

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ РУЧНОЙ ТАЛИ, ЭЛЕКТРОТЕЛЬФЕРА И ГРУЗОНЕСУЩИХ ОРГАНОВ

Цель работы: изучение классификации грузоподъемных устройств; ознакомится с конструкцией ручной тали и расчет ее грузоподъемности; изучение конструкции электротельфера и грузонесущих органов.

Инструменты: штангенциркуль с пределом измерения 250 мм.

Подготовка к выполнению работы: ознакомиться с теоретическим материалом по грузоподъемным устройствам [5, с. 14–59, с. 101–115; 6, с. 492–496, с. 528–532].

Общие сведения

Грузоподъемные машины нашли очень широкое применение в различных отраслях. С их помощью выполняют погрузочно-разгрузочные работы на складах материалов, конструкций и технологического сырья, обслуживают производственные процессы на открытых площадках предприятий, на строящиеся сооружения подают строительные материалы, стеновые ограждения и элементы кровли, монтируют крупноблочные и крупнопанельные жилые здания, железобетонные и металлические конструкции промышленных зданий и сооружений.

В зависимости от назначения, конструкции и характера выполняемой работы грузоподъемные машины делят на три основные группы. Первая группа включает простейшие машины: домкраты, тали и лебедки, используемые в основном в качестве вспомогательного оборудования на монтажных и других работах; вторая группа – подъемники, при помощи которых обеспечивается только вертикальное перемещение грузов; третья группа – краны, обеспечивающие как вертикальное, так и горизонтальное перемещение грузов в любом направлении в пределах, зависящих от параметров крана.

Грузоподъемные машины характеризуются грузоподъемностью, скоростями движения и режимом работы, а также рядом других параметров (пролетом, высотой подъема, вылетом стрелы и т. д.).

Грузоподъемностью машины Q называется вес наибольшего рабочего груза, на подъем которого рассчитана данная машина. В величину грузоподъемности включается вес грузозахватного органа, а также всех вспомогательных приспособлений, подвешиваемых к нему.

Грузоподъемные машины относятся к машинам периодического действия, при работе которых происходит постоянное чередование подъема и опускания груза, направления движения крана, тележки и стрелы. Для увеличения производительности машины часто применяется принцип совмещения операций. Работа механизма поворота и передвижения состоит из процессов движения в одну и другую сторону как с грузом, так и без груза. Время пауз, в течение которых двигатель не включен и механизм не работает, используется для загрузки и разгрузки грузозахватного устройства и для подготовки к проведению следующего процесса работы механизма. Кроме того, каждый процесс движения, в свою очередь, может быть разделен на период неустановившегося движения (в течение которого происходит разгон или замедление поступательно движущихся масс груза и механизма) и период движения с установившейся скоростью.

Типовыми крановыми механизмами являются: механизм подъема (лебедка с полиспастом); механизмы передвижения, осуществляющие перемещение крана, тележки или тали; механизм изменения вылета путем изменения угла наклона стрелы или перемещения груза по стреле; механизм поворота для вращения поворотной части крана в горизонтальной плоскости.

Для перемещения штучных или насыпных грузов по пространственной трассе произвольной формы и различной протяженности применяют краны стрелового и мостового типов. У кранов стрелового типа груз подвешен к стреле (с постоянным или переменным вылетом) и находится вне опорного контура крана. К кранам этого типа относят настенные и полноповоротные. Настенный кран с постоянным вылетом стрелы, равным расстоянию от оси вращения крана до точки подвеса груза к стреле, при подъеме груза имеет зону обслуживания, равную (в плане) половине окружности. У такого крана должен быть механизм подъема груза (лебедка) и механизм поворота стрелы.

Для грузоподъемных машин с машинным приводом устанавливаются следующие режимы работы. Легкий режим (Л) характеризуется большими перерывами в работе, редкой работой с номинальным грузом, малыми скоростями, малым числом включений в час (до 60), ма-

лой относительной продолжительностью включения. В этом режиме работают, например, механизмы подъема и передвижения мостовых ремонтных кранов и кранов, обслуживающих машинные залы электростанций, механизмы передвижения строительных и порталных кранов, перегрузочных мостов и башен кабельных кранов; лебедки противоугонных устройств и т. д.

