

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»

В. Э. Завистовский

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРАКТИКУМ
для студентов специальности
1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств
и предприятий строительных материалов»

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
2023

Об издании – 1, 2

1 – дополнительный титульный экран – сведения об издании

УДК 621.86.06(075.8)

ББК 34.42я73

313

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией
механико-технологического факультета (протокол № 14 от 29.06.2022)

Кафедра автомобильного транспорта

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

зам. гл. инженера Новополоцкого ОАО «Новополоцклифт» С. Д. ПЕТРОВ;
канд. техн. наук, доц. каф. технологии и оборудования переработки нефти и газа
Полоцкого государственного университета А. В. СПИРИДОНОВ

Завистовский, В. Э.

Грузоподъемные устройства [Электронный ресурс] : электрон. практикум /
313 В. Э. Завистовский. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии
Полоцкой, 2023. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
ISBN 978-985-531-834-8.

Электронный практикум включен в Государственный регистр информационного
ресурса. Регистрационное свидетельство № 3552334066 от 12.04.2023 г.

Рассматриваются конструкции основных элементов грузоподъемных устройств,
область их применения, принцип действия, вопросы эксплуатации. Материал сопро-
вождается необходимыми рисунками, таблицами и примерами типовых расчетов.

Предназначен для студентов дневной и заочной форм обучения специальности
1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных
материалов».

УДК 621.86.06 (075.8)

ББК 34.42я73

№ госрегистрации 3552334066

ISBN 978-985-531-834-8

© Завистовский В. Э., 2023

© Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой, 2023

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Грузоподъемные устройства» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Редактор *Т. А. Дарьянова*
Компьютерный дизайн *М. С. Мухоморовой*

Подписано к использованию 20.04.2023.
Объем издания 3,71 Мб. Тираж 3 экз. Заказ 188.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014., перерегистрация от 24.08.2022.

ЛП № 02330/278 от 27.05.2004.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
Практическое занятие 1 ВИДЫ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ	6
Практическое занятие 2 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕГО СТАЛЬНОГО КАНАТА	19
Практическое занятие 3 РАСЧЕТ И ПОДБОР ГРУЗОВОЙ ЦЕПИ.....	29
Практическое занятие 4 РАСЧЕТ И ПОДБОР КРЮКА.....	37
Практическое занятие 5 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПОЛИСПАСТА	46
Практическое занятие 6 РАСЧЕТ РУЧНОЙ ЧЕРВЯЧНОЙ ТАЛИ	56
Практическое занятие 7 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТАЛИ	61
Практическое занятие 8 РАСЧЕТ ВИНТОВОГО ДОМКРАТА	72
Практическое занятие 9 ВИДЫ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ И РАСЧЕТ КЛЕЩЕВОГО ЗАХВАТА.....	83
НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	94
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	95

ПРЕДИСЛОВИЕ

Грузоподъемные устройства позволяют механизировать погрузочно-разгрузочные работы на предприятиях нефтехимического комплекса. Они облегчают условия труда при проведении различных технологических процессов, монтажных и ремонтных работ, при выполнении складских операций.

Различные механизмы, используемые для подъема и транспортировки различных объектов, носят обобщенное название – грузоподъемное оборудование. Для выполнения работ по перемещению грузов и людей в вертикальной и горизонтальной плоскостях на небольшие расстояния используют различное оборудование: подъемные краны, лебедки, тали, тельферы, домкраты, отводные блоки и блочные обоймы, полиспасты и т.п.

Основными параметрами таких устройств являются:

- грузоподъемность;
- производительность;
- скорость движения отдельных механизмов;
- высота подъема;
- пролет, вылет и т.п.

Структура практикума построена таким образом, чтобы студенты приобрели навыки по выбору и расчету как тяговых элементов (канаты, цепи, крюки), так и простых механизмов (полиспасты, лебедки, тали, домкраты) и грузозахватных устройств. Каждое практическое занятие включает в себя общие положения и краткие теоретические сведения, примеры выбора и расчета соответствующего устройства, задания для самостоятельного решения, требования к содержанию отчета по выполненной работе и контрольные вопросы, позволяющие подготовиться к защите выполненного практикума.

Практикум содержит перечень рекомендуемой специальной и учебной литературы и нормативные ссылки.

При изучении курса «Грузоподъемные устройства» будущие специалисты знакомятся с методами выбора и расчета простых подъемных механизмов, и выполнение практических работ поможет в усвоении теоретического материала и приобретении навыков расчета грузоподъемных устройств.

Насыщенность производства средствами механизации вспомогательных операций, связанных с выполнением трудоемких и тяжелых работ по перемещению грузов, определяет степень совершенства технологического процесса.

Практическое занятие 1

ВИДЫ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ

Цель занятия: ознакомиться с основными видами стальных канатов, их характеристиками и условным обозначением.

Общие положения и краткие теоретические сведения

Схема стального каната

Основным тяговым элементом любого грузоподъемного устройства является стальной проволочный канат, который служит для преобразования вращательного движения барабана (либо механизма подъема груза) в поступательное движение перемещаемого груза. Стальной канат состоит из проволок, свитых в пряди каната, которые в свою очередь свиты между собой вокруг сердечника (рисунок 1.1).

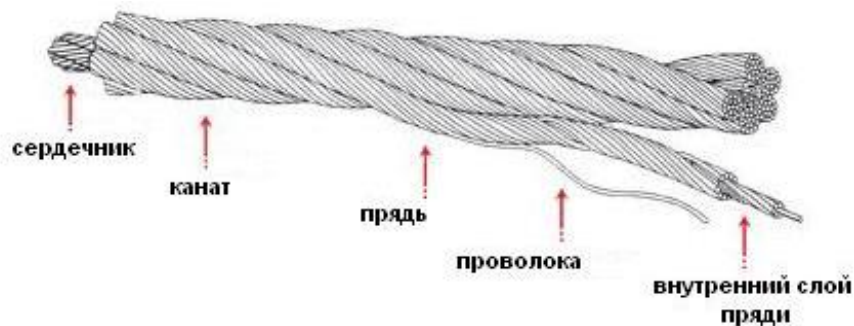


Рисунок 1.1. – Устройство стального каната

Форма стальных проволочных канатов зависит от направления свивки прядей, их числа и формы, количества проволок в пряди, материала сердечника.

Стальную проволоку изготавливают волочением из высокоуглеродистой стали марок 55, 58 и 60 по ГОСТ 1050-88, и в результате различных способов обработки повышаются ее механические свойства – разрывное сопротивление может достигать 2200 МПа. Стальную проволоку по ГОСТ 7372-79 изготавливают без покрытия и с оцинкованным покрытием и в зависимости от условий эксплуатации и агрессивности среды ее относят к определенной группе: легкие условия и средние условия – группа С; жесткие условия – группа Ж; особо жесткие условия – группа ОЖ. По временному сопротивлению разрыву (Н/мм²) проволоки делят на группы: 1370; 1470; 1570; 1670; 1770; 1860; 1960; 2060; 2160.

Прядь стального каната изготавливают следующим образом: проволоку диаметром 0,1–2,0 мм собирают в жгут по концентрическим окружностям, при этом в разных окружностях проволока может быть одного или разного диаметров. Затем прядь закручивают по спирали (свивают) в левую или правую сторону и получают канат одинарной свивки. По ГОСТ 3241-91 стальные канаты выпускают одинарной, двойной и тройной свивки.

Сердечники стальных канатов изготавливают из натуральных и синтетических волокон, органических материалов и канатной проволоки. В канатах сердечник работает как амортизатор, удерживая пряди в проектном положении, и противостоит радиальным нагрузкам, которые неизбежно возникают при эксплуатации, препятствуя деформации изделия.

Для смазывания канатов используют самые высококачественные материалы, т.к. от выбора смазки во многом зависит долговечность троса. Смазка служит для защиты канатов от коррозии при транспортировании, хранении и начальном периоде эксплуатации. В качестве смазки используются «Торсиол 35», «Элаксон 20», фрикционная смазка «Элаксон II Стар». Канаты изготавливаются с нанесением смазки:

- на пряди;
- на пряди и на канат;
- только на канат.

Без смазки изготавливаются преимущественно оцинкованные канаты.

Классификация стальных канатов

По конструкции:

– одинарной свивки (спиральные или однопрядные) – состоящие из одного, двух, трех и более концентрических слоев проволоки, свитых по спирали (рисунок 1.2). Канаты одинарной свивки, скрученные только из круглой проволоки, называют обыкновенными спиральными канатами. Спиральные канаты, имеющие в наружном слое фасонные проволоки, называются канатами закрытой и полужакрытой конструкции; при обрыве каждая фасонная проволока удерживается в канате соседними проволоками. Канаты одинарной свивки, предназначенные для последующего плетения в канат, называют прядями;

– двойной свивки (тросы тросовой работы) – состоящие из прядей, свитых в один или несколько концентрических слоев (рисунок 1.3). Эти канаты могут быть однослойными или многослойными. Многослойная свивка отличается повышенной гибкостью и большой опорной поверхностью, а кроме того, может придавать канату некрутящиеся свойства. Канаты двойной свивки, предназначенные для последующей свивки, называют стренгами;

– тройной свивки (трехпрядные) – состоящие из канатов двойной свивки (стренг), свитых в концентрический слой (рисунок 1.4).

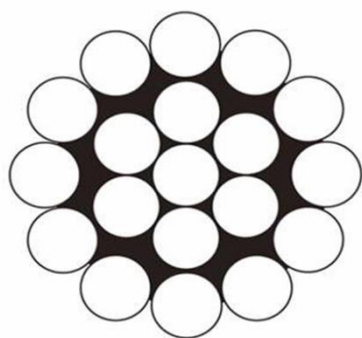


Рисунок 1.2. – Канат одинарной свивки

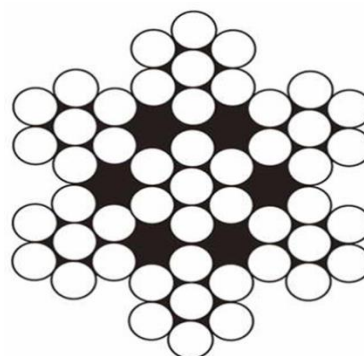


Рисунок 1.3. – Канат двойной свивки



Рисунок 1.4. – Канат тройной свивки

По типу свивки прядей и канатов одинарной свивки. Если проволоки одного слоя свиваются в ту же сторону, что и проволоки смежных слоев, то все слои будут соприкасаться по всей длине проволок (рисунок 1.5). Трос, свитый из таких прядей, называется тросом с линейным касанием проволок и обозначается буквами ЛК. При навивке каждого последующего слоя проволок в сторону, противоположную предыдущему (проволоки отдельных слоев пряди ложатся под углом к проволокам смежных слоев и касаются их в точках пересечения), получается трос с точечным касанием – ТК (рисунок 1.6). Пряди точечно-линейного касания получают при замене центральной проволоки в прядях линейного касания семипроволочной прядью: в этом случае на двухслойную прядь типа ЛК укладывается слой проволок одинакового диаметра с точечным касанием (рисунок 1.7). Конструкции этих прядей обеспечивают возможность их изготовления на прядевьющих машинах со сравнительно небольшим числом шпуль. Кроме того, пряди ТК при соответствующем выборе параметров свивки обладают повышенными некрутящимися свойствами.

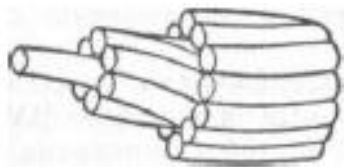


Рисунок 1.5. – Линейное касание проволок в пряди

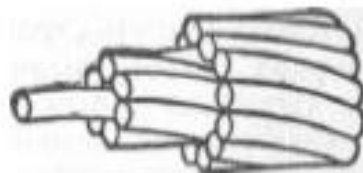


Рисунок 1.6. – Точечное касание проволок в пряди

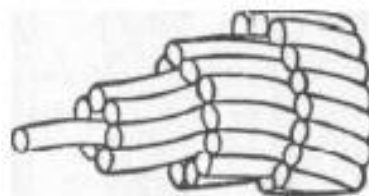


Рисунок 1.7. – Комбинированное точечно-линейное касание проволок в пряди

- ТК – с точечным касанием проволок между слоями;
- ЛК – с линейным касанием проволок между слоями;
- ЛК-О – с линейным касанием проволок между слоями при одинаковом диаметре проволок по слоям пряди;
- ЛК-Р – с линейным касанием проволок между слоями при разных диаметрах проволок в наружном слое пряди;
- ЛК-З – с линейным касанием проволок между слоями пряди и проволоками заполнения;
- ЛК-РО – с линейным касанием проволок между слоями и имеющих в пряди слои с проволоками разных диаметров и слои с проволоками одинакового диаметра;
- ТЛК – с комбинированным точечно-линейным касанием проволок в прядях.

Пряди с точечным касанием проволок изготавливают за несколько технологических операций в зависимости от числа слоев проволок. При этом необходимо применять разные шаги свивки проволок для каждого слоя пряди и повивать следующий слой в противоположном направлении предыдущему. В результате проволоки между слоями перекрещиваются. Такое расположение проволок увеличивает их износ при сдвигах в процессе эксплуатации, создает значительные контактные напряжения, способствующие развитию в проволоках усталостных трещин, и уменьшает коэффициент заполнения сечения каната металлом.

Пряди с линейным касанием проволок изготавливают за один технологический прием; при этом сохраняются постоянство шага свивки и одинаковое

направление свивки проволок для всех слоев пряди, что при правильном подборе диаметров проволоки по слоям дает получение линейного касания проволок между слоями. В результате значительно снижается износ проволок и резко возрастает работоспособность канатов с линейным касанием проволок в прядях в сравнении с работоспособностью канатов типа ТК.

По материалу сердечника:

– с органическим сердечником ОС – в качестве сердечника в центре каната (иногда и в центре прядей) используются сердечники из натуральных, синтетических и искусственных материалов: пеньки, манилы, сизали, хлопчатобумажной пряжи, полиэтилена, полипропилена, капрона, лавсана, вискозы, асбеста;

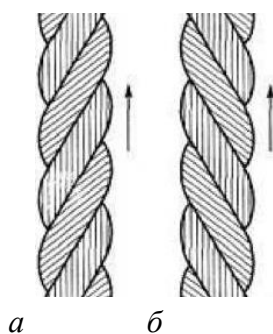
– с металлическим сердечником МС – в качестве сердечника в большинстве конструкций применяется канат двойной свивки из шести семи проволочных прядей, расположенных вокруг центральной семи проволочной пряди. Их целесообразно применять тогда, когда надо повысить структурную прочность каната, уменьшить конструктивные удлинения каната при растяжении, а также при высокой температуре среды, в которой работает канат.

По способу свивки:

– нераскручивающиеся канаты (Н) – пряди и проволоки сохраняют заданное положение после снятия вязок с конца каната или легко укладываются вручную при незначительном раскручивании, что достигается предварительной деформацией проволок и прядей при свивке проволок в прядь и прядей в канат;

– раскручивающиеся канаты – проволоки и пряди предварительно не деформированы или недостаточно деформированы перед их свивкой в пряди и в канат. Поэтому пряди в канате и проволоки в прядях не сохраняют своего положения после снятия вязок с конца каната.

По направлению свивки каната: правой свивки – не обозначается; левой свивки – Л (рисунок 1.8).



**Рисунок 1.8. – Направление свивки каната:
а – правое; б – левое**

Направление свивки каната определяется: направлением свивки проволок наружного слоя – для канатов одинарной свивки; направлением свивки прядей наружного слоя – для канатов двойной свивки; направлением свивки стренг в канат – для канатов тройной свивки

По механическим свойствам проволоки: марка ВК – высокого качества; марка В – повышенного качества; марка 1 – нормального качества.

По степени уравновешенности:

– рихтованный канат Р – не теряет своей прямолинейности (в пределах допустимого отклонения) в свободном подвешенном состоянии или на горизонтальной плоскости, т.к. после свивки прядей и шпата соответственно напряжения от деформации проволок и прядей сняты рихтовкой;

– нерихтованный канат – не обладает таким свойством. Свободный конец нерихтованного каната стремится образовать кольцо за счет напряжений деформации проволок и прядей, полученных в процессе изготовления каната.

По степени крутимости:

– крутящиеся – с одинаковым направлением свивки всех прядей по слоям каната (шести- и восьмипрядные канаты с органическим и металлическим сердечником);

– малокрутящиеся (МК) – с противоположным направлением свивки элементов каната по слоям (многослойные, многопрядные канаты и канаты одинарной свивки).

В некрутящихся канатах благодаря подбору направлений свивки отдельных слоев проволок (в спиральных канатах) или прядей (в многослойных канатах двойной свивки) устраняется вращение каната вокруг своей оси при свободном подвешивании груза.

По назначению каната: грузоподъемные ГЛ – для подъема и транспортировки людей и грузов; грузовые Г – для подъема и транспортировки грузов.

По точности изготовления: нормальной точности – не обозначается; повышенной точности Т – ужесточенными предельными отклонениями по диаметру каната.

По виду покрытия поверхности проволок в канате:

– из проволок без покрытия;

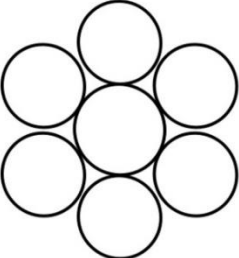
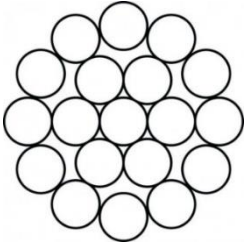
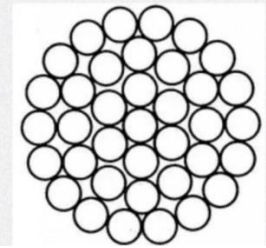
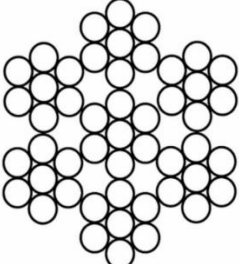
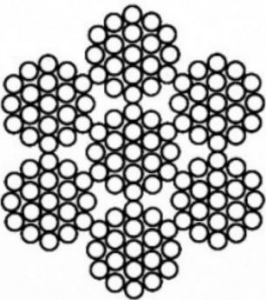
– из оцинкованной проволоки в зависимости от поверхностной плотности цинка: группа С – для средних агрессивных условий работы; группа Ж – для жестких агрессивных условий работы; группа ОЖ – особо жестких агрессивных условий работы; П – канат или пряди покрыты полимерными материалами.

По прочностным характеристикам: 1370 (140), 1470 (150), 1570 (160), 1670 (170), 1770 (180), 1860 (190), 1960 (200), 2060 (210), 2160 (220) – маркировочные группы временного сопротивления разрыву (Н/мм²).

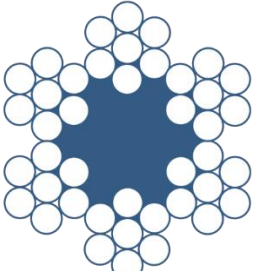
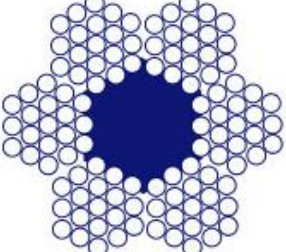
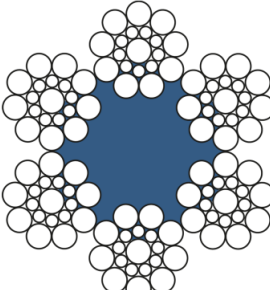
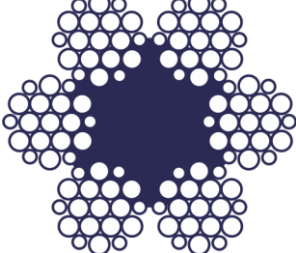
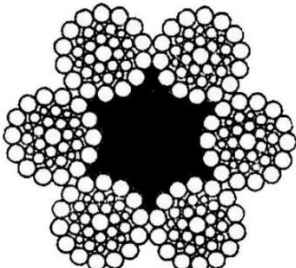
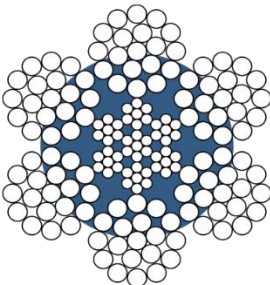
Типы стальных канатов

Правильный выбор конструкции стального каната для заданных условий эксплуатации имеет большое значение (таблица 1.1).

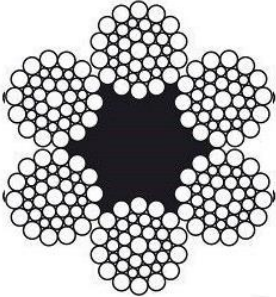
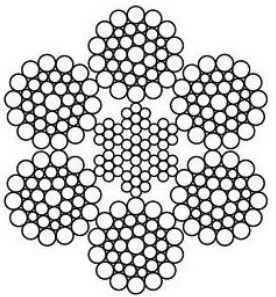
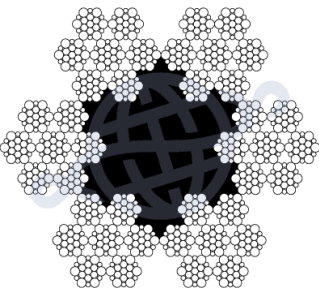
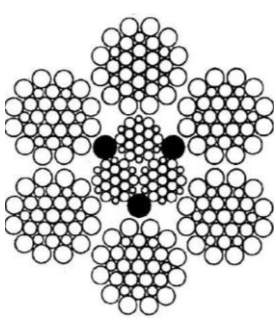
Таблица 1.1. – Типы, поперечное сечение и характеристики стальных канатов

Тип каната	Поперечное сечение	Характеристика
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
ЛК-О		ГОСТ 3062-80 Канат стальной одинарной свивки спиральный типа ЛК-О
ТК		ГОСТ 3063-80 Канат стальной одинарной свивки спиральный типа ТК
ТК		ГОСТ 3064-80 Канат стальной одинарной свивки спиральный типа ТК
ЛК		ГОСТ 3066-80 Канат стальной двойной свивки с металлическим сердечником типа ЛК
ТК		ГОСТ 3067-88 Канат стальной двойной свивки с металлическим сердечником типа ТК

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
ЛК-О		<p>ГОСТ 3069-80 Канат стальной двойной свивки с органическим сердечником типа ЛК-О</p>
ТК		<p>ГОСТ 3070-88 Канат стальной двойной свивки с органическим сердечником типа ТК</p>
ЛК-О		<p>ГОСТ 3077-80 Канат стальной двойной свивки с органическим сердечником повышенной стойкости к трению типа ЛК-О</p>
ЛК-Р		<p>ГОСТ 2688-80 Канат стальной двойной свивки с органическим сердечником типа ЛК-Р</p>
ЛК-З		<p>ГОСТ 7665-80 Канат стальной двойной свивки с одним органическим сердечником типа ЛК-З</p>
ЛК-З		<p>ГОСТ 7667-80 Канат стальной двойной свивки с металлическим сердечником типа ЛК-З</p>

Окончание таблицы 1.1

1	2	3
ЛК-РО		ГОСТ 7668-80 Канат стальной двойной свивки с органическим сердечником повышенной гибкости типа ЛК-РО
ЛК-РО		ГОСТ 7669-80 Канат стальной двойной свивки с металлическим сердечником для подъема техники в условиях повышенных температур типа ЛК-РО
ЛК-Р		ГОСТ 3089-80 Канат стальной тройной свивки с одним органическим сердечником типа ЛК-Р
ЛК-РО		ГОСТ 16853-88 Канат стальной талевый тройной свивки с металлическим сердечником

Условное обозначение стального каната

Условное обозначение стального каната содержит: диаметр каната, назначение, марку, направление свивки, вид покрытия, степень крутимости, маркировочную группу и номер соответствующего стандарта (рисунок 1.9).

Например, условное обозначение

Канат 5,6 – Г – В – Ж – Н – МК – Р – 1670 ГОСТ 3063-80

следует понимать, что это канат диаметром 5,6 мм, грузового назначения, марки В, оцинкованный по группе Ж, правой свивки, нераскручивающийся, малокрутящийся, рихтованный, маркировочной группы 1670 Н/мм², по ГОСТ 3063-80.

