{\text{ин}3} + M_B,$$

подставив время торможения в уравнение моментов можно определить номинальное значение тормозного момента. Время торможения должно быть не менее 3...4 с.

§2. Устройства безопасности ГПМ

При проектировании, изготовлении и эксплуатации ГПМ особое внимание следует обратить на повышение надежности и соблюдения техники безопасности. Контроль за соблюдением правил, норм и инструкций, а также проведение и разработка профилактических мер по технике безопасности осуществляет Государственный комитет по надзору за безопасным ведением работы в промышленности и горному надзору (Госгортехнадзор). Правила и нормы Госгортехнадзора распространяются на все типы кранов и грузоподъемных устройств за исключением установленных на морских и речных судах и других плавучих сооружениях, экскаваторов и других землеройных машин, а также специальных ГПМ (напольная завалочная машина, автогрузчики и др.)

При расчетах, проектировании и изготовлении кранов должны быть соблюдены основные требования техники безопасности и в том числе выполнены все нормы и рекомендации, регламентированные Правилами Госгортехнадзора (эти нормы положены в основу методов расчета, приведенных в соответствующих главах курса):

- конструкция, компоновка и расположение узлов и механизмов должны быть такими, чтобы обеспечивался свободный и удобный доступ к ним, а также безопасность работ при монтаже, эксплуатации и ремонте;
- приводные и передаточные механизмы кранов, как правило, должны быть защищены кожухами;
- электропроводка, трубопроводы, шланги для подачи воздуха и масла и вентиляционные устройства располагают так, чтобы не затруднять обслуживание;
- оборудование кранов должно быть защищено предохранительными, оградительными и тормозными устройствами, сигнализацией, средствами электробезопасности, рабочими площадками.

Электроаппаратура и проводка должны соответствовать Правилам устройства электроустановок – все части машины, которые могут оказаться под напряжением, должны быть заземлены (сопротивление заземления крана 4 Ом). В цепях управления электродвигателями следует предусматривать автоматический разрыв цепи при прекращении подачи электроэнергии для предупреждения самопроизвольного включения при последующей подаче тока (нулевая защита). Должна быть предусмотрена защита электропривода от перегрузки и токов короткого замыкания. Кран и подкрановое пространство должны быть освещены. Местная освещенность приборов, щитов и пультов управления должна быть в пределах 150...500 лк (люкс), общая освещенность кабины в пределах 50...150 лк. Освещенность грузозахватного устройства при всех его положениях должна быть не менее 5 лк, площадок и лестниц внутри металлоконструкции не менее 20 лк, наружных не менее 10 лк.

В соответствии с Правилами Госгортехнадзора вновь установленные грузоподъемные машины, на которые распространяются эти Правила, а также съемные грузозахватные устройства до пуска в работу подлежат техническому освидетельствованию. Различают **полное и частичное освидетельствование**. Полное освидетельствование (первичное) выпускаемых кранов (полностью собранных) производит отдел технического контроля завода-изготовителя перед их транспортированием на место эксплуатации. Грузоподъемные машины, находящиеся в эксплуатации, должны подвергаться частичному периодическому освидетельствованию через каждые 12 месяцев, а полному – через 3 года. Редко используемые машины подвергаются полному техническому освидетельствованию через каждые 5 лет.

Техническое освидетельствование имеет целью проверить исправное состояние грузоподъемной машины, обеспечивающее ее безопасную работу и соответствие использования машины рекомендациям Правил Госгортехнадзора. При полном техническом освидетельствовании производят осмотр, статические и ди-

намические испытания; при частичном техническом освидетельствовании – только осмотр. Одновременно с этим производят проверку организации надзора за машиной на предприятии.

При осмотре устанавливают надежность каждого узла и элемента машины, т.е. отсутствие трещин в элементах металлоконструкции, степень износа зева крюка (при износе вертикального сечения крюка в зеве более 10% первоначальной высоты сечения крюк бракуют, при меньшем износе допускается восстановление изношенного места электронаплавкой); легкость вращения крюка на его опоре; надежность стопорного устройства крюка, состояние и степень износа грузовых канатов и пригодность их к дальнейшей работе; надежность крепления каната; состояние механизмов и приборов безопасности; наличие заземления и нулевой блокировки; состояние ограждений и перил; надежность противоугонных устройств и т.д. Состояние механизмов определяют осмотром их без разборки и опробования в работе.

Статические испытания производят для проверки прочности машины в целом и ее отдельных элементов, а для стреловых кранов и для проверки их грузовой устойчивости. Статические испытания производят нагрузкой, на 25% превышающей номинальную грузоподъемность машины. Для статических испытаний кран устанавливают над опорами подкрановых путей, а его тележку – в положение, соответствующее наибольшему прогибу моста. Крюк с грузом поднимают на высоту 200...300 мм и в таком положении выдерживают в течение 10 мин. Затем груз опускают и с помощью отвеса, подвешиваемого к крану на тонкой проволоке, определяют остаточные деформации. Отсутствие остаточных деформаций свидетельствует о нормальной работе металлической конструкции.

Первичное статическое испытание вновь изготовленных стреловых кранов производят при наименьшем и наибольшем вылетах стрелы с соответствующей для этих вылетов нагрузкой. Периодическое испытание производят только в положении крана, соответствующем его наибольшей грузоподъемности. Краны, грузоподъемность которых не зависит от вылета, испытывают при наибольшем вылете. Во всех случаях испытания стреловых кранов их поворотную часть устанавливают в положение, соответствующее наименьшей устойчивости крана. Результаты статических испытаний считают удовлетворительными, если при выдержке груза в подвешенном состоянии в течение 10 мин не произошло самопроизвольного опускания, не обнаружена остаточная деформация, не наблюдалась потеря устойчивости стреловых передвижных кранов и отсутствовали какие-либо повреждения грузоподъемной машины.

Кран, выдержавший статические испытания, подвергают динамическому испытанию для проверки действия механизмов и тормозных устройств. Эти испытания заключаются в проведении повторного подъема и опускания груза, масса которого на 10% превышает грузоподъемность машины, а также в проверке действия всех других механизмов машины при их отдельном передвижении. Механизмы подъема груза и стрелы, рассчитанные, на подъем и опускание стрелы с грузом, проверяют под нагрузкой, соответствующей наибольшему рабочему вылету стрелы, Одновременно с динамическими испытаниями механизмов и их тормозов проверяют действие концевых выключателей моста, тележки и

т.д. Действие концевых выключателей механизмов подъема грузозахватного органа и механизма подъема стрелы проверяют без груза. Если механизмы и их тормоза и концевые выключатели действовали исправно, то проверяют действия ограничителя грузоподъемности, который должен срабатывать при плавном подъеме груза, масса которого на 10% превышает номинальную грузоподъемность. Если на одном механизме грузоподъемного крана установлено два тормоза и более, то действие каждого тормоза контролируют в отдельности. Съемные грузозахватные приспособления при освидетельствовании также подвергают осмотру и испытанию нагрузкой, превышающей на 25% номинальную грузоподъемность.

Результаты освидетельствования заносят в журнал. Разрешение на эксплуатацию машины дается после получения удовлетворительных результатов осмотра и испытаний. При наличии опасных дефектов работа грузоподъемной машины не разрешается.

Контроль за содержанием и безопасной эксплуатацией грузоподъемных машин осуществляется инспекцией Госгортехнадзора и инженером по техническому надзору, назначенным администрацией предприятия, эксплуатирующего машины. Техническое освидетельствование грузоподъемных машин на предприятии производит инженер по техническому надзору в присутствии лица, ответственного за исправное состояние грузоподъемной машины.

Для проведения работ по перемещению грузов кранами и другими подъемными механизмами в помощь крановщику назначают стропальщиков (такелажников; зацепщиков), прошедших специальное обучение и сдавших экзамены. Перед началом работы крановщик и стропальщик обязаны убедиться в исправности крана и грузозахватных устройств. При подъеме груза стропальщик должен следить, чтобы грузовые канаты имели вертикальное положение, не допуская перемещения груза при смещенном относительно вертикали канате. Перед перемещением груза его следует предварительно поднять на высоту 200...300 мм и проверить равномерность натяжения стропов и надежность обвязки груза. Если масса поднимаемого груза близка к грузоподъемности крана, то груз следует поднять на высоту 100 мм и выдержать в течение нескольких минут, чтобы убедиться в надежности строповки груза, исправности тормозов и устойчивости крана, и только после этого продолжать подъем и перемещение груза.

Запрещается поднимать груз, находящийся в неустойчивом равновесии, подвешенный за один рог двурогого крюка, а также груз в таре, заполняющий ее выше бортов. Не разрешается стропальщику или другому обслуживающему персоналу находиться на перемещаемом грузе или под поднятым грузом. Не допускается совмещать работу главного, и вспомогательного подъема.

Устройства безопасности предназначены для обеспечения безаварийной эксплуатации грузоподъемных машин. Они обеспечивают своевременную остановку механизмов и не допускают появления нагрузок, опасных для элементов механизмов и устойчивости кранов против опрокидывания. По принципу действия их разделяют на предохранительные, производящие при срабатывании остановку механизма, и сигнализационные, подающие световой или звуковой сигнал, предупреждающий о достижении опасного положения или появлении

опасной нагрузки. По назначению устройства безопасности классифицируют на следующие группы: концевые выключатели, предназначенные для ограничения пути движения груза, тележки, крана; ограничители грузоподъемности и грузового момента, предохраняющие кран от перегрузки; противоугонные устройства, предназначенные для предупреждения угона ветром крана в нерабочем состоянии, и упоры, буферные устройства, ограничители перекоса и т.п., ограничивающие предельные положения тележки или крана.

Устройства безопасности механизмов подъема и изменения вылета. Для обеспечения безопасной работы механизмов подъема и изменения вылета грузоподъемные машины оборудуют автоматически действующими приборами безопасности, выключающими механизмы при подходе груза и стрелы к их предельным положениям, а также выключающими механизмы при попытке подъема груза, масса которого превышает грузоподъемность крана.

Механизмы подъема с электрическим приводом должны быть снабжены концевыми выключателями. **Концевые выключатели** автоматически выключают ток при подходе механизма подъема к крайнему верхнему, (а иногда и нижнему) положению. Концевой выключатель механизма подъема должен быть установлен так, чтобы после остановки грузозахватного устройства при подъеме груза зазор между грузозахватным устройством и упором составлял не менее 50 мм для электроталей и не менее 200 мм для других грузоподъемных машин.

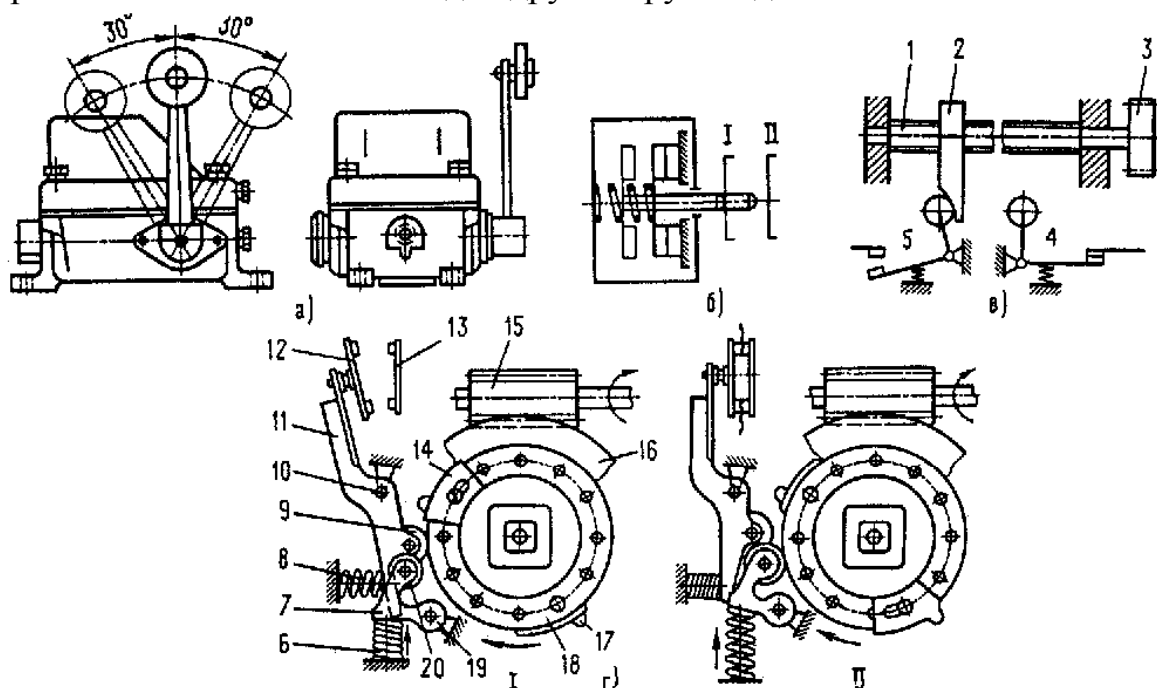


Рис. 72. Концевые выключатели:

а – рычажный; б – кнопочный; в – шпindelный; г – типа ВУ

При одностороннем ограничении хода груза обычно применяют рычажные или кнопочные концевые выключатели (рис. 72, а, б). При достижении грузозахватным устройством крайнего положения происходит разрыв цепи управления, что приводит к отключению электродвигателя механизма и к одновременному замыканию тормоза, что обеспечивает своевременную остановку груза. Электриче-

ская схема предусматривает возможность пуска механизма в обратном направлении.

При необходимости ограничения хода механизма в обоих направлениях движения применяют шпиндельные выключатели (рис. 72, в), винт 1 из валов механизма через зубчатую или цепную передачу 3. По нарезке шпинделя перемещается гайка 2, выключающая поводком контакты 4 и 5 в конечных положениях, соответствующих предельному верхнему и нижнему положениям грузозахватного устройства. Передаточное число передачи 3 должно быть подобрано так, чтобы за время перемещения грузозахватного устройства от крайнего нижнего положения до крайнего верхнего гайка 2 переместилась по шпинделю винта 1 из одного крайнего положения в другое.

Более компактным является конечный выключатель типа ВУ (рис. 72, г), в котором длинный шпиндель заменен червячной передачей. Кулачковая шайба 18 закреплена на оси червячного колеса 16, соединенного с червяком 15, связанным с одним из валов механизма подъема. На шайбе установлены кулачки 14 (включающий) и 11 (отключающий), вызывающие замыкание (положение II) или размыкание (положение I) контактов 13 цепи управления. Соответствующим подбором передаточного числа передачи (червячная передача имеет передаточное число 50) и установкой кулачков на шайбе можно обеспечить выключение контактов 13 при достижении грузозахватным устройством крайних положений. При двустороннем выключении на шайбе 18 должно быть установлено два комплекта кулачков. Конечный выключатель в механизме подъема должен быть установлен, как показано на рис. 61 (поз. б), т.е. вал конечного выключателя должен быть соединен зубчатой передачей с валом барабана. Контакты 13 замыкаются подвижными контактами 12, закрепленными на рычаге 11 поворачивающемся на оси 10. До воздействия включающего кулачка 14 под действием пружины 8 на рычаг 11 контакты 13, находятся в разомкнутом состоянии. При вращении шайбы по стрелке, указанной на рисунке, на ролик 9 действует кулачок 14, рычаг 11 поворачивается, пружина 8 сжимается, и контакты замыкаются. При включенном состоянии контакты 13 удерживаются защелкой 7, вращающейся относительно оси 19 под влиянием усилия сжатой пружины 6. При нажатии кулачком 17 на ролик защелки 20 рычаг 11 освобождается от защелки, что приводит к размыканию контактов 13.

Ограничитель высоты подъема груза, устанавливаемый на электроталях и кранах (рис. 73, а), имеет контакты концевого выключателя 1, которые удерживаются в замкнутом положении при нормальной работе механизма весом рычага 3, установленного на оси 2. В крайнем верхнем положении крюковая подвеска 5 поворачивает рычаг 3, что приводит к выключению контактов концевого выключателя. Положение рычага 3 регулируется болтом 4. В других конструкциях (рис. 73, б) при применении концевого выключателя типа КУ контакты выключателя 1 удерживаются в замкнутом состоянии весом специального грузика 7, подвешенного на тросе 6 к рычагу выключателя. При достижении грузозахватным устройством крайнего верхнего положения груз приподнимается, натяжение троса уменьшается, и под действием пружины, имеющейся в концевого выключателе, контакты размыкаются, что приводит к выключению тока в системе управления

механизмом подъема. В условиях запыленной среды, высокой влажности, при наличии вибраций концевые выключатели контактного типа быстро выходят из строя, поэтому в этих условиях применяют бесконтактные выключатели электронного, магнитного, индукционного или ультразвукового типа, обеспечивающие более высокую надежность и долговечность. Крайнее верхнее положение стрелы определяется с помощью концевого выключателя таким наклоном, при котором стрела не может опрокинуться назад под действием ветровой нагрузки, усилий натяжения канатов механизмов подъема и сил инерции. Опрокидывание стрелы может также произойти при обрыве груза, когда стрела получает импульс, равный потенциальной энергии ее сил упругости под воздействием веса груза.

