**Расчет грузоподъемных машин**

**ВВЕДЕНИЕ**

Грузоподъемные машины являются составной частью каждого производства и играют важную роль в механизации погрузочных работ.

Курсовое проектирование грузоподъемных машин – первая самостоятельная разработка машины в целом с взаимосвязанными механизмами, способствующая дальнейшему развитию у студентов конструкторских навыков. При работе над проектом возникает много вопросов по выбору схемы и параметров механизмов, их компоновки, последовательности расчета и т.д. В методических указаниях приведены необходимые рекомендации и нормативные данные, некоторые справочные материалы и последовательность расчета.

Расчетную часть проекта выполняют в виде пояснительной записки, которая должна содержать: задание на проект; введение; схемы механизмов тележки с описанием их назначения, устройства и особенностей; расчет механизмов, узлов и деталей с приведением расчетных схем и обоснованием принятых параметров и допускаемых напряжений (расчеты сопровождают ссылками на литературу); список использованной литературы; оглавление, содержащее наименование всех основных разделов записки (помещают в конце ее).

Пояснительную записку выполняют на листах писчей бумаги формата А4 (297 . 210) в соответствии с ЕСКД. Текст пишут чернилами, схемы и эскизы выполняют в карандаше под линейку с проставлением всех размеров и обозначений. При использовании стандартных и нормализованных узлов в записке приводят их характеристику.

В аналитических расчетах сначала записывают формулу в буквенных выражениях, а затем подставляют числовые значения и записывают результаты. Промежуточные вычисления не приводят. Все символы, входящие в формулы, должны иметь объяснения в тексте. Ссылки на литературные источники, стандарты и нормали заключают в квадратные скобки, эти ссылки должны соответствовать прилагаемому в конце записки списку литературы.

МЕХАНИЗМ ПОДЪЕМА

Последовательность расчета

1. Принять схему механизма, вычертить его с заданным типом крюковой подвески (приложения, рис П.1), привести его описание.
2. Выбрать канат, блоки, барабан, крюк, упорный подшипник (устанавливается под гайку крюка).
3. Составить эскиз крюковой подвески и рассчитать ее элементы – траверсу, ось блоков, подшипники блоков и серьгу (рис. П.2).
4. Выполнить кинематический и силовой расчет привода механизма: выбрать двигатель, редуктор, тормоз, муфты, проверить двигатель на нагрев по среднеквадратичному моменту с учетом графика загрузки механизма (рис. П.5) и двигателя (рис. П.6).
5. Определить размеры барабана и проверить на прочность его элементы.

## Методика расчета

Задано: грузоподъемность (т), высота подъема (м), скорость подъема (м . с-1), количество ветвей полиспаста , режим работы, тип крюковой подвески.

1. **Схема механизма[[1]](#footnote-1) (рис.1)**

Электродвигатель 4 переменного тока соединяется через вал – вставку 3 с помощью зубчатых муфт с двухступенчатым редуктором 1. Редукторная полумуфта 2 вала вставки используется как тормозной шкив нормально замкнутого колодочного тормоза. Выходной вал редуктора соединятся с барабаном 5 также зубчатой муфтой, у которой одна из полумуфт выполняется как одно целое с валом редуктора, а вторая – крепится непосредственно к барабану. На барабан навивается канат со сдвоенного полиспаста.

1. **Канат, блок, крюк, гайка крюка и упорный подшипник**

Кратность полиспаста

где - количество канатов полиспаста, наматываемых на барабан; для сдвоенного полиспаста .

КПД полиспаста[[2]](#footnote-2)

,

где - КПД блока; принимаем = [1, табл.2.1.].

Максимальное натяжение каната

Расчетная разрывная сила

 ,

где - коэффициент запаса прочности; по правилам[[3]](#footnote-3) Госгортехнадзора [1, табл. 2.3] при режиме работы. Выбираем канат [1, табл. ] типа конструкции ГОСТ : диаметр каната = мм, разрывная сила = при маркировочной группе .

Условное обозначение: канат [1, с. 56].

Диаметр блока (барабана)

 ,

где - коэффициент долговечности каната; принимаем [1,табл.2.7] при режиме работы.

Выбираем [ , табл. П.1] диаметр блока по дну ручья , при длине ступицы мм.

Выбираем[[4]](#footnote-4) диаметр барабана (по дну канавок) мм [ ].

Для номинальной грузоподъемности т и режиме работы выбираем [ , табл.П.2] однорогий крюк по ГОСТ с размерами: , , , , мм, резьба .

Высота гайки крюка из

условия прочности на смятие резьбы

=

где и - параметры резьбы; - допускаемое[[5]](#footnote-5) напряжение; для резьбы , , мм [2, табл.14], = МПа [];

конструктивных[[6]](#footnote-6) соображений =

принимаем = мм [3]

Наружный диаметр гайки

принимаем мм [3]

Расчетная нагрузка на упорный подшипник

 ,

где - коэффициент безопасности, принимаем[[7]](#footnote-7)

Выбираем[[8]](#footnote-8) [2, табл. 15] шарикоподшипник упорный одинарный ГОСТ 6874-75: , , мм, кН.

1. **Крюковая подвеска[[9]](#footnote-9)**

Нормальная подвеска состоит из блоков 2, оси блоков 1, траверсы 4 и серег 3 (рис. 2).

**3.1 Конструктивные размеры[[10]](#footnote-10):**

Ширина траверсы

где - наружный диаметр упорного подшипника

принимаем мм [3]

диаметр[[11]](#footnote-11) отверстия

принимаем мм

длина[[12]](#footnote-12) траверсы

принимаем = мм

пролет траверсы

 ,

где - толщина серьги; принимаем = мм [табл. П.3]

принимаем = мм

длина консоли

принимаем = мм.