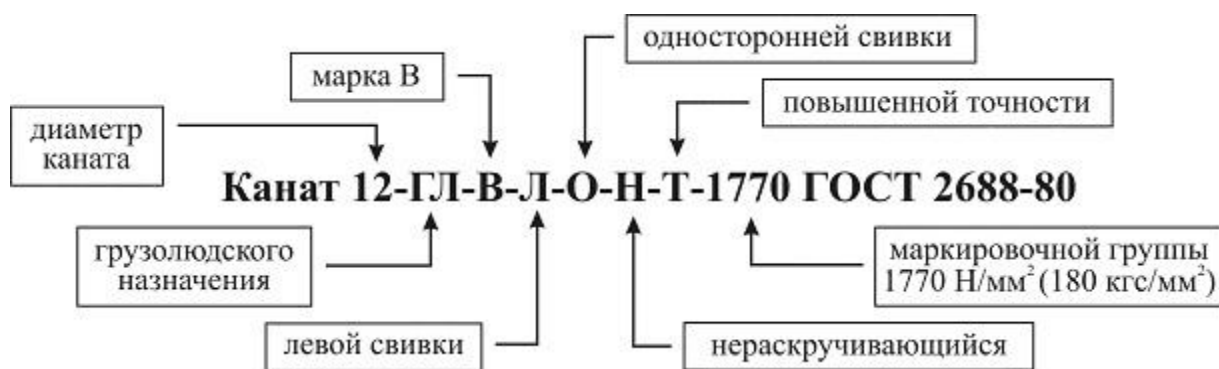


Рисунок 1.9. – Пример условного обозначения стального каната

Рекомендации по применению различных конструкций канатов

Каждая конструкция каната имеет преимущества и недостатки, которые необходимо правильно учитывать при выборе канатов для конкретных условий эксплуатации. При выборе следует сохранять необходимые соотношения между диаметрами органов навивки и диаметрами канатов и их наружных проволок, а также необходимый запас прочности, обеспечивающий безаварийную работу.

Канаты одинарной свивки из круглых проволок – обыкновенные спиральные (ГОСТ 3062-80; 3063-80; 3064-80) обладают повышенной жесткостью, поэтому их рекомендуется применять там, где преобладают растягивающие нагрузки на канат (грозозащитные тросы высоковольтных линий электропередач, ограждения, растяжки и т.п.).

Канаты двойной свивки с линейным касанием проволок в прядях при простоте изготовления обладают сравнительно большой работоспособностью и имеют достаточное число разнообразных конструкций. Последнее позволяет выбрать канаты для работы при больших концевых нагрузках, значительном абразивном износе, в различных агрессивных средах, при минимально допустимых отношениях диаметра органа навивки и диаметра каната.

Канаты типа ЛК-Р (ГОСТ 2688-80, 14954-80) следует применять, когда в процессе эксплуатации канаты подвергаются воздействию агрессивных сред, интенсивному знакопеременному изгибу и работают на открытом воздухе. Большая структурная прочность этих канатов позволяет использовать их во многих весьма напряженных условиях работы крановых механизмов.

Канаты типа ЛК-О (ГОСТ 3077-80, 3081-80; 3066-80; 3069-80; 3083-80) устойчиво работают в условиях сильного истирания благодаря наличию в верхнем слое проволок увеличенного диаметра. Эти канаты получили широкое распространение, но для их нормальной эксплуатации требуется несколько повышенный диаметр блоков и барабанов.

Канаты типа ЛК-З (ГОСТ 7665-80, 7667-80) применяют, когда требуется гибкость при условии, что канат не подвергается воздействию агрессивной среды. Применять эти канаты в агрессивной среде не рекомендуется из-за тонких проволок заполнения в прядях, легко поддающихся коррозии.

Канаты типа ЛК-РО (ГОСТ 7668-80, 7669-80, 16853-80) отличаются сравнительно большим числом проволок в прядях и поэтому обладают повышенной гибкостью. Наличие в наружном слое этих канатов относительно толстых проволок позволяет успешно применять их в условиях абразивного износа и агрессивных сред. Вследствие такого сочетания свойств канат конструкции типа ЛК-РО является универсальным.

Канаты двойной свивки с точечно-линейным касанием проволок в прядях типа ТЛК-О (ГОСТ 3079-80) следует применять, когда канаты с линейным касанием проволок в прядях нельзя использовать из-за нарушения установочных минимально допустимых соотношений между диаметрами органов навивки и диаметрами проволок каната или при невозможности обеспечения рекомендуемого запаса прочности.

Канаты двойной свивки с точечным касанием проволок в прядях типа ТК (ГОСТ 3067-88; 3068-88; 3070-88; 3071-88) не рекомендуются для ответственных и интенсивно работающих установок. Эти канаты можно применять лишь для ненапряженных условий эксплуатации, где знакопеременные изгибы и пульсирующие нагрузки незначительны или отсутствуют (стропы, расчалочные канаты, временные лесосплавные крепления, поддерживающие и тормозные канаты и т.п.).

Многопрядные канаты двойной свивки (ГОСТ 3088-80; 7681-80) в зависимости от принятых направлений свивки прядей по отдельным слоям изготавливают обыкновенными и некрутящимися. Последние обеспечивают надежную и устойчивую эксплуатацию на механизмах со свободным подвешиванием груза, а большая опорная поверхность и меньшие удельные давления на внешние проволоки позволяют достигать сравнительно большой работоспособности каната. Недостатками многопрядных канатов являются сложность изготовления (особенно предварительной деформации), склонность к расслоению, сложность наблюдения за состоянием внутренних слоев прядей.

Канаты тройной свивки (ГОСТ 3089-80) применяют, когда основными эксплуатационными требованиями являются максимальная гибкость и упругость каната, а его прочность и опорная поверхность не имеют решающего значения. Органические сердечники в стренгах целесообразны, когда канат предназначен для буксировки и швартовки, где требуются повышенные упругие свойства каната. Благодаря использованию проволок

малых диаметров по сравнению с проволоками канатов двойной свивки, канаты тройной свивки для нормальной эксплуатации требуют шкивы значительно меньших диаметров.

Порядок выполнения работы

- Студент самостоятельно изучает классификацию и типы стальных канатов, их условные обозначения и области применения различных конструкций;
- по предложенному виду поперечного сечения устанавливает тип каната, дает его характеристику и указывает его ГОСТ;
- подробно знакомится с представленными образцами канатов;
- определяет тип представленных образцов канатов.

При изучении представленного образца каната следует обратить внимание на следующие конструктивные признаки:

- характер контакта проволок в прядях;
- число прядей;
- число проволок в прядях;
- тип сердечника;
- покрытие проволок;
- направление свивки;
- сочетание направлений свивки элементов каната;
- способ свивки;
- маркировочную группу проволок.

Результаты изучения образцов канатов следует занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2. – Протокол результатов визуального осмотра образцов канатов

№ образца	Характер контакта проволок в прядях	Число прядей	Число проволок в прядях	Тип сердечника	Направление свивки	Покрытие проволок	Степень крутимости	Тип каната

Содержание отчета

Отчет по практическому занятию должен содержать:

1. Название и цель практического занятия.
2. Классификацию стальных канатов.
3. Область применения и условное обозначение.
4. Сечение анализируемого стального каната (вклейка).
5. Протокол визуального осмотра образцов канатов.
6. Изображение стального каната (фото) и вид сечения (фото).

Контрольные вопросы

1. Опишите структурные элементы стального каната.
2. Определите основные классификационные признаки стальных канатов.
3. Раскройте классификацию стальных канатов по назначению.
4. Объясните определение направления свивки каната.
5. Опишите сущность маркировочной группы в условном обозначении стального каната.
6. Охарактеризуйте стальной канат типа ЛК-Р и укажите области его применения.
7. Охарактеризуйте стальной канат типа ЛК-РО и укажите области его применения.
8. Охарактеризуйте стальной канат типа ЛК-З и укажите области его применения.
9. Охарактеризуйте канаты тройной свивки.
10. Объясните наличие буквы Л в условном обозначении стального каната.

Практическое занятие 2

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕГО СТАЛЬНОГО КАНАТА

Цель занятия: измерить параметры и выполнить проверочный расчет представленного стального каната.

Общие положения и краткие теоретические сведения

Прочность стальных канатов оценивают по разрывному усилию, которое следует приложить к канату при испытании, чтобы довести его до разрыва.

Под разрывным усилием каната понимают суммарное разрывное усилие всех проволок в канате и каната в целом. Суммарное разрывное усилие $F_{\text{РАЗ}}$ определяют при испытании на разрыв отдельных проволок расплетенного каната с последующим суммированием полученных усилий каждой проволоки. Разрывное усилие каната в целом F_0 меньше суммарного, т.к. при определении $F_{\text{РАЗ}}$ каждая проволока работает только на растяжение, а канат в целом испытывает дополнительно еще деформации кручения, изгиба и смятия. Обычно $F_0 = 0,83F_{\text{РАЗ}}$.

Расчет стальных канатов (2.1) производят по Правилам по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов, утвержденным Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 22 декабря 2018 г. № 66:

$$F_0 \geq S \cdot z_p, \quad (2.1)$$

где S – наибольшее натяжение ветви каната, Н; z_p – минимальный коэффициент использования каната (таблица 2.1).

Таблица 2.1. – Минимальное значение коэффициента z_p использования каната

Группа классификации (режима) по ГОСТ 25835-83	Группа режима работы	Канат	
		подвижный	неподвижный
		z_p	
1М	Ручной привод (Р)	3,15	2,50
		3,35	2,50
		3,55	3,00
2М	Легкий (Л)	4,00	3,50
3М		4,50	4,00
4М	Средний (С)	5,60	4,50
5М	Тяжелый (Т)	7,10	5,00
6М	Весьма тяжелый (Т)	9,00	5,00

Срок службы стального каната зависит от числа его перегибов в процессе эксплуатации. Многократные перегибы при набегании на блок или барабан, выпрямление при сходе с них и особенно изменение направления перегибов являются причинами разрыва проволок каната.

Выход из строя каната определяют по числу оборванных проволок, которых, в зависимости от типа каната, может быть не больше 5–10% от общего их числа.

Канат стальной двойной свивки типа ЛК-О с органическим сердечником конструкции $6 \times 19 (1+9+9)+1$ о.с. по ГОСТ 3077-80 (см. таблицу 1.1) применяют в качестве подъемных канатов автокранов, тельферов, лебедок; подъемных канатов для наклонного подъема; для лифтов в качестве канатов; для шкивов трения барабанных лебедок. Изготавливается с органическим сердечником. Основные потребительские характеристики приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. – Канат двойной свивки с линейным касанием проволок в прядях типа ЛК-О с одним органическим сердечником конструкции $6 \times 19 (1+9+9)+ 1$ о.с.

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения, мм ²	Масса 1000 м смазанного каната, кг	Разрывное усилие каната кН, в целом, $F_{РАЗ}$, не менее					
			Маркировочная группа, МПа					
			1470	1570	1670	1770	1860	1960
8,8	29,92	293,6	–	39,80	42,35	43,65	45,55	47,60
10,5	39,54	387,5	–	52,65	55,95	57,56	60,30	62,95
11,5	49,67	487,0	–	66,15	70,30	72,45	75,80	79,05
12,0	54,07	530,0	–	72,00	76,50	78,85	82,35	86,05
13,0	60,94	597,3	–	81,10	86,15	88,70	92,80	96,80
14,0	73,36	719,0	–	97,75	103,5	106,5	111,0	116,5
15,0	86,95	852,5	–	115,5	122,5	126,5	132,0	138,0
16,5	101,68	996,5	126,5	135,0	143,5	147,5	154,5	161,5
17,5	117,58	1155,0	146,5	156,0	166,0	171,5	178,5	187,0
19,5	139,69	1370,0	174,0	183,0	197,0	203,5	212,5	221,5
20,5	158,19	1550,0	197,0	210,5	223,5	230,5	241,5	251,5
22,0	177,85	1745,0	221,5	236,5	251,0	259,0	270,5	283,0
23,0	198,67	1950,0	247,5	264,5	281,0	289,5	302,5	316,0
25,5	243,76	2350,0	304,0	324,5	344,5	355,5	371,5	388,0
28,0	293,78	2880,0	365,5	391,0	415,5	428,0	447,5	466,5

Канат стальной двойной свивки с линейным касанием проволок в прядях типа ЛК-Р с одним органическим сердечником конструкции 6×19 (1+6+6/6)+1 о.с. по ГОСТ 2688-80 (см. таблицу 1.1) имеет большую опорную поверхность, повышенную гибкость и линейное касание проволок в прядях. Используется в грузоподъемных машинах, механизмах грузового назначения и подвесных дорогах в качестве тягового элемента. Основные потребительские характеристики приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3. – Канат двойной свивки с линейным касанием проволок в прядях типа ЛК-Р с одним органическим сердечником конструкции 6×19 (1+6+6/6)+1 о.с.

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения, мм ²	Масса 1000 м смазанного каната, кг	Разрывное усилие каната кН, в целом, $F_{РАЗ}$, не менее					
			Маркировочная группа, МПа					
			1370	1470	1570	1770	1860	1960
5,6	11,90	116,5	–	–	15,80	17,80	18,55	19,35
6,2	14,47	141,6	–	–	19,25	21,10	22,25	23,45
6,9	18,05	176,6	–	–	24,00	26,30	27,45	28,70
7,6	21,57	211,0	–	–	28,70	32,30	32,90	34,20
8,3	26,15	256,0	–	–	34,80	38,15	39,85	41,60
9,1	31,18	305,0	–	–	41,50	45,45	47,50	49,60
9,6	36,66	358,6	–	–	48,85	53,45	55,95	58,35
11,0	47,19	461,6	–	–	62,86	68,80	72,00	75,10
12,0	53,87	527,0	–	–	71,75	78,55	81,90	85,75
13,0	61,00	596,6	71,05	76,19	81,25	89,00	92,80	97,00
14,0	74,40	728,0	86,70	92,85	98,95	108,0	112,5	118,0
15,0	86,28	844,0	100,0	107,0	114,5	125,5	131,0	137,0
16,5	104,61	1025,0	121,5	130,0	139,0	152,0	159,0	166,0
18,0	124,73	1220,0	145,0	155,0	166,0	181,5	189,5	198,0
19,5	143,61	1405,0	167,0	178,5	191,0	209,0	218,5	228,0
21,0	167,03	1635,0	194,5	208,0	222,0	242,5	254,0	265,6
22,5	188,78	1859,1	220,0	235,5	251,0	275,0	287,5	303,5
24,0	215,49	2110,0	250,0	269,0	218,7	314,0	328,0	343,0

Канат стальной двойной свивки с линейным касанием проволок в прядях типа ЛК-РО с одним органическим сердечником конструкции 6×36 (1+7+7/7+14)+1 о.с. по ГОСТ 7668-80 (см. таблицу 1.1) отличается сравнительно большим числом проволок в прядях и поэтому обладает повышенной гибкостью. Наличие в наружном слое этих канатов относительно толстых проволок позволяет успешно применять его в условиях абразивного

износа и агрессивных сред. Имеет меньший вес по сравнению с канатами аналогичной грузоподъемности. Вследствие такого сочетания свойств канат конструкции типа ЛК-РО является универсальным. Основные потребительские характеристики приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4. – Канат двойной свивки с линейным касанием проволок в прядях типа ЛК-РО с одним органическим сердечником конструкции 6×36 (1+7+7/7+14)+1 о.с.

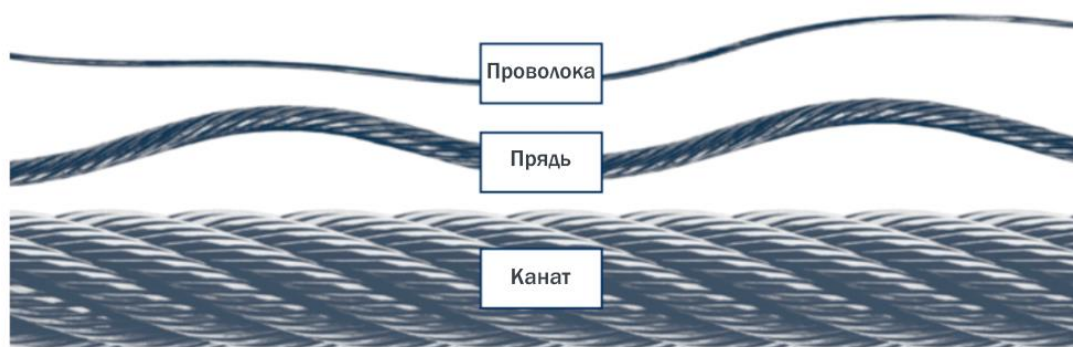
Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения, мм ²	Масса 1000 м смазанного каната, кг	Разрывное усилие каната кН, в целом, $F_{РАЗ}$, не менее					
			Маркировочная группа, МПа					
			1370	1470	1570	1670	1770	1860
6,3	15,72	155,5	–	–	–	–	22,65	23,65
6,7	17,81	176,0	–	–	–	–	25,70	26,80
7,4	20,16	199,0	–	–	–	–	29,10	30,35
8,1	25,67	253,5	–	–	–	–	37,05	38,65
9,0	31,45	310,5	–	–	44,40	42,95	45,45	47,40
9,7	38,82	383,5	–	–	49,85	53,00	56,10	58,50
11,5	51,96	513,0	–	–	66,75	70,95	75,10	70,30
13,5	70,55	696,5	–	–	90,65	96,30	101,50	106,00
15,5	82,16	812,0	–	–	104,50	111,50	116,50	122,50
16,5	105,73	1045,0	–	–	135,50	144,00	158,00	157,50
18,0	125,78	1245,0	–	–	161,50	171,50	175,50	186,50
20,0	153,99	1520,0	–	–	197,50	210,00	215,00	229,00
22,0	185,10	1830,0	20,75	22,25	237,50	252,50	258,50	275,00
23,5	215,94	2130,0	24,25	25,95	277,00	294,00	304,00	321,00
25,5	252,46	2495,0	28,35	30,35	324,00	344,00	352,50	375,50
27,0	283,79	2800,0	31,85	34,15	364,50	387,50	396,50	422,00
29,0	325,42	3215,0	36,60	39,20	417,50	444,00	454,50	484,80
31,0	369,97	3655,0	41,60	44,50	475,00	505,00	517,00	550,50

Обмер стального каната

Диаметр стального каната измеряют штангенциркулем в ненагруженном состоянии при расстоянии не менее 5 м от конца каната (рисунок 2.1).

Шагом свивки прядей в канате называют длину последнего участка, на протяжении которого прядь делает полный оборот вокруг продольной оси каната. Для определения длины шага свивки прядей в канате на поверхность какой-либо пряди наносят метку, от которой отсчитывают вдоль центральной оси каната столько прядей, сколько их имеется в сечении каната

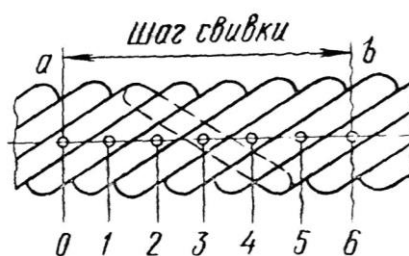
(например, 6 в шестипрядном канате) и на следующей после отсчета пряди (в данном случае на седьмой) наносят вторую метку. Расстояние между метками принимается за шаг свивки каната (рисунок 2.1, в). У многопрядных канатов, имеющих различное количество прядей во внутреннем и наружном слоях, шаг свивки определяется по числу прядей в наружном слое. Канат должен иметь равномерный шаг свивки прядей по всей длине, а длина шага свивки должна соответствовать рекомендуемой ГОСТ 3241-91. Шаг свивки наружного слоя проволок в прядях должен составлять не более 9 диаметров пряди в канатах линейного касания проволок и не более 11 диаметров пряди в канатах точечного касания проволок, в трехгранных прядях и однопрядных металлических сердечниках. Шаг свивки в канатах одинарной свивки должен быть не более 11 диаметров пряди.



a



b



в

Рисунок 2.1. – Измерение параметров стального каната:
a – элементы структуры каната; *b* – положение каната при обмере;
в – определение шага свивки

Шаг свивки канатов должен составлять не более 6,5 диаметров.

Длину шага свивки каната проверяют с точностью до 1,0 мм по среднеарифметическому значению, рассчитанному по 3–5 измерениям.

Результаты измерений заносятся в таблицу 2.5.

Таблица 2.5. – Протокол измерений параметров стального каната

№ измерений	Диаметр каната, мм	Шаг свивки, мм	Направление свивки	Число прядей, шт.	Число проволок в пряди, шт.	Материал сердечника	Условное Обозначение каната

Диаметр и основные параметры каната (трос) типа ЛК-О должны соответствовать указанным значениям, приведенным в таблице 2.6.

Таблица 2.6. – Диаметр и основные параметры стального каната типа ЛК-О (выборка из ГОСТ 3066-80)

каната	Диаметр, мм		Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Масса 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа, Н/мм ²					
	проволоки				1570		1670		1770	
	центральной	в слоях			Разрывное усилие, не менее, Н					
					суммарное всех проволок	каната в целом	суммарное всех проволок	каната в целом	суммарное всех проволок	каната в целом
3,1	0,36	0,34	4,53	41,1	7100	6025	7545	6405	7990	6780
5,6	0,65	0,60	14,20	129,0	22250	18850	23650	20000	25000	20650
8,2	0,95	0,90	31,68	288,0	49650	42150	52750	44800	55850	46200
12,0	1,40	1,30	66,52	604,0	104000	88250	110500	94100	117000	96850

В общем случае стальные канаты бракуются при наличии следующих дефектов:

- если число порывов проволок на одном шаге свивки достигло 10% от общего количества проволок в канате;
- поверхностный износ одной проволоки достиг 40% от первоначального диаметра проволоки;

- оборвана одна прядь;
- сердечник оборван и выглядывает наружу;
- канат покрыт слоем коррозии;
- канат отожен (подвергся воздействию высоких температур);
- при наличии забоин, скруток;
- на канат отсутствует акт-сертификат.

Примеры расчета и подбора стального каната

Пример 2.1

Рассчитать и подобрать стальной канат для электролебедки с тяговым усилием $S = 85$ кН. Режим работы 3М (легкий).

Решение.

2.1.1. По таблице 2.1 устанавливаем значение коэффициента использования каната. Для легкого режима 3М при подвижном канате $z_p = 4,5$.

2.1.2. Подсчитываем разрывное усилие в канате по формуле (2.1):

$$F_0 \geq S \cdot z_p \geq 85 \cdot 10^3 \cdot 4,5 \geq 382\,500 \text{ Н} \geq 382,5 \text{ кН};$$

$$F_{\text{РАЗ}} = \frac{F_0}{0,83} \geq \frac{382,5}{0,83} \geq 460,8 \text{ кН}.$$

2.1.3. В соответствии с рекомендациями о применении выбираем стальной двойной свивки типа ЛК-О с органическим сердечником конструкции 6×19 (1+9+9)+1 о.с. по ГОСТ 3077-80. По таблице 2.2 устанавливаем его основные характеристики:

- маркировочная группа – 1960 МПа;
- разрывное усилие – 466,5 кН;
- диаметр каната – 28,0 мм;
- масса 1000 м каната – 2880,0 кг.

Пример 2.2

Рассчитать стальной канат для стропа, применяемого при подъеме горизонтального цилиндрического теплообменного аппарата массой $m = 10\,000$ кг (рисунок 2.2). Режим работы 4М (средний).

Решение.

2.2.1. Определяем натяжение в одной ветви стропа, задаваясь общим количеством ветвей $n = 4$ и углом наклона их $\alpha = 45^\circ$ к направлению действия расчетного усилия P :

$$S = \frac{P}{n \cdot \cos \alpha} = \frac{m \cdot g}{n \cdot \cos 45^\circ} = \frac{10000 \cdot 9,8}{4 \cdot 0,707} = 34654 \text{ Н} = 34,7 \text{ кН}.$$

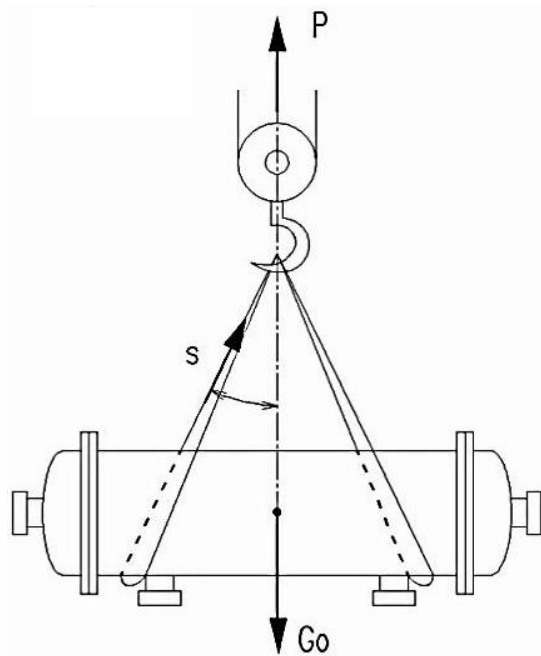


Рисунок 2.2. – Расчетная схема подъема теплообменного аппарата

2.2.2. Находим разрывное усилие в ветви стропа (неподвижного):

$$F_0 \geq S \cdot z_p \geq 34,7 \cdot 4,5 \geq 156,2 \text{ кН};$$

$$F_{\text{РАЗ}} = \frac{F_0}{0,83} \geq \frac{156,2}{0,83} \geq 188,2 \text{ кН}.$$

2.2.3. Выбираем стальной канат типа ЛК-РО конструкции $6 \times 36(1+7+7/7+14)+1 \text{ о.с.}$ (ГОСТ 7668—80) по таблице 2.4 с характеристиками:

- маркировочная группа – 1570 МПа;
- разрывное усилие – 197,5 кН;
- диаметр каната – 20,0 мм;
- масса 1000 м каната – 1520,0 кг.