Средний режим (С) характеризуется работой с грузами различной величины, средними скоростями движения, средним числом включений в час (до 120), средним значением относительной продолжительности включения. В этом режиме работают, например, механизмы подъема и передвижения мостовых кранов механических и сборочных цехов со среднесерийным производством и мостовых кранов ремонтно-механических цехов, механизм поворота строительных кранов, электротали.

Тяжелый режим (Т) характеризуется постоянной работой с грузами, близкими по весу к номинальным, высокими скоростями, большим числом включений в час (до 240), высоким значением относительной продолжительности включения. В этом режиме работают, например, все механизмы мостовых кранов технологических цехов и складов на заводах с крупносерийным производством, механизмы подъема строительных кранов.

При весьма тяжелом режиме (ВТ) работают, например, все механизмы кранов технологических цехов и складов металлургического производства, все механизмы магнитных и грейферных кранов металлургического производства, механизмы подъема и передвижения тележек перегрузочных мостов.

Ручная таль относится к простейшим грузоподъемным устройствам с ручным приводом. Ручные цепные тали грузоподъемностью 0,5–10 т применяются при выполнении ремонтно-монтажных работ небольшого объема.

Наиболее распространены червячные тали (рис. 4.1), которые работают следующим образом. При помощи бесконечной круглозвенной сварной цепи 5 вручную приводится в движение приводная звездочка 4, закрепленная на валу двухзаходного червяка 3. Червячное колесо 1 через жестко соединенную с ним звездочку 2 передает движение пластинчатой цепи 6 двукратного полиспаста, в конструкцию которого входят также подвеска 8 с подвижным блоком 7. Монтажным крюком (на рисунке для упрощения не показан) таль подвешивается к балке, треноге или другому устройству, которое обеспечивает

необходимую высоту подъема грузового крюка 9, закрепленного в подвеске 8.

Для повышения КПД ручной тали применяется несамотормозящая червячная передача (угол подъема винтовой линии $15\text{--}20^\circ$), поэтому для удержания поднятого груза постановлен дисковый грузопорный тормоз. Храповое колесо свободно установлено между фрикционными дисками, и собачка не препятствует его вращению в сторону подъема груза. При опускании груза необходимо преодолевать силу трения, возникающую между фрикционными дисками и зажатым между ними застопоренным храповым колесом. Диск упирается при этом в сферический подпятник в корпусе тали. Сила прижатия дисков к храповому колесу пропорциональна весу поднимаемого груза, поэтому тормоз обладает свойством саморегулирования и надежен в работе.

Для перемещения груза по горизонтали иногда ручные тали подвешиваются к специальной тележке, передвигающейся по монорельсу.

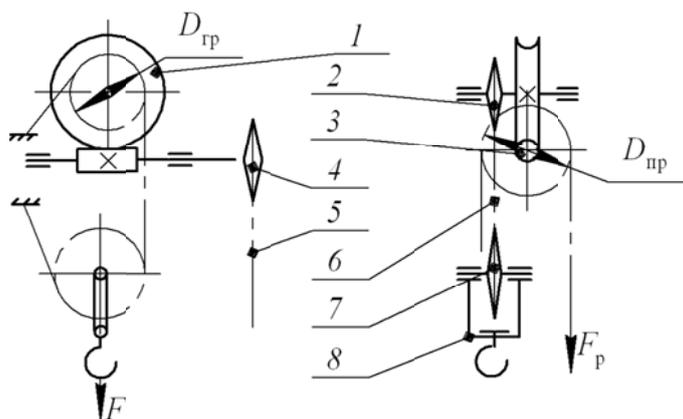


Рис. 4.1. Кинематическая схема ручной тали:

- 1 – червячное колесо; 2 – грузовая звездочка; 3 – червяк;
- 4 – приводная звездочка; 5 – приводная цепь; 6 – грузовая цепь;
- 7 – грузовое колесо; 8 – крюковая подвеска; 9 – крюк

Электрические тали (электротельфер) представляют собой компактную подвесную электрореверсивную лебедку. Самостоятельные грузоподъемные устройства широко используются при производстве ремонтно-монтажных работ, для внутрицехового и межцехового транспортирования грузов, обслуживания станков и т. п. Электротали применяются также в качестве основного грузоподъемного механизма в некоторых конструкциях мостовых, козловых и консольно-

балочных кранов.