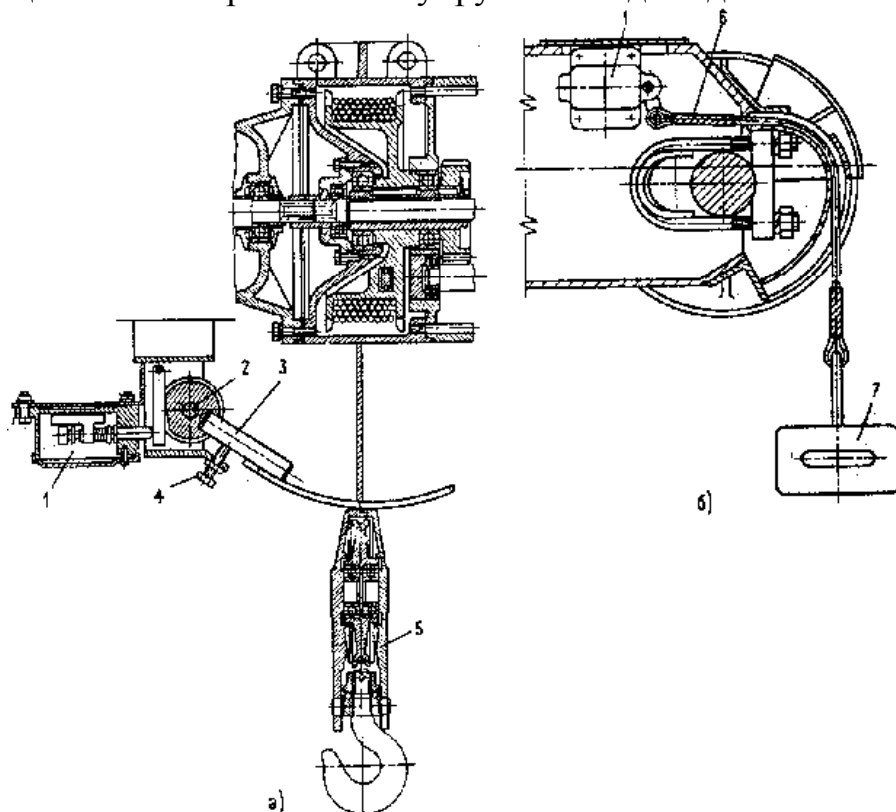


Рис. 73. Установка ограничителя высоты подъема груза

Указатель вылета стрелы и грузоподъемности (рис 74) в основном находит применение в стреловых кранах, имеющих различную грузоподъемность при разных вылетах.

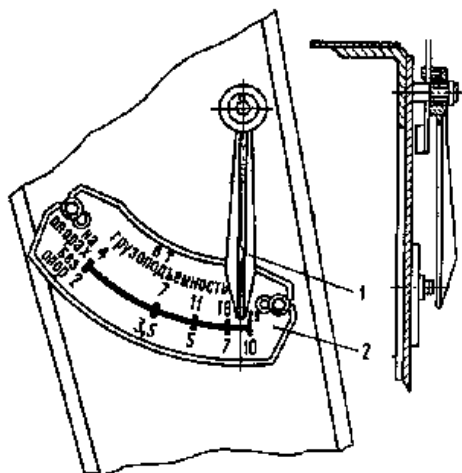


Рис. 74. Указатель допустимой грузоподъемности

Указатель грузоподъемности (рис. 74) состоит из металлического сектора 2 со шкалой, укрепленного на стреле, и шарнирно подвешенной стрелки 1, указывающей грузоподъемность, допускаемую при работе на этом вылете стрелы.

Ограничитель грузоподъемности предназначен для предотвращения перегрузки крана, которая может привести к обрыву грузовых гибких элементов (канатов или цепей), поломке крюков и других деталей механизма, образованию трещин и остаточных деформаций металлоконструкции и опрокидыванию стреловых передвижных кранов. Ограничитель грузоподъемности автоматически выключает двигатель механизма подъема стреловых и башенных кранов при подъеме груза, масса которого превышает номинальную грузоподъемность более чем на 10%, а для порталных кранов более чем на 15%. Ограничитель грузоподъемности крана мостового типа не должен допускать перегрузку более чем на 25%.

Ограничитель обычно состоит из датчика усилия и исполнительного (отключающего) органа. По устройству датчиков, воспринимающих действующие на кран усилия, различают пружинные, гидравлические и электрические ограничители. Наиболее точно срабатывают торсионные и электрические датчики, которые могут быть связаны с различными элементами крана.

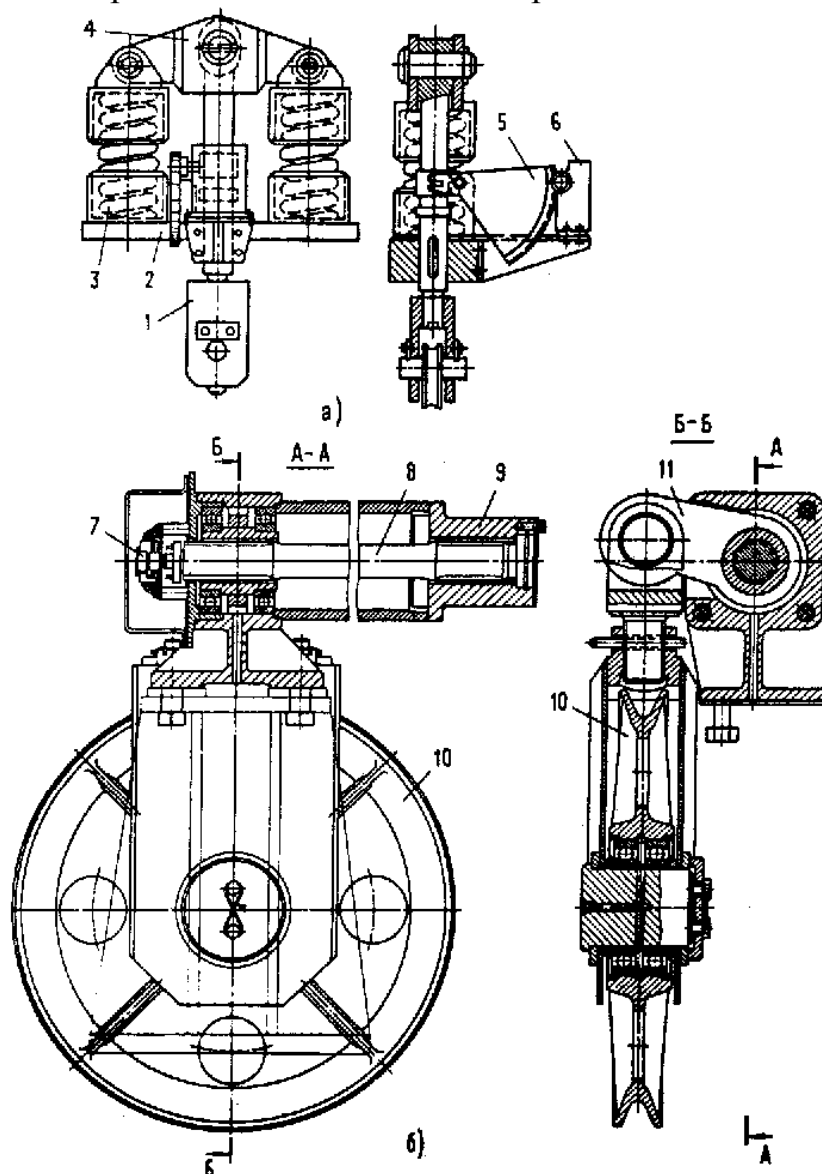


Рис. 75. Ограничитель грузоподъемности: а – пружинный; б – торсионный

Пружинный ограничитель грузоподъемности (рис.75, а), применяемый в башенных и порталных кранах, имеет траверсу 4, опирающуюся на две пружины сжатия 3, установленные на неподвижном основании 2. Конец грузового каната прикреплен к вилке 1 штока ограничителя, соединенного с траверсой. При перегрузке крана более чем на 10% пружины 3, деформируясь, поворачивают зубчатый сектор 5, который соединен с шестерней, установленной на вилке конечного выключателя 6. Это приводит к размыканию цепи управления электродвигателем подъема.

В торсионном ограничителе грузоподъемности (рис. 75, б) вместо витых пружин используют торсионный валик 8, один конец которого закреплен неподвижно на опоре 9, а второй имеет рычаг 11 с прикрепленным к нему уравнивательным блоком 10 грузового полипласта. При подъеме груза усилие на блоке, пропорциональное весу поднимаемого груза, создает момент, закручивающий торсионный валик. Угол закручивания валика пропорционален усилию, действующему на блоке 10. Торсионный валик соединен с электрическим потенциометром 7, сопротивление которого пропорционально весу поднимаемого груза. При весе груза, превышающем допустимый, происходит автоматическое выключение тока цепи управления. На кранах с гидроприводом функцию ограничителя грузоподъемности может выполнять предохранительный клапан. В кранах с телескопической стрелой ограничитель грузоподъемности должен иметь датчики усилия, наклона и длины стрелы. Сигналы от всех трех датчиков суммируются и определяют возможность работы крана.

Ограничитель грузового момента предназначены для стреловых кранов, грузоподъемность которых зависит от вылета стрелы. Ограничители грузового момента учитывает не только массу поднимаемого груза но и вылет. Перспективным является ограничитель грузового момента электрического типа, состоящий из трех элементов: датчика усилия, датчика угла наклона стрелы и релейного блока. Датчик усилия 3 (рис. 76) устанавливаются между распорками 2 и растяжками 4, соединяющими стрелу с подвижной обоймой 1 полиспаста. Он представляет собой кольцевой динамометр с потенциометрическим преобразователем, выдающим электрический сигнал, пропорциональный измеряемому усилию. Силовой измерительным элементом датчика является упругое кольцо, растягивающееся под действием усилий в растяжках, пропорциональных весу поднимаемого груза. Деформация кольца через спиральную пружину передается на передаточный механизм, преобразующий линейное перемещение тяг динамометрического кольца в угловое. Датчик угла наклона 7 установлен на кронштейне 8 соосно с осью поворота стрелы и связан поводком 6 с пальцем 5, закрепленным на стреле. При изменении наклона стрелы поворачивается вал датчика, связанный с рычагом потенциометрического преобразователя. В данном ограничителе грузового момента используется принцип сравнения электрических сигналов от датчиков усилия и угла наклона стрелы. Прибор срабатывает при разности электрических сигналов, равной нулю, что соответствует наличию максимально допустимой нагрузки.

Ловители автоматически останавливают кабину лифта (или противовес) в случае ослабления канатов или превышения предельной скорости опускания. Принцип действия ловителей основан на создании силы трения между направля-

ющими кабины, установленными в шахте, и элементами ловителя, закрепленными на кабине. Ловители могут быть самозаклинивающимися (клиновые, роликовые, эксцентриковые), обеспечивающие мгновенную остановку кабины (применяют для грузовых лифтов при скорости менее 1 м/с), и скользящего действия, обеспечивающие плавную остановку кабины (применяют для лифтов всех типов при скорости движения более 1 м/с).

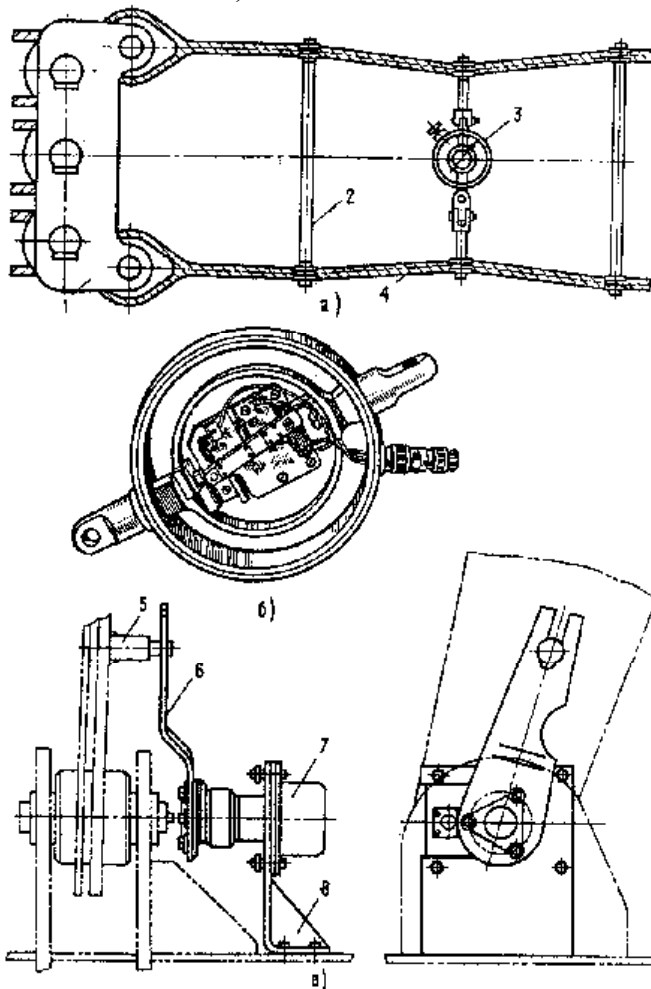


Рис. 76. Ограничитель грузовой момент:
 а – расположение ограничителя на автомобильном кране; б – датчик усилия,
 в – расположение датчика угла наклона стрелы

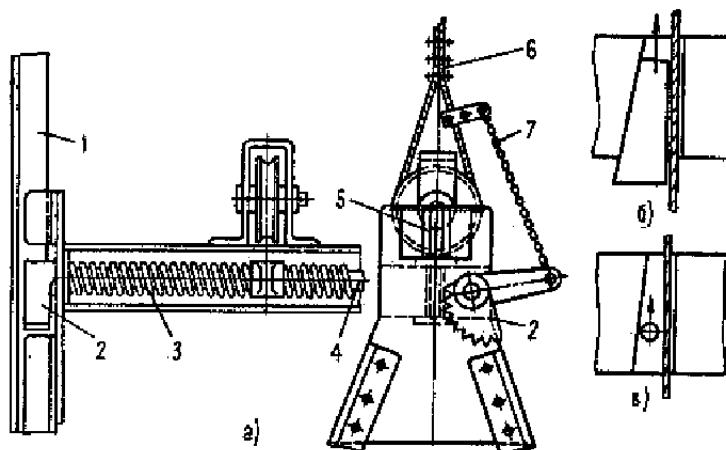


Рис. 77. Схемы действия самозаклинивающихся ловителей:
 а – эксцентрикового; б – клинового; в – роликового

Эксцентрикый ловитель (рис. 77) имеет эксцентрики 2, расположенные по обеим сторонам кабины на общей оси 4 и удерживаемые от поворота и соприкосновения с направляющей 1 гибкой тягой 7, соединенной с подъемным канатом 6. При ослаблении каната эксцентрики 2 под действием усилия пружины 3 поворачиваются и при контакте с направляющей 1 зажимают ее между эксцентриком и противоположной стороной направляющего башмака 5, останавливая кабину. Описанному принципу аналогичны действия роликовых и клиновых ловителей, также воздействующих на направляющую при ослаблении или обрыве подъемного каната. В этих ловителях угол клина относительно ригеля каркаса кабины выбирают таким, чтобы клин или ролик заклинивался при соприкосновении с упорной колодкой ригеля и направляющей.

Имеется много конструкций ловителей скользящего действия. В пассажирских лифтах с высокими скоростями движения часто применяют клещевые ловители (рис. 78), которые устанавливают на металлической раме кабины на оси 5 снизу кабины. На коротких плечах клещей с одной стороны направляющей 7 расположена самоустанавливающаяся тормозная колодка 3, а с другой стороны колодка 6, отличающаяся от тормозной тем, что между колодкой и направляющей 7 имеется зазор, в котором расположен клин 2. Для уменьшения трения при передвижении клина по колодке 6 применена роликовая обойма 1. Между длинными плечами клещей расположена предварительно сжатая пружина 4. При перемещении клина 2 вверх относительно клиновой колодки 6 происходит заклинивание направляющей 7, при этом под действием клина короткие плечи захвата расходятся, а длинные плечи сближаются, сжимая пружину 4. Увеличение усилия зажатия направляющей 7 происходит до того момента, когда колодка 3 вместе с кабиной переместится относительно клина 2, удерживаемого силами трения на направляющей 7, до упора на клине 2. Наибольшее усилие сжатия направляющей определяется установленным усилием сжатой пружины 4. Если к моменту достижения колодкой упора на клине кабина еще не остановится, то с этим наибольшим усилием клещевой ловитель перемещается по направляющей до полной остановки кабины.

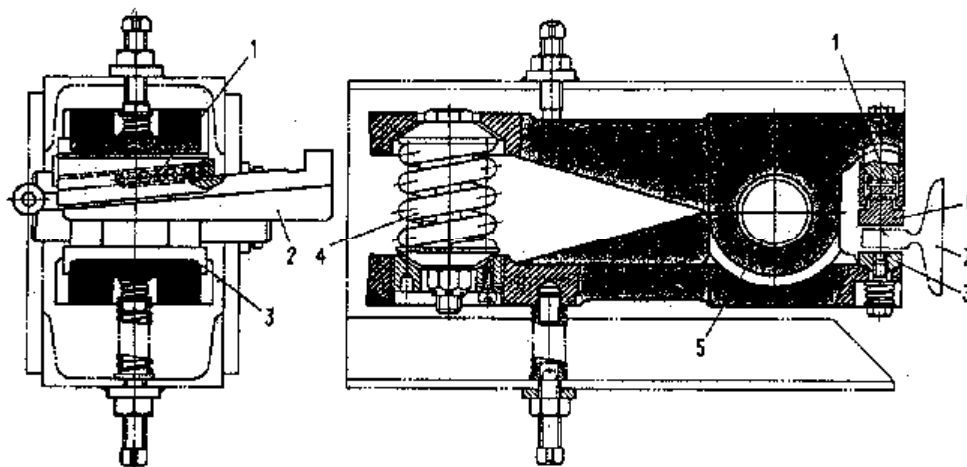


Рис. 78. Клещевой ловитель

Максимальное замедление, создаваемое ловителями, не должно превышать 25 м/с^2 . Допускается превышение этого значения, если период действия по-

вышенного замедления длится не более 0,04 с. Путь торможения кабины, т.е. расстояние, проходимое кабиной от начала сжатия колодками направляющей до полной остановки кабины, задается нормами Госгортехнадзора в зависимости от номинальной скорости движения. Ловитель вступает в действие после срабатывания ограничителя скорости.