Задания для самостоятельного расчета

Рассчитать и подобрать стальной строп для производства монтажных работ (рисунок 2.3), если масса поднимаемой конструкции q , число ветвей стропа n , угол стропа с вертикалью α . Исходные данные для расчета принять из таблицы 2.7.

Недостающие параметры принять самостоятельно.

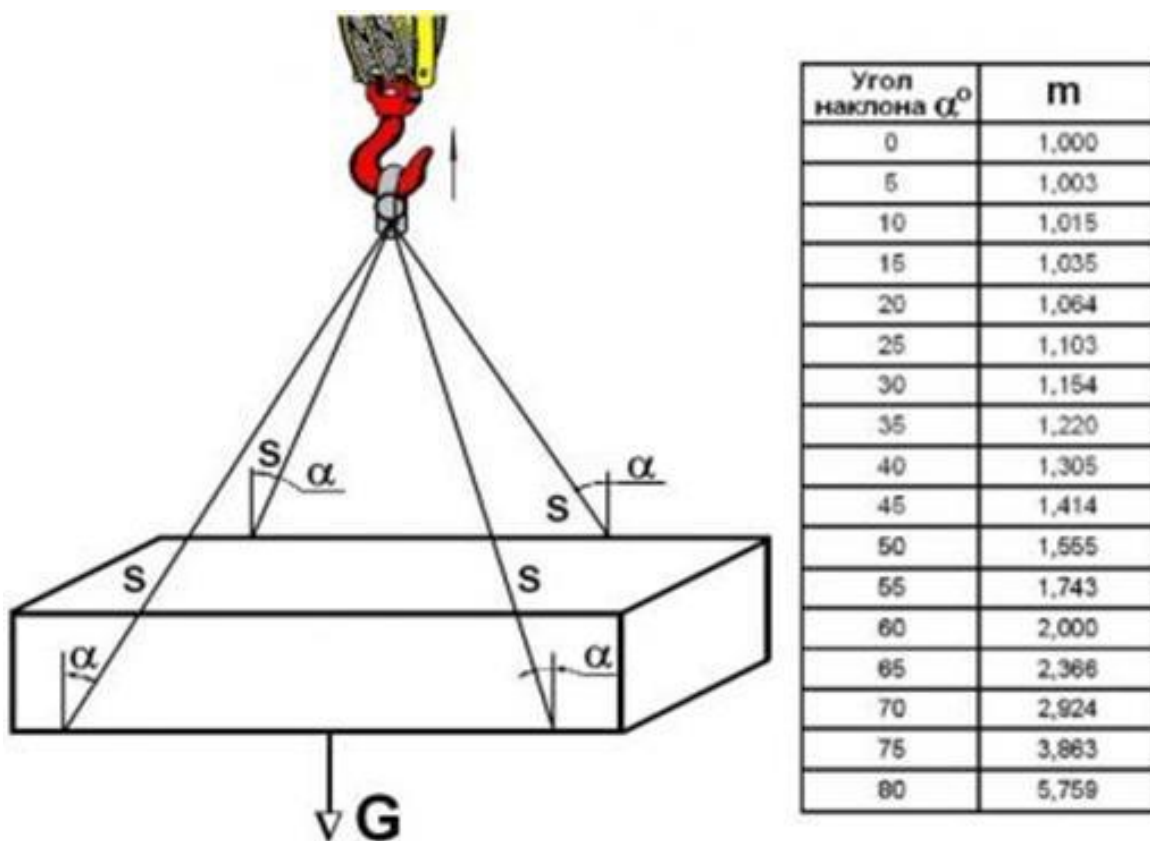


Рисунок 2.3. – Схема натяжения стропа при производстве монтажных работ

Таблица 2.7 – Исходные данные для расчета

№ варианта	Масса груза q , кг	Число ветвей стропа n	Угол стропа с вертикалью α°	Режим работы механизма
1	1300	2	75	2М
2	5800	4	35	5М
3	5400	4	40	6М
4	4900	4	45	4М
5	4400	4	30	5М
6	3300	4	25	6М
7	2800	2	45	4М
8	1500	2	50	3М
9	1800	2	55	2М
10	2100	2	60	3М
11	2300	2	65	2М
12	2400	2	70	2М
13	1100	2	55	1М
14	800	2	50	1М
15	550	2	45	2М
16	3700	4	25	5М
17	4100	4	30	5М

Окончание таблицы 2.7

1	2	3	4	5
18	750	2	40	1М
19	900	2	55	2М
20	6100	4	35	6М

Усилие в ветви стропа: $S = \frac{9,8 \cdot q}{n \cdot k \cdot \cos \alpha} = m \frac{9,8 \cdot q}{n \cdot k}$;
 m – коэффициент, зависящий от угла α° ; k – коэффициент неравномерности распределения массы груза на ветви стропа (при $n \leq 4$ $k = 1,0$; при $n > 4$ $k = 0,75$)

Содержание отчета

Отчет по практическому занятию должен содержать:

1. Название и цель практического занятия.
2. Внешний вид и схема обмера каната (фото).
3. Протокол измерения параметров каната.
4. Перечень критериев выбраковки канатов.
5. Расчет и подбор стального стропа для производства монтажных работ согласно заданному варианту.

Контрольные вопросы

1. Объясните, по какому критерию оценивается прочность стального каната.
2. Перечислите факторы, от которых зависит срок службы стального каната.
3. Опишите порядок определения шага свивки прядей в канате.
4. Опишите дефекты, при наличии которых стальные канаты бракуются.
5. Определите разрывное усилие стального каната в целом. Приведите расчетную формулу.
6. Раскройте конструкцию стального каната двойной свивки типа ЛК-О 6 × 19 (1 + 9 + 9) + 1 о.с. по ГОСТ 3077-80.
7. Приведите алгоритм расчета и подбора стального каната для подъема горизонтального габаритного груза.

Практическое занятие 3 РАСЧЕТ И ПОДБОР ГРУЗОВОЙ ЦЕПИ

Цель занятия: ознакомиться с конструкцией круглозвенной грузовой цепи и выполнить расчет по выбору цепи для грузоподъемного устройства.

Общие положения и краткие теоретические сведения

Цепь – гибкое изделие, состоящее из отдельных последовательно соединенных овальных жестких звеньев, расположенных взаимно перпендикулярно, использующихся в качестве грузовых и тяговых элементов. В грузоподъемных машинах в качестве грузовых органов применяют сварные круглозвенные (ГОСТ 2319-81) и пластинчатые цепи (ГОСТ 191-82) (рисунок 3.1).

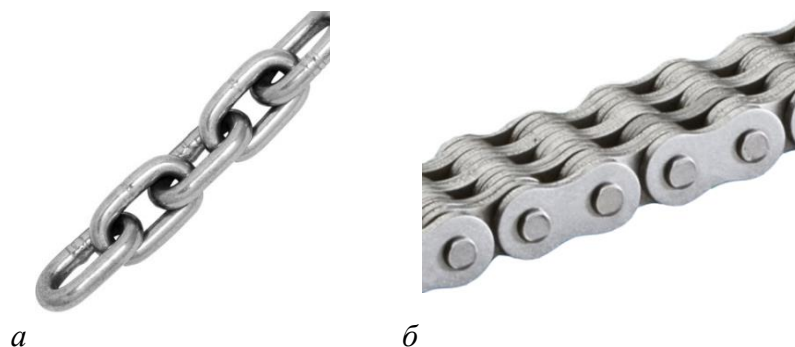


Рисунок 3.1. – Грузовые цепи:
а – круглозвенная; *б* – пластинчатая

Конструкции и параметры грузовых цепей. Цепи различают по назначению, конструкции, материалу, размеру звеньев, прочности и многим другим признакам, которые и определяют сферу их применения. ГОСТ 2319-81 устанавливает два типа цепей:

А – короткозвенные;

В – длиннозвенные.

Для каждого типа устанавливаются два исполнения:

1 – калиброванные;

2 – некалиброванные.

Грузовые и тяговые цепи нормальной прочности. Это изделия с классом качества 2, 2.5, 3.5, 5, 7, 8, с напряжением при минимальной разрывной нагрузке от 240 до 800 Н/мм². Они идут на изготовление цепных строп и используются в составе различных подъемно-транспортных машин и механизмов. Используются преимущественно с блоками и лебедками,

для обвязки, подвески, подъема и удержания грузов; тяговые – для перемещения грузов.

По **точности исполнения** круглозвенные цепи делятся на **калиброванные** (исполнение 1) и **некалиброванные** (исполнение 2).

Калиброванная цепь изготавливается из круглой калиброванной стали и имеет высокую точность исполнения в пределах заданного жесткого допуска по шагу, диаметру сечения, ширине звена, внешней и внутренней длине. Предельное отклонение от регламентированных размеров составляет $\pm 3\%$. Калиброванные цепи после термической обработки обязательно подвергаются растяжению калибровочной нагрузкой для получения заданных предельных отклонений шага и длины отрезка.

Некалиброванные цепи имеют нормированное предельное отклонение $\pm 10\%$, поэтому предназначены для работы на гладких барабанах или в статических системах крепления.

Шаг и калибр цепи. **Шаг** – измерение внутренней длины каждого отдельного звена. Для обозначения шага принято использовать букву p . Например $p = 24$ мм. **Калибр** – номинальный диаметр d сечения круглой стали, из которой изготовлены звенья (рисунок 3.2).

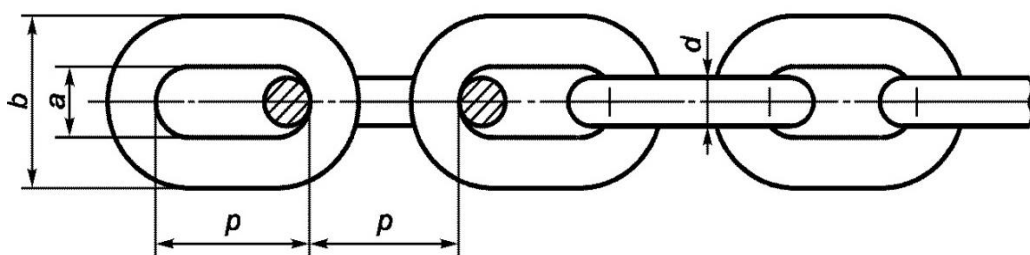


Рисунок 3.2. – Основные параметры и размеры цепи:
 p – шаг; d – калибр; b – ширина; a – внутренний размер звена

Часто под калибром подразумевается размер цепи, например, 8 мм, 10 мм, 12 мм и т.д. Однако чаще обозначение размера включает калибр и шаг, разделенные знаком умножения. Например: 6 × 19 мм; 8 × 24 мм.

Цепи калибров до 8 мм должны изготавливаться длиной 50 м, калибров 9 мм и более – длиной 25 м. По требованию потребителя допускается изготовление цепей других длин.

Сварные цепи изготавливают из сталей Ст2, Ст3 и стали 10 мелкозернистого строения с минимальным содержанием серы и фосфора, легко свариваемых и имеющих временное сопротивление при растяжении $\sigma_u = 370...450$ МПа.

Диаметр сварного шва в местах сварки звеньев должен быть не менее диаметра исходного металла и не должен превышать его более чем на $0,1 d$. Ширина сварного шва не должна превышать $1,2 d$.

Прочность круглозвенных цепей оценивается по следующим видам нагрузок. **Рабочая нагрузка (грузоподъемность)** – максимальная нагрузка, которой может быть подвергнуто изделие при эксплуатации. Она представляет собой разрушающую нагрузку, деленную на коэффициент запаса прочности. Этот коэффициент варьируется от 3 до 8 в зависимости от назначения цепи и производителя. Обычно он равен 4, в этом случае рабочая нагрузка составляет четверть от нагрузки на разрыв. **Пробная нагрузка** – это контрольная испытательная нагрузка на растяжение, которой был нагружен образец на заводе во время процедуры тестирования. Как правило, она в два раза превышает предельную рабочую нагрузку, что составляет половину разрывной нагрузки. **Разрывная нагрузка** – предел прочности на разрыв, превышающий в 4 раза предел рабочей нагрузки.

Класс качества цепи. Класс качества – характеристика, позволяющая оценить прочность цепи. Она зависит от механических характеристик готового изделия, а не от предельной прочности сплава, идущего на его изготовление. Класс качества обычно обозначается цифрами от 2 до 12. Цепи нормальной прочности в зависимости от механических свойств имеют соответствующий класс качества: 2; 2,5; 3; 3,5; 5; 7; а высокопрочные – 8, 10, 12 (таблица 3.1). При одинаковом номинальном диаметре звеньев грузоподъемность цепи 8-го класса качества на 50% превышает грузоподъемность цепей 5-го классов качества, 10 класса – на 25% выше значений, чем у изделий класса качества 8. Соответственно, грузоподъемность у класса 12 на 25% выше, чем у класса 10.

Таблица 3.1. – Показатели прочности для цепей различных классов качества

Класс качества	2	2,5	3,5	5	7	8
Напряжение при пробной нагрузке, МПа	75–120	120	240	315	600	640
Напряжение при разрушающей нагрузке, МПа	150–240	240	360	500	750	800

Конструкция с короткими звеньями ($\frac{p}{d} < 3,5$) делает цепь более удобной в обращении, она не склонна к спутыванию при укладке в емкость для хранения, но не такая подвижная, как длиннозвенная. Главное ее преимущество в показателях прочности: при одинаковом калибре цепь с коротким звеном выдерживает большие нагрузки, чем с длинным звеном. Ее сложнее

повредить при затягивании на острых углах. Короткие звенья плотнее прилегают к захватным крюкам, поэтому меньше риск их соскакивания.

Конструкция из длинных звеньев ($\frac{p}{d} \geq 3,5$) обладает большой степенью свободы во всех направлениях и лучше подходит для закрепления, наращивания, укорачивания. Из нее легко сделать петлю, продев звено в звено. Но главное ее преимущество перед короткозвенной в меньшем весе и цене, поскольку на каждый метр приходится меньшее число колец.

Условное обозначение:

Цепь (тип и исполнение) – (калибр × шаг) ГОСТ 2319-81.

Например:

Цепь А1 – 10× 28 ГОСТ 2319-81

означает: цепь короткозвенная калиброванная калибром 10 мм шагом 28 мм по ГОСТ 2319-81.

Расчет сварных цепей

Сварные некалиброванные цепи обычно используются в качестве стропов, сварные калиброванные и пластинчатые цепи – в грузоподъемных механизмах.

Для сварных цепей допускаемое усилие на ветвь S в цепи (кН) определяется по формуле

$$S = \frac{R}{k_s}, \quad (3.1)$$

где R – разрушающая нагрузка, кН (выбирается по таблице 3.2); k_s – коэффициент запаса прочности для цепей (выбирается в зависимости от их назначения по табл. 3.3).

Диаметры барабанов и звездочек, огибаемых сварной цепью, должны быть не менее: для ручного привода – 20 диаметров звена, для машинного привода – 30 диаметров звена.

Таблица 3.2. – Размеры и нагрузки на грузовые и тяговые цепи, тип А, исполнение I по ГОСТ 2319-81

Калибр цепи d , мм	Шаг цепи p , мм	Ширина цепи b , мм	Нагрузка, кН		Масса 1 м цепи, кг
			пробная	разрушающая	
1	2	3	4	5	6
5	18,5	17	5,0	10,0	0,50
6	18,5	20	7,0	14,0	0,75
7	22	23	9,0	18,0	1,00
8	24	26	13,0	26,0	1,35

Окончание таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6
9	27	32	16,0	32,0	1,80
9,5	27	31	17,0	34,0	1,90
10	28	34	20,0	40,0	2,25
11	31	36	23,0	46,0	2,70
13	36	44	33,0	66,0	3,80
16	45	53	51,0	102,0	5,80
18	50	60	63,0	126,0	7,30
20	56	67	80,0	160,0	9,00
23	64	77	100,0	200,0	12,0
26	73	87	126,0	252,0	15,0
28	78	94	150,0	300,0	17,5
30	84	101	170,0	340,0	21,0
33	92	112	200,0	400,0	24,5
36	101	122	250,0	500,0	29,0
39	109	132	280,0	560,0	34,0
42	118	142	340,0	680,0	40,0

Таблица 3.3. – Минимальное значение коэффициента запаса прочности грузовой цепи

Тип и назначение цепи	$\min k_s$
Грузовая, работающая на гладком блоке и барабане	3
Грузовая, работающая на звездочке (калиброванная)	4,5
Грузовая из нержавеющей кислотостойкой стали	4
Для стропов	5

Таблица 3. – Показатели надежности круглозвенных грузовых и тяговых цепей нормальной прочности

Калибр цепи, мм	Полный ресурс, ч, не менее	
	средний	установленный
5	700	400
6–9,5	1000	600
10–13	1400	800
16–30	1600	1000
23–28	2000	1400
30–36	2600	1600
39–42	3000	1800

При выборе сварной круглозвенной цепи для механизма подъема выполняют расчет по заданной нагрузке и коэффициенту безопасности.

Примеры расчетов цепей

Пример 3.1

Для тали с ручным приводом необходимо подобрать размер калиброванной цепи. Предполагаемая максимальная рабочая нагрузка: $S = 12$ кН (1200 кгс). Оценить класс качества подобранной цепи.

Решение.

3.1.1. В соответствии с таблицей 3.3 принимаем запас прочности калиброванной цепи, работающей на звездочке $k_s = 4,5$.

3.1.2. Вычисляем значение разрывной нагрузки, используя формулу (3.1):

$$R = k_s \cdot S = 4,5 \cdot 12 = 54 \text{ кН.}$$

3.1.3. По таблице 3.2 (ГОСТ 2319-81) выбираем короткозвенную калиброванную цепь размера 13×36 (калибр 13 мм, шаг 36 мм) с разрушающей нагрузкой $R = 66$ кН.

3.1.4. Определяем площадь поперечного сечения звена цепи:

$$A = \pi d^2 / 4 = 3,14 \cdot 13^2 / 4 = 132,67 \text{ мм}^2.$$

3.1.5. Определяем величину нормального напряжения при разрушающей нагрузке:

$$\sigma = \frac{R}{A} = \frac{54 \cdot 10^3}{132,67} = 407 \text{ МПа.}$$

3.1.6. Оцениваем класс прочности выбранной цепи. По таблице 3.1 данную цепь можно отнести к 5 классу качества (напряжение при разрушающей нагрузке не превышает 500 МПа).

Пример 3.2

Определить допускаемое усилие в сварной грузовой цепи калибром $d = 6$ мм для грузоподъемного механизма с ручным приводом и установить ее ресурс.

Решение.

3.2.1. По таблице 3.2 устанавливаем величину разрушающей нагрузки для данной цепи: $R = 14$ кН.

3.2.2. По таблице 3.3 принимаем минимальное значение запаса прочности цепи, работающей на гладком барабане: $k_s = 3,0$.

3.2.3. По формуле (3.1) определяем значение допускаемого усилия:

$$S = R / k_s = 14 / 3 = 4,67 \text{ кН.}$$

3.2.4. По таблице 3.4 устанавливаем ресурс данной цепи: не менее 600 ч.

Задания для самостоятельного расчета

Для ручной тали подобрать размер калиброванной круглозвенной цепи (калибр, шаг, ширину, разрушающую нагрузку, массу 1 м цепи), оценить класс качества и установить ее ресурс.

Числовые значения для расчета принять из таблицы 3.5.

Таблица 3.5. – Исходные данные для расчета

№ варианта	Рабочая нагрузка S , кН	Тип	Исполнение	Материал звеньев
1	5,5	A	1	Ст2
2	12,0	B	2	Ст2
3	4,5	B	2	Ст3
4	13,0	A	2	10
5	3,5	A	1	Ст2
6	14,0	B	1	10
7	1,5	B	1	Ст3
8	16,0	A	2	10
9	2,5	A	2	10
10	17,0	B	1	Ст2
11	3,0	B	1	10
12	18,0	A	2	Ст3
13	5,0	B	2	10
14	15,0	A	1	Ст3
15	20,0	B	1	10
16	10,0	B	2	Ст2
17	4,0	A	2	10
18	11,0	A	1	Ст3
19	6,5	B	1	10
20	20,5	B	1	Ст3
21	7,0	A	2	Ст2
22	12,5	A	2	10
23	8,0	B	1	Ст3
24	11,5	A	1	Ст2
25	18,5	A	2	10

Недостающие данные принять самостоятельно.

Содержание отчета

Отчет по практическому занятию должен содержать:

1. Название и цель практического занятия.
2. Классификация грузовых и тяговых цепей.
3. Основные параметры грузовых круглозвенных цепей (фото).
4. Расчет и подбор круглозвенной цепи согласно варианту.

Контрольные вопросы

1. Раскройте техническое определение цепи.
2. Опишите круглозвенные грузовые цепи по точности исполнения.
3. Дайте определения понятий «шаг» и «калибр» цепи.
4. Какие материалы применяются для изготовления сварных цепей?
5. Раскройте понятия «рабочая нагрузка» и «пробная нагрузка».
6. Что такое класс прочности цепи?
7. Обоснуйте преимущества конструкции цепи с короткими звеньями.
8. Аргументируйте выбор цепи, состоящей из длинных звеньев.
9. Опишите алгоритм оценки класса качества цепи.

Практическое занятие 4 РАСЧЕТ И ПОДБОР КРЮКА

Цель занятия: ознакомиться с конструкцией и типами грузоподъемных крюков и выполнить расчет по их выбору.

Общие положения и краткие теоретические сведения

В различных конструкциях грузозахватных приспособлений используют крюки, к которым груз подвешивается с помощью гибких строп. Они служат для надежного соединения груза с канатом подъемного устройства.

Во всех механизмах для перемещения грузов используется такелажный крюк монтажный различного типа (рисунок 4.1). Основным является кованое изделие из сталей 20 и 20Г.



Рисунок 4.1 – Типы грузоподъемных крюков:
а – приварной; б – с расширенным зевом; в – цепной; г – чалочный;
д – вращающийся; е – двурогий; ж – S-образный

По форме крюки подразделяют на однорогие и двурогие. Размеры крюков стандартизированы: для механизмов с ручным и машинным приводом – однорогие крюки по ГОСТ 6627-74, для механизмов с машинным приводом – двурогие по ГОСТ 6628-73. Форма крюков выбрана такой, чтобы обеспечить их минимальные размеры и массу при достаточной прочности, одинаковой во всех сечениях. Однорогие крюки предназначены для грузов массой от 0,25 до 75 т; двурогие – от 5 т и выше.

Грузовые крюки кранов должны быть снабжены предохранительным замком, предотвращающим самопроизвольное выпадение съемного грузозахватного приспособления. Каждый крюк должен выдерживать статическую нагрузку, превышающую его грузоподъемную силу на 25%.

Расчет крюка

Конструкция однорогого крюка, его основные размеры и форма поперечного сечения приведены на рисунке 4.2.

Крюк выбирается в зависимости от грузоподъемности и режима работы и характеризуется номером заготовки (таблица 4.1).