Электрические тали грузоподъемностью 0,25–10,0 т выпускаются в различном исполнении: стационарные и передвижные; с ручным и приводным механизмом передвижения; с управлением с пола и из кабины; с различной высотой подъема груза. Скорость подъема груза (8 м/мин) и передвижения (20 м/мин) у всех талей одинаковая.

Электротельфер, кинематическая схема которого представлена на рис. 4.2 состоит из механизмов подъема (рис. 4.2, а) и передвижения груза (рис. 4.2, б).

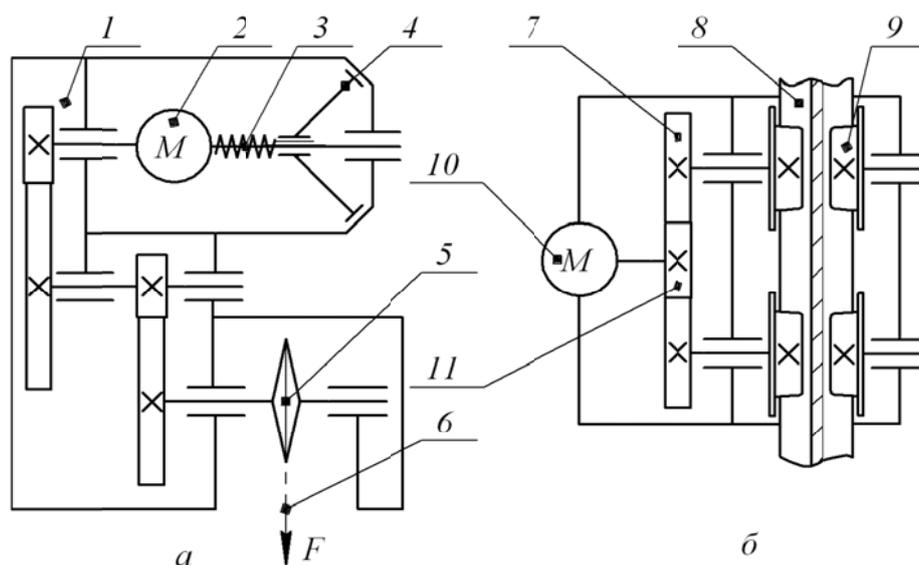


Рис. 4.2. Кинематическая схема электротельфера:

а – механизма подъема; б – механизма передвижения:

- 1 – редуктор; 2 – электродвигатель механизма подъема; 3 – пружина;
- 4 – тормоз конусный; 5 – звездочка приводная; 6 – цепь грузовая;
- 7 – колесо зубчатое; 8 – монорельс; 9 – колесо ходовое;
- 10 – электродвигатель механизма перемещения; 11 – шестерня

Механизм подъема (рис. 4.2, а) состоит из электродвигателя 2, ротор которого через пружину 3 соединен с нормально замкнутым конусным дисковым тормозом 4; редуктора 1, на выходном валу которого закреплена приводная звездочка 5, грузовой круглозвенной цепи 6.

Принцип действия привода механизма подъема заключается в следующем. При подаче электрического тока в обмотки статора двигателя магнитное поле притягивает конусный ротор тормоза 4, преодолевая усилие пружины 3. Таким образом тормоз освобождается, и одновременно с этим нарастает вращающий момент ротора, который

посредством двухступенчатого цилиндрического редуктора 1 увеличивается для повышения тяговой силы на грузовой звездочке 5. На звездочку набегают калиброванная цепь 6, входит в зацепление с ее зубцами и, обогнув звездочку на некоторой ее окружности, сбегает с нее, свободно провисая вниз. Одна из ветвей цепи неподвижно зафиксирована на корпусе электротельфера, а к другой ветви крепится крюк с замком. При выключении напряжения магнитное поле исчезает, и под действием пружины 3 ротор возвращается в исходное положение, а конусный тормозной диск, закрепленный на роторе, прижимается к неподвижному кожуху тормоза 4 и осуществляет надежное торможение груза и удержание его в заданном положении.

Механизм передвижения груза (рис. 4.2. б) состоит из электродвигателя 10 и тележки, которая перемещается по монорельсу 8. Конец вала электродвигателя выполнен как шестерня 11, входящая в зацепление с зубчатыми колесами 7, соединенными с ходовыми колесами 9.