Расстояния

принимаем , мм

**3.2 Траверса**

Для изготовления выбираем сталь по ГОСТ : , , МПа (табл.4)

Допускаемое напряжение изгиба при пульсирующем цикле изменения напряжений

 ,

где К – коэффициент концентрации напряжений; - запас прочности; принимаем[[13]](#footnote-13) К= [2, табл. 15], (табл. П.5)

Реакции опор

Изгибающие моменты в сечении

АА

ББ

Высота траверсы из расчета на изгиб

принимаем мм [3]

Диаметр цапфы из расчета на

изгиб

смятие ,

где - допускаемое напряжение; принимаем[[14]](#footnote-14) = МПа.

принимаем[[15]](#footnote-15) = мм.

**3.3 Ось блоков**

Для изготовления применяем[[16]](#footnote-16) сталь по ГОСТ := , , МПа (табл.П.4).

Реакции опор Н.

Изгибающие моменты[[17]](#footnote-17)

Диаметр[[18]](#footnote-18) оси

принимаем = мм

Подшипники блоков

Радиальная нагрузка на подшипник

 ,

где - число блоков подвески; = .

Эквивалентная нагрузка

где - нагрузки, соответствующие времени их действия за весь срок службы подшипника ; принимаем , , , (рис. П.2).

Приведенная нагрузка

 ,

где - коэффициент радиальной нагрузки, - кинематический коэффициент вращения, - температурный коэффициент; принимаем при действии только радиальной нагрузки , при вращении наружного кольца подшипника , при температуре

Частота[[19]](#footnote-19) вращения блоков

, мин-1

Требуемая[[20]](#footnote-20) динамическая грузоподъемность шарикового однорядного подшипника

 ,

где - срок[[21]](#footnote-21) службы подшипника; [1, с.19].

Выбираем[[22]](#footnote-22) шарикоподшипник радиальный однорядный : , , мм, С = кН [2].

**3.4 Серьга**

Для изготовления серьги выбираем[[23]](#footnote-23) сталь по ГОСТ : , , МПа (табл. П.4.).

Допускаемое напряжение на растяжение

Допускаемое напряжение на смятие МПа

ширина серьги ;

принимаем мм [3]

высота проушины ;

принимаем мм [3]

Напряжение растяжения

 ,

что меньше (больше) МПа.

Напряжение в проушине[[24]](#footnote-24)

 ,

где - давление в зоне контакта[[25]](#footnote-25) (оси, цапфы) и серьги; принимаем МПа.

1. **Привод механизма**

**4.1 Двигатель**

Расчетная мощность

,

где - КПД механизма; принимаем[[26]](#footnote-26) [1, табл.1.18].

Выбираем[[27]](#footnote-27) электродвигатель ; номинальная мощность при ПВ = % кВт, частота вращения мин-1, момент инерции ротора = кг⋅м2, максимальный (пусковой) момент , размер , диаметр вала мм [].

Условное обозначение: двигатель [1, с. 38].

**4.2 Редуктор**

Частота вращения барабана[[28]](#footnote-28)

, мин-1

Передаточное отношение

Минимально возможное суммарное межосевое расстояние редуктора

 ,

где - габаритный размер барабана с учетом узла крепления каната на барабане; принимаем при = = мм [1, табл.ІІІ. 2.1].

Выбираем[[29]](#footnote-29) редуктор : межосевое расстояние мм, передаточное число , мощность на быстроходном валу при режиме работы и частоте вращения мин-1 кВт, диаметр быстроходного вала мм [ ], размеры выходного вала с зубчатым венцом , , , модуль мм, число зубьев = [2, табл.6].

Условное обозначение: редуктор [1, с.41].

Предельно допустимый момент редуктора

где к – коэффициент режима работы; принимаем при режиме работы к = [1, с.41].

Средний пусковой момент двигателя

 ,

где - номинальный момент двигателя; , Н . м

Таким образом, принятый редуктор[[30]](#footnote-30) условиям перегрузки в период пуска

Фактическая скорость подъема груза

,

Отклонение[[31]](#footnote-31) от заданной скорости

**4.3 Тормоз**

Статический момент при торможении

Тормозной момент

 ,

где - коэффициент запаса торможения; принимаем = при режиме работы [1, табл.2.9].

Выбираем[[32]](#footnote-32) тормоз с тормозным моментом Н⋅м [ ].

**4.4 Муфты вала – вставки**

Расчетный момент

 ,

где - коэффициенты, учитывающие соответственно степень ответственности механизма и режима работы, - номинальный момент на валу двигателя; принимаем [1, табл.1.35] для механизма подъема , при режиме работы .

Выбираем[[33]](#footnote-33) муфту зубчатую с тормозным шкивом (табл.П.6.): момент [Т] = Н⋅м, диаметр тормозного шкива , диаметр отверстия шкива , диаметр отверстия полумуфты мм, момент инерции .

Условное обозначение: муфта зубчатая с тормозным шкивом [1, с.41…43].

Выбираем[[34]](#footnote-34) муфту зубчатую типа МЗП (табл.П.7) по ГОСТ : момент , диаметр отверстия , мм, момент инерции .

Условное обозначение: муфта зубчатая МЗП [1, с.41…43].

**4.5 Проверка электродвигателя на нагрев**

**4.5.1** Кран работает с грузовым электромагнитом. В этом случае подъемная сила электромагнита

Выбираем[[35]](#footnote-35) грузовой электромагнит типа [табл. П.8]: подъемная сила кН, масса = т.

Полезная номинальная грузоподъемность

В соответствии с графиком загрузки механизма подъема (рис. П.5)

 ,

где - относительная[[36]](#footnote-36) масса груза; для режимаработы , , .