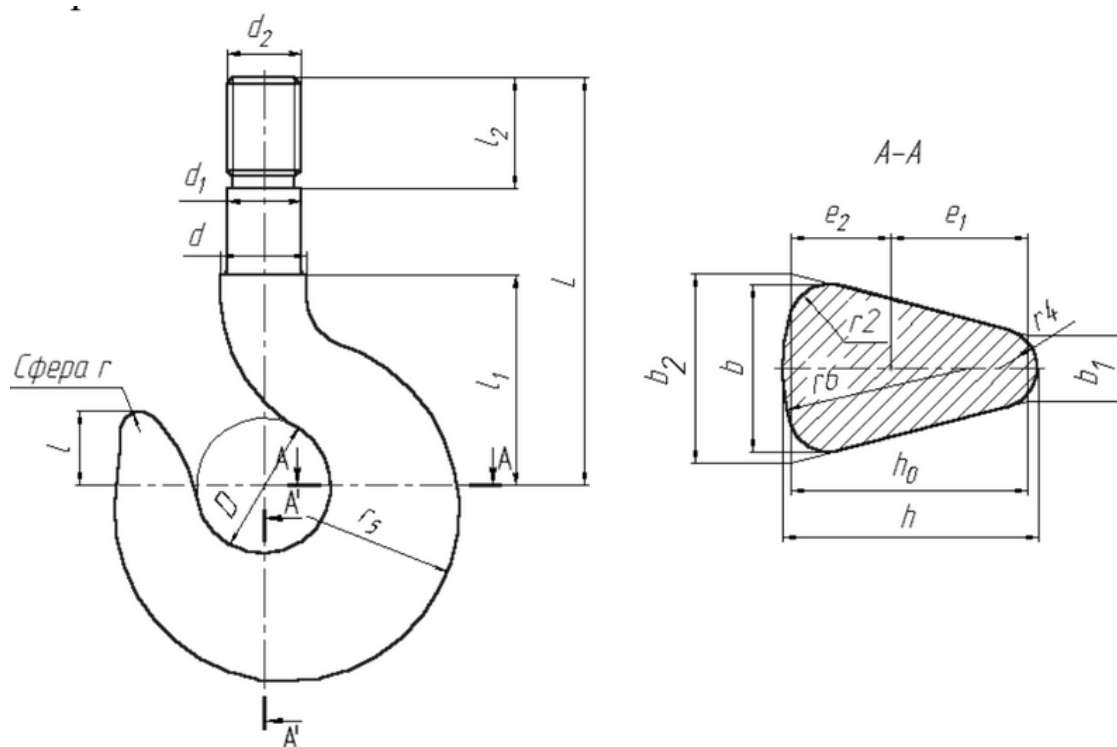


Рисунок 4.2. – Расчетная схема однорогого крюка

Таблица 4.1. – Номинальная грузоподъемность однорогих крюков

Номер заготовки крюка	Режим работы		
	для машин и механизмов с ручным приводом	3М, 4М	5М, 6М
	Номинальная грузоподъемность, т		
1	0,40	0,32	0,25
2	0,50	0,40	0,32
3	0,63	0,50	0,40
4	0,80	0,63	0,50
5	1,00	0,80	0,63
6	1,25	1,00	0,80
7	1,60	1,25	1,00
8	2,00	1,60	1,25
9	2,50	2,00	1,60
10	3,20	2,50	2,00
11	4,00	3,20	2,50
12	5,00	4,00	3,20
13	6,30	5,00	4,00
14	8,00	6,30	5,00
15	10,00	8,00	6,30
16	12,50	10,00	8,00
17	16,00	12,50	10,00
18	20,00	16,00	12,50
19	–	20,00	16,00
20	–	25,00	20,00
21	–	32,00	25,00
22	–	40,00	32,00
23	–	50,00	40,00
24	–	63,00	50,00
25	–	80,00	63,00
26	–	100,00	80,00

В зависимости от номера заготовки по ГОСТ 6627-74 определяются его геометрические размеры (таблица 4.2).

Рабочая часть крюка представляет собой кривой брус (рисунок 4.2). Наиболее нагруженным является сечение крюка, в котором приложенная сила имеет наибольшее плечо изгибающего момента. Сечения крюка имеют трапециевидальную форму с широким основанием, обращенным к зеву крюка. Рациональные соотношения размеров трапеции, обеспечивающие минимальную массу крюка, принимаются следующие:

$$\frac{b_2}{b_1} = 2,0 \dots 2,5;$$

$$\frac{h}{b_2} = 1,5 \dots 1,6.$$

Трапецидальное сечение с закругленными краями при расчете заменяют сечением в виде равнобедренной трапеции с основаниями b_1 и b_2 и высотой h_0 .

На прочность крюк проверяется в сечениях А–А, А' – А' и на хвостовике.

В сечении А–А крюк рассчитывается как кривой брус, нагруженный эксцентрично приложенной силой. Наибольшее напряжение растяжения внутренних волокон сечения А–А можно определить по формуле (4.1):

$$\sigma_1 = \frac{2G \cdot e_2}{k \cdot A \cdot D'} \quad (4.1)$$

Наибольшие напряжения сжатия на внешней части сечения А–А будут равны:

$$\sigma_2 = \frac{G \cdot e_1}{k \cdot A(0,5D+h_0)} \quad (4.2)$$

где $A = \frac{b_1+b_2}{2} h_0$ – площадь поперечного сечения А–А замененного равнобедренной трапецией; $e_2 = \frac{2b_1+b_2}{b_1+b_2} \cdot \frac{h_0}{3}$ – расстояние от центра тяжести сечения до внутренних волокон крюка; $e_1 = h_0 - e_2$ – расстояние от центра тяжести сечения до внешних волокон крюка; $k = 0,10 \dots 0,12$ – коэффициент, зависящий от кривизны и формы сечения крюка.

Условие прочности принимает вид:

$$\sigma_{1,2} \leq \sigma_{adm} \quad (4.3)$$

Допускаемое напряжение σ_{adm} материала крюка на растяжение равно:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_y}{s},$$

где σ_y – предел текучести материала крюка; s – запас прочности: для режимов работы 3М, 4М $s = 1,2$; для режимов работы 5М, 6М $s = 1,5$.

В сечении хвостовика крюк рассчитывают на растяжение:

$$\sigma_p = \frac{4G}{\pi d_p^2} \leq \sigma_{p adm} \quad (4.4)$$

где σ_p – напряжение растяжения в резьбе крюка; d_p – внутренний диаметр резьбы хвостовика крюка (таблица 4.3); $\sigma_{p adm} = (0,25 \dots 0,28)\sigma_y$ – допускаемое напряжение на растяжение резьбы хвостовика (меньшее значение назначается для тяжелого режима работы).

Таблица 4.3. – Основные размеры резьбы хвостовика крюка

Обозначение резьбы	Наружный диаметр d , мм	Шаг p , мм	Внутренний диаметр по дну впадины d_3 , мм
Метрическая резьба ГОСТ 24705-2004			
M12	12,0	1,75	9,853
M14	14,0	2,0	11,546
M16	16,0	2,0	13,160
M20	20,0	2,5	16,933
M24	24,0	3,0	20,319
M27	27,0	3,0	23,319
M30	30,0	3,5	25,706
M33	33,0	3,5	28,706
M36	36,0	4,0	31,093
M42	42,0	4,5	36,479
M52	52,0	5,0	45,866
M56	56,0	5,5	49,252
M64	64,0	6,0	56,639
Трапецеидальная резьба ГОСТ 9484-81			
Tr 70× 10	70,0	10,0	59,0
Tr 80× 10	80,0	10,0	69,0
Tr 90× 12	90,0	12,0	77,0
Tr 100× 12	100,0	12,0	87,0
Tr 110× 12	110,0	12,0	97,0
Tr 120× 16	120,0	16,0	102,0
Tr 140× 16	140,0	16,0	122,0
Tr 160× 16	160,0	16,0	142,0
Tr 170× 16	170,0	16,0	152,0

В сечении $A' - A'$ напряжения определяют при условии, когда стропы расположены под углом к вертикали, равным 45° и при этом рассматривают действие как нормальных σ_3 , так и касательных τ напряжений:

$$\sigma_3 = \frac{G \cdot e_2}{k \cdot A \cdot D}; \quad \tau = \frac{G}{A}. \quad (4.5)$$

Суммарное напряжение в сечении $A' - A'$ по третьей теории прочности равно

$$\sigma = \sqrt{\sigma_3^2 + 4\tau^2} \leq \sigma_{adm}. \quad (4.6)$$

Пример расчета крюка

Провести проверочный расчет крюка (рисунок 4.2) грузоподъемного механизма по следующим исходным данным: масса поднимаемого груза $m = 1500$ кг; тип привода механизма подъема – машинный; режим работы механизма подъема – легкий 3М; материал крюка – стальная поковка.

Решение.

4.3.1. Устанавливаем вес поднимаемого груза с учетом массы элементов крепления каната (до 10% массы поднимаемого груза):

$$G = (m + 0,1m) \cdot g = (1500 + 150) \cdot 9,8 = 16,17 \text{ кН.}$$

4.3.2. Принимаем материал поковки крюка: сталь 20 ($\sigma_y = 250$ МПа). Допускаемое напряжение для стали 20 равно:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_y}{s} = \frac{250}{1,2} = 208 \text{ МПа.}$$

4.3.3. Для заданной максимальной грузоподъемности, режима работы и типа привода механизма по таблице 4.1 выбираем номер заготовки крюка и по таблице 4.2 его основные параметры для выполнения проверочного расчета:

- тип крюка – однорогий, № 9 с максимальной грузоподъемностью 2,0 т;
- диаметр зева крюка $D = 50$ мм;
- ширина наружной части сечения $b = 30$ мм;
- наружный диаметр резьбы хвостовика М27 ($d_2 = 27$ мм, шаг резьбы $t = 3,0$ мм; резьба метрическая);
- высота профиля крюка $h = 45$ мм;
- размеры эквивалентной равнобедренной трапеции сечения крюка

$$b_2 = h/1,5 = 45/1,5 = 30 \text{ мм;}$$

$$b_1 = b_2/2,0 = 30/2,0 = 15 \text{ мм;}$$

$$h_0 \sim h - r_4/2 \sim 45 - 7/2 \sim 41,5 \text{ мм;}$$

$$A = \frac{b_1 + b_2}{2} h_0 = \frac{15 + 30}{2} \cdot 41,5 = 933,75 \text{ мм}^2;$$

- коэффициент $k = 0,1$.

4.3.4. Вычисляем напряжение растяжения внутренних волокон крюка в сечении А – А:

$$\sigma_1 = \frac{2G \cdot e_2}{k \cdot A \cdot D} = \frac{2 \cdot 16,17 \cdot 10^3 \cdot 18,44}{0,1 \cdot 933,75 \cdot 50} = 127,7 \text{ МПа.}$$

4.3.5. Вычисляем наибольшие напряжения сжатия на внешней части крюка в сечении А – А:

$$\sigma_2 = \frac{G \cdot e_1}{k \cdot A(0,5D + h_0)} = \frac{16,17 \cdot 10^3 \cdot 23,06}{0,1 \cdot 933,75(0,5 \cdot 50 + 41,5)} = 60,05 \text{ МПа.}$$

Условие прочности материала крюка выполняется, т.к.

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 127,7 < \sigma_{adm} = 208 \text{ МПа;} \\ \sigma_2 &= 60,05 < \sigma_{adm} = 208 \text{ МПа.}\end{aligned}$$

4.3.6. Вычисляем напряжения растяжения в сечении хвостовика:

$$\sigma_p = \frac{4G}{\pi d_p^2} = \frac{4 \cdot 16,17 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 23,319^2} = 37,9 \text{ МПа.}$$

Условие прочности резьбы хвостовика принимает вид:

$$\sigma_p \leq \sigma_{p adm},$$

где $\sigma_{p adm} = (0,25 \dots 0,28)\sigma_y = (0,25 \dots 0,28) \cdot 250 = 62,5 \dots 70,0 \text{ МПа.}$

Условие прочности выполняется:

$$\sigma_p = 37,9 < \sigma_{p adm} = 62,5 \dots 70,0 \text{ МПа.}$$

4.3.7. Вычисляем действующие напряжения в сечении А' – А'.

$$\begin{aligned}\sigma_3 &= \frac{G \cdot e_2}{k \cdot A \cdot D} = \frac{16,17 \cdot 10^3 \cdot 18,44}{0,1 \cdot 933,75 \cdot 50} = 63,9 \text{ МПа;} \\ \tau &= \frac{G}{A} = \frac{16,17 \cdot 10^3}{933,75} = 17,3 \text{ МПа.}\end{aligned}$$

Суммарное напряжение в сечении А' – А' будет равно:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_3^2 + 4\tau^2} = \sqrt{63,9^2 + 4 \cdot 17,3^2} = 72,7 \text{ МПа.}$$

Условие прочности выполняется:

$$\sigma = 71,7 < \sigma_{adm} = 208 \text{ МПа.}$$

Условия прочности по всем принятым критериям выполняются, следовательно, крюк однорогий № 9 с максимальной грузоподъемностью 2,0 т подходит для производства работ.

Задание для самостоятельного расчета

Подобрать крюк для грузоподъемного устройства и проверить его на прочность. Исходные данные для расчета принять из таблицы 4.4.

Таблица 4.4. – Варианты задания и исходные данные для расчета

№ варианта	Масса груза m , кг	Марка стали крюка	Режим работы механизма	Тип привода механизма
1	2	3	4	5
1	950	25 ГОСТ 1050-2013 ($\sigma_y = 275 \text{ МПа}$)	3М	машинный

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
2	850	20 ГОСТ 1050-74 ($\sigma_y = 250$ МПа)	2М	ручной
3	1800	10ХСНД ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 390$ МПа)	3М	машинный
4	750	09Г2 ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 265$ МПа)	1М	ручной
5	2200	15ХСНД ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 325$ МПа)	4М	машинный
6	650	20 ГОСТ 1050 -74 ($\sigma_y = 250$ МПа)	1М	ручной
7	3000	10ХСНД ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 390$ МПа)	4М	машинный
8	1000	15ХСНД ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 325$ МПа)	2М	ручной
9	4100	25 ГОСТ 1050-2013 ($\sigma_y = 275$ МПа)	5М	машинный
10	1100	10ХСНД ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 390$ МПа)	2М	ручной
11	5300	09Г2 ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 265$ МПа)	4М	машинный
12	1200	15ХСНД ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 325$ МПа)	3М	машинный
13	6500	20 ГОСТ 1050 -74 ($\sigma_y = 250$ МПа)	5М	машинный
14	1300	09Г2 ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 265$ МПа)	3М	машинный
15	7000	10ХСНД ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 390$ МПа)	6М	машинный
16	1400	Ст3Гсп ГОСТ 380-71 ($\sigma_y = 245$ МПа)	2М	ручной
17	7500	25 ГОСТ 1050-2013 ($\sigma_y = 275$ МПа)	6М	машинный
18	1500	20 ГОСТ 1050 -74 ($\sigma_y = 250$ МПа)	3М	машинный
19	8000	15ХСНД ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 325$ МПа)	5М	машинный
20	1600	10ХСНД ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 390$ МПа)	4М	машинный
21	8500	15ХСНД ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 325$ МПа)	5М	машинный
22	1700	20 ГОСТ 1050 -74 ($\sigma_y = 250$ МПа)	4М	машинный
23	9000	09Г2 ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 265$ МПа)	6М	машинный

Окончание таблицы 4.4

1	2	3	4	5
24	900	25 ГОСТ 1050-2013 ($\sigma_y = 275$ МПа)	2М	ручной
25	10000	15ХСНД ГОСТ 19281-89 ($\sigma_y = 325$ МПа)	6М	машинный

Недостающие параметры принять самостоятельно.

Содержание отчета

Отчет по практическому занятию должен содержать:

1. Название и цель практического занятия.
2. Типы и материалы грузоподъемных крюков.
3. Расчетная схема и методика подбора однорогого крюка (см. рисунок 4.2).
4. Расчет и подбор крюка по заданному варианту.

Контрольные вопросы

1. Назовите функцию и назначение крюка.
2. Какие материалы используют для изготовления такелажного крюка?
3. Опишите формы и конструкции такелажных крюков.
4. Объясните, как связана статическая нагрузка, выдерживаемая крюком, с его грузоподъемность.
5. Назовите основные критерии выбора такелажного крюка.
6. Опишите наиболее нагруженное сечение крюка.
7. Опишите рабочую часть крюка.
8. Объясните, какие сечения крюка необходимо проверять на прочность.

Практическое занятие 5 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПОЛИСПАСТА

Цель занятия: привить практические навыки определения параметров и расчета полиспаста.

Общие положения и краткие теоретические сведения

Устройство, состоящее из группы блоков, собираемых в специальные обоймы, через которые проходит гибкий тяговый элемент, называется **полиспастом** (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1. – Полиспаст

Самый простой полиспаст – один блок с протянутым через него тяговым элементом. Такая схема позволяет в два раза снизить усилие, необходимое для подъема груза.

В зависимости от схемы сборки блоков полиспасты подразделяются на силовые и скоростные, т.е. способные обеспечить выигрыш в силе или скорости.

Различают неподвижные и подвижные блоки. В неподвижных блоках ось остается неподвижной; их используют для изменения направления действия силы (рисунок 5.2, *а*) и называют направляющими. В подвижных блоках ось перемещается в пространстве и усилие, необходимое для подъема груза, может прикладываться к тяговому элементу (рисунок 5.2, *б*) или непосредственно к оси (рисунок 5.2, *в*). Схема крепления блока на рисунке 5.2, *б* обеспечивает выигрыш в силе; схема крепления на рисунке 5.2, *в* – выигрыш в скорости.

Для блоков на подшипниках качения $\eta = 0,95 - 0,99$; для блоков на подшипниках скольжения $\eta = 0,90 - 0,98$.

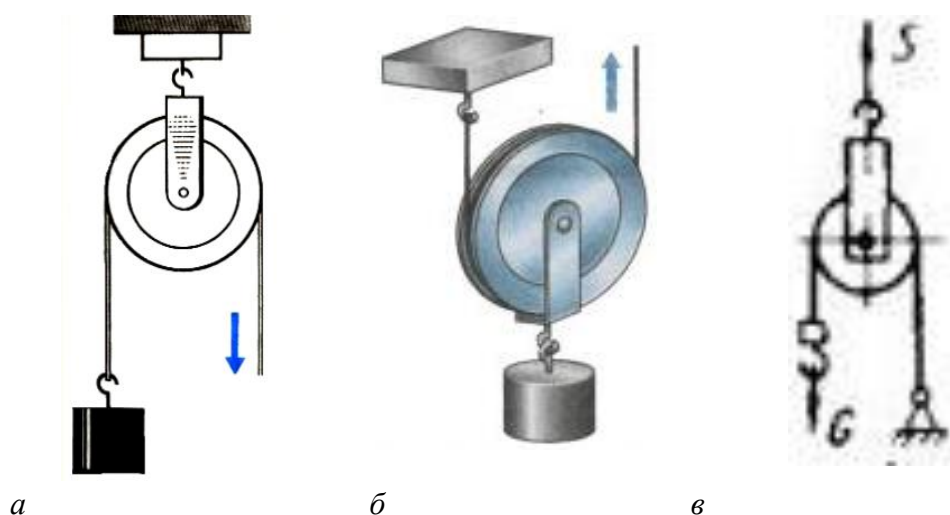


Рисунок 5.2. – Блоки:

- а* – неподвижный (направляющий);
- б* – подвижный, обеспечивающий выигрыш в силе;
- в* – подвижный, обеспечивающий выигрыш в скорости

Полиспасты характеризуются кратностью, которая зависит от числа блоков в обоймах и определяется числом ветвей каната, на которых подвешивается груз. **Кратность полиспаста** – число ниток полиспаста, на которое подвешена подвижная обойма. Кратность показывает, во сколько раз требуемое для подъема груза усилие меньше заданной массы груза. Число ветвей полиспаста, на которое распределяется масса поднимаемого груза, численно равно кратности полиспаста, поэтому можно рекомендовать следующий простой способ ее определения. Если полиспаст мысленно рассечь плоскостью, пересекающей все ветви каната, который огибает блоки, то кратность полиспаста численно будет равна числу пересеченных плоскостью канатов (рисунок 5.3).

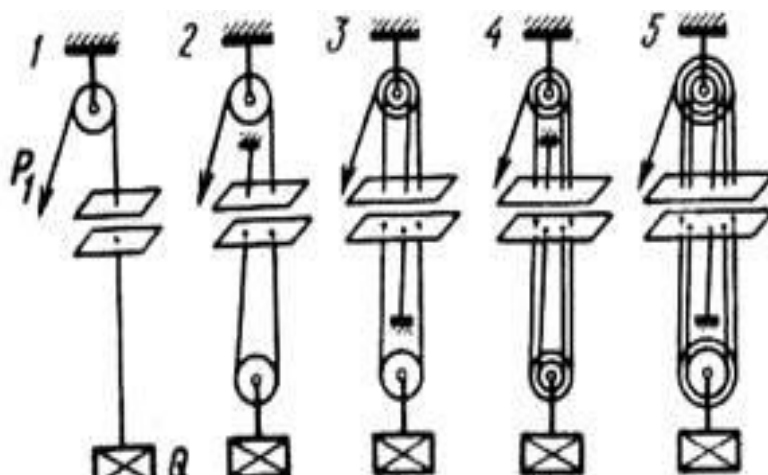


Рисунок 5.3. – Кратность полиспаста

Для скоростных полиспаст кратностью является значение, получаемое от деления скорости ведущего конца тягового элемента на скорость ведомого конца.

Требуемая кратность достигается за счет внедрения или удаления из схемы дополнительных блоков. Увеличение кратности в силовых полиспастах позволяет уменьшить диаметр тягового элемента и габариты всей силовой установки, но это приводит к необходимости увеличения длины тягового элемента.

Канаты типа ЛК-Р (ГОСТ 2688-80, 14954-80) следует применять тогда, когда в процессе эксплуатации канаты подвергаются воздействию агрессивных сред, интенсивному знакопеременному изгибу и работают на открытом воздухе.

Канаты типа ЛК-РО (ГОСТ 7668-80, 7669-80, 16853-80) отличаются сравнительно большим числом проволок в прядях и поэтому обладают повышенной гибкостью. Наличие в наружном слое этих канатов относительно толстых проволок позволяет успешно применять их в условиях абразивного износа и агрессивных сред. Вследствие такого сочетания свойств канат конструкции типа ЛК-РО является универсальным.

Пример расчета полиспаста

Подобрать стальной канат, определить его основные параметры и рассчитать фактический коэффициент запаса прочности полиспаста для подъема груза массой $m = 5\ 000$ кг на высоту $H = 5$ м. Группа режима работы 4М – средний. Блоки установлены на подшипники качения (рисунок 5.4).

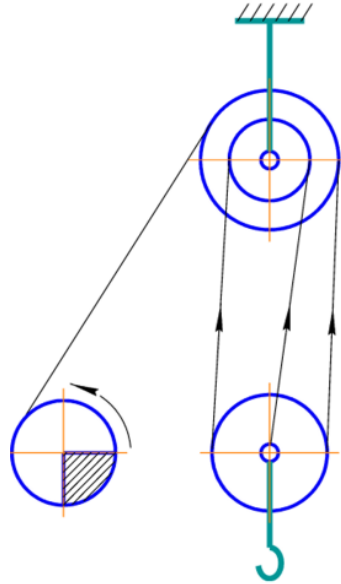


Рисунок 5.4. – Схема полиспаста

Решение.

5.1. Определяем тип полиспаста. Если один конец тягового элемента жестко закреплен на барабане, а другой крепится на стационарном конструктивном элементе, то это одинарный полиспаст. В двоярных полиспастах оба конца тягового элемента жестко крепятся к барабану. Согласно схеме (см. рисунок 5.4) тип полиспаста – одинарный.

5.2. Устанавливаем кратность полиспаста U :

$$U = \frac{Z}{Z_{\text{к.б.}}} = \frac{3}{1} = 3,$$

где $Z = 3$ – число ветвей тягового элемента на которых подвешен груз; $Z_{\text{к.б.}} = 1$ – число ветвей тягового элемента, наматываемых на барабан.

При четной кратности полиспаста свободный конец тягового элемента крепится к неподвижной конструкции, при нечетной – к приспособлению для крепления груза. Требуемая кратность полиспаста достигается за счет внедрения или удаления из схемы дополнительных блоков.

5.3. Определяем величину максимального веса груза G :

$$G = mg = 5\,000 \cdot 9,8 = 58\,800 \text{ Н} = 49 \text{ кН}.$$

5.4. Определяем максимальное натяжение каната F_{max} :

$$F_{\text{max}} = G \cdot \frac{1 - \eta}{(1 - \eta^Z) \cdot \eta^\theta} = 49 \cdot \frac{1 - 0,97}{(1 - 0,97^3) \cdot 0,97^2} = 15,85 \text{ кН},$$

где η – КПД для подвижных и неподвижных блоков, установленных на подшипниках; θ – число направляющих блоков.

5.5. Определяем расчетное разрывное усилие $F_{\text{РАЗ}}$. Режим работы механизма средний и в соответствии с ГОСТ 25835-83 – 4М, коэффициент запаса прочности $Z_p = 5,6$ (см. таблицу 2.1). Тогда

$$F_{\text{РАЗ}} \geq F_{\text{max}} \cdot Z_p; F_{\text{РАЗ}} \geq 15,85 \cdot 5,6 \geq 88,76 \text{ кН.}$$

5.6. В соответствии с условиями эксплуатации (полиспасть может подвергаться воздействию агрессивных сред, интенсивному знакопеременному изгибу и работать на открытом воздухе) выбираем канат двойной свивки с линейным контактом в прядях проволок разного диаметра типа ЛК-РО по ГОСТ 7668-80. По расчетному разрывному усилию $F_{\text{РАЗ}}$ в соответствии с таблицей 2.4 выбираем канат диаметром $d_k = 13,5$ мм с разрывным усилием $F_{\text{РАЗ}} = 90,65$ кН: канат диаметром 13,5 мм, грузового назначения, из проволоки без покрытия, марки I, правой односторонней свивки, раскручивающийся, рихтованный, нормальной точности, маркировочной группы 1570 Н/мм² с условным обозначением:

Канат 13,5 – Г – 1 – О – Р – 1570 ГОСТ 7668-80.