Ограничитель скорости (рис. 79) имеет бесконечный канат 4, огибающий блок 5 ограничителя скорости и натяжной блок 1, и соединенный зажимом 7 с рычагом, 9, ось вращения которого закреплена на кабине 12. При движении кабины с номинальной скоростью зажим 7 увлекает за собой канат 4, заставляя вращаться с определенной скоростью механизм ограничителя скорости. При превышении скорости кабины (или противовеса, если ловитель установлен для остановки противовеса) сверх номинальной срабатывает зажимное устройство 6, зажимающее канат 4 и останавливающее его движение, а так как кабина продолжает опускаться, зажим 7, останавливаясь, поворачивает рычаг 9 по часовой стрелке. При этом через систему рычагов и тяг клинья ловителей 3 и 10 поднимаются вверх, заклинивая направляющие 2 и 11 и останавливая кабину. В исходном положении рычаг 9 удерживается от поворота пружиной 8. Стопорение каната 4 зажимающим устройством 6 происходит, если скорость опускания кабины превысит номинальную скорость передвижения не менее чем на 15% и не более чем на 40% для лифтов с номинальной скоростью до 1,4 м/с включительно, не более чем на 33% для лифтов с номинальной скоростью свыше 1,4 и до 4 м/с включительно, не более чем на 25% для лифтов с номинальной скоростью более 4 м/с. У лифтов с номинальной скоростью до 0,5 м/с допускается приведение в действие ловителей при скорости не более 0,7 м/с.

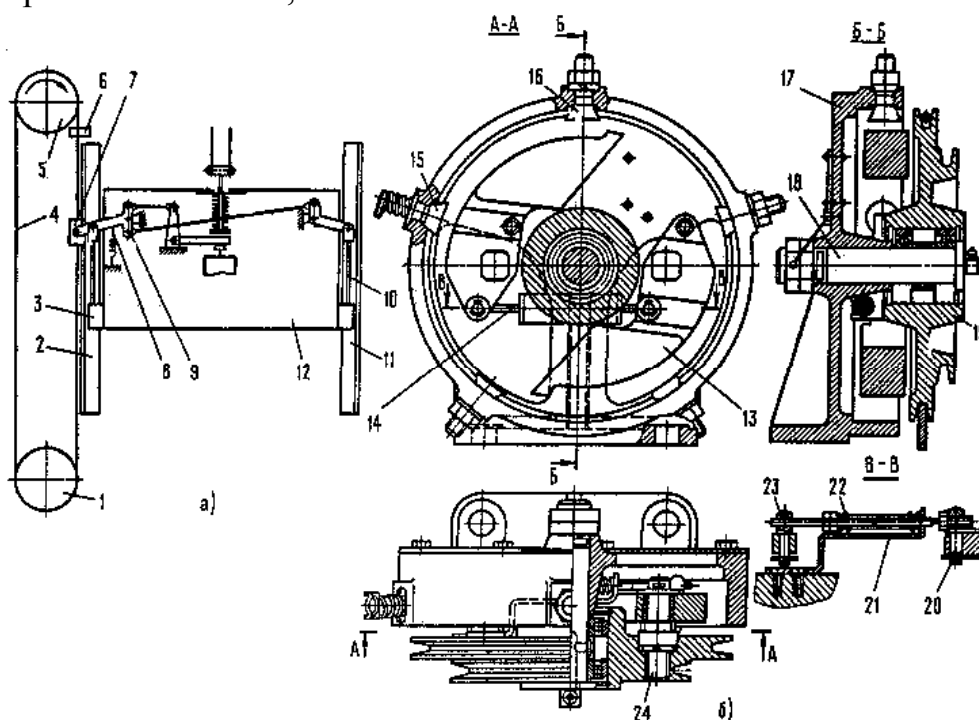


Рис. 79. Установка ограничителя скорости: а – схема совместной работы ограничителя скорости и ловителей; б – ограничитель скорости

Действие ограничителя скорости (рис. 79, б), входящего в схему системы ловителей, основано на использовании центробежных сил специальных грузов 13.

Ограничитель скорости имеет корпус 17, жестко закрепляемый и устанавливаемый в машинном отделении (см. поз. 3, рис. 9). На неподвижной оси 18 на подшипниках качения установлен шкив 19, имеющий два ручья разного диаметра для каната (ручей меньшего диаметра предназначен для инспекторской проверки действия ограничителя и ловителей). Со шкивом 19 соединены оси 24, на которых расположены центробежные грузы 13, соединенные между собой тягой 14, позволяющей регулировать расстояние между пальцами 20 и 23. На поверхности шкива 19 со стороны грузов закреплен держатель 21, между концом которого и гайками тяги 14 расположена предварительно сжатая пружина 22. Тяга 14 соединяет грузы 13 так, что усилие пружины 22 притягивает грузы к оси вращения шкива.

В корпусе 17 закреплены упоры 16, образующие выступы на внутренней цилиндрической поверхности корпуса. При перемещении каната 4 ограничителя вместе с кабиной 12 шкив 19 под действием сил трения между канатом и шкивом вращается со скоростью, соответствующей скорости каната, а следовательно, и скорости кабины. Вместе со шкивом вращаются и грузы 13. Возникающая центробежная сила стремится повернуть грузы на осях 24 в сторону корпуса 17, но этому движению грузов препятствует пружина 22. Если скорость кабины превысит допустимую, то усилия пружины 22 оказываются недостаточными, и грузы поворачиваются. При этом они зацепляются за упоры, и шкив останавливается, натягивая канат ограничителя, что приводит к срабатыванию рычажной системы ловителя и захвату направляющих кабины клещами ловителя. Для проверки надежности сцепления каната со шкивом при движении кабины один из упоров 15 выполнен подвижным. При испытаниях он входит внутрь корпуса до соприкосновения с центробежными грузами при номинальной скорости движения кабины.

Для ограничения хода кабин лифтов в прямых шахтах размещают жесткие упоры или упругие буфера (пружинные или гидравлические), рассчитанные на остановку кабины с нагрузкой, на 10% превышающей номинальную грузоподъемность, движущейся со скоростью, допускаемой предохранительными устройствами. Согласно нормам Госгортехнадзора максимальное замедление при посадке кабины, а также противовеса на ловитель или буфер не должно превышать 25 м/с^2 .

Двери шахт и кабин должны иметь блокировку, исключающую возможность движения кабины при открытых дверях и позволяющую открывать двери только при полном совпадении уровней пола кабины и выходной площадки.

Устройства безопасности механизмов передвижения. Для ограничения хода крановых тележек и мостов кранов применяют упоры, устанавливаемые на концах пути, а тележки и мосты снабжают упругими буферами (деревянными, резиновыми, пружинными, фрикционными или гидравлическими устройствами), смягчающими удары при наездах на упоры. На рис. 80, а показана конструкция пружинного буфера большой энергоемкости, устанавливаемого на тяжелых кранах. Этот буфер имеет шесть пружин (три внутренних и три наружных); направление навивки каждой пары пружин должно быть встречным, чтобы устранить влияние закручивания торцов пружин при их нагружении. В пружинных буферах большая часть кинетической энергии удара переходит в потенциальную энергию сжатия пружины. Поэтому работа такого буфера сопровождается отдачей, что яв-

ляется нежелательным явлением. Кроме того, при необходимости поглощения большого запаса кинетической энергии пружинные буфера очень громоздки.

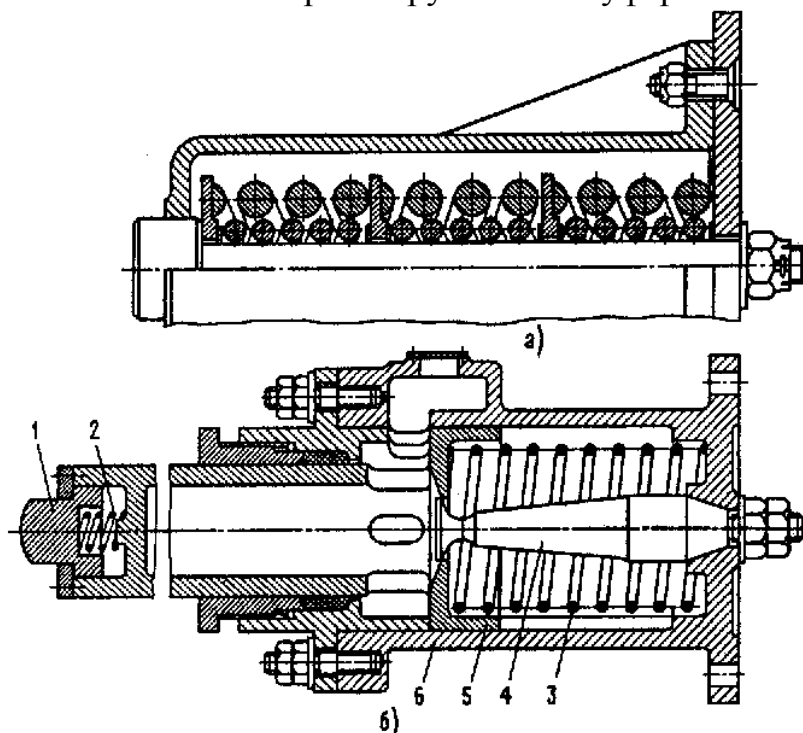


Рис. 80. Буфер: а – пружинный; б - гидравлический

Более рациональными, но имеющими большую стоимость, являются гидравлические буфера, воспринимающие значительно большую энергию удара и не создающие отдачи. Энергия удара в этих буферах расходуется на подачу рабочей жидкости через кольцевой зазор между отверстием в дне поршня и штоком (рис. 80, б) и почти целиком переходит в тепловую энергию. Конструкция гидравлических буферов значительно компактнее пружинных. Они состоят из корпуса 6, пустотелого поршня 5, штока 4, возвратной пружины 3, наконечника 1 и ускорительной пружины 2. Рабочая жидкость заполняет внутреннюю часть пустотелого поршня и при осадке буфера протекает через отверстие в дне поршня.

Так как шток 4 имеет переменное сечение, площадь кольцевого зазора между дном поршня и штоком изменяется, вследствие чего изменяется и сопротивление передвижению поршня. Соответствующим подбором сечения поршня можно обеспечить постоянное замедление крана при его ударе об упор. Наличие ускорительной пружины 2 приводит к плавному нарастанию скорости движения поршня. Энергоемкость буфера определяется из условия поглощения буфером кинетической энергии крана или тележки (при гибком подвесе груза – при работе без груза, при жестком подвесе – с грузом номинальной массы), движущихся со скоростью, равной половине номинальной скорости. При этом замедление не должно превышать 4 м/с^2 .

Если скорость передвижения тележки или моста превышает 32 м/мин, то требуется установить концевые выключатели, обеспечивающие автоматическую остановку механизма и предупреждающие наезд крана или тележки с большой скоростью на концевые упоры.

Механизмы передвижения башенных, порталных и козловых кранов, а также перегрузочных мостов должны иметь концевые выключатели независимо от скорости передвижения крана. Концевой выключатель устанавливают таким образом, чтобы в момент выключения тока расстояние до упора составляло не менее половины пути торможения, а у башенных, порталных, козловых кранов и перегрузочных мостов – не менее полного пути торможения. После остановки механизма концевым выключателем должна быть обеспечена возможность движения механизма только в обратном направлении. В последнее время вместо пружинных или гидравлических буферов все большее распространение получают специальные тупиковые устройства, принцип действия которых основан на использовании в конце рельсового пути плавного подъема рельса, вследствие чего кинетическая энергия движущегося крана или тележки преобразуется в потенциальную энергию подъема центра масс крана на некоторую высоту.

Противоугольные устройства устанавливают на работающих на открытом воздухе кранах и тележках, перемещающихся по рельсовым путям. Эти устройства можно не применять только в тех случаях, когда тормоза механизма передвижения обеспечивают удержание крана без груза при ветровой нагрузке на кран в нерабочем состоянии с коэффициентом запаса не менее 1,2. По принципу действия противоугольные устройства разделяют на стопорные устройства или фиксаторы, действие которых основано на том, что кран фиксируется с неподвижной опорой закладными пальцами, крюками или выдвижными упорами; на противоугольные устройства нажимного типа (остановы), действие которых основано на принципе создания трения между рельсом и специальным башмаком или заторможенным колесом, воспринимающим часть собственного веса крана; на клещевые захваты, действие которых основано на принципе непосредственного зажатия их рабочими поверхностями головки подкранового рельса.

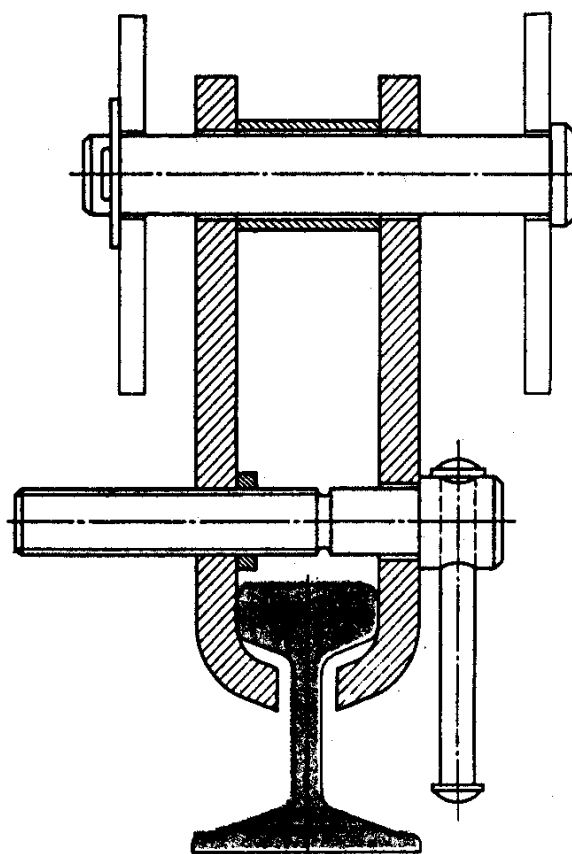


Рис. 81. Ручной противоугонный захват

По принципу приведения в действие захваты можно разделить на ручные и механические (автоматические и полуавтоматические). Для мостовых кранов рекомендуется применять ручные противоугонные клещевые захваты, устанавливаемые с обеих сторон моста крана (рис. 81). В перегрузочных мостах применяют клещевые противоугонные захваты с грузовым клином или винтовые с механическим приводом управления клещами из кабины крановщика или автоматического действия. Эти устройства должны быть заблокированы с механизмом передвижения так, чтобы захваты открывались перед началом движения и замыкались после остановки крана.

В клещевом противоугонном захвате (рис. 82) вал электродвигателя 1, включенного параллельно двигателю механизма передвижения, соединен рычагами 2 с центробежными грузами. Эти рычаги соединены с валиком, установленным в подшипниковом стакане 3, имеющем возможность перемещения в вертикальных направляющих рамы захвата. К стакану прикреплен клин 4, соединенный с траверсой 5, находящейся под воздействием усилий сжатых пружин 6. К боковым поверхностям клина 4 вспомогательными пружинами поджимаются ролики верхних плеч рычагов 7. При включении привода механизма передвижения включается и двигатель 1 противоугонных захватов, вращающий рычаги 2 с грузами. Под действием возникающих центробежных сил грузы расходятся, а клин 4 поднимается, сжимая пружины 6. Под действием вспомогательных пружин верхние концы рычагов 7 сближаются, а нижние концы, несущие закаленные губки 8, расходятся, освобождая рельс. При выключении тока вращение рычагов 2 прекращается, клин 4 опускается, и под действием веса клина и усилий пружин 6 губки 8 захватывают головку рельса, препятствуя движению крана. Согласно Правилам

Госгортехнадзора противоугонные захваты с механическим приводом должны быть оборудованы дополнительным устройством для приведения их в действие вручную.

Для подачи звукового или светового сигнала об опасной для работы крана скорости ветра башенные, порталные, кабельные краны и мостовые перегружатели снабжают анемометрами. При возникновении опасной скорости ветра, превышающей 15 м/с, подъем клина захвата, освобождение рельсов и включение механизмов крана не допускаются.

Коэффициент запаса k , равный отношению удерживаемого усилия, развиваемого противоугонным устройством крана, к усилию сопротивления ветровой нагрузки на кран в нерабочем состоянии и усилию сопротивления перемещению при уклоне пути, должен быть не менее 1,2.

Усилие сопротивления ветровой нагрузки

$$P_y = W_{в.н.} - W + W_{укл.},$$

где $W_{в.н.}$ – ветровая нагрузка на кран в нерабочем состоянии, определяемая по рекомендациям ГОСТ 1451-77;

W – усилие сопротивления передвижению при работе крана без груза, определяемое при коэффициенте реборд $K_p=1$;

$W_{укл.}$ – усилие сопротивления перемещению при уклоне подкрановых путей, $W_{укл.}=\alpha G$ (здесь α – наклон крановых путей).

При равномерном распределении нагрузки между захватами усилие нажатия плоских рабочих поверхностей клещевых захватов на головку рельса (рис. 82)

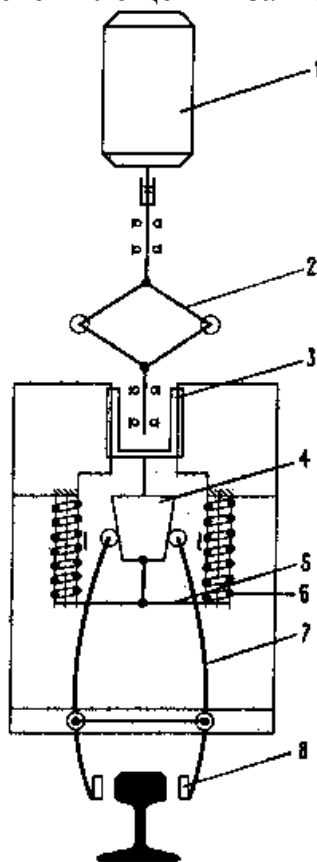


Рис. 82. Схема противоугонного клещевого захвата

$$N = \frac{P_y k}{(2zf)}$$

где P_y – общее усилие угона крана;

z – число захватов на кране;

f – коэффициент трения рабочей поверхности захватов о головку рельса, принимаемый по данным табл. 3.

Таблица 3

Значение коэффициента трения f

Поверхность трения	Материал элемента	Твердость	f
Насечка острая	Сталь 65, 60С2, У8А, У10А	HRC \geq 56	0,3
Насечка притупленная			0,18
Без насечки	Сталь Ст3, Ст5, 45	HRC \leq 360	0,15

Имеющиеся на кране тормозные устройства должны быть проверены на усилие, удерживающее кран без груза от угона при действии ветровой нагрузки в рабочем состоянии при коэффициенте запаса торможения k_1 не менее 1,15. В этом случае тормозной момент, развиваемый тормозом, должен быть не менее

$$M_T = k_1 \frac{D_{x.k.} \eta_m}{2z_1 u_m} (W_{в.р.} + W_{укл} - W),$$

где $W_{в.р.}$ – предельная ветровая нагрузка на кран в рабочем состоянии;

z_1 – число тормозов на механизме передвижения.