КПД[[37]](#footnote-37) механизма [1, рис. 1.2]

при

 при

Угловая скорость вала двигателя

Статический момент[[38]](#footnote-38) на валу двигателя при подъеме груза

,

При опускании груза

,

Момент инерции движущихся масс, приведенный к валу двигателя,

 ,

где - коэффициент, учитывающий моменты инерции масс механизма, вращающихся медленнее, чем вал двигателя; принимаем[[39]](#footnote-39) .

Время пуска[[40]](#footnote-40) при

подъеме груза

опускании груза

Результаты расчета сведены в таблицу

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Обозначение | Единица | Результаты при массе, кг |
|  |  |  |
| КПД |  | - |  |  |  |
| Момент при подъеме |  |  |  |  |  |
| Момент инерции |  |  |  |  |  |
| Время пуска при подъеме |  | С |  |  |  |
| Момент при опускании |  |  |  |  |  |
| Время пуска при опускании |  | С |  |  |  |

Среднеквадратичный момент

,

где - суммарное время пуска в течении одного цикла, - время установившегося движения, - коэффициент, учитывающий ухудшение условий охлаждения двигателя при пуске, - общее время установившегося движения; принимаем для закрытого двигателя [1, с.36], (здесь Н – высота подъема груза), с учетом графика загрузки электродвигателя (рис. П.6)

,

,

Эквивалентная мощность[[41]](#footnote-41), кВт

, кВт

Ускорение[[42]](#footnote-42) при пуске, м . с-2

,

Время[[43]](#footnote-43) торможения при опускании номинального груза

, с

Путь торможения [1, табл. 1.22]

Замедление при торможении

,

**4.5.2** Кран работает без магнита. В этом случае и , , , .

Далее расчет выполнить по приведенной выше методике (П.4.5.1.).

1. **Узел барабана (Рис. 3)**

Размеры:

диаметр[[44]](#footnote-44) по дну канавок мм.

шаг нарезки мм [1, табл. 2.8.].

длина участка барабана для узла крепления конца каната 3

длина нарезки на половине барабана

.

Принимаем мм.

длина[[45]](#footnote-45) участка между нарезками =

Расчетная длина барабана

.

Принимаем[[46]](#footnote-46) мм.

Свободные участки по краям барабана

**5.1 Сварной барабан**

Изготовляем из стали ГОСТ : , МПа (табл. П.4.)

Толщина[[47]](#footnote-47) стенки из расчета на сжатие

 ,

где - допускаемое напряжение; [1, с.62].

Толщина стенки из конструктивных соображений

принимаем[[48]](#footnote-48) мм [3].

**5.1.1 Эскизная[[49]](#footnote-49) компановка (рис. 3)**

По диаметру расточки мм (табл.П.9) выходного вала редуктора выбираем[[50]](#footnote-50) радиальный сферический двухрядный подшипник [2, табл.] : , , , мм, , кН. Совмещаем на общей оси середину подшипника, зубчатого венца вала редуктора 2 и венца 1 барабана [2, табл.13]. Торец барабана оказывается на расстоянии мм [1, табл. ІІІ.2.1] от этой оси.

Основные размеры[[51]](#footnote-51)

Принимаем мм

Из компоновки

**5.1.2 Прочность барабана**

Рассматриваем барабан как балочку на шарнирно-подвижных опорах А и В, к которой приложены силы[[52]](#footnote-52) .

Реакции опор (по уравнениям статики)

Проверка

Изгибающие моменты

Крутящие моменты .

Эквивалентный момент

Эквивалентное напряжение[[53]](#footnote-53) в стенке

,

где - эквивалентный момент сопротивления поперечного сечения барабана изгибу

Здесь

**5.1.3 Прочность полуоси**

Выполняем для правой (по рис.3) полуоси, имеющей большие осевые размеры. Выбираем материал сталь ГОСТ с пределом текучести МПа (табл. П.4.)

Изгибающий момент в сечении АА

Напряжение изгиба

**5.1.4 Прочность сварного шва**

где - катет шва; принимаем .

**5.1.5 Долговечность опор**

Проверяем для опоры В, т.к. этот подшипник вращается[[54]](#footnote-54).

Частота вращения[[55]](#footnote-55) барабана

, мин-1

Требуемая динамическая грузоподъемность

 кН

где - см. п. 3.4.

**5.1.6 Крепление конца каната**

Выполняем прижимной планкой с полукруглой канавкой [2, табл. 8] для каната диаметром мм. Планка крепится винтом М из стали ( МПа.)

Натяжение каната в месте крепления[[56]](#footnote-56)

 ,

где - коэффициент трения между канатом и барабаном, - угол обхвата барабана неприкосновенными витками; принимаем , [1, с.63].

Сила затяжки винта

,

где - число болтов в креплении, - коэффициент трения между канатом и планкой, - угол обхвата барабана витком крепления каната; принимаем[[57]](#footnote-57) , , [1, с.63].

Сила, изгибающая винт,

Суммарное напряжение в каждом винте[[58]](#footnote-58)

,

где - коэффициент надежности крепления, - расстояние от головки винта до барабана, - внутренний диаметр резьбы винта; принимаем , мм, .

**5.2 Литой барабан**

Изготавливаем из серого чугуна ГОСТ (табл. П.4) с пределом прочности сжатия МПа.

Толщина стенки из расчета на сжатие

,

где - допускаемое напряжение; для чугуна .

Толщина[[59]](#footnote-59) стенки из условия технологии изготовления литых барабанов

Принимаем[[60]](#footnote-60) мм [3].