5.7. Фактический коэффициент запаса прочности составит:

$$Z_{\phi} = \frac{F_{\text{РАЗ}}}{F_{\text{max}}} = \frac{90,65}{15,85} = 5,72.$$

5.8. Вычисляем потребную длину каната:

$$L_k = U \cdot H = 3 \cdot 5 = 15 \text{ м.}$$

5.9. Вычисляем вес каната. Из таблицы 2.4 следует, что 1000 м каната имеет массу 696,5 кг. Тогда 15 м каната будут иметь массу

$$m_k = \frac{15 \cdot 696,5}{1000} = 10,45 \text{ кг.}$$

Вес каната

$$G_k = m_k \cdot g = 10,45 \cdot 9,8 = 102,4 \text{ Н.}$$

Задание для самостоятельного расчета

Подобрать стальной канат, определить его основные параметры и вес, рассчитать фактический коэффициент запаса прочности полиспаста для подъема заданного груза на требуемую высоту. Схему полиспаста принять из рисунка 5.5, исходные числовые данные – из таблицы 5.1.

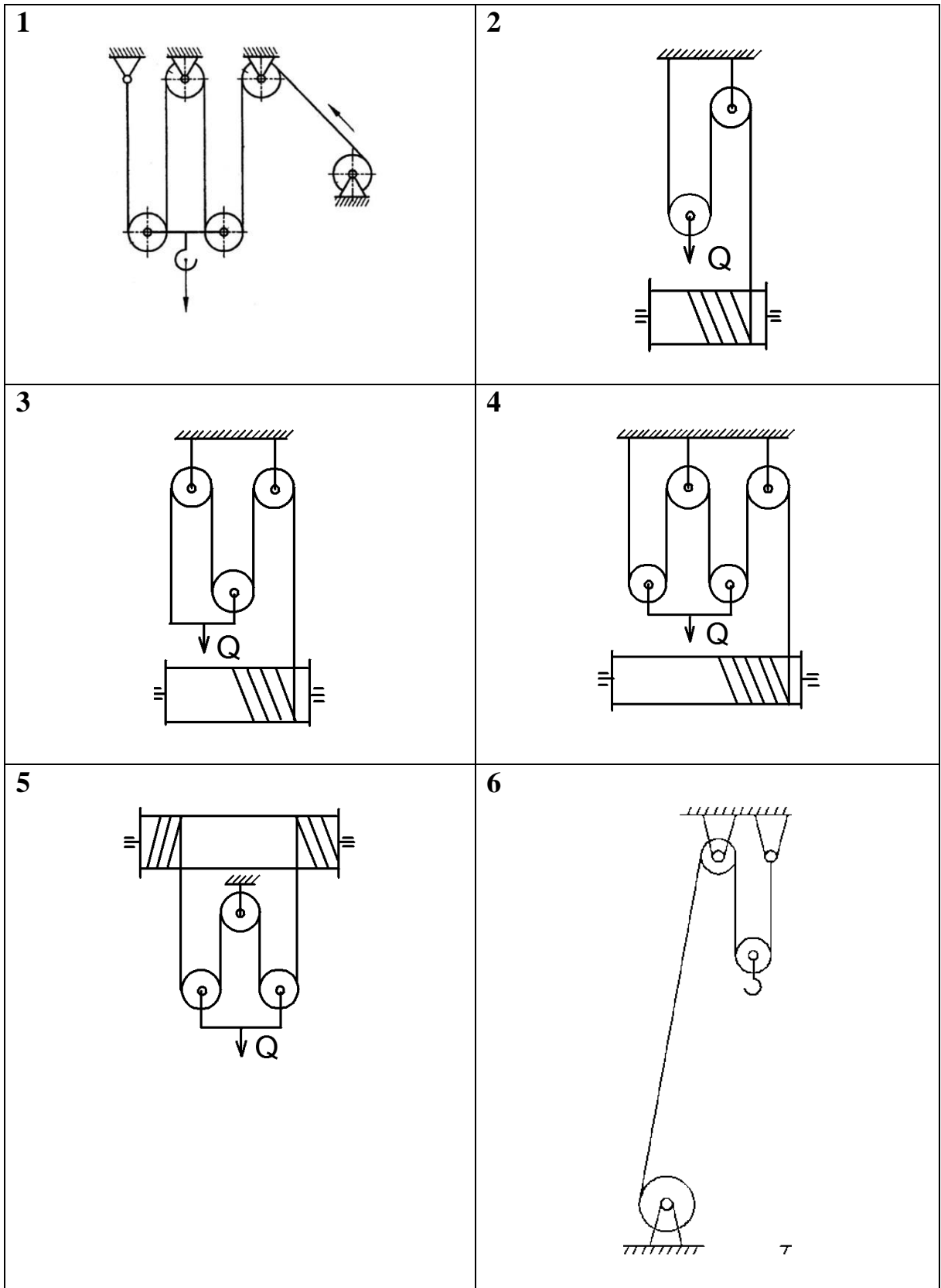


Рисунок 5.5 – Схемы полиспастов
(начало)

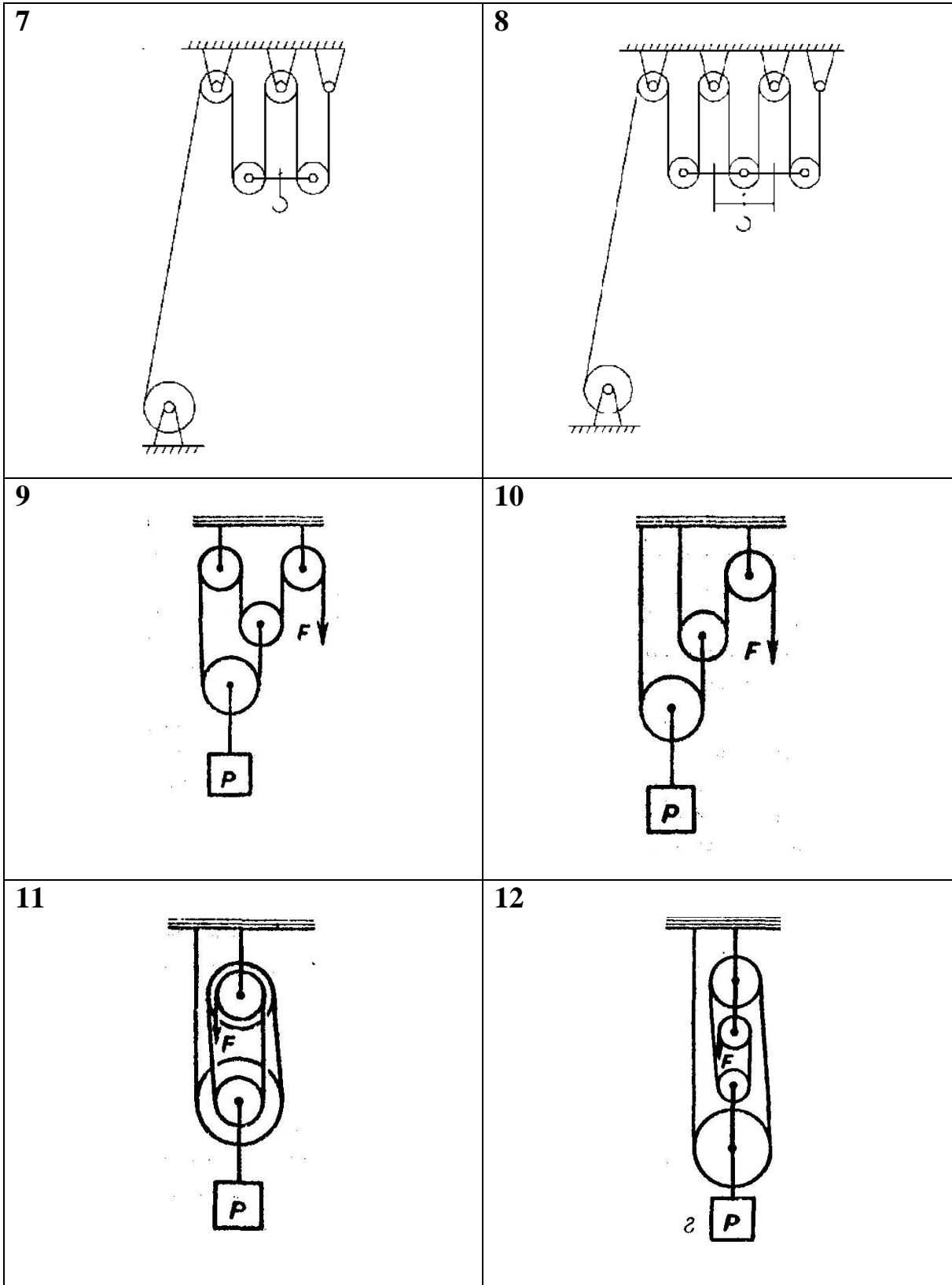
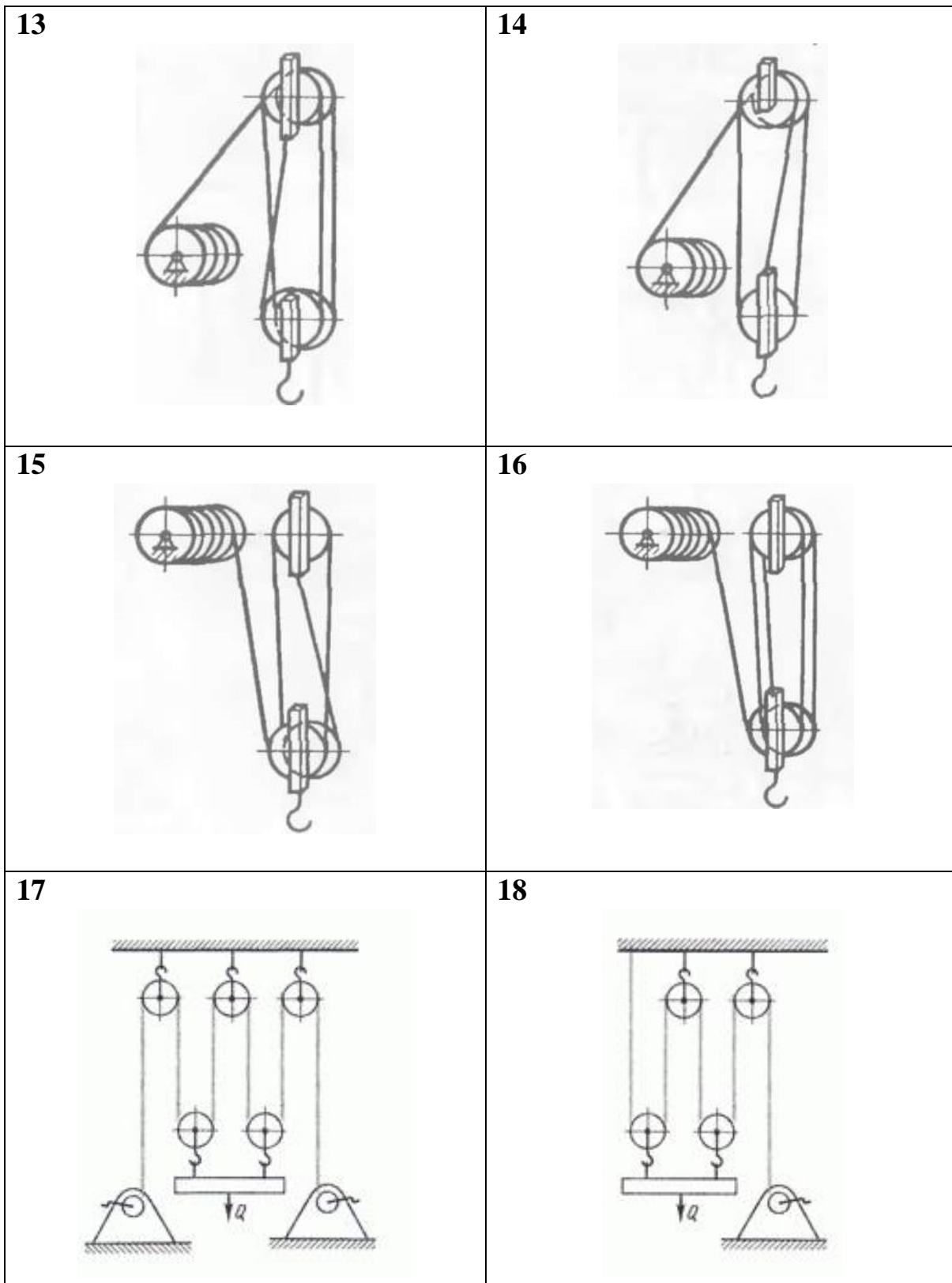
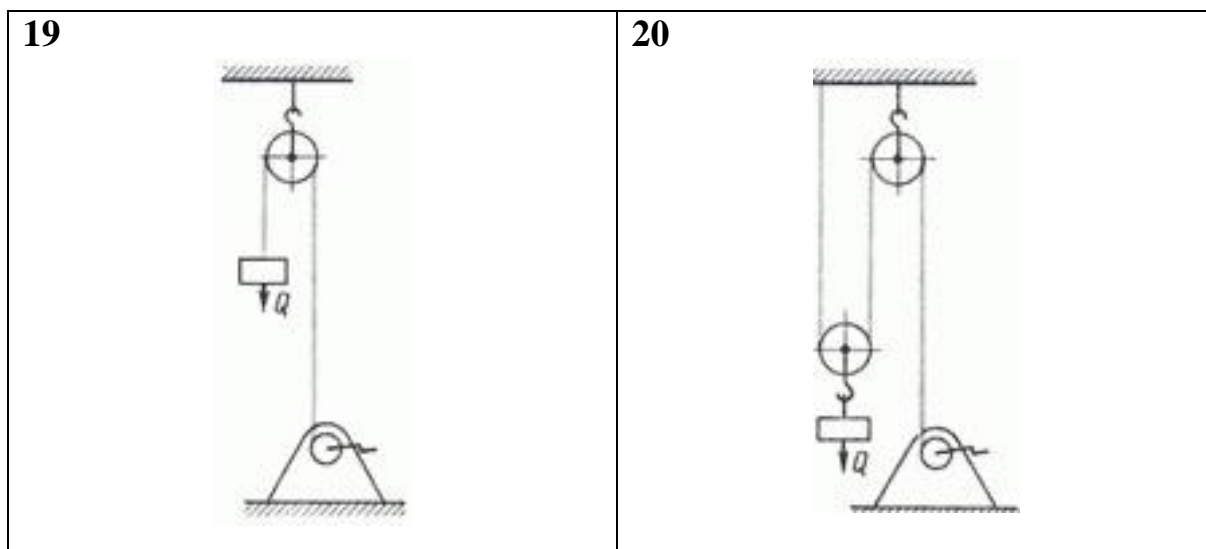


Рисунок 5.5 – Схемы полиспастов
(продолжение, начало – с. 51)



**Рисунок 5.5 – Схемы полиспастов
(продолжение, начало – с. 51)**



**Рисунок 5.5 – Схемы полиспастов
(окончание, начало – с. 51)**

Таблица 5.1. – Исходные данные для расчета

№ варианта	Грузоподъемность $G, 10^3 \text{ кг}$	Высота подъема груза $H, \text{ м}$	Режим работы механизма	Тип подшипников
1	4,1	12,2	M2	качения
2	2,4	8,6	M1	скольжения
3	8,1	7,7	M4	скольжения
4	7,7	6,0	M3	качения
5	6,6	5,0	M2	скольжения
6	5,9	8,0	M1	качения
7	4,4	4,2	M2	скольжения
8	2,9	9,5	M4	качения
9	2,3	3,8	M3	скольжения
10	1,9	9,0	M1	скольжения
11	3,3	8,5	M4	скольжения
12	3,9	4,5	M2	качения
13	4,8	5,5	M4	скольжения
14	5,2	7,5	M3	скольжения
15	6,9	3,4	M1	качения
18	7,3	5,8	M2	скольжения
17	2,0	6,4	M3	качения
18	3,1	10,2	M4	скольжения
19	3,7	4,8	M2	качения
20	5,5	11,6	M1	скольжения

Недостающие параметры принять самостоятельно.

Содержание отчета

Отчет по практическому занятию должен содержать:

1. Название и цель практического занятия.
2. Устройство и кратность полиспастов (на примере заданного варианта).
3. Расчет и определение фактического коэффициента запаса прочности полиспаста для подъема груза на требуемую высоту по заданному варианту.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение общего понятия «полиспаст».
2. Объясните различие между подвижным и неподвижным блоками.
3. Выполните эскиз простейшего силового полиспаста.
4. Выполните эскиз простейшего скоростного полиспаста.
5. Раскройте понятие «кратность полиспаста».
6. Объясните, что показывает кратность полиспаста.
7. Опишите способ определения кратности полиспаста.
8. Объясните, за счет чего обеспечивается требуемая кратность полиспаста.
9. Какие стальные канаты рекомендуется использовать в конструкциях полиспастов?
10. Вычислите потребную длину стального каната для выбранного полиспаста.

Практическое занятие 6 РАСЧЕТ РУЧНОЙ ЧЕРВЯЧНОЙ ТАЛИ

Цель занятия: привить практические навыки определения параметров и расчета ручной червячной тали.

Общие положения и краткие теоретические сведения

Таль – небольшое грузоподъемное устройство с ручным или электрическим приводом. Используются эти механизмы для подъема и спуска различных грузов, чаще всего имеющих относительно небольшие габариты и вес. Транспортировка грузов осуществляется только в вертикальной плоскости.

Устройство червячной тали. Существует два типа талей: червячные и шестеренные. В первом случае механизм состоит из грузозахватного устройства, цепи, червячного колеса, ведущей звездочки. Как червячная, так и шестеренная таль приводится в работу вручную посредством тяговой цепи, связанной с тяговым колесом.

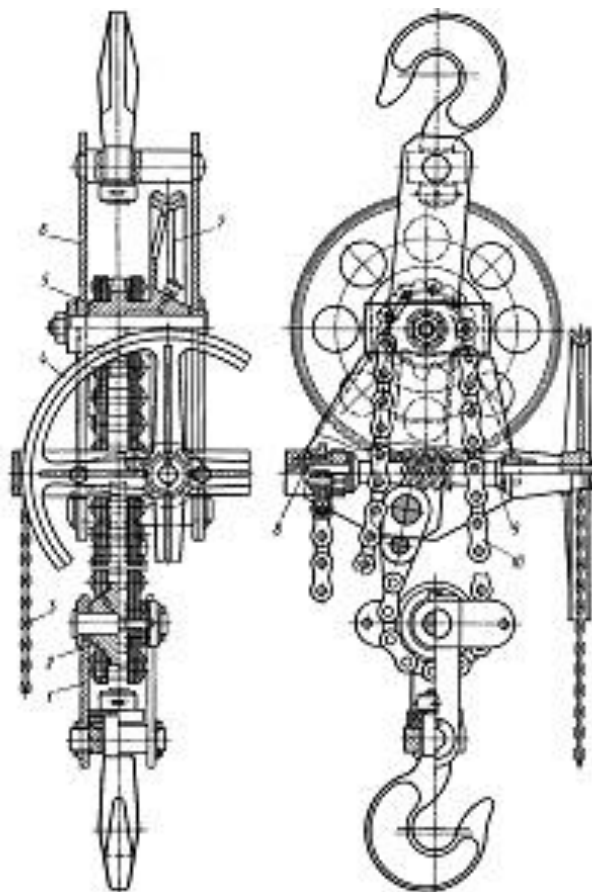


Рисунок 6.1. – Таль ручная червячная стационарная

Червячная таль с пластинчатой грузовой цепью, образующей двукратный полиспаст, имеет (см. рисунок 6.1) верхнюю обойму 6, в которой размещен приводной механизм, и крюковую подвеску 1 с подвижной звездочкой 2, подвешенной на пластинчатой шарнирной цепи 10. Приводной механизм состоит из червяка 9, на котором закреплена приводная звездочка 4 с калиброванной сварной бесконечной цепью 3, и червячного колеса 7, выполненного литьем со звездочкой 5 или жестко соединенного с ней. Звездочка приводит в движение грузовую пластинчатую цепь, от длины которой зависит высота подъема груза. Червячная передача для увеличения КПД выполнена несамотормозящейся с двухзаходным червяком с углом подъема винтовой линии 15–20°. Поэтому для предотвращения самопроизвольного опускания груза она имеет дисковый грузоупорный тормоз 5. Грузоподъемность червячных талей составляет 0,5–10 т, КПД = 0,55–0,7.

По способу перемещения эти ручные тали подразделяют на стационарные (см. рисунок 6.1) и передвижные (рисунок 6.2). Тали первого типа крепятся к перекрытиям здания, специально установленным треногам, балкам. Оно предназначено для перемещения грузов только в вертикальном направлении. Тали второго типа, укомплектованные специальными каретками, которые перемещают грузы как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

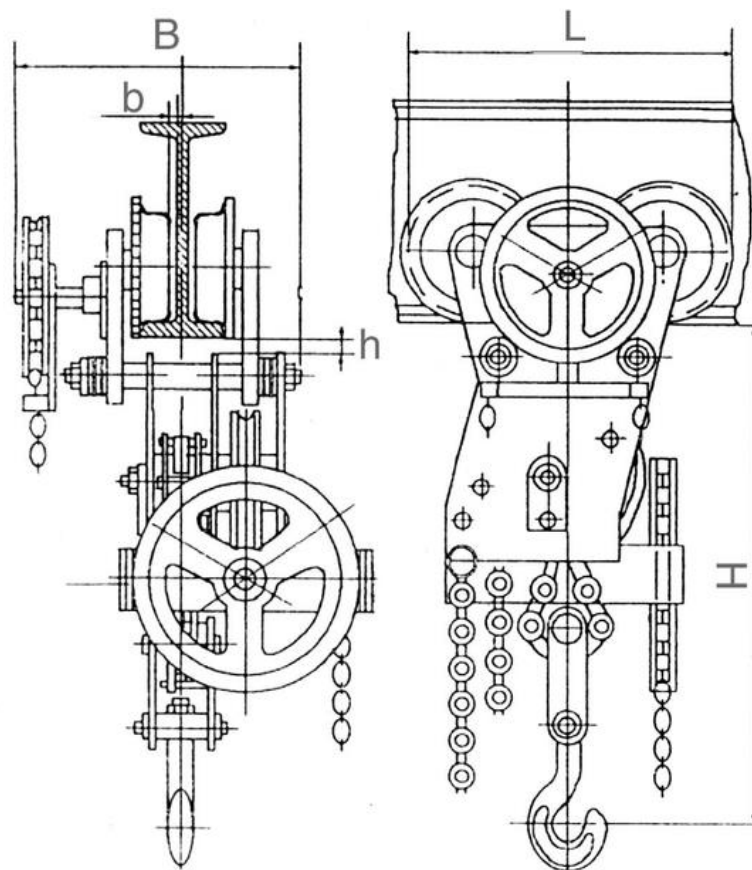


Рисунок 6.2. – Таль ручная червячная передвижная

Потребительские характеристики червячных талей приведены в таблице 6.1, значения КПД структурных элементов червячных талей – в таблице 6.2.

Таблица 6.1. – Потребительские характеристики червячных талей

Тип тали	Габаритные размеры, мм	Масса тали (кг) для подъема на $h = 3$ м	Масса тали (кг) для подъема на $h = 12$ м	Усилие на тяговой цепи, Н
Червячная стационарная г/п 1,0 т	450× 270 × 180	19	46	350
Червячная передвижная г/п 3,2 т	700 × 295 × 470	66	115	650
Червячная стационарная г/п 5,0 т	950 × 350 × 360	82	128	750

Таблица 6.2. – Значения КПД механических передач и подшипниковых пар

Механическая передача, подшипниковая опора	Диапазон значений η структурных элементов	
	закрытые	открытые
Червячная передача с числом заходов червяка:		
$z_1 = 1$	0,65–0,70	0,45–0,55
$z_1 = 2$	0,70–0,75	0,55–0,65
$z_1 = 4$	0,80–0,85	–
Цепной блок		0,88–0,92
Подшипники скольжения	0,95–0,96	
Подшипники качения	0,97–0,98	

Пример расчета ручной тали

Определить усилие, которое необходимо приложить к тяговой цепи, для подъема груза массой $m = 440$ кг, если передаточное число червячной передачи $u = 31,5$, средний диаметр грузовой звездочки $D_3 = 314,6$ мм, а диаметр тягового колеса $D_k = 380$ мм, и подобрать ручную таль. Кратность полиспаста $i = 2$. Принять КПД цепного блока $\eta = 0,9$, КПД пары подшипников скольжения $\eta_{пс} = 0,91$, КПД открытой червячной передачи $\eta_{чп} = 0,7$.

Решение.