В качестве несущих гибких органов, используемых в механизмах грузоподъемных машин, наибольшее распространение получили стальные канаты, сварные и пластинчатые цепи.

Стальные канаты (рис. 4.3) представляют собой систему многократно дублируемых несущих элементов и обладают при этом высокой надежностью, в то время как цепи представляют последовательность несущих элементов, что является серьезным недостатком, так как поломка одного звена приводит к выходу из строя всего несущего элемента. В стальных канатах несущие элементы соединяются параллельно, и при выходе из строя одного из них грузоподъемность каната уменьшается незначительно.

Стальные канаты различаются по диаметру d , количеству проволок в прядях и количеству прядей в канате. Классифицируются канаты по следующим основным признакам:

- маркировочная группа: 1372, 1568, 1764, 1960 МПа и т. д.;
- материал сердечника: пеньковый, асбестовый, стальной;
- механические свойства проволок: высшей (В), первой (I) и второй (II) марки;
- вид покрытия поверхностей проволок: без покрытия, из оцинкованной проволоки для особо жестких (ОЖ), жестких (Ж) или средних (С) агрессивных условий работы;
- направление свивки прядей: левое (Л), правое (Пр);
- сочетание направлений свивки элементов каната: крестовая,

односторонняя (О), комбинированная (К), нераскручивающаяся (Н), раскручивающаяся (Р);

– род свивки: с точечным касанием проволок одинакового диаметра (ТК), с линейным касанием проволок одного диаметра в отдельных слоях пряди (ЛК-О), с линейным касанием проволок разного диаметра в верхнем слое пряди (ЛК-Р), с линейным касанием проволок разного и одинакового диаметра по отдельным слоям пряди (ЛК-РО), с линейным касанием и заполняющими проволоками меньшего диаметра между двумя слоями проволок (ЛК-З), с точечным и линейным касанием проволок в пряди (ТЛК);

– кратность свивки: одинарная (спиральная), двойная (тросовая); тройная (кабельная).

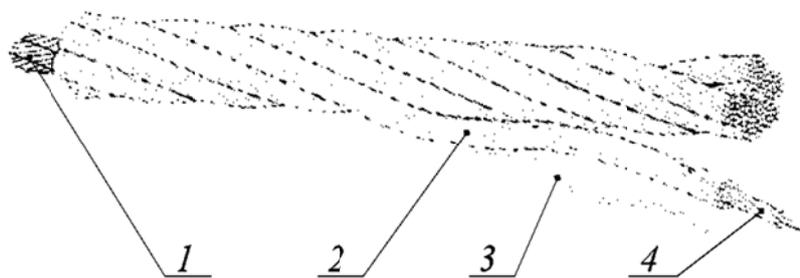


Рис. 4.3. Стальной канат:

1 – сердечник; 2 – прядь; 3 – проволока (нить); 4 – внутренний слой пряд

Например, стальной канат диаметром 11,5 мм, грузовой, изготовленный из материала марки (Г), с правой свивкой прядей, крестовой свивкой элементов каната, нераскручивающийся, из проволок маркировочной группы 1568 МПа, обозначается по ГОСТ 3077-80:

Канат 11,5–Г–Н–1568 ГОСТ 3077-80

В этой записи опущены как не имеющие обозначения указания на то, что поверхность проволок светлая, свивка прядей правая, сочетание свивки проволок в прядях крестовое.

Достоинствами стальных канатов являются плавная и бесшумная работа при любых скоростях, гибкость во всех направлениях, относительно небольшой вес, демпфирование динамических нагрузок.

Сварные цепи, используемые в грузоподъемных машинах, по точности изготовления разделяются на калиброванные (СК) и некалиброванные (СН). Они различаются по диаметру калибра стального проката d , шагу звена t и ширине цепи b (рис. 4.4). Калиброванные

сварные цепи имеют класс прочности Т(8) с напряжением при разрушающей нагрузке не менее 800 Н/мм^2 .