По правилам Госгортехнадзора перегрузочные краны и козловые краны с отдельным приводом механизма передвижения при пролете более 40 м должны быть снабжены **ограничителями перекоса** автоматического действия, предотвращающими чрезмерно большие перекосы, которые могут возникнуть при нарушении нормальной работы механизма передвижения. При возникновении опасного перекоса эти устройства или останавливают кран, или снижают скорость движения «забежавшей» опоры, или увеличивают скорость «отставшей» опоры. Принцип действия ограничителей перекоса основан на измерении разности пути, пройденного приводными колесами обеих опор крана, или на измерении деформации металлоконструкции крана при «забеге» одной из опор.

При работе нескольких кранов на одних путях во избежание их столкновения используют излучатель, установленный на одном из кранов. При определенном сближении кранов луч от излучателя попадает на приемник фотоэлемента, установленного на другом кране. При этом в фотоэлементе возникает ток, воздействующий на цепь управления механизмами передвижения кранов, что вызывает выключение двигателей и торможение кранов. Аналогичные устройства применяют с использованием электромагнитных излучателей.

Для определения уклона рабочей площадки и проверки точности установки крана на выносных опорах стреловые, самоходные и прицепные краны (за исключением работающих на рельсовых путях) снабжают указателями угла наклона крана - **креномерами**. На кранах, имеющих не огражденные троллейные провода, установленные на кранах, должны быть предусмотрены приспособления (выклю-

чатели), автоматически отключающие троллеи при выходе обслуживающего персонала на прилегающие к ним галереи, лестницы, площадки.

§3. Устойчивость кранов против опрокидывания

Передвижные поворотные краны должны обладать достаточной устойчивостью во избежание опрокидывания. Расчет устойчивости стреловых и порталных кранов производят согласно п. 34 Правил Госгортехнадзора [19], а расчет устойчивости башенных кранов – в соответствии с ГОСТ 13994-81. Условия устойчивости кранов определяются соотношением значений удерживающего и опрокидывающего моментов, действующих относительно ребра опрокидывания крана, т.е. линии опорного контура, относительно которого происходит опрокидывание крана. Проверку кранов на устойчивость производят при действии груза (грузовая устойчивость) и при отсутствии груза (собственная устойчивость) в условиях, когда действующие на кран нагрузки имеют наиболее неблагоприятное сочетание в отношении опрокидывания крана. Краны башенные строительные, кроме того, должны быть проверены на устойчивость при внезапном снятии нагрузки на крюке и процессе проведения монтажа и демонтажа.

Коэффициентом грузовой устойчивости называют отношение момента относительно ребра опрокидывания, создаваемого весом всех частей крана с учетом дополнительных нагрузок (ветровой нагрузки, инерционных сил, возникающих при пуске или торможении механизмов подъема груза, поворота и передвижения крана), а также усилием, возникающим от наибольшего допустимого при работе крана уклона местности или пути, к моменту от веса груза относительно ребра опрокидывания.

Коэффициентом собственной устойчивости крана называют отношение момента, создаваемого весом всех частей крана с учетом уклона пути в сторону опрокидывания относительно ребра опрокидывания, к моменту, создаваемому ветровой нагрузкой в нерабочем состоянии машины относительно того же ребра опрокидывания. Согласно Правилам Госгортехнадзора значения коэффициентов грузовой и собственной устойчивости должны быть не менее 1,15. Определение числовых значений коэффициентов устойчивости производят без учета действия рельсовых захватов, повышающих устойчивость крана.

Устойчивость крана необходимо обеспечить при продольном и поперечном расположении стрелы относительно подкранового пути. Так как в большинстве случаев у передвижных кранов колея меньше базы, обычно более опасным, а следовательно, и расчетным случаем является поперечное положение стрелы относительно пути. Кроме того, грузовую устойчивость крана, согласно Правилам Госгортехнадзора, проверяют при направлении стрелы под углом 45° к направлению движения с учетом дополнительных касательных сил инерции.

При проверке грузовой устойчивости рассматривают положение крана с грузом, находящимся на максимальном вылете. При этом уклон местности и ветровую нагрузку принимают такими, чтобы они способствовали опрокидыванию крана (рис. 83, а).

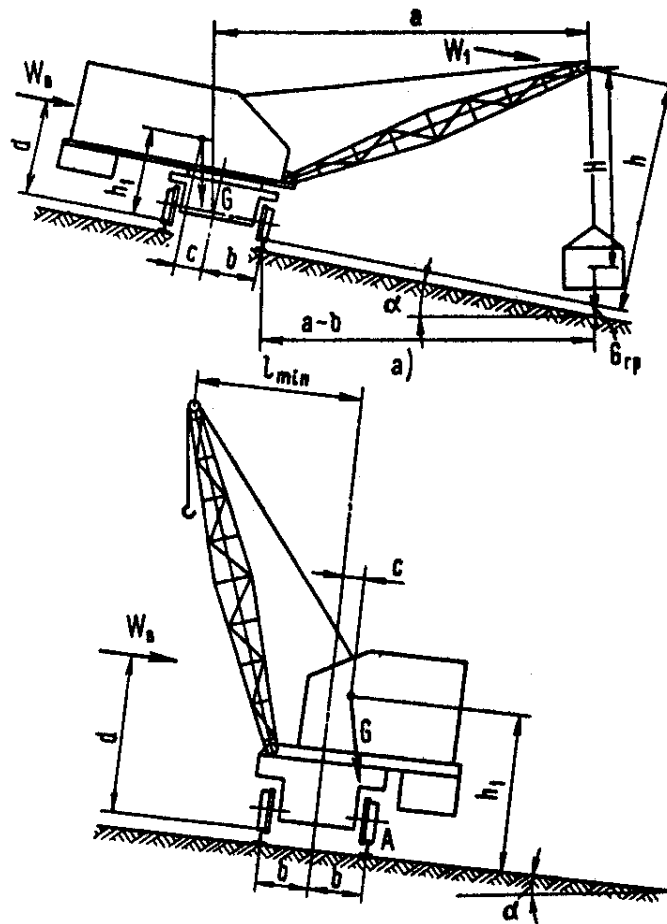


Рис. 83. Схема к определению устойчивости крана: а – грузовой; б - собственной

Кoeffициент грузовой устойчивости определяют по формуле

$$k_1 = \frac{M_G - \sum M_{ин} - M_v}{M_{гр}} \geq 1,15,$$

где $M_{гр}$ – момент, создаваемый весом груза номинальной массы относительно ребра опрокидывания;

M_G – момент, создаваемый весом частей крана и противовеса относительно ребра опрокидывания с учетом возможного уклона пути крана;

M_v – момент, создаваемый ветровой нагрузкой в рабочем состоянии машины, действующей перпендикулярно ребру опрокидывания и параллельно плоскости, на которой установлен кран, на наветренную площадь крана и груза;

$\sum M_{ин}$ – суммарный момент от сил инерции элементов крана и груза, возникающих при пуске и торможении механизмов крана, с учетом влияния центробежной силы при вращении крана.

При определении суммарного момента от сил инерции следует учитывать возможность совмещения операций подъема или опускания груза с поворотом крана. Если кран используют для перемещения с грузом на крюке и при этом возможно совмещение операций подъема груза, поворота и передвижения крана, то производят проверку грузовой устойчивости крана в направлении его движения. При этом учитывают опрокидывающий момент от сил инерции, возникающих в периоды разгона и торможения механизма передвижения крана. Влияние крана

крана и сил инерции на его устойчивость повышается с увеличением высоты расположения центра масс крана и противовеса и уменьшением размера колеи. Если наличие баков для горючего и воды, бункеров для топлива уменьшает устойчивость крана, то баки и бункера следует предельно заполнить. Если эти элементы увеличивают устойчивость, то при расчете принимают их минимальную массу. Массу нижних ветвей гусеничных лент и других элементов при расчете на устойчивость не учитывают.

Для увеличения устойчивости и уменьшения массы противовеса краны с переменным вылетом иногда снабжают подвижным стреловым противовесом, связанным со стрелой крана и изменяющим положение при изменении вылета стрелы. Массу подвижного противовеса выбирают из условия уравнивания стрелы, что уменьшает нагрузку на механизм изменения вылета и способствует уравниванию поворотной части крана. Правила Госгортехнадзора требуют также определять значения коэффициента грузовой устойчивости без учета дополнительных нагрузок и уклона пути. При этом под коэффициентом грузовой устойчивости следует понимать отношение момента M'_G , создаваемого массой элементов крана и противовеса относительно ребра опрокидывания, определенного без учета уклона пути, к моменту $M_{гр}$. Значение коэффициента устойчивости в этом случае должно быть не менее 1,4, т.е.

$$k'_1 = \frac{M'_G}{M_{гр}} \geq 1,4.$$

При проверке **собственной устойчивости** (рис. 147, б) кран рассматривают при минимальном вылете стрелы, отсутствии груза, наличии крена в сторону противовеса, при ветровой нагрузке на кран в нерабочем состоянии, действующей в сторону опрокидывания.

Определение значения коэффициента собственной устойчивости производят по формуле

$$k_2 = \frac{M'_G}{M'_в} \geq 1,15.$$

где $M'_в$ – момент от ветровой нагрузки на кран в нерабочем состоянии, действующей на наветренную площадь крана перпендикулярно ребру опрокидывания (точка А) и параллельно плоскости, на которой установлен кран.

При проверке собственной устойчивости крана влияние дополнительных опор и стабилизаторов не учитывается.

10. Транспортирующие машины

Общие сведения

Транспортирующие машины (конвейеры) относятся к машинам непрерывного транспорта, предназначенным для перемещения насыпных и штучных грузов непрерывным потоком.

МНТ могут распределять перемещаемый по заданной трассе груз по назначенным пунктам, промежуточным складам, обеспечивая при этом необходимый ритм производственных процессов.

Основной характеристикой конвейеров являются производительность – объемная V , м³/ч, массовая – Q , т/ч и штучная z , шт/час. Объемная и массовая производительность связаны между собой зависимостью

$$Q = gV,$$

где g – объемная или насыпная плотность, т/м³.

В зависимости от однородности различают насыпные грузы рядовые и сортировочные. Рядовым считается груз, у которого максимальный и минимальный размер кусков будет

$$\frac{a_{\max}}{a_{\min}} > 2,5.$$

Сортированным называется груз, у которого

$$\frac{a_{\max}}{a_{\min}} < 2,5.$$

Сортированный груз характеризуется средним размером

$$a_{cp} = \frac{(a_{\max} + a_{\min})}{2}.$$

Производительность конвейера определяется:

$$V = 3600 A v. \quad Q = 3600 A v \rho. \quad z = 3600 v / t.$$

где A – площадь поперечного сечения потока груза;

v – скорость перемещения груза;

t – раскрытие между единичными грузами.

Сечение свободно насыпного груза определяется шириной ленты и углом естественного откоса α в соответствии покоя. При движении груза угол естественного откоса уменьшается. При массе груза $m = G/g$ и распределенной линейной массе $g = m/t$ имеем

$$Q = \frac{3600 m v}{1000 t} = 3,6 q v,$$

Отсюда $q = \frac{Q}{3,6 v}.$

Массовая производительность связана со штучной зависимостью

$$Q = \frac{m z}{1000}.$$

Производительность наклонных конвейеров определяется по формуле

$$Q = 3600kAv\rho,$$

где k – коэффициент, учитывающий рассыпание груза по наклонной плоскости.

Транспортирующие машины можно разделить на две группы: с гибким тяговым элементом (лента, цепь, канат) и без гибкого тягового элемента. К МНТ первой группы могут быть отнесены ленточные, ленточноканатные, ленточноцепные, пластинчатые, скребковые, подвесные, толкающие, ковшовые, эскалаторы и элеваторы. К машинам второй группы относятся качающиеся, инерционные роликовые, винтовые, вибрационные, пневматические и гидравлические конвейеры, гравитационные устройства.

§1. Ленточные конвейеры

Являются наиболее распространенными конвейерами. На расстояниях до 100 км применение ленточных конвейеров экономичнее чем использование железнодорожного и автомобильного транспорта. Ленточные конвейеры отличаются высокой производительностью (до 30-40 тыс. тонн в час), простотой конструкции, малой удельной массой, надежностью, небольшим расходом энергии, возможностью перемещения грузов с большими скоростями.

К недостаткам конвейеров следует отнести относительно малую долговечность ленты, ограниченный диапазон температур ($-60 \div +120$ °С), а также пылеобразование при транспортировании сыпучих грузов.

Ленточные конвейеры (рис. 84) имеют тяговый элемент 7, выполненный в виде бесконечной ленты, являющейся одновременно-несущим элементом конвейера, привод 14, приводящий в движение приводной барабан 15, натяжное устройство 2 с натяжным барабаном 3 и натяжным грузом 1, роlikоопоры 6 на рабочей ветви ленты и роlikоопоры 5 на холостой ветви ленты, отклоняющий барабан 8, загрузочное устройство 4 и разгрузочные устройства 9 и 10, разгрузочный желоб 11 и устройство для очистки ленты 12. Все элементы конвейера смонтированы на металлической конструкции.

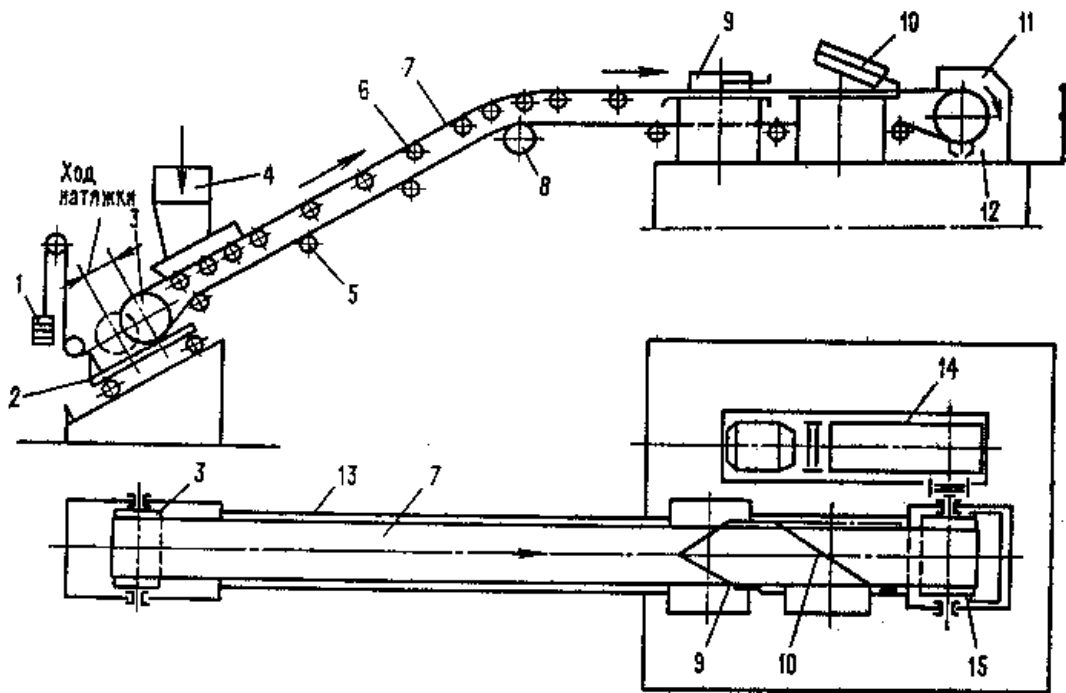


Рис. 84. Схема стационарного наклонно-горизонтального ленточного конвейера

По конструкции и назначению различают ленточные конвейеры общего назначения (ГОСТ 22644-77 и ГОСТ 22647—77) и специальные.

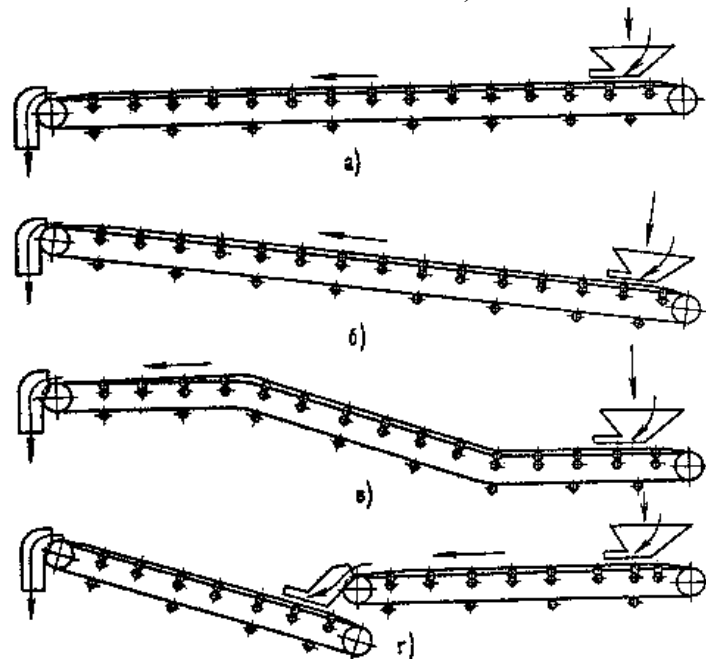


Рис. 85. Схема конвейеров: а – горизонтальный; б – наклонный; в – комбинированный; г – комбинированный с разгрузочной тележкой

По конструкции полотна конвейера, опорных ходовых устройств и передаче тягового усилия различают ленточные конвейеры, в которых лента является грузонесущим и тяговым элементом (основной тип), и конвейеры, в которых лента служит только грузонесущим элементом, а тяговым элементом являются два каната или цепи (ленточно-канатные и ленточно-цепные).