**5.2.1 Эскизная компановка[[61]](#footnote-61) (рис. ).**

По диаметру расточки мм (табл.П.9) выходного вала редуктора[[62]](#footnote-62) выбираем[[63]](#footnote-63) : , , , мм, , кН. Совмещаем на общей оси середину подшипника, зубчатого венца 1 вала редуктора и венца 2 барабана [2, табл.13].

Основные размеры[[64]](#footnote-64)

принимаем мм.

Из компоновки , = , , , мм.

**5.2.2 Прочность барабана**

Рассматриваем барабан как балочку на шарнирно-подвижных опорах А и В, расположенных по середине ступиц барабана.

Реакции опор

Проверка

Изгибающие моменты

Крутящие моменты

Эквивалентные моменты

Эквивалентное напряжение[[65]](#footnote-65) в стенке

 ,

где - эквивалентный момент сопротивления поперечного сечения барабана изгибу

 ,

где

**5.2.3 Прочность оси**

Для изготовления принимаем сталь ГОСТ с пределом текучести МПа [ ].

Реакции опор

Проверка

Изгибающие моменты

Расчетное напряжение[[66]](#footnote-66)

т ,

где - диаметр оси.

МЕХАНИЗМ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ТЕЛЕЖКИ

Последовательность расчета

1. Выбор схемы механизма, ее описание.
2. Выбор массы тележки, ходовых колес и определение сопротивления передвижению.
3. Выбор электродвигателя, редуктора, муфт, тормоза.
4. Проверка двигателя на пусковой режим и устойчивость процесса пуска.
5. Проверка двигателя на нагрев.
6. Расчет ходовых колес.

Если по условиям пуска получаются неприемлемые время пуска и ускорение, принять более мощный двигатель, проверить пригодность ранее принятых редуктора (по и ) и тормоза (по ).

**Методика расчета**

Задано: грузоподъемность (т), скорость передвижения (), режим работы.

1. **Схема[[67]](#footnote-67) механизма (рис.4).**

Электродвигатель через муфту соединен с вертикальным редуктором ВК. Выходной вал редуктора муфтами и промежуточными валами соединен с ходовыми колесами.

1. **Сопротивление передвижению**

Масса тележки[1. с. 13].

Наибольшая нагрузка на одно колесо

где - количество колес тележки; принимаем = 4.

Выбираем[[68]](#footnote-68) [1, табл.III.2.3] при заданной скорости передвижения и режиме работы колесо : диаметр мм, допускаемая нагрузка кН, тип рельса . В опорах колеса установлены подшипники[[69]](#footnote-69) (табл.П.10) с внутренним диаметром мм; диаметр реборд мм (табл.П.10).

Сопротивление передвижению с номинальным грузом

, кН,

где - коэффициент трения в опорах колеса, - коэффициент трения качения колеса по рельсу, - коэффициент, учитывающий трение реборд о рельс, - уклон пути; принимаем [1, с.33], мм при мм и рельсе[[70]](#footnote-70) с головкой [1, табл.1.28], при подшипниках качения [1, с.33], [1, табл. 2.10].

1. **Выбор элементов привода**

**3.1 Электродвигатель**

Статическая мощность привода

, кВт ,

где - КПД механизма передвижения; принимаем [1, табл. 1.18]. Выбираем[[71]](#footnote-71) [1, табл.ІІІ.3.5] двигатель : номинальная мощность при ПВ = % кВт, частота вращения мин-1, максимальный (пусковой) момент , момент инерции редуктора , мощность при ПВ = 25% кВт, диаметр вала , высота центров мм [1, табл. ІІІ.3.6].

Условное обозначение: [1, с.38].

**3.2. Редуктор**

Частота вращения ходовых колес

, мин-1

Передаточное отношение привода

Минимально возможное суммарное межосевое расстояние редуктора

Выбираем[[72]](#footnote-72) [ ] редуктор : передающая мощность кВт при режиме работы, частота вращения мин-1. передаточное число , диаметр входного вала мм [ ], диаметр выходного вала мм [ ].

Фактическая скорость передвижения

,

**3.3 Муфта на быстроходном валу**

Номинальный момент на валу

Расчетный момент

 ,

где - коэффициент, учитывающий степень ответственности механизма, - коэффициент, учитывающий режим работы; принимаем [1, табл.1.35] , .

Выбираем[[73]](#footnote-73) муфту [ ]: номинальный момент , момент инерции , диаметр отверстий и мм.

**3.4 Муфта на тихоходном валу**

Расчетный момент

,

где - момент на валу редуктора.

,

где - КПД редуктора; принимаем . [1, табл. 1.18]

Выбираем муфту [ ] ; , , , мм.

**3.5 Тормоз**

Максимально допустимое замедление при движении тележки без груза

где - число приводимых колес, - коэффициент сцепления ходовых колес с рельсами; принимаем , [1, с.33].

Время торможения

Сопротивление[[74]](#footnote-74) передвижению тележки без груза при торможении

Тормозной момент при движении без груза

Выбираем[[75]](#footnote-75) тормоз с тормозным моментом , который следует отрегулировать до .

Рекомендуемая длина пути торможения [1, табл. 1.23],

где .

Фактическая длина пути торможения

1. **Проверка пускового режима двигателя**

Максимально допустимое ускорение при пуске

где - минимально допустимое значение коэффициента запаса сцепления; принимаем [1, табл. 1.27].

Наименьшее допускаемое время пуска

Средний пусковой момент двигателя

где - минимальная кратность пускового момента; принимаем = [1, с.35].