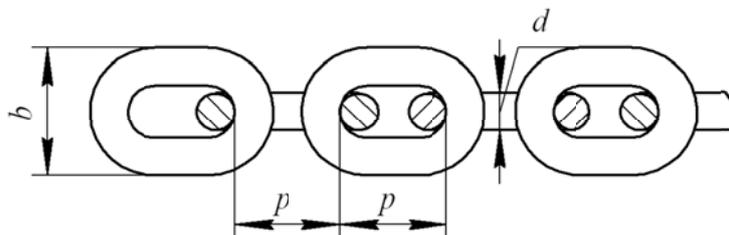


Рис. 4.4. Сварная круглозвенная цепь:
 p – шаг цепи; b – ширина; d – диаметр калибра стального проката

Например, сварная цепь калиброванная, изготовленная из проката диаметром $d = 16 \text{ мм}$, шаг цепи $p = 48 \text{ мм}$, класса прочности Т(8) с числом звеньев 256, в соответствии с ГОСТ 30188-97 обозначается:

Цепь СК 16×48-Т(8)-256 ГОСТ 30188-97

Пластинчатые цепи (рис. 4.5) в сравнении со сварными более надежны в работе и обладают большей гибкостью. Недостатками их являются: невозможность нагружения силой, действующей под углом к плоскости вращения звеньев цепи, шарниры цепи плохо работают в пыльной среде, применяются при небольших скоростях (до $0,25 \text{ м/с}$).



Рис. 4.5. Конструкция пластинчатой цепи

Грузовые пластинчатые цепи различаются по шагу звена и классифицируются:

- 1) по типу: 1 – с расклепкой валиков, 2 – с расклепкой валиков с шайбами, 3 – со шплинтами, 4 – со шплинтами и гладкими валиками;
- 2) в зависимости от исполнения: 1 – без концевых пластин, 2 – с концевыми пластинами.

Например, пластинчатая грузовая цепь типа 2 с шагом 50 мм исполнения 1 обозначается в соответствии с ГОСТ 191-82:

Цепь 2-50-1 ГОСТ 191-82

Порядок выполнения лабораторной работы

Изучение конструкции ручной тали и расчет ее грузоподъемности

1. Изучить конструкцию ручной тали, составить кинематическую схему и дать ее описание.

Подъем груза массой Q при использовании ручной тали возможен при выполнении баланса моментов сил:

$$T_{\text{гр}} = T_{\text{ц}}, \quad (4.1)$$

где $T_{\text{гр}}$ – крутящий момент, развиваемый талью на грузовой звездочке, Н · мм; $T_{\text{ц}}$ – момент от силы натяжения цепи при грузоподъемности Q , Н · мм.

Крутящий момент на грузовой звездочке определяется по формуле

$$T_{\text{гр}} = T_{\text{пр}} U \eta_0, \quad (4.2)$$

где $T_{\text{пр}}$ – крутящий момент на приводной звездочке, Н · мм; U – передаточное число червячной передачи ручной тали; η_0 – общий КПД ручного привода тали.

Крутящий момент на приводном колесе зависит от усилия F_p , развиваемого рабочим, и находится по следующей формуле:

$$T_{\text{пр}} = F_p \frac{D_{\text{пр}}}{2}, \quad (4.3)$$

где $D_{\text{пр}}$ – диаметр приводного колеса, мм.

Передаточное число U червячной передачи рассчитывается по формуле (2.1).

Общий КПД ручного привода вычисляется из выражения

$$\eta_0 = \eta_{\text{ч.п}} \eta_{\text{п.п}}^2 \eta_{\text{пр}} \eta_{\text{гр}}, \quad (4.4)$$

где $\eta_{\text{ч.п}}$ – КПД открытой червячной передачи, принимаемый 0,5 – 0,6; $\eta_{\text{п.п}}$ – КПД пары подшипников, равный 0,99; $\eta_{\text{пр}}$ – КПД приводного колеса, принимаемый 0,90–0,94; $\eta_{\text{гр}}$ – КПД грузовой звездочки, равный 0,90–0,94.

Момент от силы натяжения цепи с учетом того, что груз подвешен на двух ветвях, определяется по следующей формуле:

$$T_{ц} = \frac{Q}{2} \cdot \frac{D_{гр}}{2}, \quad (4.5)$$

где $D_{гр}$ – диаметр грузовой звездочки, мм.

Диаметр приводного колеса $D_{к}$ и приводной звездочки $D_{пр}$ рассчитывается по формулам

$$D_{к} = \frac{p}{\sin\left(\frac{90}{Z_{пр}}\right)}, \quad (4.6)$$

$$D_{гр} = \frac{p}{\sin\left(\frac{180}{Z_{гр}}\right)}, \quad (4.7)$$

где p – шаг цепи, мм; $Z_{пр}$ – количество ячеек приводного колеса; $Z_{гр}$ – количество зубьев на грузовой звездочке.