По профилю трассы ленточные конвейеры разделяют на горизонтальные (рис. 85, а), наклонные (рис. 85, б) и комбинированные: горизонтально-наклонные

с двумя перегибами (рис. 85, в) и состоящие из горизонтального и наклонного конвейеров (рис. 85, г).

Ленточные конвейеры общего назначения с резиноканевой лентой

Основными элементами ленточных конвейеров являются лента, барабаны, поддерживающие роlikоопоры, натяжные устройства, привод, загрузочные и разгрузочные устройства.

Лента. В ленточных конвейерах ленту используют в качестве грузонесущего элемента, осуществляя одновременно тяговую связь между барабанами конвейера. Лента должна иметь высокую прочность, эластичность (гибкость) в продольном (на барабанах) и поперечном (на желобчатых опорах) направлениях, высокую износостойкость на истирание рабочих поверхностей, хорошую сопротивляемость расслаиванию при многократных перегибах, небольшие упругие и остаточные удлинения, малую гигроскопичность, а также стойкость против физико-химического воздействия грузов и окружающей среды.

В конвейерах применяют **резиноканевые, резиноканевые и стальные** ленты.

Наибольшее распространение находят **резиноканевые ленты** (ГОСТ 20-76), состоящие из резиноканевого послойного тягового каркаса и наружных резиновых обкладок (рис. 86, а), предохраняющих каркас от механических повреждений и от воздействия влаги, газов, агрессивных сред. В зависимости от условий эксплуатации и назначения ленты разделяют на следующие виды: общего назначения, морозостойкие, теплостойкие, повышенной теплостойкости, пищевые и негорючие. В зависимости от вида ленты установлены следующие диапазоны температур окружающей среды: для лент общего назначения от -45 до $+60$ °С, для теплостойких не более $+100$ °С, для повышенной теплостойкости не более $+200$ °С.

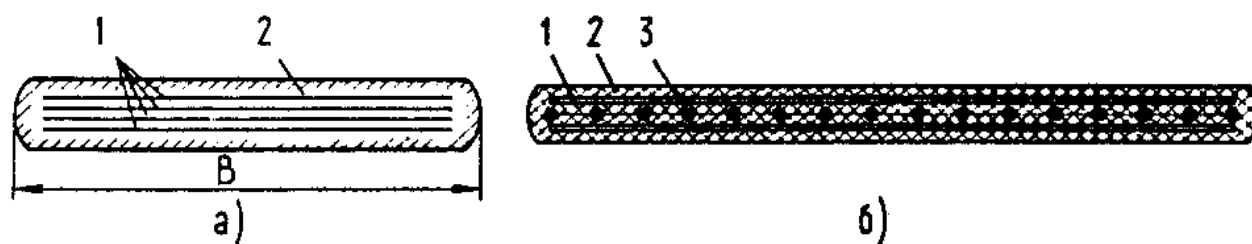


Рис. 86. Конвейерная лента: а – резиноканевая; б – резиноканевая;
1 – тканевая прокладка; 2 – резиновая обкладка; 3 – стальной канат

Конвейерные ленты, согласно ГОСТ 20–76, имеют ширину от 100 до 3000 мм, число тяговых тканевых прокладок 1...8. В настоящее время выпускаются ленты шириной до 2000 мм. Максимальное допустимое число прокладок, ограничивается размерами диаметров барабанов, повышенной жесткостью ленты при большом числе прокладок, усложнением образования желоба ленты на роlikоопорах и барабанах. Возможности применения более широких лент ограничиваются сложностью обеспечения размерного распределения натяжения ленты по ширине. Толщина наружных резиновых обкладок в зависимости от вида ленты и вида транспортируемого груза составляет 1...3,5 мм и 1...10 мм соответственно для нерабо-

чей и рабочей стороны ленты. Толщина тканевых прокладок каркаса ленты принята 1,15...2 мм. Тканевые прокладки изготовляют из полиамидных или полиэфирных нитей или из комбинированных (полиэфирных и хлопчатобумажных) нитей. В зависимости от вида ткани каркаса соответственно изменяется номинальная прочность тканевой прокладки.

Учитывая сложность точного определения действительного напряжения в слоях резинотканевой конвейерной ленты при совместном действии растяжения и изгиба, расчет ведут только на растяжение по максимально допустимой (расчетной) рабочей нагрузке тяговой прокладки, устанавливаемой в соответствии с ГОСТ 20-76 в зависимости от среднего угла установки конвейера, вида ленты и числа тяговых прокладок каркаса (табл. 4).

Таблица 4

Максимально допустимая рабочая нагрузка [К] тяговой прокладки ленты в зависимости от номинальной прочности прокладки, Н/мм ширины

Лента	Угол установки конвейера по осям концевых барабанов, градусы	Число тяговых прокладок	Номинальная прочность прокладки K_{np} , Н/мм ширины					
			400	300	200	150	100	65
Общего назначения, морозостойкая пищевая негорючая	До 10	До 5	50	36	25	18	12	7
		Более 5	45	32	22	16	11	6
	Более 10	До 5	45	32	22	16	11	6
		Более 5	40	30	20	15	10	5,5
Теплостойкая	Любой	Любое	–	30	20	15	10	5,5
Повышенной теплостойкости	Любой	Любое	–	15	10	7,5	5	2,6

Максимально допустимое расчетное усилие растяжения резинотканевой ленты

$$T_{\max} = B[K]z,$$

где B – ширина ленты; z – число тканевых прокладок; $[K] = \frac{K_{np}}{n}$ – допустимая рабочая нагрузка тяговой прокладки ленты, Н/мм ширины; K_{np} – номинальная прочность на разрыв одной, прокладки, Н/мм ширины; $n = \frac{n_o}{(K_{н.р} K_{ст} K_m K)}$ – расчетное значение коэффициента запаса прочности ленты (здесь n_o – расчетное значение коэффициента запаса прочности, принимаемое при проверочных расчетах по максимальным пусковым нагрузкам равным 5 и при расчете по нагрузкам установившегося движения равным 7; $K_{н.р}$ – коэффициент неравномерности работы прокладок, зависящий от числа прокладок; $K_{ст}$ – коэффициент прочности стыкового соединения концов ленты, принимаемый в зависимости от вида соединения; $K_{ст} = 0,9 \div 9,85$ для вулканизированного стыкового соединения, $K_{ст} = 0,5$ при соединении концов ленты металлическими скобами и шарнирами; $K_{ст} = 0,4 \dots 0,3$ при соединении концов ленты внахлестку заклепками; K_T – коэффициент, учитывающий влияние конфигурации трассы конвейера; $K_T = 1$,

$K_T=0,9$ и $K_T=0,85$ соответственно для горизонтальной, наклонно-прямолинейной и сложного профиля (при наличии наклонного и горизонтального конвейеров) трассы; K_p – коэффициент режима работы; K_p для весьма легкого, легкого, среднего, тяжелого и весьма тяжелого режима работы соответственно равен 1,2; 1,1; 1; 0,95 и 0,85.

Коэффициент $K_{н,р}$ в зависимости от числа прокладок имеет следующие значения.

Число прокладок	3	4	5	6	7	8
Коэффициент $K_{н,р}$	0,95	0,9	0,88	0,85	0,82	0,8

При выборе типа ленты, толщины обкладок рабочей и нерабочей стороны следует учитывать физико-механические свойства груза (например, абразивность), а также условия эксплуатации конвейера.

Для увеличения производительности конвейеров применяют резинотканевую ленту, снабженную продольными резиновыми бортами высотой 60...300 мм. Во избежание повреждения бортов при огибании барабанов их выполняют гофрированными. Наличие бортов создает увеличенное сечение груза, располагаемого на ленте, и позволяет увеличить скорость транспортирования и угол наклона конвейера. Допускаемый угол наклона конвейера в этом случае благодаря боковому сжатию груза на 2–3° больше, чем у конвейера с обычной гладкой желобчатой лентой.

Для увеличения угла наклона конвейера находят применение так называемая рифленая резинотканевая лента.

Применение рифленых лент позволяет увеличить угол наклона конвейера на 10-12°. Максимальный угол наклона конвейера не превышает 35-40°.

Широкое применение находят резино-троссовые ленты со стальным канатами, завулканизированными между слоями ткани вдоль продольной оси ленты.

Соединение лент может быть разъемным и неразъемным. К неразъемным относятся соединения с помощью горячей и холодной вулканизации, а так же соединения с помощью заклепок. К разъемным относятся соединения на петлях, крючьях и болтах. Разъемные соединения применяют на передвижных и переносных конвейерах, а также при частом изменении длины конвейера.

Для обеспечения транспортирования груза при больших углах наклона применяют конвейеры с прижимной лентой и с трубчатой лентой.

Барабаны. Различают приводные, концевые, натяжные и отклоняющие барабаны. Диаметр барабана при использовании резинотканевой ленты

$$D_6 = k_1 k_2 z,$$

где z – число тканевых прокладок в ленте;

k_1 – коэффициент, учитывающий свойство ткани в ленте.

k_2 – коэффициент, учитывающий назначение барабана.

Выбранный барабан проверяют на давление ленты по формуле:

$$P = \frac{S_6 360}{\pi D B \alpha} \leq [P], \quad [P] = 0,2 - 0,3 \text{ МПа}$$

где S_6 – результирующее радиальное усилие на барабан;

α – угол обхвата лентой барабана.

Во избежании сбегания ленты с барабанов приводные и натяжные барабаны иногда выполняют бочкообразными. Длину барабана принимают

$$L = B + (150 \dots 200).$$

При необходимости повышения коэффициента трения поверхность приводного барабана футируют различными фрикционными материалами, чаще всего резиной с $f = 0,3 \div 0,45$. Крепление футировки к барабану осуществляется приклеиванием или вулканизацией.

Поддерживающие роликоопоры используют во избежании провисания ленты под действием собственного веса и груза. Ролики бывают легкого типа, с шариковыми подшипниками и тяжелого типа, с роликовыми подшипниками. По исполнению ролики подразделяются: на обрешиненные для транспортирования абразивных грузов; амортизирующие, выполненные из резиновых дисков с амортизирующей пружиной или пружинные; дисковые, предохраняющие ролики от налипания груза. Диаметры роликов выбирают в зависимости от ширины ленты, скорости движения и вида груза: 89, 108, 133, 159, 194 мм. Шаг установки роликов на рабочей ветви – $t_p = 1 - 1,5$ м; в зоне загрузки $t_p = 0,5$ м; на холостой ветви – $2t_p$.

Ленточные конвейеры могут иметь однобарабанный или двухбарабанный привод. В тяжелонагруженных конвейерах большой протяженности применяют многобарабанные приводы, установленные вдоль трассы конвейера. В приводах наклонных ленточных конвейеров применяют остановы и тормоза.

Согласно уравнению Эйлера $T_{наб} \leq T_{сб} e^{af}$. Наибольшее окружное усилие может быть определено:

$$F_{max} = T_{наб} - T_{сб} = T_{наб} \frac{e^{af} - 1}{e^{af}}.$$

$f = 0,2$ – для обычных барабанов;

$f = 0,28$ – для футированных барабанов.

Рекомендуется устанавливать привод по ходу движения ленты после участка с наибольшим сопротивлением или около места разгрузки. Для очистки ленты от налипающего груза применяют скребки и щетки.

Натяжные устройства предназначены для создания такого натяжения ленты, при котором обеспечивается необходимое сцепление ленты с приводным барабаном. Натяжение ленты осуществляется перемещением натяжного барабана. Натяжные устройства бывают винтовые, гидравлические и грузовые. В некоторых случаях натяжные устройства устанавливают около приводного барабана. Натяжное устройство следует располагать в месте, где лента имеет минимальное натяжение. Усилие создаваемое натяжным устройством должно быть равно сумме натяжений концов ленты на натяжном барабане при пуске плюс усилие, необходимое для передвижения сои барабана в направляющих. Коэффициент запаса натяжения равен $1,2 \dots 1,5$.

Ход натяжного устройства определяется по формуле

$$l_n = 0,01K\xi L,$$

где L – длина конвейера;

K – коэффициент, зависящий от угла наклона конвейера; $K=0,65\div 0,85$;

ξ – нормируемый показатель удлинения ленты $\xi=2\div 4\%$.

Загрузочное устройство предназначено для плавной подачи груза на движущуюся ленту со скоростью, равной скорости ленты. Загрузку сыпучих грузов проводят с помощью загрузочной воронки и лотка. Разгрузка конвейера осуществляется сбросом материала с концевой барабана или с помощью плуткового сбрасывателя.

Конвейеры с металлической лентой аналогичны конвейерам с резиновой лентой. Стальная лента может быть выполнена цельнокатаной или плетеной из проволоки. Цельнокатаные ленты изготавливают толщиной $0,6\div 12$ мм и шириной $350\div 1000$ мм.

Роликоопоры для стальной ленты выполняют из нескольких узких роликов диаметром 200 мм, или продольные деревянные или металлические брусья. Для образования желоба конвейеры снабжают стационарными бортами, что позволяет увеличить сечение груза. Для предотвращения повреждения кромок ленты ширину барабана принимают равной $0,8B$ – ширины ленты. В качестве натяжных устройств применяют грузовые натяжные устройства с ходом 250-500 мм.

Стальную цельнокатаную ленту рассчитывают на растяжение

$$\sigma_p = \frac{T}{B_{\delta}} \leq [\sigma_p]$$

где T – максимальное растягивающее усилие;

$[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение равное 25 МПа.

Допускаемое напряжение не должно быть менее 7 МПа, чтобы исключить большое провисание не 25 – 90 мм.

Для стальной ленты коэффициент трения по стальному барабану принимают равным $f=0,1$, для футированного резиной $f=0,27$. Скорость движения ленты около 1 м/с.

Плетенные ленты отличаются простотой конструкции, малой стоимостью, меньшей массой, однако имеют меньшую прочность и значительное удлинение (до 35%).

§2. Расчет ленточных конвейеров

1. Необходимая ширина ленты

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q_1}{K_n v \rho K_\beta}} + 0,05 \right)$$

где K_n – коэффициент площади поперечного сечения;

K_β – коэффициент уменьшения сечения груза.

Минимально допустимая ширина ленты в зависимости от размеров кусков груза: для рядового груза $B_{\min} = (2a_{\max} + 200)$ мм, для сортированного $B_{\min} = (3,3a_{\max} + 200)$ мм.

2. Скорость движения ленты выбирают с учетом не сдувания частиц груза и повреждения ленты кусками тяжелых грузов. В среднем скорость ленты при разгрузке на барабане не более 2 м/с, а при разгрузке плужковым разгрузателем 1÷1,6 м/с.
3. Мощность на валу двигателя приводного устройства определяется с учетом высоты H и подъема груза H длины конвейера L .

$$P_{\text{дв}} = \frac{Q}{360\eta_o} (H + C_o L),$$

где η_o – к.п.д. привода;

C_o – обобщенный коэффициент сопротивления.

Тяговое усилие на барабане будет равно:

$$F = \frac{1000P_{\text{дв}}}{v} = T_n - T_{\text{сб}}.$$

Максимальное T_n и минимальное $T_{\text{сб}}$ натяжение ленты определяется из формулы Эйлера.

Для определения сопротивления движения ленты на всей трассе конвейера и уточнения мощности привода проводят тяговый расчет.

Сопротивление на участках трассы разделяют на сопротивление распределенные по длине участка и сопротивления, сосредоточенные в определенных пунктах трассы – на барабанах, в местах погрузки и разгрузки, на очистных устройствах.

Усилие сопротивления группы роликов на горизонтальном участке конвейера равно:

$$F_p = [\sum G_p + (q + q_o)gl]c,$$

а на холостой ветви

$$F_x = [\sum G_p + q_o gl]c,$$

где $q = \frac{Q}{3,6v}$ – масса груза, приходящаяся на 1 м длины конвейера;

q_o – распределенная масса ленты;

l_o – длина участка.

C – коэффициент сопротивления движения ленты по роликоопорам.

Сопротивление на барабане складывается из сопротивления в подшипниках и жесткости ленты.

$$F_{\text{б}} = \varepsilon R,$$

где $\varepsilon=0,05\div 0,08$ для подшипников скольжения, $\varepsilon=0,02\div 0,04$ для подшипников качения.

Сопротивление в пункте загрузки конвейера будет равно:

$$F_z = \varphi \frac{Q}{3,6} (v - v_z),$$

где $\varphi=1,3\div 1,5$, коэффициент трения груза о направляющие;

v_T – скорость падающего груза.

Сопротивление в пункте разгрузки с помощью плужкового разгрузателя будет равно:

$$F_p = (27 \dots 36) qgB.$$

Сопротивление очистных устройств

$$F_{оч} = P_{оч} B,$$

где $P_{оч}$ – удельное сопротивление очистки $P_{оч} = 300 - 500 \frac{H}{м}$.

Полное сопротивление в конвейере и натяжение тягового органа в разных точках его контура можно определить методом обхода по контуру. Для этого всю трассу конвейера разбивают на определенные участки и определяют последовательно натяжение тягового элемента переходя от точки к точке (рис. 87).

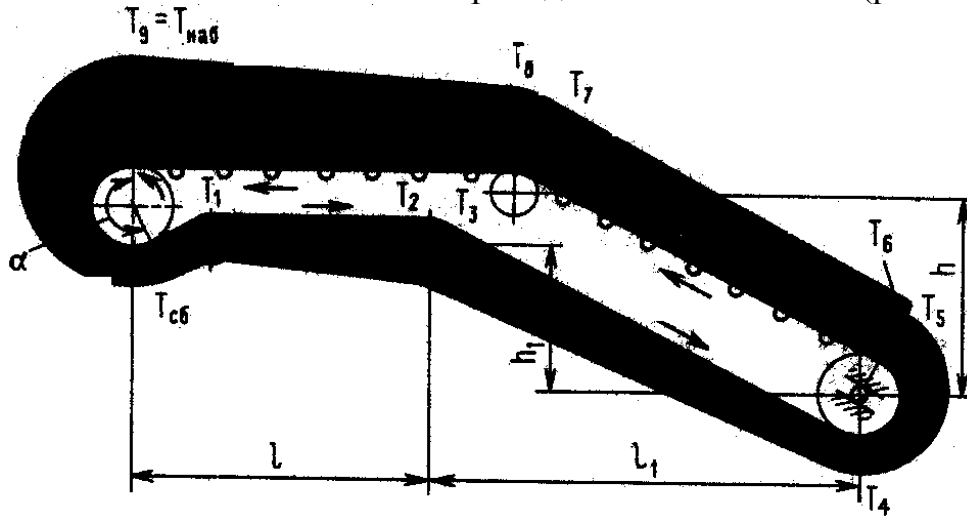


Рис. 87. Схема натяжения ленты

При этом учитывается, что натяжение тягового элемента суммируется при переходе от одной точке к другой.