Сопротивление передвижению при работе без груза

Статический момент при работе без груза

Момент инерции вращающихся масс привода

Фактическое время[[76]](#footnote-76) пуска при работе без груза

Фактическое ускорение[[77]](#footnote-77) при пуске и работе без груза

Фактический запас[[78]](#footnote-78) сцепления приводных колес с рельсами при работе без груза

1. **Проверка[[79]](#footnote-79) двигателя на нагрев**

Статический момент на валу двигателя при номинальной нагрузке

Коэффициент перегрузки двигателя

Перегрузочная способность двигателя

Момент инерции движущихся масс, приведенный к валу двигателя

Время пуска

где - относительное время пуска[[80]](#footnote-80); принимаем при и [ ], .

Среднее время рабочей операции

,

где - средний путь[[81]](#footnote-81) передвижения тележки.

Расчетный коэффициент .

Эквивалентная по нагреву мощность[[82]](#footnote-82) при ПВ = 25%.

где - коэффициент, учитывающий относительную продолжительность включения, - коэффициент[[83]](#footnote-83) влияния пускового момента на эквивалентную мощность; принимаем [1, табл. 1.32] при режиме работы, при [1, рис. 1.6, кривая ].

1. **Узел ходовых колес**

Нагрузка[[84]](#footnote-84) на одно колесо

Расчетная нагрузка

где - коэффициент режима работы, - коэффициент, учитывающий переменность нагрузки; принимаем [5, табл. 34],

Напряжение смятия [5, с. 116]

Подшипники опор[[85]](#footnote-85).

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Кузьмин А.В., Марон Ф.Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин.-Мн.: Высшая школа, 1983-350 с., ил.
2. Погорелов С.В. Методические указания по конструктированию узлов тележки электромостового крана – Запорожье: ЗИИ, 1990-72 с., ил.
3. ГОСТ 6636-69 «Нормальные линейные размеры».
4. Перель Л.Я. Подшипники качения. Справочник – М.: Машиностроение, 1983-543 с., ил.
5. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин. Иванченко Ф.К. и др. – К.: Выща школа, 1978-576 с., ил.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

**Таблица П.1**

# Размеры канатных блоков, мм

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Диаметр каната | Диаметр по дну канавки | Длина ступицы | Диаметр каната | Диаметр по дну канавки | Длина ступицы |
| От 11 до 14 | 320-400 450 | 6070 | Свыше 14 до 20 | 320, 400, 450500, 560, 630 | 7080 |

## Таблица П.2

**Крюки однорогие (ГОСТ 6627-74)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер заготовки крюка | Грузоподъемность для режимов, т | Размеры, мм |
| Легкого, среднего | тяжелого |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | 5.0 | 4.0 | 75 | 48 | 75 | М42 | 45 | 10 | 37.129 |
| 14 | 6.3 | 5.0 | 85 | 54 | 32 | М48 | 50 | 12 | 42.587 |
| 15 | 8.0 | 6.3 | 95 | 60 | 90 | М52 | 55 | 13 | 46.587 |
| 16 | 10.0 | 8.0 | 110 | 65 | 100 | М56 | 60 | 13 | 50.046 |
| 17 | 12.5 | 10.0 | 120 | 75 | 115 | М64 | 70 | 14 | 57.505 |
| 18 | 16.0 | 12.5 | 130 | 80 | 130 | Трап 70Х10 | 80 | 16 | 59.0 |
| 19 | 20.0 | 16.0 | 150 | 90 | 150 | Трап80Х10 | 90 | 18 | 69.0 |
| 20 | 25.0 | 20.0 | 170 | 102 | 164 | Трап 89Х12 | 100 | 20 | 77.0 |
| 21 | 32.0 | 25.0 | 190 | 115 | 184 | Трап 100Х12 | 110 | 23 | 87.0 |

## Таблица П.3

# Толщина серьги

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Грузоподъемность , т | 5.0 | 6.3 | 8.0 | 10.0 | 12.5 | 16.0 | 20 | 25 |
| Толщина серьги , мм | 10 | 12 | 14 | 16 | 16 | 18 | 20 | 24 |

## Таблица П.4

# Механические свойства материалов, МПа

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Материал | Предел прочности  | Предел текучести  | Предел выносливости  |
| СЧ 15-32 | 150 | - | - |
| СЧ 18-36 | 180 | - | - |
| ГОСТ 1050-74 |  |  |  |
| 20 | 420…500 | 250 | 170…220 |
| 45 | 610…750 | 360 | 250…340 |
| ГОСТ 4543-61 |  |  |  |
| 40 | 730…1050 | 650…900 | 320…480 |
| ГОСТ 380-60 |  |  |  |
| Ст 3 | 380…470 | 210…240 | - |
| Ст 5 | 500…620 | 260…280 | - |

## Таблица П.5

**Запас прочности .**



|  |  |
| --- | --- |
| Тип крана | Режим работы |
| Легкий | Средний | Тяжелый |
| Крюковой | 1.4 | 1.6 | 1.7 |
| Магнитный | 1.3 | 1.5 | 1.6 |

## Таблица П.6

**Муфты зубчатые с тормозным шкивом**

|  |  |
| --- | --- |
| Параметры | Диаметр тормозного шкива, мм |
| 200 | 300 | 400 | 500 |
| Предельный момент [Т], Нм | 700 | 3150 | 5600 | 8000 |
| Момент инерции , кг м2 | 0.0763 | 0.471 | 1.375 | 3.56 |
| Диаметр отверстия, ммшкива полумуфты  | 50…69.540…55 | 50…69.540…55 | 60…89.555 | 9065 |