2. По согласованию с руководителем необходимо принять усилие, развиваемое рабочим $F_p = 120\text{--}400$ Н, и пользуясь выражениями (4.1)–(4.7), вычислить грузоподъемность F ручной тали.

В качестве тяговой цепи в изучаемой ручной тали используется цепь с обозначением: «Цепь СК 6,3×19-Т(8)-1200 ГОСТ 30188-97», а в качестве грузонесущей – «Цепь 1-35-2 ГОСТ 191-82». Количество ячеек на приводном колесе $Z_{пр} = 19$, количество зубьев на грузовой звездочке $Z_{гр} = 6$. Червячная передача, используемая в конструкции ручной тали, состоит из червяка с числом заходов $Z_1 = 2$ и червячного колеса, у которого количество зубьев $Z_2 = 32$.

Изучение конструкции электротельфера и расчет коэффициента запаса прочности несущего органа

1. Изучить конструкцию и принцип действия механизмов подъема и передвижения электротельфера, зарисовать их кинематические схему и дать краткое описание (рис. 4.2).

2. Определить статическую мощность при номинальной грузоподъемности $F = 2500$ Н по следующей формуле

$$P_c = \frac{V}{60\eta_o}, \quad (4.8)$$

где V – скорость подъема груза, принимаемая 8 м/мин; η_o – общий

КПД механизма подъема, рассчитываемый по формуле

$$\eta_o = \eta_{з.п}^2 \eta_{п.п}^2 \eta_{гр}, \quad (4.9)$$

где $\eta_{з.п}$ – КПД закрытой зубчатой передачи, равный 0,97.

3. Сопоставить расчетное значение мощности с мощностью электродвигателя, установленного на электротельфер.

4. Измерить основные геометрические параметры цепи (рис. 4.4): шаг p , диаметр калиброванного проката d , ширину b .

Запас прочности несущей цепи электротельфера проверяется по условию

$$k = \frac{F_{раз}}{F_{max}} \geq [k], \quad (4.10)$$

где k – фактический коэффициент запаса прочности цепи; $F_{раз}$ – разрушающая нагрузка цепи, Н, которая принимается по таблице; F_{max} – максимальное натяжение цепи (равно номинальной грузоподъемности), Н; $[k]$ – минимальный допускаемый коэффициент запаса прочности. Для грузоподъемных устройств с машинным приводом принимают $[k] = 3$, с ручным – $[k] = 8$.

Параметры сварных калиброванных цепей

Диаметр проката d , мм	Шаг цепи p , мм	Ширина b , мм	Разрушающая нагрузка $F_{раз}$, Н	Масса 1 м цепи, кг
4	12	13	20,2	0,38
5	15	17	31,6	0,54
5,6	17	19	39,6	0,75
6,3	19	21	50,0	0,90

Содержание отчета

Отчет должен содержать: название и цель лабораторной работы; кинематическую схему ручной тали и ее описание; вывод формулы и расчет грузоподъемности ручной тали; кинематические схемы механизмов подъема и передвижения электротельфера с описанием принципа их работы; расчет статической мощности двигателя механизма подъема электротельфера; проверочный расчет запаса прочности грузовой цепи электротельфера; классификации с примерами обозначений грузонесущих гибких органов.

Контрольные вопросы

1. Назначение и классификация грузоподъемных машин. 2. Что называют грузоподъемностью грузоподъемной машины? 3. Из каких основных механизмов состоят грузоподъемные машины? 4. Какими режимами характеризуется работа грузоподъемных машин? 5. Назначение и принцип действия ручной тали. 6. Как рассчитывается грузоподъемность ручной тали и как ее увеличить? 7. Почему в конструкции ручной тали используются несамотормозящие червячные передачи и за счет чего груз удерживается в подвешенном состоянии? 8. Назначение и принцип действия механизмов подъема и перемещения электротельфера. 9. Как определить статическую мощность электродвигателя механизма подъема электрической тали? 10. По каким признакам классифицируют канаты и цепи? 11. Как определить фактический коэффициент запаса прочности грузоподъемного несущего гибкого органа? 12. Преимущества и недостатки канатов, сварных и пластинчатых цепей.