6.1. Определяем вес груза G :

$$G = mg = 440 \cdot 9,8 = 4312 \text{ Н.}$$

6.2. Определяем натяжение в ветви грузовой цепи S при подъеме груза:

$$S = \frac{G}{i \cdot \eta} = \frac{4312}{2 \cdot 0,9} = 2396 \text{ Н.}$$

6.3. Вычисляем грузовой момент $M_{гр}$:

$$M_{гр} = S \frac{D_3}{2} = \frac{2396 \cdot 314,6 \cdot 10^{-3}}{2} = 376,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

6.4. Определяем усилие оператора F_0 , приложенное к ветви тяговой цепи:

$$F_0 = \frac{2M_{гр}}{D_k \cdot u \cdot \eta_{чп} \cdot \eta_{пс}} = \frac{2 \cdot 376,9}{380 \cdot 10^{-3} \cdot 31,5 \cdot 0,7 \cdot 0,91} = 96,3 \text{ Н}.$$

6.5. По таблице 6.1 подбираем таль червячную стационарную грузоподъемностью 1 т.

Задание для самостоятельного расчета

Для подъема груза массой m на высоту h использовали червячную ручную таль с передаточным числом червячной пары u , средним диаметром грузовой звездочки D_3 , диаметром тягового колеса D_k . По исходным данным таблицы 6.3 определить усилие рабочего, которое необходимо приложить к тяговой цепи и подобрать необходимую для подъема груза таль.

Таблица 6.3. – Задания для самостоятельного расчета

№ варианта	Масса груза m , кг	Кратность полиспаста i	Тип подшипниковых опор	Диаметр грузовой звездочки D_3 , мм	Диаметр тягового колеса D_k , мм	Передаточное число червячной пары u
1	2	3	4	5	6	7
1	650	1	ПК	196,2	500	11,2
2	690	2	ПК	185,3	380	14,0
3	610	2	ПС	242,6	440	9,0
4	570	2	ПС	190,8	360	50,0
5	730	1	ПК	224,6	460	18,0
6	770	2	ПС	168,7	360	22,4
7	530	2	ПС	236,2	520	40,0
8	490	1	ПК	136,7	320	31,5
9	810	1	ПК	178,4	400	18,0
10	850	2	ПС	221,5	460	35,5
11	450	1	ПК	220,5	400	25,0
12	410	2	ПС	140,8	460	20,0

Окончание таблицы 6.3

1	2	3	4	5	6	7
13	890	1	ПС	194,7	520	45,0
14	930	1	ПК	212,2	360	56,0
15	370	2	ПК	320,3	380	16,0
16	330	1	ПС	180,4	500	12,5
17	970	2	ПС	264,4	420	63,0
18	1000	1	ПК	194,6	280	31,5
19	290	2	ПС	220,8	440	10,0
20	250	1	ПК	160,4	390	8,0
21	430	2	ПС	204,2	510	10,0
22	610	2	ПС	186,8	370	12,5
23	830	1	ПК	155,6	450	14,0
24	710	1	ПС	192,2	530	18,0
25	950	2	ПК	200,8	410	9,0

ПК – подшипник качения; ПС – подшипник скольжения

Недостающие параметры принять самостоятельно.

Содержание отчета

Отчет по практическому занятию должен содержать:

1. Название и цель практического занятия.
2. Рисунок и описание устройства ручной червячной тали (фото).
3. Расчет усилия рабочего и соответствующий подбор ручной тали по заданному варианту.

Контрольные вопросы

1. Раскройте общее понятие тали.
2. Опишите конструкцию ручной червячной тали.
3. Обоснуйте преимущества передвижной ручной тали.
4. Приведите формулу расчета грузового момента ручной тали.
5. Опишите слагаемые, входящие в формулу определения усилия оператора ручной тали.

Практическое занятие 7 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТАЛИ

Цель занятия: привить практические навыки определения параметров и расчета электрической тали.

Общие положения и краткие теоретические сведения

Электрическая таль – грузоподъемная лебедка небольшого размера, которая используется для скоростного поднятия и перемещения груза с одного места на другое в горизонтальной плоскости (рисунок 7.1).



Рисунок 7.1. – Таль электрическая типа ТЭС 5000-6

Принцип работы электротали заключается в подъеме и перемещении тяжелых грузов посредством передвижной конструкции, размещенной в малогабаритном корпусе, дополнительно снабженной крюком, тросом и ручным пультом управления.

Тали бывают передвижные и стационарные. Применение стационарных агрегатов уместно при подъеме груза массой свыше 50 т. Передвижные тали крепятся при помощи ходовой тележки на одно- или двухрельсовый путь (кран-балку). Более надежным считается двухрельсовое крепление, которое не допускает раскачивание перемещаемого груза, предотвращая таким образом возможные аварийные ситуации.

Устройство электротали:

- редуктор обеспечивает плавность хода при запуске лебедки и торможении;
- барабан для сматывания троса внутри полый с проделанными бороздками, которые препятствуют спутыванию троса;
- соединительная муфта расположена внутри барабана между валами двигателя и редуктора, обеспечивает их неразрывную кинематическую связь;
- передвижная тележка бывает трех модификаций: электрическая, ручная и свободная. Колеса предназначены и приспособлены для беспрепятственного передвижения по двутавровой балке. Центр тяжести тележки отрегулирован с равной нагрузкой на колеса;
- подвеска крюка сделана таким образом, чтобы препятствовать перетиранию троса. Облегченный вес крюка способствует удобству при работе стропальщиков;
- грузовой канат изготовлен из стальных проволок повышенной прочности;
- электрооборудование тали состоит из двигателей подъема-спуска, передвижения и сопутствующих им приспособлений;
- кнопочный механизм создан для управления электротали таким образом, чтобы двигатели запускались только при непрерывном нажатии на кнопку.

Электрическая таль (рисунок 7.2) состоит из механизмов подъема *1* и передвижения *2*, крюковой подвески *3*, кнопочной станции *4*, грузового каната *5*. Управление механизмом подъема тали электрической производят с помощью кнопочной станции, подвешенной к корпусу. Токоподвод выполняют в виде троллей или гибкого кабеля.

Механизм подъема подвешен к траверсе *8*. В его состав входят электродвигатель (на рисунке 7.2 не показан), барабан *9* (или мотор-барабан), редуктор *10*, шкаф электроаппаратуры *11*, крюковая подвеска *3*. Барабан или мотор-барабан размещается в литом или сварном корпусе тали *12*. На траверсе *8* также закрепляются элементы механизма подъема – уравнильный блок *14* и панель с конечным выключателем (на рисунке 7.2 не показана). Расположение барабана или мотор-барабана относительно рельса *13* может быть поперечным или продольным.

Механизм передвижения включает в себя приводную *6* и холостую *7* тележки, которые шарнирно соединены с траверсой *8*. Направляющие ролики *15* и буфер *16* входят в комплектацию приводной и холостой тележек механизма передвижения тали.

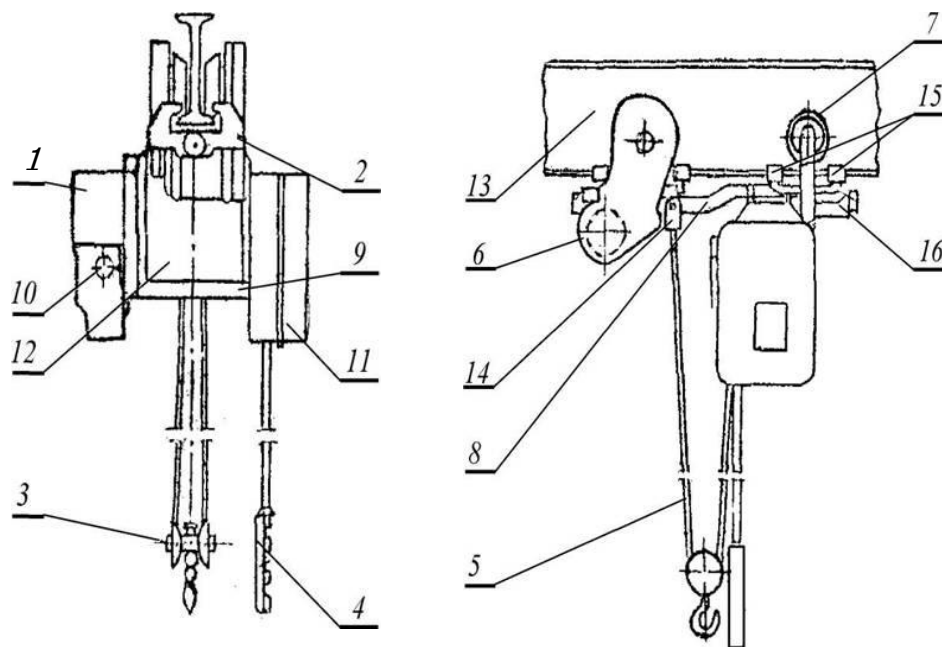


Рисунок 7.2. – Конструкция электрической тали

Для обеспечения безопасности работ тали оборудуют соответствующими устройствами, большая часть которых действует автоматически. При помощи этих устройств отключаются: механизм подъема при достижении крюковой подвески крайнего верхнего положения, механизм передвижения при подходе ограничителей тали к упорам.

На рисунке 7.3 показана таль электрическая со встроенным в барабан электродвигателем 19 и дисковым тормозом 15.

Редуктор двухступенчатый, быстроходная ступень с внешним, а тихоходная с внутренним зацеплениями. Ступени образуются парами колес 3, 4, 6 и 7, соответственно, находящимися в зацеплении. Имеются: 3 – быстроходный вал-шестерня; 5 – промежуточная ось редуктора, опорами которых служат подшипники 13 и 25; подшипники 25 – игольчатого типа (для уменьшения габаритов ступицы колеса 4). Подшипники 13 являются одновременно опорами барабана 7, подшипники 9 – опоры корпуса тали. Корпус редуктора 10 закрыт крышкой 14. Дисковый тормоз прикреплен к корпусу 8 тали винтами (на рисунке 7.3 не обозначены). В корпусе редуктора имеются сливная пробка 16 и пробка-отдушина 17 (обозначены только позиции). Быстроходный вал уплотнен манжетами 18 и 24. Корпус редуктора уплотнен манжетой 20. Позиции 2 – шпонка; 21 – дистанционное кольцо; 22, 23 – мазеудерживающие кольца.

На барабане 11 расположены две планки 12, т.е. таль снабжена сдвоенным полиспастом. Применение мотор-барабанов позволяет уменьшить

осевые габариты механизмов подъема, но ухудшает ремонтоспособность тали. На рисунке 7.3 статор двигателя 19 закреплен в неподвижном корпусе внутри барабана, что исключает из конструкции токосъемник и повышает надежность работы механизма, однако при этом необходимо применить для барабана подшипники 9 большого диаметра.

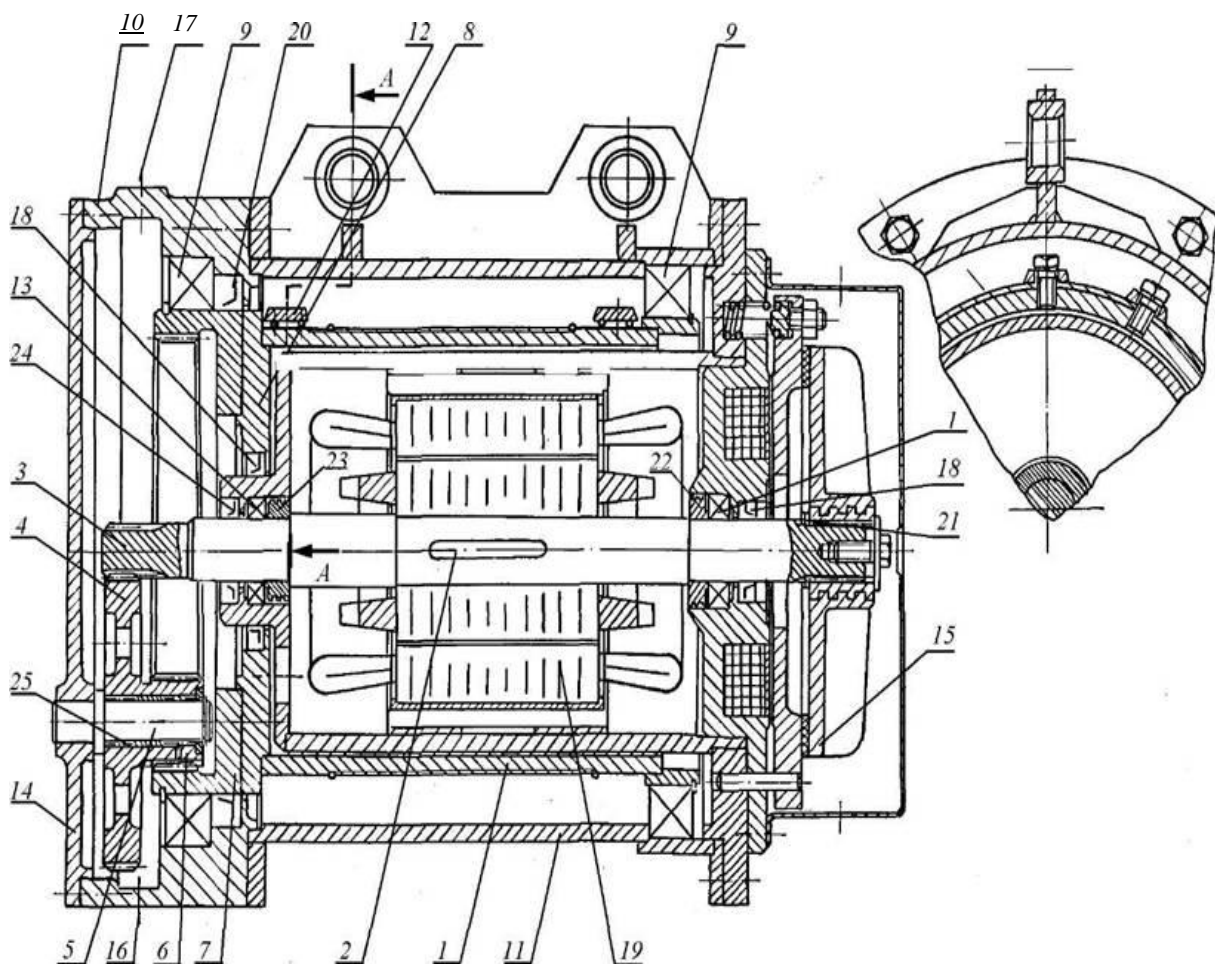


Рисунок 7.3. – Механизм подъема электрической тали с электродвигателем, встроенным в барабан, и двухступенчатым цилиндрическим редуктором

Шарикоподшипниковые опоры механизма подъема электротали смазываются консистентной смазкой через пресс-масленки или непосредственной закладкой ее в подшипниковые узлы. Зубчатые передачи редуктора смазываются жидкой смазкой из масляной ванны. Уровень масляной ванны контролируется при помощи контрольных пробок. На рисунке 7.3 пробки не показаны.

Тяговый элемент должен свободно ложиться в ручей блока и свободно выходить из него. Соотношения между диаметрами барабана D , блоков $D_{\text{бл}}$

и диаметром тягового элемента d_k должны соответствовать следующим условиям:

$$D \geq h_1 \cdot d_k; D_{\text{бл}} \geq h_2 \cdot d_k, \quad (7.1)$$

где h_1 и h_2 – коэффициенты выбора диаметров соответственно барабана и блоков, значения которых приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1. – Коэффициенты выбора диаметров барабана и блоков

Группа классификации (режима) по ГОСТ 25835-83	h_1	h_2
1М	11,2	12,5
2М	12,5	14,0
3М	14,0	16,0
4М	16,0	18,0
5М	18,0	20,0
6М	20,0	22,4

Диаметр барабана и блоков следует выбирать из следующего ряда:
160; 200; 250; 320; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000 мм

Алгоритм расчета электрической тали

1. Потребная мощность электродвигателя $P_{\text{тр}}$, кВт:

$$P_{\text{тр}} = \frac{Qv}{60 \cdot 102 \cdot \eta_0}, \quad (7.2)$$

где Q – грузоподъемность тали, кг; v – скорость подъема груза, м/мин; $\eta_0 = 0,88 \dots 0,95$ – КПД механизма подъема.

2. Максимальное натяжение в ветви каната, набегающей на барабан F_{max} , Н:

$$F_{\text{max}} = \frac{Qg}{U\eta_{\text{бл}}}, \quad (7.3)$$

где U – кратность полиспаста; $\eta_{\text{бл}}$ – КПД блока.

3. Частота вращения барабана $n_{\text{б}}$, мин⁻¹:

$$n_{\text{б}} = \frac{Uv}{\pi D}, \quad (7.4)$$

где D – диаметр барабана, м.

4. Передаточное число редуктора u :

$$u = \frac{n_{\text{эд}}}{n_{\text{б}}}, \quad (7.5)$$

где $n_{\text{эд}}$ – частота вращения вала электродвигателя, мин⁻¹.

5. Фактическая скорость подъема груза v_{ϕ} , м/мин:

$$v_{\phi} = v \frac{u_{\phi}}{u}, \quad (7.6)$$

где u_{ϕ} – фактическое передаточное число редуктора.

6. Номинальный вращающий момент на валу барабана $T_{\text{Б}}$, Н · м:

$$T_{\text{Б}} = \frac{F_{\text{max}} D}{2 \eta_{\text{бл}}}. \quad (7.7)$$

7. Время работы электрической тали за срок службы t , лет:

$$t = 365 N \cdot K_{\Gamma} \cdot K_{\text{С}} \cdot 24 \cdot \frac{\text{ПВ}}{100}, \quad (7.8)$$

где N – установленный срок службы электрической тали, год; K_{Γ} – коэффициент, учитывающий работу электротали в течение календарного года; $K_{\text{С}}$ – коэффициент, учитывающий работу электротали в течение суток; ПВ – продолжительность включения электродвигателя, %.

Технические характеристики крановых электродвигателей приведены в таблицах 7.2, 7.3.

Таблица 7.2. – Техническая характеристика крановых асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором

Тип электродвигателя	Мощность P , кВт, и частота вращения $n_{\text{эд}}$, мин ⁻¹ , при						Момент вращающий, Н · м		Масса, кг
	ПВ = 15%		ПВ = 25%		ПВ = 40%		пусковой	максимальный	
	P	$n_{\text{дв}}$	P	$n_{\text{дв}}$	P	$n_{\text{дв}}$			
МТКФ011-6	2,0	780	1,7	835	1,4	875	42	42	47
МТКФ012-6	3,1	785	2,7	835	2,2	880	67	67	53
МТКФ111-6	4,5	825	4,1	850	3,5	885	104	105	70
МТКФ112-6	6,5	845	5,8	870	5,0	895	175	175	80
МТКФ211-6	10,5	800	9,0	840	7,5	880	210	220	110
МТКФ311-6	14,0	880	13,0	895	11,0	910	380	390	155
МТКФ312-6	19,5	900	17,5	915	15,0	930	590	600	195
МТКФ411-6	30,0	905	27,0	915	22,0	935	720	780	255
МТКФ412-6	40,0	910	36,0	920	30,0	935	950	1000	315
МТКФ311-8	10,5	660	9,0	670	7,5	690	320	330	155
МТКФ312-8	15,0	675	13,0	690	11,0	700	470	510	195
МТКФ411-8	22,0	660	18,0	680	15,0	695	650	670	155
МТКФ418-6	30,0	675	26,0	690	22,0	700	950	1000	315

Таблица 7.3. – Техническая характеристика крановых электродвигателей с фазовым ротором

Тип электродвигателя	Мощность P , кВт, и частота вращения $n_{эд}$, мин ⁻¹ , при						Максимальный вращающий момент, Н · м	Масса, кг
	ПВ = 15%		ПВ = 25%		ПВ = 40%			
	P	$n_{дв}$	P	$n_{дв}$	P	$n_{дв}$		
MTF011-6	2,0	800	1,7	850	1,4	885	40	51
MTF012-6	3,1	785	2,7	840	2,2	890	57	58
MTF111-6	4,5	850	4,1	870	3,5	895	87	76
MTF112-6	6,5	895	5,8	915	5,0	930	140	88
MTF211-6	10,5	895	9,0	915	7,5	930	195	120
MTF311-6	14,0	935	13,0	935	11,0	945	320	170
MTF312-6	19,5	945	17,5	950	15,0	955	480	210
MTF411-6	30,0	945	27,0	955	22,0	965	650	280
MTF412-6	40,0	960	36,0	965	30,0	970	950	345
MTF311-8	10,5	665	9,0	680	7,5	695	270	170
MTF312-8	15,0	680	13,0	695	11,0	705	430	210
MTF411-8	22,0	685	18,0	700	15,0	710	580	260
MTF412-6	30,0	705	26,0	715	22,0	720	900	345
MTH511-8	–	–	34,0	695	28,0	705	1030	470
MTH512-8	–	–	45,0	695	37,0	706	1400	570
MTH611-10	–	–	53,0	560	45,0	570	2360	900
MTH612-10	–	–	70,0	560	60,0	565	3200	1070
MTH613-10	–	–	90,0	570	75,0	575	4200	1240
MTH711-10	–	–	125,0	580	100,0	584	4650	1550
MTH712-10	–	–	155,0	580	125,0	585	5800	1700

Принято следующее соответствие групп режима работы механизма и продолжительности включения электрооборудования:
(1М – 3М) = ПВ15%; 4М – ПВ 25%; 5М – ПВ40%; 6М – ПВ60%

Пример расчета электрической тали

Рассчитать электрическую таль грузоподъемностью $Q = 4500$ кг со скоростью подъема $v = 12$ М/мин. Кратность полиспаста $U = 2$, режим работы МЗ – легкий, коэффициент годового использования $K_{Г} = 0,45$, коэффициент суточного использования $K_{С} = 0,55$, срок службы $N = 10$ лет.

1. Определяем потребную мощность электродвигателя $P_{тр}$.

Принимаем КПД механизма подъема $\eta_0 = 0,92$.

$$P_{тр} = \frac{Qv}{60 \cdot 102 \cdot \eta_0} = \frac{4500 \cdot 12}{60 \cdot 102 \cdot 0,92} = 9,6 \text{ кВт.}$$

2. Выбираем крановый асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором при ПВ = 15%. По таблице 7.2 это электродвигатель типа МТКФ211-6, мощностью $P = 10,5$ кВт, частота вращения $n_{эд} = 800$ мин⁻¹.

3. Вычисляем максимальное натяжение в ветви стального каната, набегающей на барабан F_{max} .

Принимаем КПД блока с подшипниками качения $\eta_{бл} = 0,98$.

$$F_{max} = \frac{Q \cdot g}{U \cdot \eta_{бл}} = \frac{4500 \cdot 9,8}{2 \cdot 0,98} = 22500 \text{ Н} = 22,5 \text{ кН.}$$

4. Определяем расчетное разрывное усилие тягового элемента.

Режим работы электрической тали легкой – М3; по ГОСТ 25835-83 статус 2021 г. минимальное значение коэффициента использования подвижного каната $z_p = 4,50$ (см. таблицу 2.1).

Тогда

$$F_0 \geq F_{max} \cdot z_p \geq 22,5 \cdot 10^3 \cdot 4,5 \geq 101250 \text{ Н} \geq 101,25 \text{ кН};$$
$$F_{РАЗ} = \frac{F_0}{0,83} \geq \frac{101,25}{0,83} \geq 122,0 \text{ кН.}$$

5. Выбираем тяговый элемент – стальной канат двойной свивки с линейным контактом в прядях проволок разного диаметра типа ЛК-РО ГОСТ 7668-80 с разрывным усилием $F_{РАЗ} = 122,5$ кН:

- маркировочная группа – 1860 МПа;
- разрывное усилие – 122,5 кН;
- диаметр каната d_k – 15,5 мм;
- масса 1000 м каната – 812,0 кг.

Канат 15.5 – Г – 1 – ОЖ – Н – 1860 ГОСТ 7668-80.

6. Вычисляем фактическое значение коэффициента запаса прочности z_ϕ :

$$z_\phi = \frac{F_{РАЗ}}{F_{max}} = \frac{122,5}{22,5} = 5,44.$$

7. Рассчитываем диаметр приводного барабана D :

$$D \geq h_1 d_k; D \geq 14,0 \cdot 15,5 \geq 217 \text{ мм.}$$

Принимаем $D = 250$ мм.

8. Вычисляем частоту вращения барабана n_B :

$$n_B = \frac{Uv}{\pi D} = \frac{2 \cdot 12}{3,14 \cdot 0,25} = 30,6 \text{ мин}^{-1}.$$

9. Вычисляем передаточное число редуктора u :

$$u = \frac{n_{эд}}{n_B} = \frac{800}{30,6} = 26,14.$$

Принимаем стандартное передаточное число двухступенчатого цилиндрического редуктора $u_{\phi} = 25$.