Обход по контуру начинают с ветви сбегающей с тягового барабана.

$$\text{Натяжение: } T_1 = T_{сб} + F_{\delta}.$$

$$\text{Натяжение: } T_2 = T_1 + T_x; \quad T_3 = T_2 + F_{\delta}.$$

На наклонном участке натяжение уменьшается на составляющую веса ленты при разности высоты h_1

$$T_4 = T_3 + F_x - q_o g h_1, \quad T_5 = T_4 + F_{\delta}, \quad T_6 = T_5 + F_3.$$

$$T_7 = T_6 + F_p + (q + q_o) g h, \quad T_8 = T_7 + F_{\delta}, \quad T_{наб} = T_9 = T_8 + F_p''.$$

Последнее равенство решают совместно с уравнением Эйлера $T_{наб} = T_{сб} e^{f\alpha}$.

Наименьшее натяжение ленты на рабочей части конвейера должно быть меньше $y_{max} = (0,025 \dots 0,03) t$.

Исходя из этого минимальное допускаемое натяжение рабочей ветви будет равно

$$T_{max} = \frac{(q + q_o) t^2 g}{8 y_{max}},$$

Если фактическое натяжение меньше допускаемого, то проводят новый расчет, приняв минимальное натяжение. Расчет по контуру начинают с точки минимального натяжения рабочей ветви.

Далее определяют тяговое усилие F_o

$$F_o = T_{наб} - T_{сб} + F_{л}.$$

где $F_{л}$ – сопротивление жесткости ленты и трения в опорах барабана.

Наименьшее допускаемое натяжение, обеспечивающее сцепление ленты с приводным барабаном

$$T_{сб} = \frac{F_o K_{ном}}{e^{c\beta} - 1}.$$

Необходимая мощность электродвигателя:

$$P_{дв} = \frac{F_o v K_{ном}}{1000 W},$$

где $K_{пот}$ – коэффициент запаса, $K_{пот}=1,1 \dots 1,2$.

§3. Цепные конвейеры

В цепных конвейерах тяговым элементом являются цепи различного типа: пластинчатые, разборные, крючковые, вильчатые, круглозвенные (рис. 88).

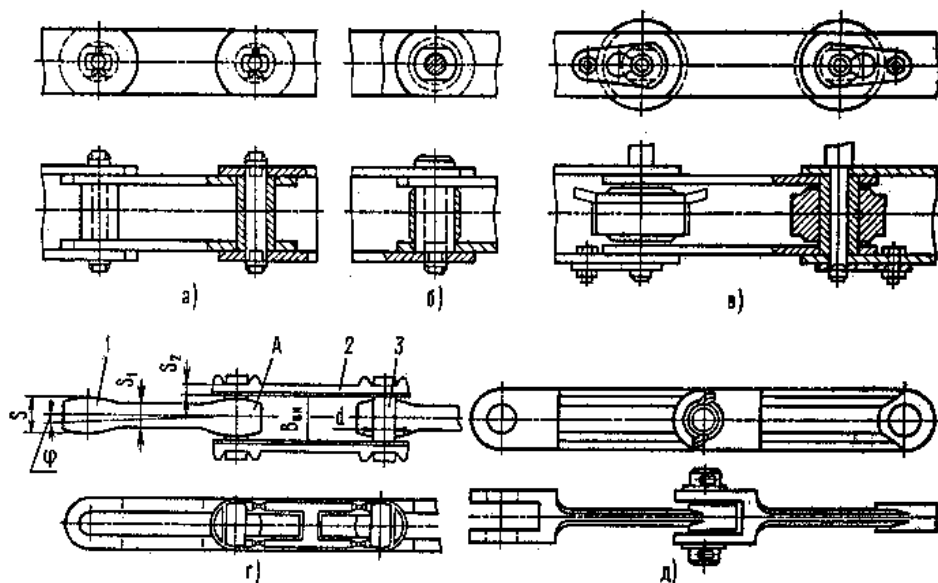


Рис. 88. Конвейерные цепи: а – безроликовая, б – роликовая, в – роликовая с катками, г – разборная, д - вильчатая

Цепные конвейеры применяются при высоких температурах, при транспортировке грубых и кусковых грузов, когда ленточные конвейеры применять нельзя. Цепь обеспечивает надежную передачу тягового усилия и имеет малое удлинение под нагрузкой. Недостатком цепного тягового элемента является наличие большого числа шарниров и их большой износ.

Обычно скорость цепного конвейера 0,6-1,0 м/с. Подбор цепи производят по коэффициенту запаса прочности n и относительной разрушающей нагрузки S_p

$$S_p \geq S_{\text{раб}} n.$$

При наличии двух цепей рабочее усилие натяжения определяют с учетом коэффициента неравномерности распределения нагрузки

$$S_{\text{раб}} = 1,1 \dots 1,25 S_{\text{расч}}.$$

Для пластинчатых цепей $n=5 \div 6$; для наклонных конвейеров $n=7 \div 10$; для разборных цепей $n=10 \div 15$; для сварных $n=15 \div 20$.

Для перемещения груза конвейеры снабжаются пластинами, ковшами, люльками, тележками и т.д.

Ковшовые конвейеры содержат две пластинчато-втулочные цепи с шарнирно подвешенными ковшами (рис. 89).

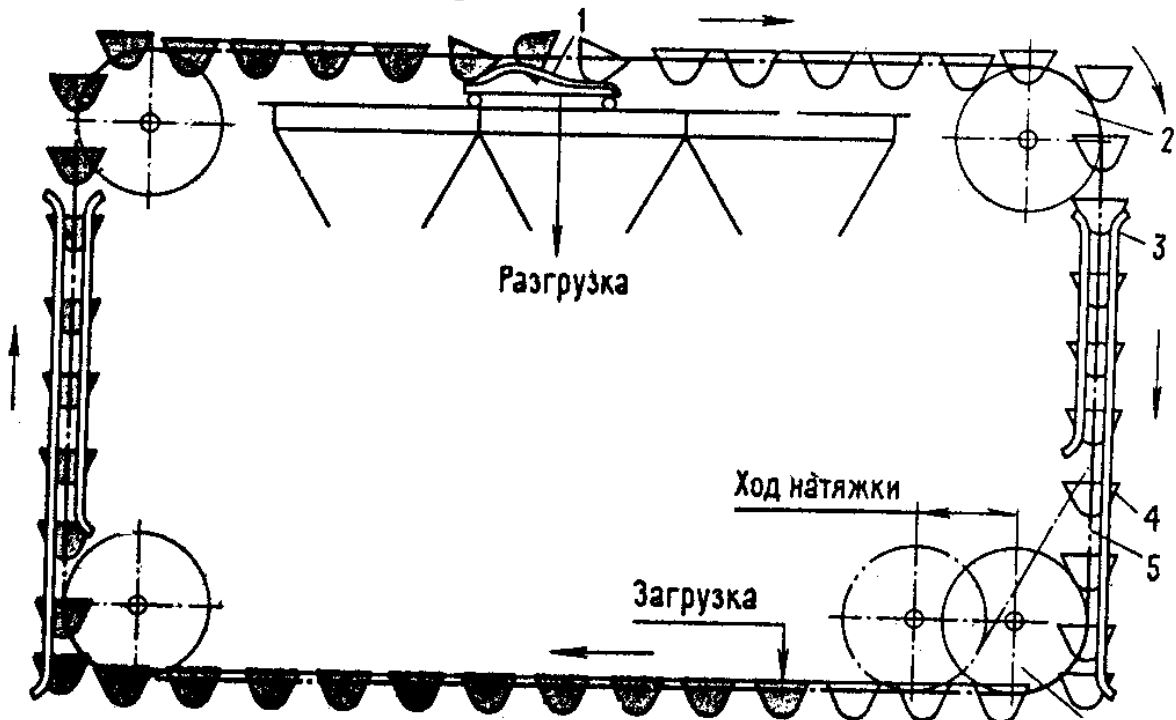


Рис. 89. Схема ковшового конвейера: 1 – Разгрузочное устройство; 2 – приводная звездочка; 3 – направляющие; 4 – ковши; 5 – тяговая цепь

Схема масс ковша расположен ниже точки подвеса, благодаря чему обеспечивается устойчивое положение ковша.

Преимущества: возможность транспортирования не только по горизонтали но и по вертикали, простота и удобство разгрузки ковша в любой точке трассы, транспортирование горячих грузов.

Недостатки: большая масса козовой части, высокая стоимость, раскачивание ковшей при $V=1,1$ м/с.

Производительность ковшовых конвейеров достигает 500 т/ч при скорости $V=0,15-0,4$ м/с. Ковши изготавливают из листовой стали толщиной $2 \div 6$ мм. Ширина ковшей составляет 400-1000 мм. По способу расположения ковшей бывают конвейеры с расставленными и сомкнутыми ковшами.

Для загрузки разомкнутых ковшей используют специальные дозирующие устройства в виде секторных затворов. Производительность ковшового конвейера

$$Q = 3,6 \frac{i\delta}{t} v\rho,$$

где i – вместительность ковша;

t – шаг подвески ковша;

δ – коэффициент заполнения ковша, $\delta=0,7\div 0,9$ – для сомкнутых ковшей; $\delta=0,75$ – для разомкнутых ковшей.

Разгрузка ковшей производится с помощью упоров. Вертикальный ковшовый конвейер называется элеватором.

Пластинчатые цепные конвейеры содержат пластинчатые цепи соединенные специальными лотками (рис. 90). Разгрузка производится на холостой звездочке, а погрузка – в любом месте.

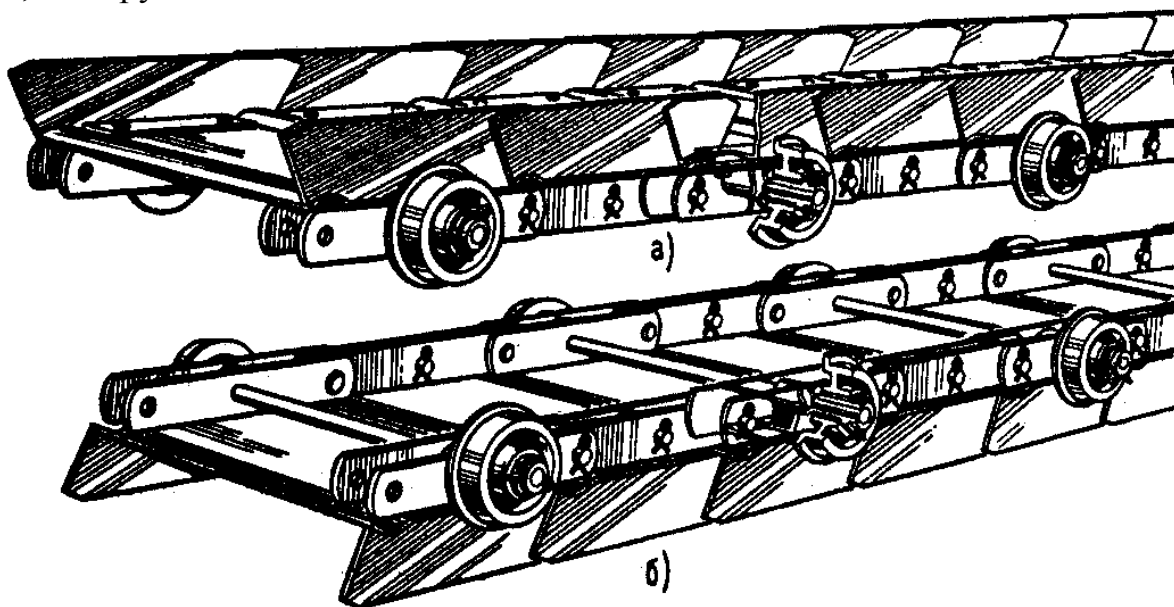


Рис. 90. Схема пластинчатого конвейера.

Производительность пластинчатого конвейера при плоском полотке:

$$Q = 650 B^2 v\rho k t g \varphi$$

с бортами: $Q = 900 B v\rho [B k t g \varphi + 4 h \Psi]$,

где Ψ – коэффициент заложения сечения;

k – коэффициент снижения производительности.

Скорость движения $V=0,05-0,6$ м/с. Недостатки такие же как и у ковшовых конвейеров.

В скребковых конвейерах груз перемещается по неподвижному желобу 4 волочением при помощи скребков 2, соединенных с движущейся цепью 1 (рис. 91).

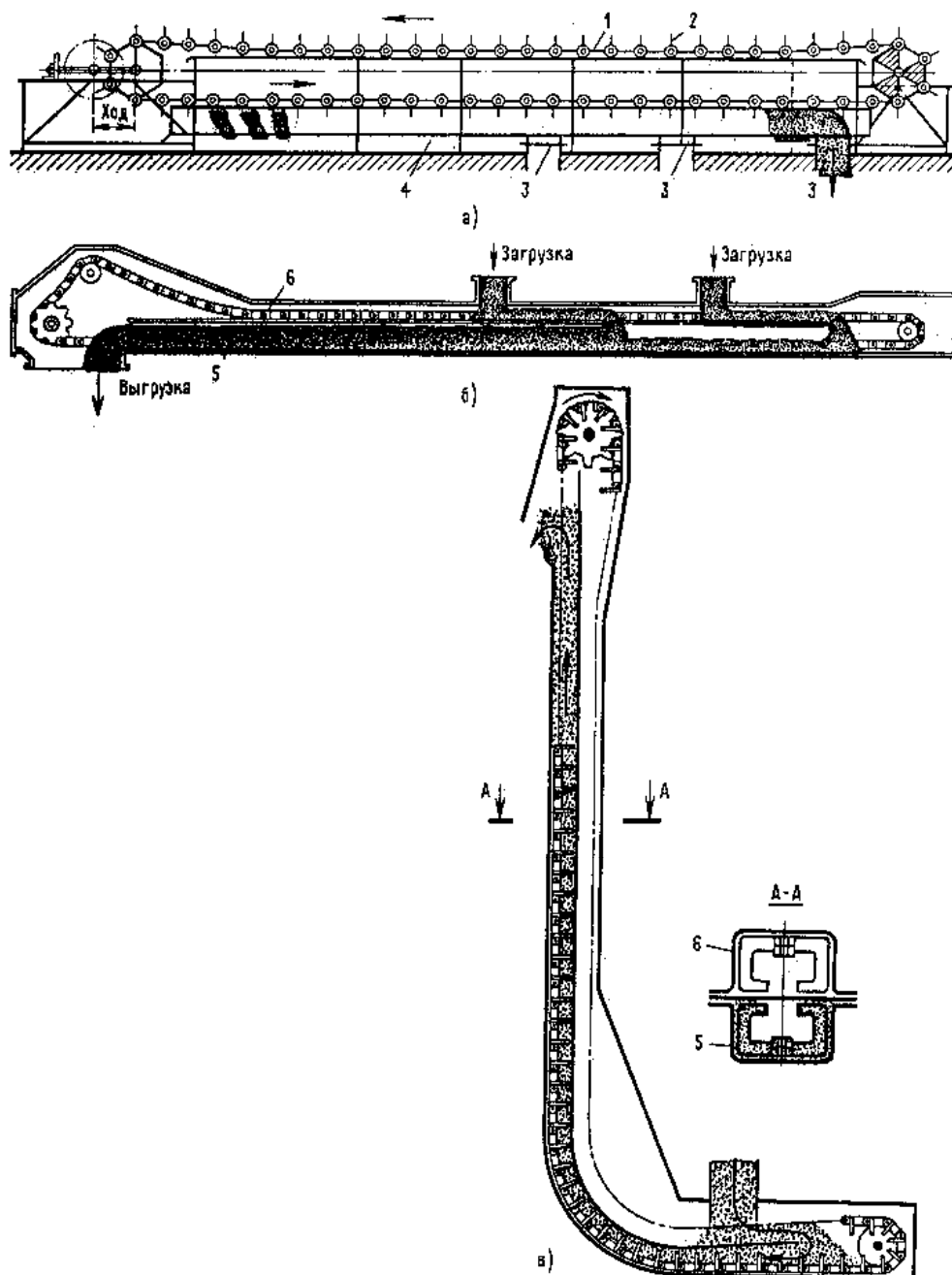


Рис. 91. Схема скребкового конвейера: а – горизонтальные с высокими скребками; б – горизонтальные с погруженными скребками; в – горизонтально-вертикальные

Скребковые конвейеры разделяются на конвейеры с высокими скребками и конвейеры сплошного волочения погруженными скребками. Процесс сплошного волочения основан на том, что сопротивление прохождения скребков через сыпучий груз, помещенный в желоб с гладкими стенками, оказывает большее сопротивление трения груза о дно и стенки желоба. При движении цепи груз увлекается скребками и перемещается вдоль желоба. Скребковые конвейеры применяют для грузов не подверженных крошению. Конвейеры с погруженными скребками транспортируют груз с малой прочностью, так как куски высокой прочности заклинивают скребки. Скребки конвейера с высокими скребками изготавливают из листовой стали толщиной 3-8 мм, или из пластмассы. Шаг скребков зависит от размеров кусков груза, высоты и формы скребка, шага цепи. Для пусковых грузов

шаг скребков должен быть больше наибольшего размера куска. Производительность скребкового конвейера равна

$$Q = 3600 B h \Psi v \delta k,$$

где h – высота скребка; $\Psi=0,5\div0,6$ для мелкосыпучих грузов; $\Psi=0,7\div0,8$ для крупнокусковых грузов.

Разгрузка конвейеров с нижней рабочей ветвью можно производить в любом месте. Скорость скребковых конвейеров $0,2\div1$ м/с. Ширина желоба $B = (3\dots4)h$. Угол наклона конвейера не более 30° .