## Таблица П.7

**Муфта зубчатая типа МЗП ГОСТ 5006-55**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер муфты | Диаметр отверстия полумуфты, не более, мм | Предельный момент [Т], Н . м | Момент инерции кг . м2 |
| Зубчатой  |  |
| 1 | 40 | 60 | 700 | 0.061 |
| 2 | 50 | 70 | 1400 | 0.1195 |
| 3 | 60 | 90 | 3150 | 0.2215 |
| 4 | 75 | 100 | 5600 | 0.458 |
| 5 | 90 | 120 | 8000 | 0.891 |

## Таблица П.8

**Масса и подъемная сила электромагнитов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип электромагнита | Масса , т | Подъемная сила , кН |
| М22 | 0.55 | 60.0 |
| М42 | 1.56 | 160.0 |
| М62 | 5.20 | 300.0 |
|  М62 Б | 3.50 | 200.0 |
|  ПМ 15 | 1.55 | 100.0 |

## Таблица П.9

**Диаметр и предельная консольная нагрузка выходного вала редуктора типа Ц2**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Суммарное межосевое расстояние , мм | Диаметр , мм | Консольная нагрузка ’ (кН) при режиме работы |
| Легкий | средний | тяжелый |
| 250 | 75 | 12 | 18 | 12.5 |
| 300 | 80 | 20 | 22.5 | 14 |
| 350 | 110 | 32 | 25 | 18 |
| 400 | 110 | 32 | 25 | 20 |
| 500 | 150 | 50 | 40 | 25 |
| 650 | 160 | 63 | 71 | 45 |
| 750 | 200 | 100 | 125 | 63 |

## Таблица П.10

**Подшипники радиальные сферические двухрядные опор ходовых колес**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Диаметр колеса  | 160 | 200 | 250 | 320 | 400 | 500 | 560 | 630 |
| Подшипник | 1607 | 1609 | 3610 | 3612 | 3616 | 3620 | 3622 | 3624 |
| Диаметр реборд колеса , мм | 190 | 230 | 290 | 360 | 450 | 550 | 600 | 680 |

## Таблица П.11

# Редуктор типа ВКН

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Типоразмер редуктора | Диаметр быстроходного вала | Передаточное число | Максимальная мощность (кВт) на быстроходном валу при разных режимах работы |
|  мин-1 | мин-1 |
| л | с | т | л | с | Т |
| ВКН-280 | 25 | 10 | 4.3 | 2.0 | 1.8 | 6.0 | 2.0 | 1.9 |
| 16 | 3.0 | 1.4 | 1.2 | 4.0 | 1.7 | 1.5 |
| 31.5 | 1.4 | 1.0 | 0.9 | 1.9 | 1.0 | 0.9 |
| 50 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 1.0 | 0.8 | 0.7 |
| ВКН-320 | 25 | 12.5 | 6.5 | 3.1 | 2.7 | 8.1 | 3.4 | 3.0 |
| 20 | 3.6 | 2.4 | 1.8 | 5.6 | 2.8 | 2.2 |
| 40 | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 2.8 | 1.8 | 1.2 |
| 63 | 1.2 | 0.9 | 0.7 | 1.7 | 1.1 | 0.7 |
| ВКН-420 | 25 | 16 | 7.8 | 5.0 | 4.8 | 9.1 | 6.0 | 6.5 |
| 25 | 5.0 | 3.5 | 3.0 | 6.1 | 4.9 | 4.4 |
| 50 | 2.8 | 2.1 | 1.6 | 3.5 | 2.8 | 2.2 |
| 80 | 2.3 | 1.8 | 1.3 | 3.1 | 2.2 | 1.7 |
| 125 | 1.6 | 1.2 | 1.0 | 1.7 | 1.4 | 1.2 |
| ВКН-480 | 30 | 20 | 11.7 | 7.3 | 4.8 | 14.4 | 9.0 | 6.3 |
| 31.5 | 8.3 | 5.0 | 4.0 | 10.3 | 6.6 | 4.8 |
| 63 | 4.7 | 3.4 | 2.5 | 5.9 | 4.1 | 3.0 |
| 100 | 3.3 | 3.3 | 2.2 | 4.1 | 3.0 | 2.7 |
| ВНК-560 | 35 | 20 | 19.9 | 13.3 | 9.7 | 23.1 | 16.6 | 12.1 |
| 25 | 15.5 | 10.6 | 8.2 | 21.9 | 14.1 | 10.3 |
| 40 | 10.7 | 7.8 | 6.5 | 13.9 | 10.0 | 7.9 |
| 50 | 8.8 | 6.5 | 5.5 | 12.1 | 8.6 | 6.7 |
| 50 | 5.9 | 4.4 | 3.9 | 7.8 | 5.5 | 4.8 |

1

2

3

4

5

а

б

в

д

г

Рис. П.1 Схемы механизма подъема и полиспастов с крюковыми подвесками типов 1(б), 2(в), 3(г), 4(д).

b1

Б

Б

Рисунок П.2 Эскизная компоновка подвески (а), расчетные схемы (б, в, г) и схемы подвесок типа 1 (А), 2 (Б), 3 (В), 4 (Г): 1-ось блоков, 2-блок, 3-серьга, 4-траверса.

Рис. П3. Узел барабана сварной конструкции:

1 – зубчатая полумуфта; 2 – выходной вал редуктора; 3 – полуось барабана.

а – расширенная схема и эпюры моментов барабана; б – расчетные схемы и эпюры моментов полуосей.