10. Определяем фактическую скорость подъема груза v_{ϕ} :

$$v_{\phi} = v \frac{u_{\phi}}{u} = 12 \cdot \frac{25}{26,14} = 11,48 \text{ м/мин.}$$

11. Вычисляем значение вращающего момента на валу барабана $T_{\text{Б}}$:

$$T_{\text{Б}} = \frac{F_{\text{max}} \cdot D}{2\eta_{\text{бл}}} = \frac{22500 \cdot 0,25}{2 \cdot 0,98} = 2870 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

12. Определяем время работы электрической тали t за срок службы N :

$$t = 365N \cdot K_{\Gamma} \cdot K_{\text{С}} \cdot 24 \cdot \frac{\text{ПВ}}{100} = 365 \cdot 10 \cdot 0,45 \cdot 0,55 \cdot 24 \cdot \frac{15}{100} = 3552,2 \text{ ч.}$$

Пример выполнения кинематической схемы механизма подъема груза электрической тали, приведен на рисунке 7.4.

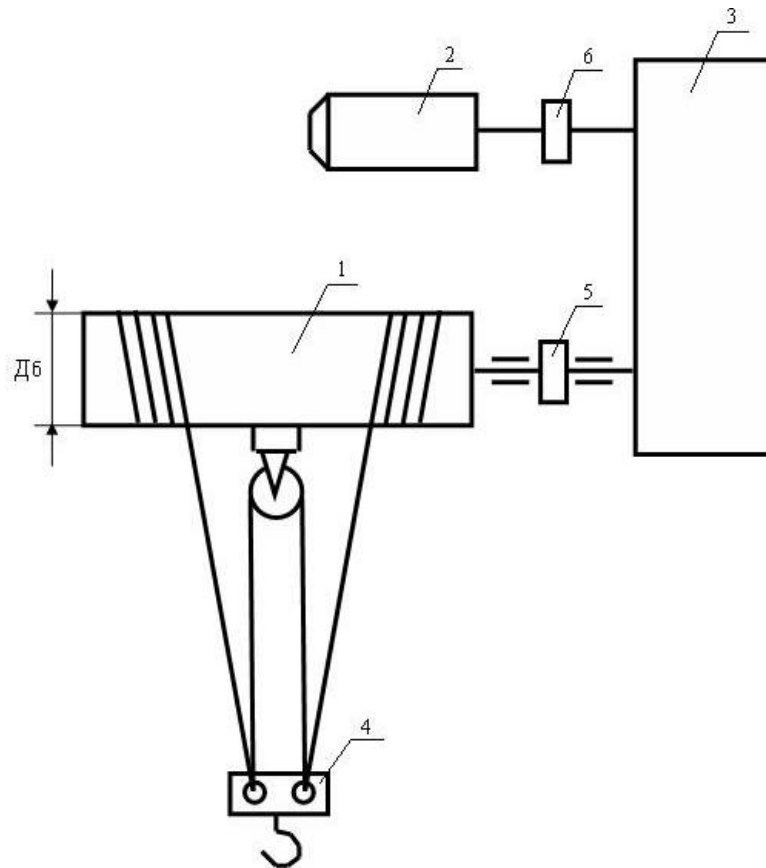


Рисунок 7.4. – Примерная кинематическая схема механизма подъема электрической тали:

1 – полиспаст; 2 – электродвигатель; 3 – редуктор; 4 – крюковая подвеска; 5 – тормоз; 6 – муфта

Задание для самостоятельного расчета

Разработать кинематическую схему и рассчитать механизм подъема груза Q электрической тали со скоростью подъема v . Исходные данные для расчета: срок службы N лет; режим работы задан; кратность полиспаста U ; редуктор цилиндрический двухступенчатый.

Варианты и числовые значения для самостоятельного расчета приведены в таблице 7.4.

Таблица 7.4. – Варианты и числовые значения исходных данных для самостоятельного расчета механизма подъема электрической тали

№ варианта	Масса груза Q , кг	Скорость подъема v , М/мин	Кратность полиспаста U	Режим и параметры времени работы			
				режим работы	срок службы N , лет	K_T	K_C
1	250	28,0	1	1М	15	0,55	0,34
2	500	18,0	2	3М	13	0,63	0,37
3	750	10,0	1	5М	10	0,68	0,65
4	1000	27,0	2	2М	14	0,56	0,35
5	1250	17,0	2	4М	12	0,64	0,57
6	1500	8,0	1	6М	8	0,68	0,72
7	1750	11,0	1	5М	9	0,67	0,66
8	2000	15,5	1	4М	11	0,64	0,58
9	2250	19,0	2	3М	12	0,62	0,38
10	2500	26,0	2	2М	13	0,57	0,36
11	2750	29,0	2	1М	14	0,54	0,35
12	3000	16,0	1	4М	10	0,65	0,59
13	3250	9,0	2	6М	7	0,69	0,73
14	4000	25,0	1	2М	12	0,58	0,37
15	4500	12,0	1	5М	8	0,66	0,67
16	5000	20,0	1	3М	11	0,61	0,39
17	1000	14,5	2	4М	9	0,66	0,60
18	2000	24,0	2	2М	11	0,59	0,38
19	3000	21,0	10	3М	10	0,62	0,40
20	4000	15,0	2	4М	8	0,65	0,61
21	1500	13,0	2	5М	7	0,67	0,68
22	2500	8,5	1	6М	6	0,70	0,74
23	3500	30,0	2	1М	13	0,53	0,36
24	500	23,0	1	2М	10	0,60	0,39
25	2800	22,0	2	3М	16	0,61	0,41
26	1300	14,0	1	4М	7	0,66	0,62

Недостающие параметры принять самостоятельно.

Содержание отчета

Отчет по практическому занятию должен содержать:

1. Название и цель практического занятия.
2. Устройство электрической тали (фото).
3. Кинематическую схему и алгоритм расчета электрической тали.
4. Расчет механизма подъема груза электрической тали по заданному варианту.

Контрольные вопросы

1. Опишите принцип работы и возможности электрической тали.
2. Охарактеризуйте назначение основных узлов электрической тали.
3. Опишите устройства механизма подъема электрической тали.
4. Опишите методику выбора кранового электродвигателя.
5. Раскройте сущность формулы времени работы электрической тали.
6. Раскройте сущность коэффициента запаса прочности.
7. Определите частоту вращения барабана механизма подъема.
8. Раскройте соответствие группы режима работы механизма и продолжительности включения электрооборудования.

Практическое занятие 8 РАСЧЕТ ВИНТОВОГО ДОМКРАТА

Цель занятия: ознакомиться с конструкцией и выполнить расчет винтового домкрата.

Общие положения и краткие теоретические сведения

Домкрат – простейший подъемный механизм малого размера и веса, дающий большой выигрыш в силе. Применяется для подъема грузов большого веса на небольшую высоту. По принципу работы домкраты подразделяются на винтовые, реечные и гидравлические.

Винтовой механический домкрат – устройство, с помощью которого поднимаются и фиксируются на заданной высоте грузы. Механизм приводится в движение винтом и вращательным движением. Винт имеет разный размер шага (рисунок 8.1). Особенность такого устройства в том, что оно при работе находится под грузом, поэтому его подъем производится вручную, без дополнительных цепей и канатов.



Рисунок 8.1. – Винтовой механический домкрат

Винтовой домкрат состоит из винта, гайки, корпуса, опорной чашки и рукоятки. Винт имеет в верхней части головку с отверстием для рукоятки. Рукоятка подвижного типа. Нагрузка передается через опорную чашку, которая крепится на торце головки и имеет возможность свободного вращения вокруг оси. На нижнем торце винта крепится ограничительная шайба для предотвращения полного выкручивания винта из гайки. Гайка закреплена в корпусе установочным винтом для предотвращения проворачивания и выпадения.

Главная деталь винтового домкрата – винт с шарнирно закрепленной грузоопорной чашкой, приводимый во вращение рукояткой. Роль несущих элементов выполняют стальной корпус и винт. В зависимости от направления вращения рукоятки винт поднимает или опускает откидной подхват. Удержание груза в нужном положении происходит за счет торможения винта, что обеспечивает безопасность работы. Грузоподъемность винтовых домкратов – до 15 т. Их основные преимущества: значительный рабочий ход и высота подъема, малый вес, низкая цена. В монтажных операциях обеспечивает плавный подъем хрупких объектов.

Общепринятые потребительские характеристики домкратов:

- грузоподъемность – характеризует максимально возможный вес поднимаемого домкратом груза;
- высота подхвата – минимальное расстояние между опорной поверхностью (землей, полом) и подхватом (опорной точкой домкрата) в нижнем рабочем положении, т.е. нижней кромкой груза;
- высота подъема – максимальное расстояние от опорной поверхности до подхвата в верхнем рабочем положении;
- рабочий ход – расстояние между нижним и верхним рабочими положениями подхвата;
- собственный вес – вес домкрата в рабочем состоянии.

Каждый из видов домкратов имеет уникальную конструкцию и создан под выполнение конкретных задач.

Для повышения износостойкости и увеличения коэффициента полезного действия винт и гайку изготавливают из антифрикционных пар и используют резьбы с малым углом профиля. Этим требованиям в большей степени соответствует прямоугольный профиль резьбы (рисунок 8.2).

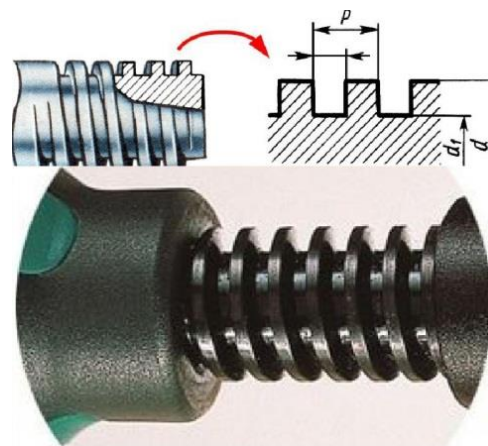


Рисунок 8.2. – Винтовая пара с прямоугольным профилем резьбы

Однако такая резьба нетехнологична, особенно при высоких требованиях к точности изготовления. Прямоугольная резьба обладает нестандартным квадратным профилем, поэтому для нее не установлены стандартные параметры шага, диаметра, величины среза и хода. Глубина профиля данной разновидности нарезки равняется половине шага. Основные размеры резьбовых соединений с прямоугольным профилем определены в ГОСТ 9150-81.

В домкратах, когда передача винт–гайка работает в условиях однонаправленной нагрузки, применяют и упорную резьбу, основные параметры которой установлены ГОСТ 10177-82 (рисунок 8.3).

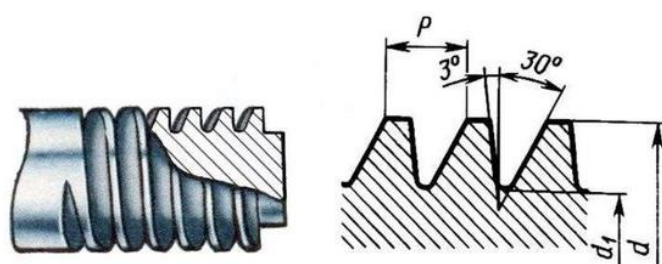


Рисунок 8.3. – Профиль упорной резьбы

Стандартом предусмотрены все размеры упорных резьб с номинальными диаметрами $10 \text{ мм} \leq d \leq 640 \text{ мм}$.

Материалы деталей и их характеристики. Материалы винта и гайки должны составлять антифрикционную пару, т.е. иметь малый коэффициент трения друг по другу, хорошо прирабатываться и не иметь склонность к заеданию.

Винты выполняют из сталей. Основные механические свойства ряда сталей приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1. – Основные механические свойства некоторых сталей, применяемых для изготовления винтов

Марка стали	Предел прочности σ_u , МПа	Предел текучести σ_y , МПа	Термообработка
1	2	3	4
Модуль упругости $E = (1,95 - 2,06) \cdot 10^5$ МПа			
Углеродистые стали обыкновенного качества			
Ст 2	330–430	215	–
Ст 3	363–461	226	–
Ст 4	402–510	245	–
Ст 5	490–628	275	–

Окончание таблицы 8.1

1	2	3	4
Качественные конструкционные углеродистые стали			
40	569	334	Нормализация
	630–720	440–500	Закалка и отпуск
45	598	353	Нормализация
	680–770	470–520	Закалка и отпуск
50	628	373	Нормализация
	720–820	500–550	Закалка и отпуск
Легированные конструкционные стали			
35X	950	750	Закалка и отпуск
40X	980	770	Закалка и отпуск

Гайки изготавливаются из серых (ГОСТ 1412-79) и антифрикционных (ГОСТ 1585-79) чугунов, бронз. Для уменьшения расхода дорогостоящей бронзы гайки выполняют биметаллическими (стальной или чугунный корпус заливают центробежным способом расплавленной бронзой). Марки основные механические характеристики серых чугунов и бронз, применяемых для изготовления гаек, приведены в таблицах 8.2 и 8.3.

Таблица 8.2. – Основные механические свойства некоторых серых чугунов, применяемых для изготовления гаек

Марка серого чугуна	Предел прочности при растяжении σ_{ut} , МПа	Предел прочности при испытании на изгиб σ_b , МПа	Характеристика
СЧ15	≥ 147	≥ 314	Малоответственное литье с толщиной стенки $\delta = 8 - 15$ мм
СЧ20	≥ 196	≥ 392	Ответственное литье с толщиной стенки $\delta = 10 - 30$ мм

Таблица 8.3. – Бронзы, используемые для изготовления гаек

Оловянные бронзы		Безоловянные бронзы	
Марка бронзы	Предел прочности σ_u , МПа	Марка бронзы	Предел прочности σ_u , МПа
БрО4Ц7С5	176	БрА9Мц2Л	392
БрО10Ф1	245	БрА9Ж3Л	490
БрО6Ц6С3	176	БрА10Ж3Мц2	490
БрО5Ц5С5	176	БрБ2	1150–1600

Рекомендации по выбору допускаемых напряжений для ряда наиболее часто используемых материалов гаек приведены в таблице 8.4.

Таблица 8.4. – Допускаемые напряжения для материалов гаек

Вид деформации, допускаемое напряжение	Материал гайки			
	СЧ15, СЧ20	Антифрикционный чугун	БрО4Ц7С5 БрО10Ф1 БрО6Ц6С3 БрО5Ц5С5	БрА9Мц2Л БрА9Ж3Л БрА10Ж3Мц2
Растяжение, σ_{adm}	$0,25 \sigma_{ut}$	30–40	$0,8 \sigma_u$	45–50
Изгиб, σ_u	$0,2 \sigma_b$	45–50	$0,25 \sigma_b$	80–100
Смятие, $\sigma_{con.adm}$	$0,4 \sigma_{ut}$	60–80	$1,6 \sigma_u$	70–80
Срез, τ_{adm}	$0,2 \sigma_{ut}$	30–40	25–35	

Допускаемые давления q_{adm} на опорных поверхностях резьбы при расчете на износостойкость принимаются по экспериментальным данным (таблица 8.5).

Таблица 8.5. – Допускаемые давления q_{adm} на опорных поверхностях резьбы

Материал винта	Материал гайки	Давление q_{adm} , МПа
Незакаленная сталь	Серый чугун	5,0
Незакаленная сталь	Антифрикционный чугун	6,0–7,0
Незакаленная сталь	Бронза	8,0–10,0
Закаленная сталь	Антифрикционный чугун	7,0–9,0
Закаленная сталь	Бронза	12,0–13,0

Считая режим трения в резьбе граничным или полужидкостным, возможно принимать значения коэффициента трения в резьбовой паре по данным таблице 8.6.

Таблица 8.6. – Коэффициенты трения в резьбовой пара винт–гайка

Материал пары винт–гайка	Коэффициент трения f
Сталь – серый чугун	0,12–0,15
Сталь – антифрикционный чугун	0,10–0,12
Сталь – бронза	0,08–0,10
Сталь – сталь	0,15–0,18

При расчете винта на устойчивость в случае применения формулы Ф.С. Ясинского значения предельной гибкости и эмпирических коэффициентов a и b , для некоторых марок сталей приведены в таблице 8.7.

Таблица 8.7. – Значения λ_u и коэффициентов a и b в формуле Ф.С. Ясинского

Марка стали	Предел текучести σ_y , МПа	λ_u	a	b
			Н/мм ²	
Ст 2	215	105	258	0,68
Ст 3	335	100	304	1,11
20	255	96	328	1,07
25	275	92	343	1,13
35	314	90	390	1,40
40	334	90	321	1,16
45	353	85	440	1,64
50	373	82	464	1,83
15ГС	294	83	421	1,49
30ХГСА	890	58	1100	6,65
40ХНМА	831	55	981	5,46

Расчет винтового механического домкрата должен включать в себя выполнение следующих операций:

- определение размеров винта;
- выбор и обоснование параметров резьбы;
- расчет размеров рукоятки;
- проверочный расчет винта;
- проектный расчет гайки;
- определение коэффициента полезного действия домкрата;
- проверочный расчет параметров резьбы на износостойкость.

Пример расчета винтового домкрата

Выполнить расчет винтового домкрата грузоподъемностью $F = 60$ кН при высоте подъема груза $L = 600$ мм. Принять: материал винта – сталь 40 незакаленная; материал гайки – бронза БрО5Ц5С5; допустимое давление в резьбе $q_{adm} = 9$ МПа; коэффициент трения в резьбе $f = 0,1$. Расчетная схема приведена на рисунке 8.4.

Решение.

8.1. Выбор типа и размера резьбы.

8.1.1. Принимаем прямоугольную однозаходную правую резьбу $z = 1$.

8.1.2. Вычисляем значение среднего диаметра резьбы из расчета на износостойкость:

$$d_2 = \sqrt{\frac{F}{\pi \psi_H \psi_h q_{adm}}} = \sqrt{\frac{60 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 2,0 \cdot 0,5 \cdot 9,0}} = 46,08 \text{ мм.}$$

Округляем результат расчета до целого числа, кратного 2 или 5.
Принимаем $d_2 = 46$ мм.

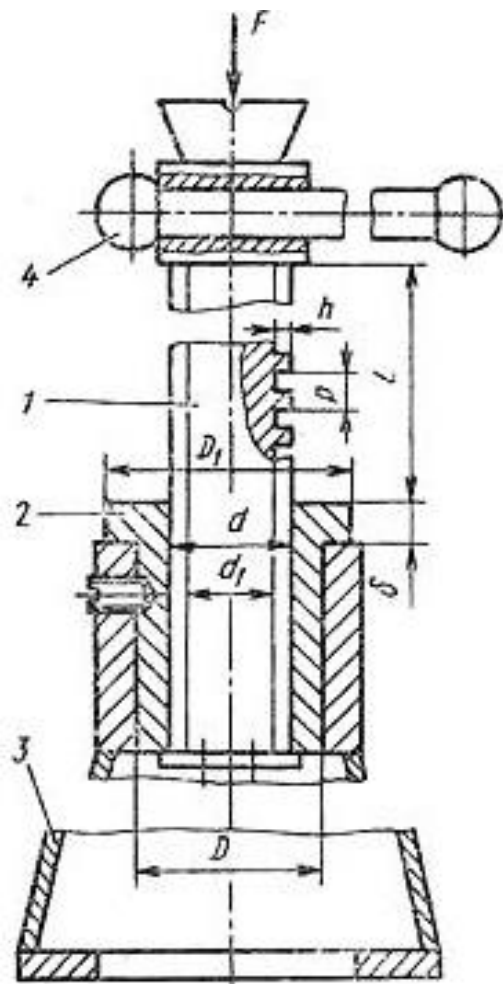


Рисунок 8.4. – Расчетная схема винтового домкрата:
1 – винт; 2 – гайка; 3 – корпус; 4 – рукоятка

8.1.3. Вычисляем высоту резьбы:

$$h = 0,1d_2 = 0,1 \cdot 46 = 4,6 \text{ мм.}$$

Округляем результат до целого числа. Принимаем $h = 5$ мм.

8.1.4. Вычисляем диаметр резьбы:

$$d = d_2 + h = 46 + 5 = 51 \text{ мм.}$$

8.1.5. Вычисляем внутренний диаметр резьбы:

$$d_1 = d_2 - h = 46 - 5 = 41 \text{ мм.}$$

8.1.6. Определяем шаг резьбы:

$$p = \frac{h}{\psi_h} = \frac{5}{0,5} = 10 \text{ мм.}$$

8.1.7. Вычисляем ход резьбы:

$$S = z \cdot p = 1 \cdot 10 = 10 \text{ мм.}$$

8.1.8. Вычисляем угол подъема винтовой линии резьбы:

$$\beta = \arctan\left(\frac{S}{\pi d_2}\right) = \arctan\left(\frac{10}{3,14 \cdot 46}\right) = \arctan 0,0692 = 3^\circ 57'.$$

8.1.9. Определяем значение угла трения в резьбе:

$$\rho = \arctan f = \arctan(0,1) = 5^\circ 43'.$$

8.1.10. Проверяем выполнение условия самоторможения:

$$\beta < \rho; 3^\circ 57' < 5^\circ 43'.$$

Условие выполняется.

8.2. Проверка винта на прочность.

8.2.1. Устанавливаем величину допускаемого напряжения для материала винта (сталь 40):

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_y}{s} = \frac{334}{3} = 112 \text{ МПа.}$$

8.2.2. Вычисляем КПД винтовой пары:

$$\eta = \frac{\tan \beta}{\tan(\beta + \rho)} = \frac{\tan 3^\circ 57'}{\tan(3^\circ 57' + 5^\circ 43')} = \frac{0,0692}{0,0692 + 0,1000} = 0,41.$$

8.2.3. Вычисляем значение эквивалентного напряжения:

$$\begin{aligned} \sigma_{equ} &= \frac{4F}{\pi d^2 \sqrt{1 + 1,6 \left[\frac{p}{\eta d_1} \right]^2}} \\ &= \frac{4 \cdot 60 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 51^2 \sqrt{1 + 1,6 \left[\frac{10}{0,41 \cdot 41} \right]^2}} = 24 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Условие прочности выполняется, т.к. $\sigma_{equ} \ll \sigma_{adm}$.

8.3. Проверка винта на устойчивость.

8.3.1. Вычисляем значение приведенного момента инерции сечения винта:

$$I = \frac{\pi d_1^4}{64} \left(0,4 + 0,6 \frac{d}{d_1} \right) = \frac{3,14 \cdot 41^4}{64} \left(0,4 + 0,6 \frac{51}{41} \right) = 158928 \text{ мм}^4.$$

8.3.2. Вычисляем значение радиуса инерции сечения винта:

$$i = \sqrt{\frac{4I}{\pi d_1^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 158928}{3,14 \cdot 41^2}} = 11 \text{ мм.}$$

8.3.3. Вычисляем гибкость винта:

$$\lambda = \frac{\mu L}{i} = \frac{2,0 \cdot 600}{11} = 109.$$

8.3.4. Вычисляем значение коэффициента запаса устойчивости.

Так как гибкость винта $\lambda = 109 > 100$, то воспользуемся формулой Эйлера:

$$k_s = \frac{\pi^2 EI}{F(\mu L)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 158928}{60 \cdot 10^3 (2,0 \cdot 600)^2} = 3,63 > 2,5.$$

Устойчивость винта обеспечена.

8.4. Размеры гайки.

8.4.1. Вычисляем высоту гайки:

$$H = \psi_H d_2 = 2,0 \cdot 46 = 92 \text{ мм.}$$

8.4.2. Вычисляем значение наружного диаметра гайки:

$$D \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi \sigma_{adm}} + d^2} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 60 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 50} + 51^2} \geq 64,3 \text{ мм.}$$

Округляем полученное значение наружного диаметра гайки до кратного 2 или 5 и принимаем $D = 65$ мм.

8.4.3. Вычисляем значение наружного диаметра фланца:

$$D_1 \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi \sigma_{con}} + D^2} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 60 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 42} + 65^2} \geq 77,8 \text{ мм.}$$

Округляем полученное значение наружного диаметра фланца гайки до кратного 2 или 5 и принимаем $D_1 = 80$ мм.

8.4.4. Вычисляем толщину фланца:

$$\delta \geq \frac{F}{\pi \tau_{adm} D} \geq \frac{60 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 24 \cdot 65} \geq 12,2 \text{ мм.}$$

Округляем полученное значение до целого числа и принимаем $\delta = 13$ мм.

8.5. Размеры рукоятки.

8.5.1. Вычисляем вращающий момент на оси винта:

$$T_e = \frac{F d_2 \tan(\beta + \rho)}{2} = \frac{60 \cdot 10^2 \tan(3^\circ 57' + 5^\circ 43')}{2} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 51 \cdot 0,1692}{2} \\ = 258876 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

8.5.2. Вычисляем длину рукоятки:

$$L_p \geq \frac{T_e}{Q_p} + 50 \geq \frac{258876}{200} + 50 \geq 1344,4 \text{ мм.}$$

Округляем полученное значение длины рукоятки до кратного 2 или 5 и принимаем $L_p = 1345$ мм.