Недостатки скребковых конвейеров: измельчение транспортирующего груза, быстрое изнашивание желоба, большой расход энергии, трудность транспортирования липких и влажных грузов. Мощность скребкового конвейера:

$$P = \frac{kQ}{360\eta} (C_o \cdot L_2 \pm H),$$

где k – коэффициент запаса,

$L_Г$ – горизонтальная проекция длины конвейера,

C_o – коэффициент сопротивления для катковой цепи $0,7\div2,3$, для скольжения $1\div4$.

Скребковые конвейеры с погруженными скребками имеют меньшие размеры и массу. Движение груза в желобе происходит со скоростью меньшей скорости цепи. Скорость движения $v=0,1\div0,4$ м/с, длина – 100 м, высота до 20 м, производительность до 250 т/час.

Объемная производительность равна:

$$v = 3600 A v K_n;$$

где A – площадь поперечного сечения груза;

K_n – коэффициент производительности, $K_n=0,88\div0,99$.

Тележечные конвейеры предназначены для транспортирования штучных грузов в поточных линиях сборки машин. Цепи этих конвейеров соединены с тележками, передвигающимися на катках по рельсам (рис. 92).

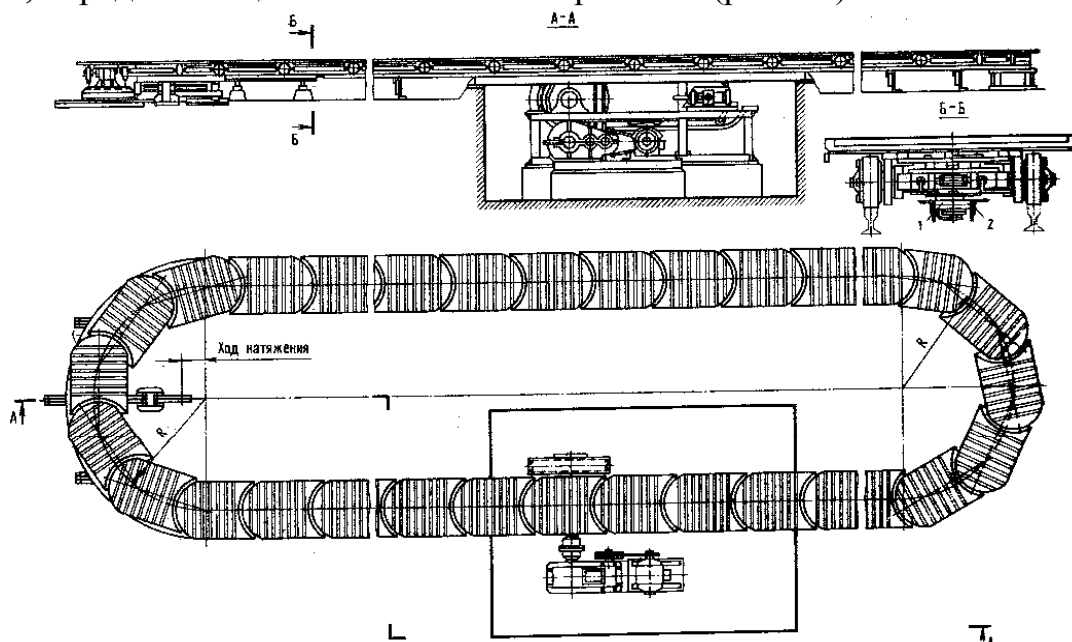


Рис. 92. Схема тележечного конвейера

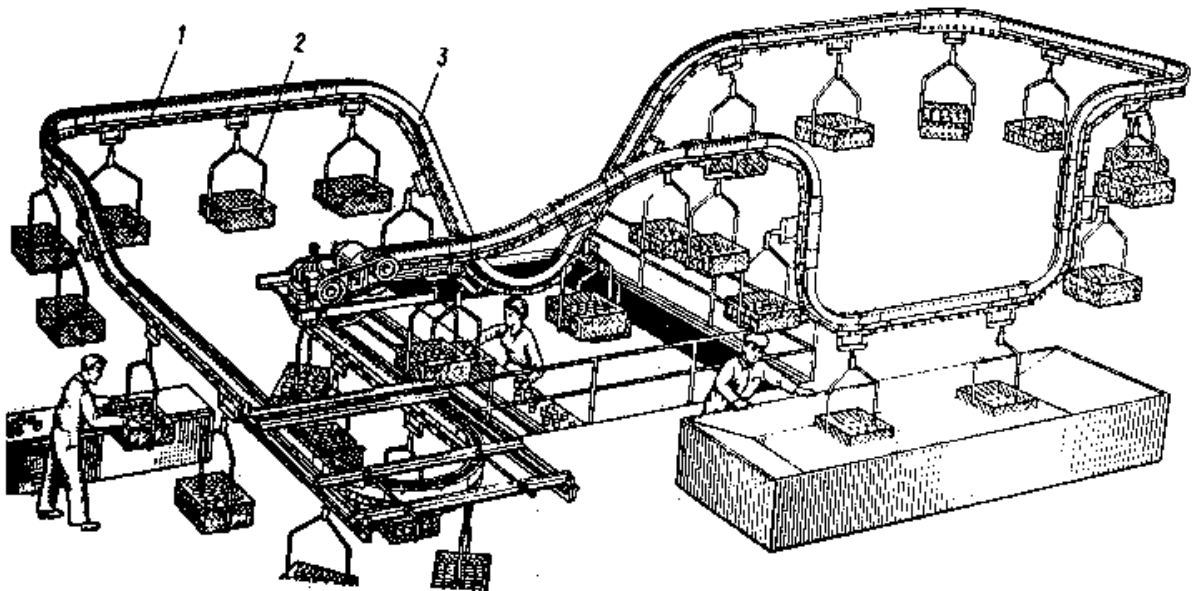


Рис. 93. Схема подвешенного конвейера

Движение тележек может быть пульсирующим или непрерывным.

Подвесные цепные конвейеры обеспечивают транспортирование грузов по сложной пространственной трассе. Подвесной конвейер состоит из замкнутого тягового органа 1 с каретками, служащими для поддержки тягового элемента и прикрепления подвесок 2 (рис. 93). Каретки перемещаются по подвесному пути 3, выполненные из двутавров. Тяговым элементом может быть цепь или канат.

По характеру соединения тягового элемента различают грузонесущий конвейер (рис. 94 а). Толкающие (рис. 94 б) и грузоведущие (рис. 94 в).

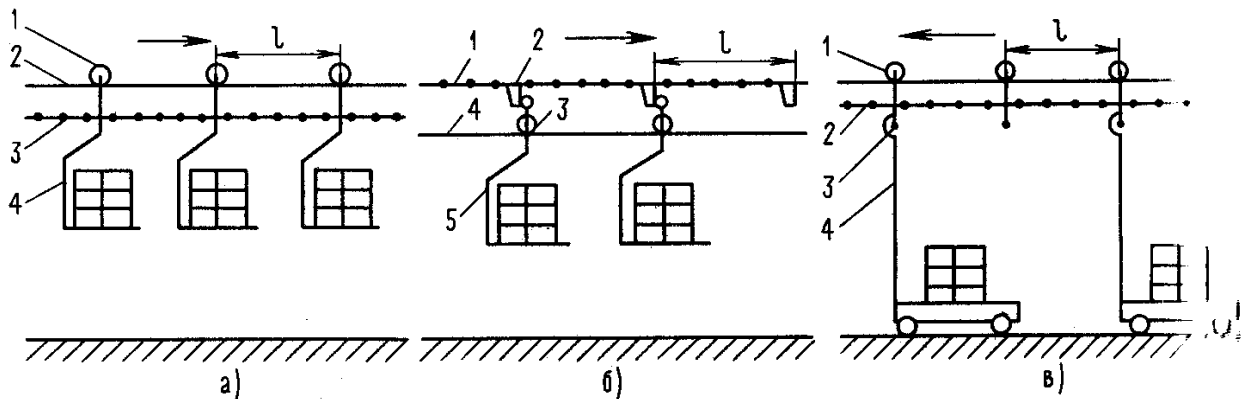


Рис. 94. Схемы подвесных конвейеров:
а – грузонесущий, б – толкающий, в - грузоведущий

Для подвесных конвейеров используются угловые и гусеничные приводы.

Скорость движения грузов $v=0,1 \div 45$ м (минимальная масса грузов до 2,5 т длина 500-600 м.

Сопротивление движению цепного конвейера складывается из сопротивления на прямолинейном участке.

$$F = c \sum G,$$

где $\sum G$ – общая нагрузка на катки от веса движущихся частей конвейера и груза;

c – коэффициент сопротивления движению.

$$c = \frac{(fd_1 + 2\mu)K_p}{d_k};$$

здесь $K_p = 1,1 \div 1,4$.

При скольжении стальных цепей по стальным направляющим $c = 0,25 \div 0,35$.

Нагрузка на катки

$$\sum G = (q - q_0)gl,$$

где q, q_0 – соответственно распределенная масса груза и рабочих элементов (цепей, скребков).

Для подвесных конвейеров $c = 0,015 \dots 0,027$. Для пластинчатых конвейеров с неподвижными бортами дополнительное сопротивление от трения груза будет равно

$$F_{mp} = fh^2 \rho ke,$$

где $k = (v^2 + 1,2)(1 + \sin \varphi)$ – коэффициент, учитывающий уменьшение горизонтального давления груза на борт конвейера.

Для скребковых конвейеров коэффициент сопротивления перемещению груза по желобу равен

$$c = 1,1f.$$

При транспортировании угля – $c = 0,7 \dots 1,0$.

Коэффициент сопротивления движению цепи со скребками и ходовыми катками на подшипниках – $c = 0,1 \dots 0,13$. Для цепей без катков $c = 0,25 \dots 0,4$.

Сопротивление на разгрузочном участке ковшового конвейера

$$F_{разгр} = 2(m_k + qt_k)gf,$$

где m_k – масса ковша;

t_k – шаг расположения ковшей.

Сопротивление сил трения в опорах звездочек

$$F_{зв} = Nf \frac{d_o}{D_{зв}},$$

где N – усилие, действующее на опоры вала звездочек;

$D_{зв}$ – начальный диаметр звездочек.

d_o – диаметр цапфы.

Эскалатор является специальным цепным конвейером, предназначенным для транспортировки людей под углом 30° (рис. 95).

Несущим элементом являются ступени, закрепленные с обеих сторон на тяговых цепях. Каждая ступень имеет четыре направляющих катка. Перемещающихся по направляющим путям. Скорость движения эскалатора $v = 0,7 \dots 1$ м/с. Ширина полотна составляет 1000, 660, и 625 мм. Производительность эскалатора

$$Q = 3600 \frac{zv}{t_{ст}} \varphi,$$

где $t_{ст}$ – шаг ступени;

z – число пассажиров;

ϕ – коэффициент заполнения.

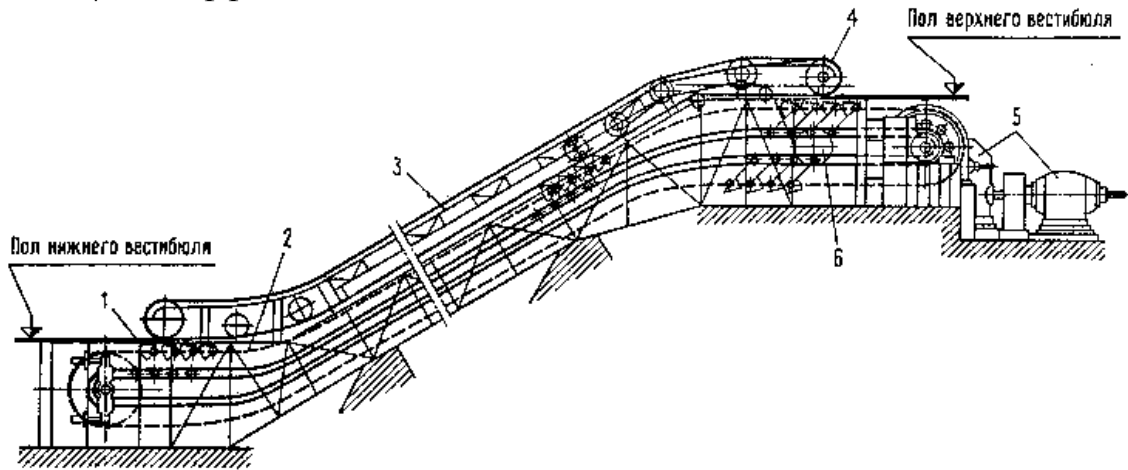


Рис. 95. Схема эскалатора

Распределенная эксплуатационная нагрузка на 1 м длины полотна

$$G = 325 \frac{AB}{t_{cm}} \phi g,$$

где А и В – соответственно глубина и ширина ступени.

Пусковые характеристики проверяют по максимальной нагрузке

$$G_{\max} = 1,35 G_0.$$

§4. Транспортирующие машины без тягового элемента

Шаговый конвейер содержит неподвижную раму опирающуюся на фундамент и подвижную раму, опирающуюся на ролики. Конвейер содержит два привода: подъема груза и передвижения груза (рис. 96). Принцип работы основан на подъеме и перемещении груза. Движение осуществляется периодически и синхронно. Горизонтальный ход составляет 2-3 м, а вертикальный подъем – 50 мм. Скорость движения 10 м/мин.

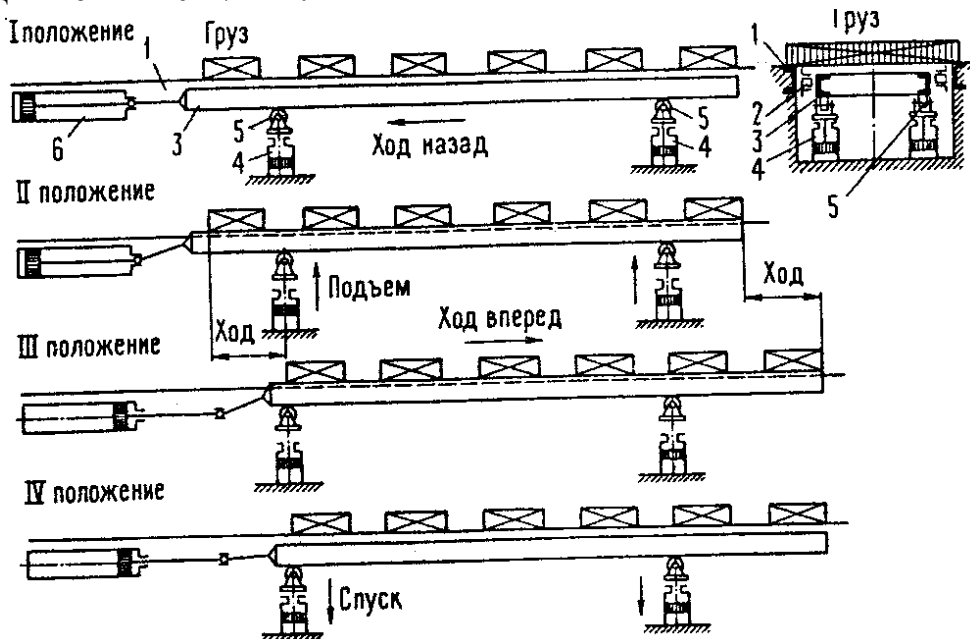


Рис. 96. Схема шагающего конвейера

§5. Гравитационные устройства

Простейшим гравитационным конвейером является наклонная плоскость или желоб, по которому скатывается груз. Вместо желоба устанавливают ролики (рис. 97).

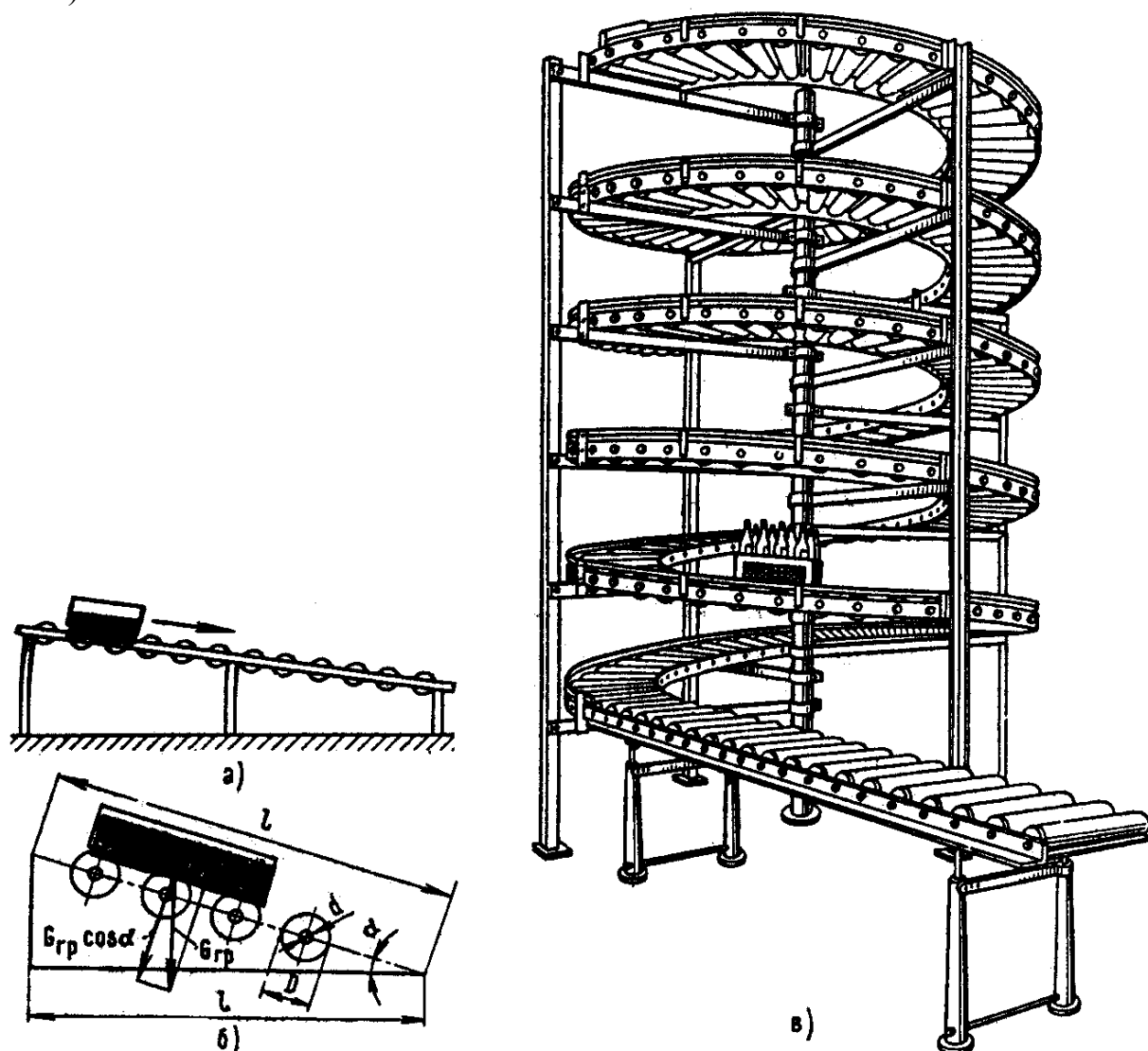


Рис. 97. Роликовый конвейер:

а – схема; б – схема действия сил; в – спиральный роликовый спуск

Угол наклона роликов $\alpha=2\div 7^\circ$, а для тюков $\alpha=12\div 14^\circ$.