М

FA

*LO*

*L1*

*L2*

Т

М

А

FA

С

Д

FК

FК

*L9*

*a1*

В

*a*

*l0*

*3*

*Q*

*d*

*d1*

*с*

*l3*

*b2*

*2*

*1*

*l*

*l4*

*l1+ l2*

*l′3*

*l1+ l2*

*l4*

*L*

*d0*

*a1*  а1

*a*

*l0*

В

А

А

B

FВ

a

б

FB

*δ*

М

FA

FB

RE

E A

Т

М

FA

FB

А

С

D

B

*L3*

*L1*

*L2*

*L4*

*L5*

В

*l0*

*d0*

*l4*

*l1 + l2*

*l1 + l2*

*l4*

*l′3*

*l3*

*l9*

*1*

*2*

FК

FК

*y*

Рис.П.4 Узел барабана литой конструкции: 1 – выходной вал редуктора, 2 – зубчатый венец, 3 – ось барабана, а – расчетная схема и эпюры моментов барабана, б – расчетная схема и эпюр изгибающего момента оси.

С

1.0

0.2

0.05

0

0.4

0.7

1.0

1.0

0.5

0.1

0

0.1

0.6

1.0

к

к

к

1.0

0.75

0.2

0

0.2

0.7

1.0

Рисунок П.5 Типовые графики загрузки механизма подъема груза: а, б, в – соответственно для легкого, среднего и тяжелого режимов работы









Т

Тп1

Топ1

Тп2

Топ2

Тп3

Топ3

t0

ty

ty

t1

t2

t0

Рисунок П.6 График загрузки электродвигателя механизма подъема в течении цикла

Рисунок П.7 Механизмы передвижения тележки с центральным расположением редуктора типа ВК (а) и ВКН (б): 1-электродвигателб, 2-муфта с тормозным шкивом, 3-вертикальный редуктор, 4-муфта, 5-ходовое колесо, 6-рельс, 7-тормозной шкив.

1. В схеме на рис. 1 показать свой вариант полиспаста. Схема механизма подъема и варианты полиспастов приведены на рис. П.1. [↑](#footnote-ref-1)
2. Эта формула справедлива при . При других значениях количество слагаемых в числителе равно кратности полиспаста.

 [↑](#footnote-ref-2)
3. Указать, при каком режиме работы. Выбрать канат по условию желательно при маркировочных группах 1568 и 1764 МПа.

 [↑](#footnote-ref-3)
4. Выбрать из ряда 260, 335, 400 и 510 мм, по условию

 [↑](#footnote-ref-4)
5. Для стали по стали МПа

 [↑](#footnote-ref-5)
6. Для метрической резьбы из конструктивных соображений

 [↑](#footnote-ref-6)
7. Для механизма подъема , передвижения

 [↑](#footnote-ref-7)
8. Выбрать по условиям (крюка),

 [↑](#footnote-ref-8)
9. На рис. 2 показать свой вариант подвески (рис.П.2), расчетные схемы элементов и эпюры механизмов [↑](#footnote-ref-9)
10. Рассчитать для заданной подвески. Размеры принять по ГОСТ 6636-69 [3] [↑](#footnote-ref-10)
11. Здесь - диаметр шейки крюка

 [↑](#footnote-ref-11)
12. Длина зависит от типа крюковой подвески (рис.2): с одной стороны , с другой для третьего и четвертого типа подвесок здесь надо разместить блоки; принимать зазор между блоками , между блоками и серьгой мм.

 [↑](#footnote-ref-12)
13. Указать для какого крана принимаем «»

 [↑](#footnote-ref-13)
14. При отсутствии заедания = 60…65 МПа

 [↑](#footnote-ref-14)
15. Принять большее значение [3]. Для подвески II типа – кратное «5». [↑](#footnote-ref-15)
16. Можно применять тот же материал, что для траверсы. Если принята другая сталь, привести расчет

 [↑](#footnote-ref-16)
17. Рассчитать для заданного типа подвески. Привести расчетную схему. [↑](#footnote-ref-17)
18. Расчет выполнить для наибольшего момента; результат округлить до кратного пяти. [↑](#footnote-ref-18)
19. Согласовать размерность скорости и диаметров [↑](#footnote-ref-19)
20. Если мин-1, расчет выполнить при 10 мин-1.

 [↑](#footnote-ref-20)
21. Указать при каком режиме работы и сроке службы в часах [↑](#footnote-ref-21)
22. Выбрать при условиях . Или d=dц для подвески II типа.

 [↑](#footnote-ref-22)
23. См. расчет траверсы [↑](#footnote-ref-23)
24. Здесь - больше из и

 [↑](#footnote-ref-24)
25. Указать, что находится в контакте с серьгой [↑](#footnote-ref-25)
26. Указать при каких подшипниках. [↑](#footnote-ref-26)
27. Выбрать двигатель MTF [1, табл.ІІІ, 3.5] или МТН [2, табл.2]. По условию (ближайшее меньшее). Для легкого режима принять ПВ = 15, среднего 25, тяжелого 40%

 [↑](#footnote-ref-27)
28. Диаметр барабана - см. п.2.5. Согласовать размерности скорости и диаметров.

 [↑](#footnote-ref-28)
29. Выбрать редуктор Ц2 [1, табл.ІІІ. 4.2], [2, табл.4] или типа РМ. По условиям , , - ближайшее большее к

 [↑](#footnote-ref-29)
30. Если условие не выполняется, принять более мощный редуктор. Здесь указать «удовлетворяет» или «не удовлетворяет».

 [↑](#footnote-ref-30)
31. Допускается .

 [↑](#footnote-ref-31)
32. Выбрать тормоз ТКГ [1, табл. ІІІ.5.13] или ТКТ [1, табл. ІІІ.5.11]. По условию .

 [↑](#footnote-ref-32)
33. Выбрать по условию, диаметр согласовать с диаметром муфты с тормозным шкивом, с валом редуктора.

 [↑](#footnote-ref-33)
34. Выбрать по условию , диаметр согласовать с диаметром вала двигателя.

 [↑](#footnote-ref-34)
35. Выбирать по условию .