8.5.3. Вычисляем диаметр рукоятки:

$$d_p \geq \sqrt[3]{\frac{T_e}{0,1\sigma_{adm}}} \geq \sqrt[3]{\frac{258876}{0,1 \cdot 111}} \geq 28,6 \text{ мм.}$$

Округляем полученное значение диаметра рукоятки до кратного 2 или 5 и принимаем $d_p = 30$ мм.

Размеры корпуса домкрата принимаем из конструктивно-технологических соображений.

Задание для самостоятельного расчета

Выполнить расчет винтового домкрата грузоподъемностью F при высоте подъема груза L . Принять: материал винта, материал гайки, материал рукоятки и тип резьбы согласно варианту из таблице 8.8.

Таблица 8.8. – Исходные данные для расчета

№ варианта	Грузоподъемность F , кН	Высота подъема L , м	Материал деталей			Тип резьбы
			винт (сталь)	гайка (бронза, чугун)	рукоятка (сталь)	
1	2	3	4	5	6	7
1	80	0,90	40	СЧ15	Ст 3	трап.
2	85	0,75	45	БрО4Ц7С5	Ст 4	прям.
3	90	0,65	35	БрО10Ф1	Ст 5	трап.
4	95	0,55	50	БрО6Ц6С3	Ст 2	прям.
5	100	0,50	25	БрО10Ф1	45	трап.
6	90	0,40	15ГС	СЧ20	Ст 2	прям.
7	80	0,50	20	БрО5Ц5С5	Ст 5	трап.
8	85	0,55	30ХГСА	СЧ20	40	прям.
9	95	0,65	Ст 3	БрО10Ф1	Ст 4	трап.
10	90	0,75	40ХНМА	БрО10Ф1	Ст 3	трап.
11	85	0,90	Ст 4	БрО6Ц6С3	Ст 5	прям.
12	80	1,00	40	БрО5Ц5С5	Ст 4	трап.
13	75	1,05	45	БрБ2	Ст 2	трап.
14	70	0,95	35	БрА9Мц2Л	Ст 5	прям.

Окончание таблицы 8.8

1	2	3	4	5	6	7
15	65	0,85	Ст 2	БрО5Ц5С5	Ст 4	трап.
16	60	0,80	50	СЧ20	Ст 3	прям.
17	55	0,70	25	СЧ15	Ст 2	трап.
18	50	0,60	15ГС	БрА9Мц2Л	40	прям.
19	45	0,45	Ст 5	БрО6Ц6С3	Ст 2	трап.
20	40	0,35	20	БрА9Мц2Л	Ст 3	прям.
21	35	0,30	30ХГСА	БрА9Ж3Л	Ст 4	трап.
22	30	0,35	Ст 3	БрО6Ц6С3	Ст 5	прям.
23	40	0,45	40ХНМА	СЧ20	Ст 2	трап.
24	50	0,60	45	БрА10Ж3Мц2	45	прям.
25	60	0,50	35	СЧ15	Ст 4	прям.

Недостающие параметры принять самостоятельно.

Содержание отчета

Отчет по практическому занятию должен содержать:

1. Название и цель практического занятия.
2. Рисунок и описание устройства винтового домкрата (фото).
3. Расчет винтового домкрата (см. рисунок 8.4) согласно заданному варианту.

Контрольные вопросы

1. Опишите назначение и устройство винтового домкрата.
2. Охарактеризуйте потребительские характеристики домкратов.
3. Охарактеризуйте профили резьбы винтовой пары и приведите их размерные стандарты.
4. Охарактеризуйте материалы винтов и их основные механические свойства.
5. Охарактеризуйте материалы и основные механические свойства гаек.
6. Оцените допускаемое давление на опорной поверхности при различных сочетаниях материалов винта и гайки.
7. Раскройте операции, необходимые для расчета винтового домкрата.
8. Опишите алгоритм выбора типа и размера резьбы.
9. Опишите проверку винта на устойчивость.
10. Опишите алгоритм определения размеров рукоятки.

Практическое занятие 9 ВИДЫ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ И РАСЧЕТ КЛЕЩЕВОГО ЗАХВАТА

Цель занятия: ознакомиться с конструкциями и расчетом грузозахватных устройств.

Общие положения и краткие теоретические сведения

Грузозахватные устройства и приспособления предназначаются для комплектования грузоподъемных машин и механизмов, а также для обвязки и временного закрепления различных грузов, поднимаемых и перемещаемых машинами при погрузке, разгрузке и в процессе монтажа. В зависимости от принципа действия захвата можно выделить несколько их видов: клещевые (зажимные), вилочные (лапчатые), эксцентриковые, винтовые (струбцинные), штырево-строповые, коромысловые, клиновые, магнитные и вакуумные.

Клещевые (зажимные) грузозахватные приспособления в зависимости от исполнения конструкции могут работать с грузами различной геометрической формы (рисунок 9.1).



Рисунок 9.1. – Клещевой захват

Захват представляет собой рычажную систему, фиксация груза осуществляется за счет обхвата свободными концами рычагов выступающих элементов груза, например, головку рельса, полку балки, закраины бочки или непосредственно сам груз. Разновидностью клещевых захватов являются фрикционно-зажимные приспособления. Удержание груза при их использовании осуществляется за счет силы трения, возникающей при сжатии груза или распора его изнутри прижимными элементами (лапами). Захваты

клещевого типа часто применяются для подъема и перемещения труб, бетонных блоков и сортового проката.

Вилочные (лапчатые) грузозахватные приспособления предназначены для подхвата груза, лежащего на подкладках и поддонах, имеющего специальные технологические отверстия, монтажные петли или полости (рисунок 9.2).



Рисунок 9.2. – Вилочный захват

Особенностью захватов данного вида является положение груза при его подъеме и перемещении – центр тяжести груза должен находиться на одной вертикали с точкой подвеса захвата на крюк грузоподъемного механизма. Это обязательное условия для предотвращения самопроизвольного падения груза с лап. Для выравнивания центра тяжести используют противовесы, автоматически или вручную перемещаемые точки подвеса захвата, демпферные устройства и т.д. Вилочные захваты применяют для компактного размещения пакетированных грузов, грузов на поддонах, а также перемещения строительных материалов в горизонтальном положении (например бетонные кольца, бухты проволоки, лестничные пролеты и т.д.).

Эксцентрикковые грузозахватные приспособления предназначены для захвата и перемещения плоских грузов в вертикальном или горизонтальном положении (рисунок 9.3). Принцип действия захватов данного типа состоит в преобразовании эксцентриком подъемной силы в зажимающее усилие. Рабочие элементы груза создают значительную контактную нагрузку, поэтому их применение ограничивается работой с грузами с относительно твердой поверхностью. Наиболее часто эксцентрикковые захваты применяются для подъема и перемещения листов металла различной толщины как по отдельности, так и стопками. Современные эксцентрикковые захваты выполняются как самозатягивающиеся (с принудительным подведением

эксцентрика к поверхности груза при его подъеме), однако существуют захваты, при работе с которыми необходим ручной первоначальный зажим груза с небольшим усилием.



Рисунок 9.3. – Эксцентрик-захват

Струбцины в традиционном понимании это приспособления для крепежа различных деталей и максимально плотного соединения их между собой (рисунок 9.4).



Рисунок 9.4. – Винтовой захват

Для винтовых приспособлений, применяемых при проведении подъемно-транспортных работ, основной функцией стали перемещение и кантование грузов. Фиксация грузов осуществляется с помощью винтовой передачи вручную, при этом создается контактная нагрузка, которая за счет силы трения не позволяет грузу выскользнуть. Создаваемая нагрузка велика, поэтому применение струбцин обычно ограничивают использованием с грузами, имеющими твердую поверхность, как правило, это листы металла и сортовой прокат. Для более бережного обращения изделия с грузами

на рабочие органы захвата устанавливают накладки а также увеличивают их площадь, такое решение было реализовано при разработке захвата для сэндвич-панелей.

Штырево-строповые захваты используются только совместно со стропами и служат для удобной дистанционной расстроповки грузов (рисунок 9.5). Конструкций захватов данного вида довольно много, отличительной особенностью захватов является наличие подвижного штыря, посредством оттяжки которого и производится удаленная расстроповка. Приспособление применяется при подъеме стальных, железобетонных конструкций и технологического оборудования способом строповки «на удавку».



Рисунок 9.5. – Штырево-строповый захват

Коромысловые грузозахватные приспособления применяются при работе с грузами, имеющими сквозные отверстия, под которыми можно разместить поворотный, вокруг вертикальной или горизонтальной оси, несущий элемент (коромысло), воспринимающий вес груза (рисунок 9.6).



Рисунок 9.6. – Коромысловый захват

В большинстве случаев такое приспособление состоит из коромысла и гибкого элемента (канатного или цепного стропа); возможна реализация приспособления с жесткой металлической тягой. В случае если отверстие

груза имеет небольшой диаметр или само коромысло имеет большой вес и не способно повернуться вокруг своей оси при установке/извлечении, применяют тросик для поворота коромысла снаружи. Коромысловые приспособления используются при работе с железобетонными панелями и плитами перекрытий, бетонными кольцами, бобинами и кабельными барабанами, а также аналогичными грузами, имеющими технологические отверстия.

Клиновые грузозахватные приспособления предназначены для подъема и перемещения грузов, имеющих полость (обычно это круглое отверстие) для взаимодействия с распорными элементами захвата (рисунок 9.7).



Рисунок 9.7. – Клиновой захват

Конструкция захвата состоит из подвижных в горизонтальной плоскости распорных элементов и конусообразного клина. Захваты данного типа сейчас применяются крайне редко, однако они могут быть хорошей альтернативой для работы с грузами, не имеющими монтажных петель. Для подъема груза клиновой захват вводится в глухое или сквозное технологическое отверстие, при подъеме клин раздвигает распорные элементы и их зубья врезаются в стенки отверстия. Это происходит до тех пор, пока не наступит состояние равновесия, когда внутренние силы сопротивления растяжению (раскалыванию) будут равны внешней силе – весу груза, после чего происходит его подъем.

Для работы с ферромагнитными грузами широко применяются **электромагниты** и захваты на основе постоянных магнитов. Магнитные захваты приспособлены для перегрузки стальных и частично чугунных изделий любой формы, при этом от формы груза и воздушного зазора зависит и грузоподъемность приспособления (рисунок 9.8).

Для работы электромагнитов требуется подведение питания, которое, как правило, подводится от бортовой сети крана. Подвод электроэнергии к магниту осуществляется шланговым кабелем.



Рисунок 9.8. – Магнитный захват

При небольших высотах подъема кабель закрепляется петлеобразно, и при изменении высоты подъема изменяется его провис. При больших высотах подъема грузов на кране устанавливают кабельные барабаны, автоматически поддерживающие кабель с необходимым натяжением. При работе с относительно небольшими по массе плоскими грузами более целесообразно использовать захваты на основе постоянных магнитов. Основным их преимуществом является независимость от внешних источников питания. Фиксация груза осуществляется посредством активации магнитного поля в момент нахождения захвата на поверхности груза. Активация магнитных силовых линий происходит с помощью ручки-переключателя или автоматического механизма.

Одним из наиболее современных грузозахватных приспособлений являются вакуумные захваты (рисунок 9.9).



Рисунок 9.9. – Вакуумный захват

Принцип работы захватов заключается в следующем. В установленной на поверхности груза камере создается область разреженного воздуха (вакуум), под действием атмосферного давления возникает сила взаимодействия (притяжения) между грузом и захватом. Для работы данным захватом есть ограничение – груз должен быть выполнен из относительно воздухонепроницаемого материала с гладкой поверхностью (стекло, прокат металла, полированный мрамор и т.д.).

Вакуумные захваты удобны для работы с грузами, не имеющими точек крепления, при этом они позволяют быстро произвести его захват и высвобождение. Захват бережно относится к поверхности поднимаемого груза и осуществляет подъем, не повреждая ее. Конструкция захватов данного вида и характер их использования зависит от способа создания разрежения в вакуумной камере и методов ее девакуумизации.

Расчет клещевого захвата

Конструктивная схема фрикционного клещевого захвата приведена на рисунке 9.10.

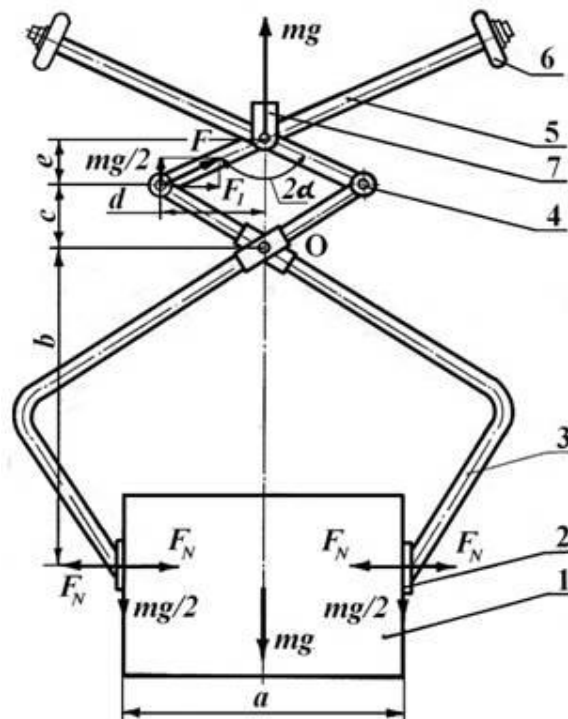


Рисунок 9.10. – Конструкция и расчетная схема фрикционного клещевого захвата

Поднимаемый груз 1 помещается между упорами 2 , приваренными к нижним шарнирно соединенным между собой рычагам 3 . Нижние рычаги с помощью шарниров 4 соединены с верхними рычагами 5 . На концах верхних рычагов расположены противовесы 6 , способствующие раскрытию захвата. В точке шарнирного соединения друг с другом верхних рычагов закреплена скоба 7 , которая прикрепляется к крюку грузоподъемной машины.

При подъеме происходит сжатие груза и возникают силы трения $F_N = fN$, препятствующие его выпадению. Здесь: N – нормальная реакция опоры; f – коэффициент трения, зависящий от материала груза (таблица 9.1).

Таблица 9.1. – Значение коэффициента трения f между стальным упором и грузом

Материал поверхности груза	диапазон значений f	
	гладкий упор	рифленый упор
Сталь	0,12–0,15	0,20–0,25
Чугун	0,15–0,18	0,35–0,45
Камень, бетон	0,20–0,28	0,40–0,50
Резина	0,60–0,70	0,70–0,80
Древесина	0,30–0,35	0,35–0,40

Величину силы трения F_N можно определить следующим образом:

$$F_N = k \frac{mg}{2}, \quad (9.1)$$

где $k = 1,3 - 1,55$ – коэффициент, учитывающий возможные изменения нормальной реакции опоры за счет сопротивлений в рычажной системе; $mg = G$ – вес груза.

Конструкция захвата имеет симметричную форму, соответственно силы, возникающие в симметрично расположенных рычагах, одинаковы.

Сила F , возникающая в тяге,

$$F = \frac{G}{2 \cdot \cos \alpha}. \quad (9.2)$$

Две силы натяжения рычага не должны превышать вес груза.

В расчетной схеме сумма моментов всех сил относительно точки O должны быть равны между собой:

$$\frac{G}{2} \cdot \frac{a}{2} + F_N \cdot b = F_I \cdot c + \frac{G}{2} \cdot d, \quad (9.3)$$

где a, b, c, d – размеры элементов рычажной системы захвата.

Из уравнения (9.3) следует, что соотношение между размерами элементов захвата можно представить как

$$\frac{a}{2} + \frac{k \cdot b}{f} = c \cdot \tan \alpha + d. \quad (9.4)$$

Следовательно, зная значение коэффициента трения f и задавшись значениями угла α , размерами a, b, d , можно найти величину c .

Таким образом, расчет клещевого захвата сводится к определению размеров рычагов, при которых сила трения, создаваемая клещами, удерживала бы груз.

Пример расчета клещевого захвата

Рассчитать клещевой захват со стягивающейся рычажной системой для захвата картера при подъеме на стенд. Надежное и безопасное удержание картера в захвате обеспечивается прижатием лап-рычагов к стенкам блока с достаточным усилием для создания достаточной силы трения. Усилие прижатия лап-рычагов в захвате определяется геометрическими параметрами рычажной системы (рисунок 9.11). Габаритный размер картера $a = 580$ мм. Материал картера – высокопрочный чугун марки ВЧ50. Упор рычажной системы – стальной рифленый.

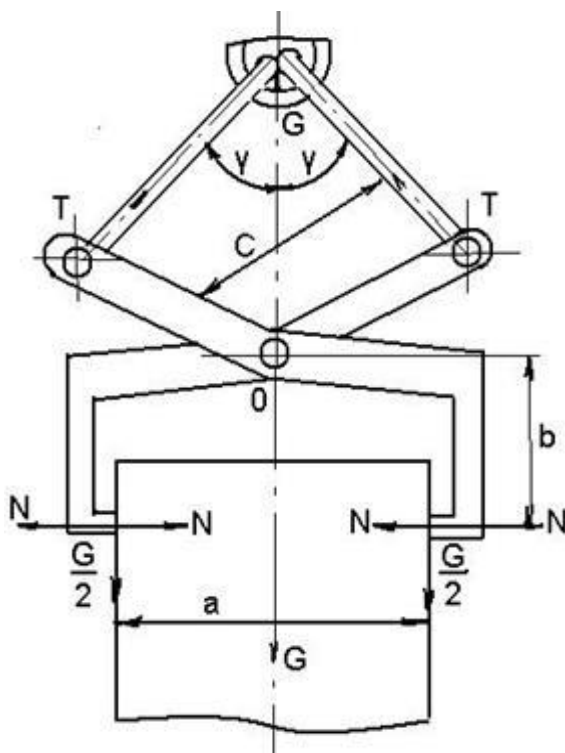


Рисунок 9.11. – Расчетная схема клещевого захвата

Решение.

1. Устанавливаем значения коэффициента трения пары сталь (рифленый упор) – чугун и коэффициента запаса сцепления: $f = 0,4$; $k = 1,35$.

2. Зададимся значением одного из рычагов, например, $b = 200$ мм и углом $\gamma = 45^\circ$.

3. Определяем размер другого плеча рычага C :

$$C = \left(\frac{b}{f} - \frac{a}{2} \cos \gamma \right) k = \left(\frac{200}{0,4} - \frac{580}{2} \cos 45^\circ \right) \cdot 1,35 = 293,9 \text{ мм.}$$

Задания для самостоятельного расчета

Произвести расчет клещевого захвата (см. рисунок 9.11), согласно заданному варианту, если известны масса, материал и характерный размер груза, тип упора и размеры рычагов (таблица 9.2).

Вычертить схему рычажной системы захвата в удобном масштабе.

Таблица 9.2. – Варианты задания и исходные данные для расчета

Номер варианта	Параметры груза			Тип упора	Размеры рычагов, мм		
	масса m , кг	материал	ширина a , мм		b	c	d
1	2250	бетон	750	рифленый	440	160	420
2	1000	древесина	650	гладкий	390	90	370
3	1250	древесина	550	рифленый	290	115	320
4	3500	бетон	500	рифленый	310	85	290
5	2000	бетон	600	рифленый	370	110	350
6	4500	чугун	550	гладкий	320	75	310
7	5500	сталь	500	рифленый	340	70	330
8	7000	сталь	450	гладкий	300	65	350
9	8000	чугун	900	рифленый	450	190	550
10	9000	сталь	600	гладкий	410	95	450
11	8500	чугун	550	рифленый	280	70	330
12	7500	чугун	650	гладкий	330	110	310
13	6000	сталь	700	рифленый	420	120	410
14	5000	чугун	750	рифленый	440	180	430
15	2500	бетон	800	рифленый	480	200	470
16	3000	чугун	850	гладкий	470	210	510
17	4000	бетон	650	рифленый	350	100	380
18	1500	древесина	400	рифленый	290	60	280
19	3250	бетон	550	гладкий	330	80	340
20	5550	сталь	725	рифленый	500	170	480

Содержание отчета

Отчет по практическому занятию должен содержать:

1. Название и цель практического занятия.
2. Описание грузозахватных устройств.
3. Расчет клещевого захвата по заданному варианту.
4. Схема рычажной системы клещевого захвата.

Контрольные вопросы

1. Объясните назначение грузозахватных устройств.
2. Опишите основные виды захватов и их назначение.
3. Объясните назначение и конструкцию клещевого захвата.
4. Раскройте особенности конструкций фрикционных клещевых захватов.
5. Сформулируйте критерии работоспособности клещевого захвата.
6. Опишите алгоритм расчета клещевого захвата.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ГОСТ 191-82. Цепи грузовые пластинчатые. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 8 с.

ГОСТ 2319-81. Цепи круглозвенные грузовые и тяговые нормальной прочности. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 14 с.

ГОСТ 3062-80. Канат стальной одинарной свивки, спиральный типа ЛК-О конструкции 1×7 . – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 5 с.

ГОСТ 3063-80. Канат стальной одинарной свивки спиральный типа ТК конструкции 1×19 . – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 5 с.

ГОСТ 3064-80. Канат стальной одинарной свивки спиральный типа ТК конструкции 1×37 . – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 5 с.

ГОСТ 3066-80. Канат стальной двойной свивки с металлическим сердечником типа ЛК конструкции $6 \times 7 + 1 \times 7$. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 4 с.

ГОСТ 3067-88. Канат стальной двойной свивки типа ТК с металлическим сердечником конструкции $6 \times 7 + 1$ о.с. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 12 с.

ГОСТ 3069-80. Канат стальной двойной свивки типа ЛК-О с органическим сердечником конструкции $6 \times 7 + 1$ о.с. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 12 с.

ГОСТ 3070-88. Канат стальной двойной свивки типа ТК с органическим сердечником конструкции $6 \times 19 + 1$ о.с. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 3 с.

ГОСТ 3077-80. Канат стальной двойной свивки типа ЛК-О с органическим сердечником повышенной стойкости к трению конструкции $6 \times 19 + 1$ о.с. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 5 с.

ГОСТ 3241-91. Канаты стальные. Технические условия. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2008. – 16 с.

ГОСТ 2688-80. Канат стальной двойной свивки типа ЛК-Р с органическим сердечником конструкции $6 \times 19 + 1$ о.с. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 12 с.

ГОСТ 6627-74. Крюки однорогие. Заготовки. Типы. Конструкции и размеры. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2008. – 7 с.

ГОСТ 6628-73. Крюки двурогие. Заготовки. Типы. Конструкции и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 8 с.

ГОСТ 7665-80. Канат стальной двойной свивки типа ЛК–3 с одним органическим сердечником конструкции $6 \times 25 + 1$. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 6 с.

ГОСТ 7667-80. Канат стальной двойной свивки типа ЛК–3 с металлическим сердечником конструкции $6 \times 25 + 7 \times 7$. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 6 с.

ГОСТ 7668-80. Канат стальной двойной свивки типа ЛК–РО с органическим сердечником повышенной гибкости конструкции $6 \times 36 + 1$ о.с. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 9 с.

ГОСТ 7669-80. Канат стальной двойной свивки типа ЛК–РО с металлическим сердечником для подъема техники в условиях повышенных температур конструкции $6 \times 36 + 7 \times 7$. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 12 с.

ГОСТ 3089-80. Канат стальной тройной свивки типа ЛК-Р с одним органическим сердечником конструкции $6 \times 7 \times 19 + 1$ о.с. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 8 с.

ГОСТ 16853-88. Канат стальной талевый тройной свивки с металлическим сердечником для эксплуатационного и глубокого разведочного бурения. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 13 с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров М.П. Грузоподъемные машины: учеб. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 552 с.
2. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины: учеб. – М.: Высш. шк., 1985. – 520 с.
3. Скойбеда А.Т., Кузьмин А.В., Макейчик Н.Н. Детали машин и основы конструирования: учеб. – Минск: Выш. шк., 2000. – 584 с.
4. Зырянова А.Б., Кучумов Е.Г., Корепанова Е.Н. Расчеты механизмов кранов для лесных грузов: учеб. пособие. – Екатеринбург: УГЛУ, 2009. – 120 с.
5. Иванов В.П. Подъемно-транспортные средства предприятия: учеб.-метод. пособие. – Новополюцк: ПГУ, 2009. – 53 с.
6. Подъемно-транспортные машины: учеб. пособие / П.Н. Щерблюкин, В.В. Стасюк, Н.А. Бородин и др. – Воронеж: ВГЛТА, 2012. – 98 с.
7. Холодилин А.Н. Расчет грузоподъемных устройств: учеб. пособие. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 126 с.

ДЛЯ ЗАМЕТОК