§6. Вибрационные конвейеры

Эти конвейеры применяют для транспортирования всех видов насыпных грузов, кроме липких. Их используют обычно для перемещения грузов на небольшие расстояния, особенно для перемещения ядовитых, горячих грузов при обеспечении полной герметичности.

Вибрационный конвейер имеет желоб, подвешенный или опертый на неподвижную раму с помощью упругих элементов. Под действием специального привода желоб совершает колебательные движения, вследствие чего груз отрыва-

ется от желоба, а затем падает, так, что движение происходит одно за другим в виде микропролетов (рис. 98).

При таком движении груз не разрушается, не образует пыль и практически не изнашивает желоб. Частота вибраций желоба до 50 гц.

Возбудителем колебаний является инерционные, электромагнитные, эксцентриковые и поршневые вибровозбудители.

Большим достоинством конвейеров является малый износ несущего элемента, простота конструкции, малый расход электроэнергии, герметичность груза.

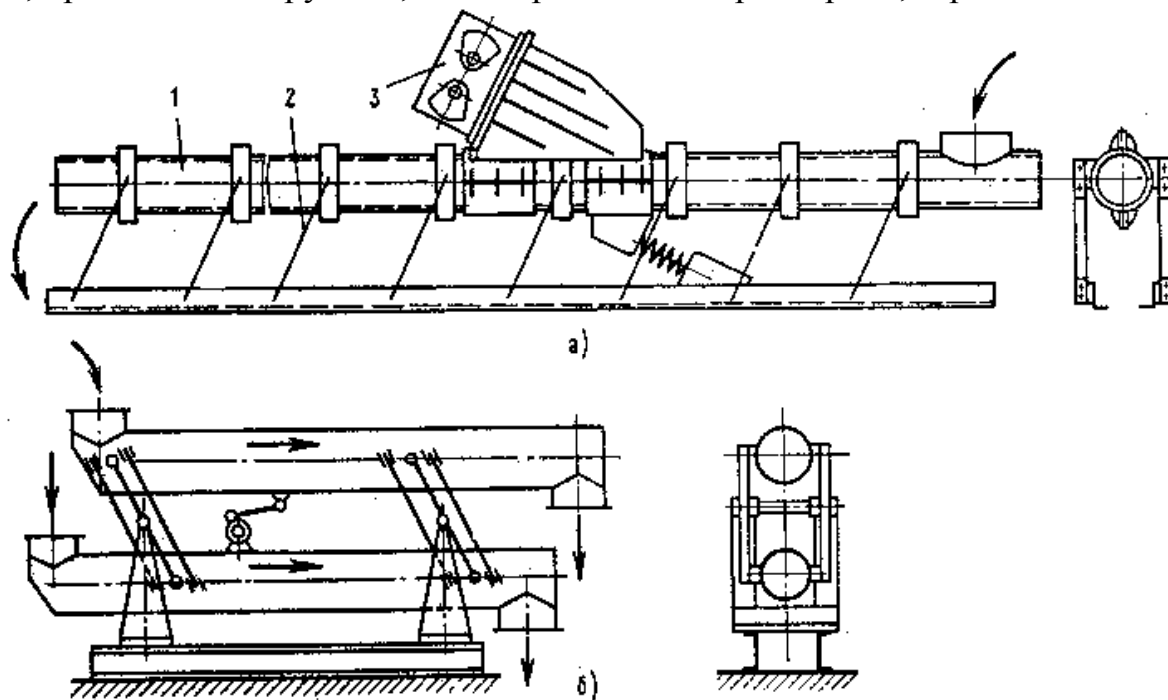


Рис. 98. Схема вибрационного конвейера:
а – одномассного; б – двухмассного уравновешенного

Недостатки: значительное снижение производительности при транспортировании вверх, малая долговечность упругих элементов привода и опорных подшипников привода.

Большое распространение получили конвейеры выполненные по уравновешенной резонансной схеме. Конвейер состоит из двух труб и желобов, представляющих собой динамически уравновешенную систему. Упругая система настраивается в резонанс. Такая система при установившемся колебательном движении при отсутствии потерь энергии может колебаться неограниченное время без поступления энергии из вне, а при малых потерях энергии требует для поддержания колебательного движения лишь незначительные усилия при малой мощности привода. Производительность горизонтальных конвейеров 600 т/ч при длине до 100 м. Скорость трассирования насыпных грузов в значительной степени зависит от их физико-механических свойств, размеров и формы частиц и других факторов. $v=0,1...0,3$ м/с. Угол наклона вибрационных конвейеров обычно не превышает 15° . Для пылевидных грузов угол наклона конвейера – 5° . Амплитуда колебаний – $0,1...2$ мм.

Мощность привода вибрационных конвейеров при длине более ≤ 10 м равна

$$P = \frac{cQ}{\eta} \left[10K_1 + (L - 10)K_2 + \frac{H}{360} \right],$$

где c – коэффициент транспортабельности грузов, $c=1,8 \div 2$;

K_1, K_2 – обобщенные коэффициенты удельных затраты мощности на транспортирование 1 т груза на длину 1 м.

§7. Винтовые конвейеры

Винтовым конвейером называют устройство, осуществляющее перемещение груза по желобу при помощи вращающегося вала, снабженного лопастями, расположенными по винтовой линии. Конвейер состоит из неподвижной трубы, в которой на конечных и промежуточных опорах расположен транспортирующий винт, связанный с приводом. Труба имеет загрузочное и разгрузочное устройство (рис. 99).

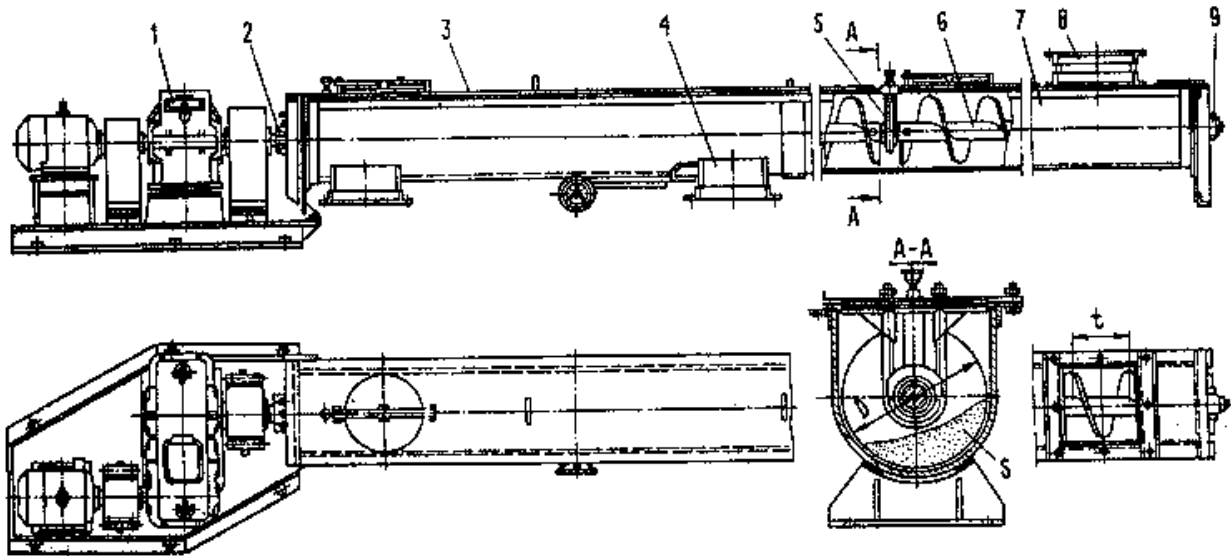


Рис. 99. Схема винтового конвейера

Винтовые конвейеры (ГОСТ 2037-75) широко используются для транспортирования пылевидных, мелкозернистых, горячих и ядовитых грузов не только в горизонтальном, но и в вертикальном направлении. Крупнопусковые и абразивные грузы транспортировать нецелесообразно. Шаг винта для легкотранспортируемых грузов $t=D$; для трудноперемешиваемых грузов $t=0,8D$. Для тяжелых грузов частота вращения равна 50 об/мин; а для легких до 150 об/мин.

Диаметр трубы для однородного груза должен быть в 10...12 раз больше куска и в 4...6 раз больше максимального размера для рядового груза.

Площадь заполнения желоба конвейера

$$A = \frac{\lambda \pi D^2}{4}$$

где λ – коэффициент заполнения сечения желоба, $\lambda=0,12 \div 0,4$.

Производительность винтового конвейера со сплошным винтом

$$Q = 47 \lambda \rho t \eta D^2 K,$$

где K – коэффициент снижения производительности при наклонном конвейере, $K=1\div 0,65$.

Потребная мощность на валу винта

$$P = \frac{QH}{360} + C_o \frac{QL}{360},$$

здесь C_o – коэффициент сопротивления движению. Для муки, зерна – $C_o=1,2$; для мела и угольной пыли – $C_o=1,6$; угля – $C_o=2,5$; золы, песка – $C_o=4$. Длина транспортирования достигает до 76 м.

Разновидностью винтовых конвейеров являются транспортирующие трубы. В транспортирующей трубе на внутренних стенках закреплена спираль, высоту гребня которой принимают равной $(0,2\div 0,3)D$ (рис. 100).

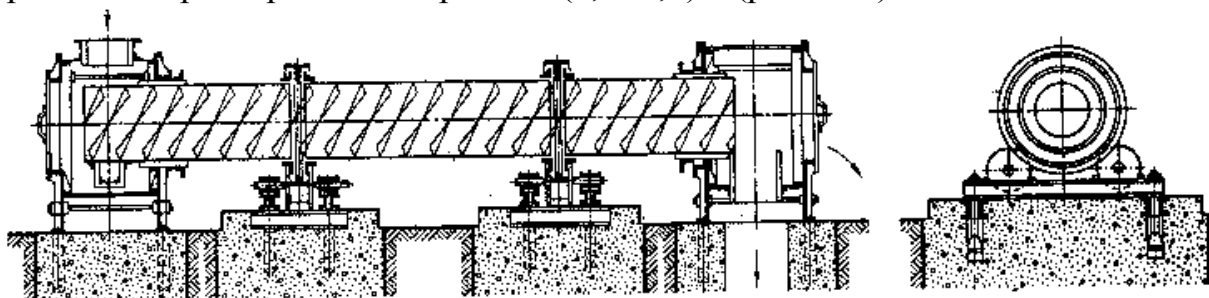


Рис. 100. Транспортирующая труба

Так как при вращении трубы груз постоянно перемешивается и крошится, транспортирующие трубы не применяют для грузов не допускающих измельчение. Шаг винта принимают равным половине диаметра. Максимальная частота вращения

$$n = \frac{30 - 60}{\sqrt{D}}.$$

Мощность конвейера будет больше на 15-20% по сравнению с винтовым.

§8. Вспомогательные устройства к конвейерам

Для транспортирования груза непрерывным потоком груз накапливается в бункере. Для закрывания и открывания выпускных отверстий бункеров и регулирования истечения груза применяют затворы с ручным или механическим приводом. По конструктивному исполнению бывают плоские затворы (рис. 101 а, б), секторные затворы (рис. 101 в) и рычажные затворы (рис. 101 г).

Для равномерной и непрерывной подачи груза из бункера на конвейер применяют специальные питатели.

По конструктивному исполнению бывают: вибрационный лотковый питатель (рис. 102 а), плунжерный питатель (рис. 102 б), качающийся питатель (рис. 102 в), цепной питатель (рис. 102 г), тарельчатый питатель (рис. 102 д).

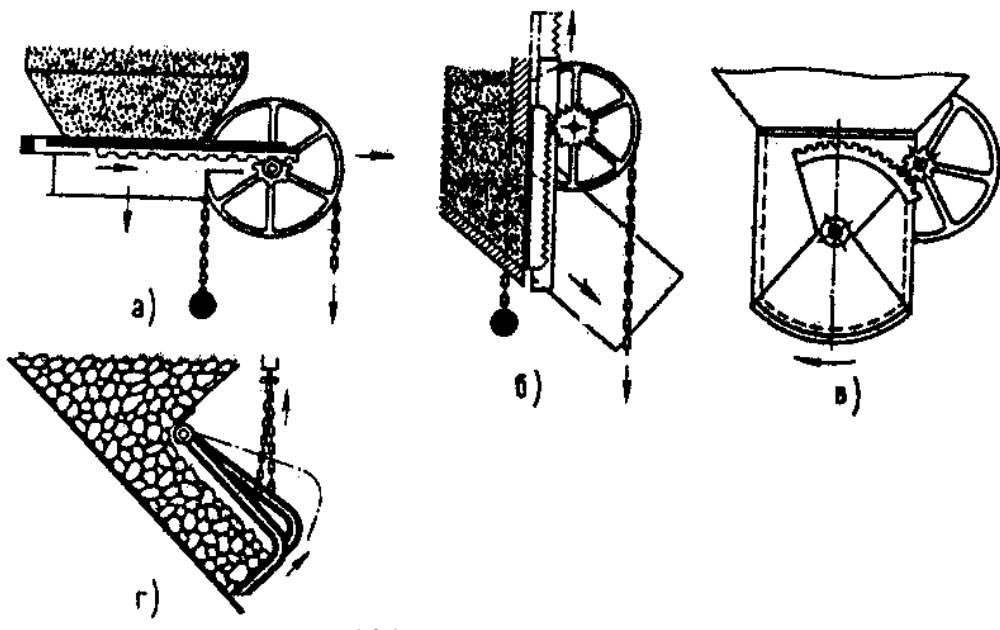


Рис. 101. Бункерные затворы

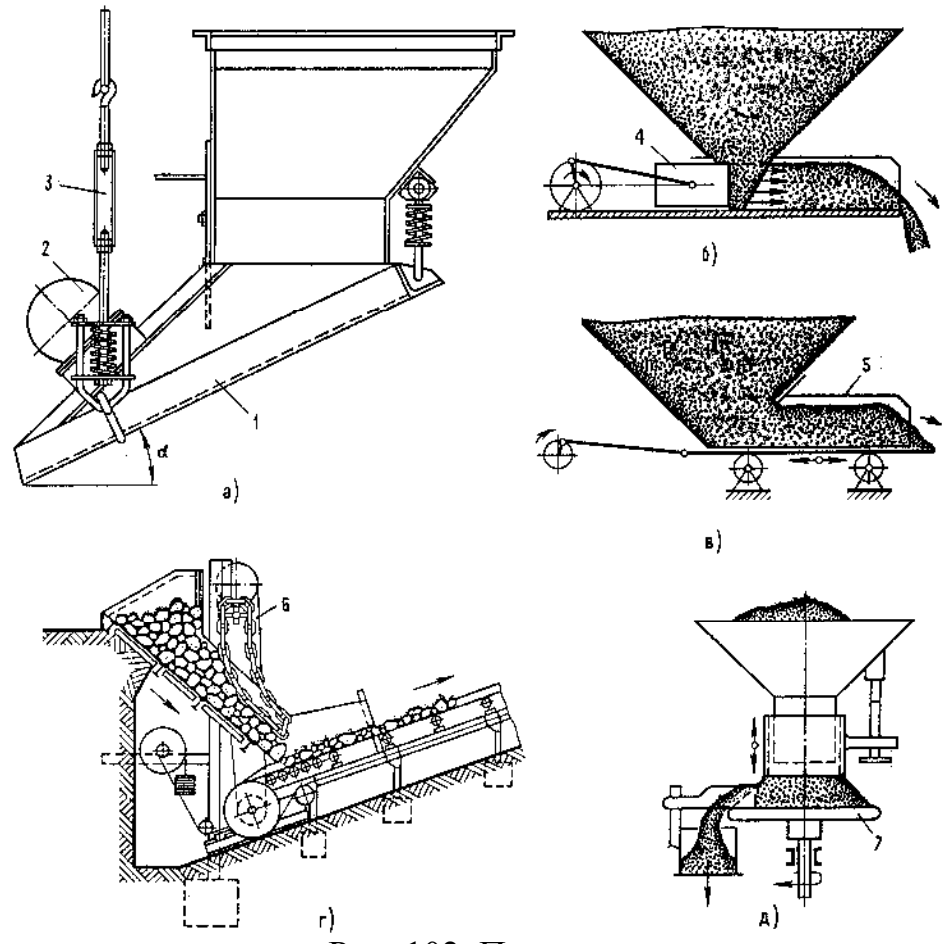


Рис. 102. Питатели

Список используемой литературы

1. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1984. – 336 с.
2. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. М.: Высш. шк., 1979. – 558 с.
3. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины М.: Машиностроение, 1985. – 423 с.
4. Иванченко К.Ф. и др. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин. Киев.: Высш. шк., 1975. – 304 с.
5. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. М.: Машиностроение, 1983. – 488 с.