 [↑](#footnote-ref-35)
36. Значения относительной массы приведены на оси ординат (рис. П. 5). [↑](#footnote-ref-36)
37. На рис. 1.2 выбрать кривую, соответствующую .

 [↑](#footnote-ref-37)
38. Рассчитать аналогично для масс и , *ТП*, *ТОП*, *J*.

 [↑](#footnote-ref-38)
39. Принимать

 [↑](#footnote-ref-39)
40. Рассчитать аналогично при и , *tП*, *tОП*.

 [↑](#footnote-ref-40)
41. Если , двигатель удовлетворяет условию нагрева

 [↑](#footnote-ref-41)
42. Сравнить с рекомендуемым [1, табл.1.25]. Для магнитных кранов . Здесь t – меньшее из времени пуска (*tП*).

 [↑](#footnote-ref-42)
43. Значение и - см. п.4.3.

 [↑](#footnote-ref-43)
44. Значение , см. п.2

.3 Определяется по осям крайних блоков крюковой подвески [↑](#footnote-ref-44)
45. [↑](#footnote-ref-45)
46. Выбрать длину L из ряда 1200, 1300, 1420, 1800 и 2300 мм по условию L≥L’ [↑](#footnote-ref-46)
47. Здесь F – см. п.2. [↑](#footnote-ref-47)
48. Принять большее из двух значений [↑](#footnote-ref-48)
49. См. рис. П.3. Выполнить в масштабе на миллиметровке. [↑](#footnote-ref-49)
50. Выбрать шарикоподшипник [2, табл. 9] или роликоподшипник [2, табл. 10]. [↑](#footnote-ref-50)
51. Размеры *l*3, *l*9, *b*2 – см. выбор редуктора, толщина буртика *a*1=5…15 мм. [↑](#footnote-ref-51)
52. 1 См. п. 2 [↑](#footnote-ref-52)
53. Определяется по наибольшему

 [↑](#footnote-ref-53)
54. Эквивалентная и приведенная нагрузка определяются по методике п. 3.4. Здесь , для роликоподшипника.

 [↑](#footnote-ref-54)
55. Согласовать размерности скорости и диаметров. [↑](#footnote-ref-55)
56. Здесь - см. п.2.

 [↑](#footnote-ref-56)
57. Число планок не менее двух .

 [↑](#footnote-ref-57)
58. Принять - см. рис. 2.5. [1]. Если , увеличить число планок .

 [↑](#footnote-ref-58)
59. В этом случае толщина д.б. не менее 12 мм [↑](#footnote-ref-59)
60. Принять большее из двух значений [↑](#footnote-ref-60)
61. Компоновку выполнить в масштабе. Эскиз барабана – см. рис. П.4 [↑](#footnote-ref-61)
62. Указать тип редуктора (см. п.4.2) [↑](#footnote-ref-62)
63. Выбрать шарико- или роликоподшипник [2, табл. 9 или 10]. [↑](#footnote-ref-63)
64. Размеры и - см. выбор редуктора, зазор мм, С – см. [2, табл. 12].

 [↑](#footnote-ref-64)
65. Определяется по большему .

 [↑](#footnote-ref-65)
66. Здесь М – большее значение из и .

 [↑](#footnote-ref-66)
67. Здесь рассматривается механизм с редуктором ВК (см. рис. П.7, а). Можно применить механизм с редуктором ВКН (навесного типа) – см. рис. П.7, б. [↑](#footnote-ref-67)
68. Выбрать при скорости .

 [↑](#footnote-ref-68)
69. Указать вид подшипника. [↑](#footnote-ref-69)
70. Указать, с плоской или выпуклой головкой [↑](#footnote-ref-70)
71. Выбрать по условию

 [↑](#footnote-ref-71)
72. Выбрать в зависимости от применяемой схемы механизме редуктора ВК [ 5, прил.LXIV] или ВКН (табл.П.11 или [5, прил.LXII] по условиям , - ближайшее к передаточному отношению , диаметр выходного вала [2, табл.27 или 28], [5, прил. LXI или LXIII].

 [↑](#footnote-ref-72)
73. Выбрать по условию , диаметры согласовать с диаметрами двигателя и редуктора [1, табл. III.5.6]. (табл. П.6, П.7).

 [↑](#footnote-ref-73)
74. Это случай крана с грузовым электромагнитном; для крана без магнита .

 [↑](#footnote-ref-74)
75. Можно выбрать тормоз ТКТ [1, табл. ІІІ.5.11] или ТКГ [1, табл. ІІІ.5.13] по условию .

 [↑](#footnote-ref-75)
76. Сравнить с рекомендуемым [1, табл. 1.19]. Если результат существенно отличается, принять более мощный двигатель и повторить расчет по п.4. Затем проверить пригодность ранее принятого редуктора и тормоза. [↑](#footnote-ref-76)
77. Сравнить с .

 [↑](#footnote-ref-77)
78. Сравнить с ранее принятым .

 [↑](#footnote-ref-78)
79. По методике номинального режима работы [5. с.112]. Можно выполнить по методике, рассмотренной в разделе «Механизм подъема». [↑](#footnote-ref-79)
80. Выбрать по [1, рис. 1.4 или 1.5]. [↑](#footnote-ref-80)
81. Принимаем м.

 [↑](#footnote-ref-81)
82. Сравнить и принятого двигателя. Если , двигатель удовлетворяет условием нагрева.

 [↑](#footnote-ref-82)
83. По [1, рис. 1.16] указать по какой кривой определяется .

 [↑](#footnote-ref-83)
84. См.п.2 [↑](#footnote-ref-84)
85. Выполнить проверку аналогично п.5.1.5 «Механизм подъема» [↑](#footnote-ref-85)