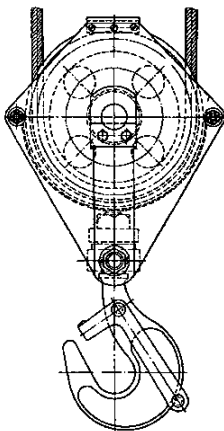


ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ

Инженерный институт

## ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

Методические указания  
по выполнению расчетно-графической работы



Новосибирск 2020

УДК 621.8 (075)

ББК 39.9

П 451

Составитель: ***В.М. Гладченко***

**Подъемно-транспортные машины: метод. указания по выполнению расчетно-графической работы / Новосибир. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: В.М. Гладченко. – Новосибирск, 2020. – 54 с. изд. перераб. и доп.**

В методических указаниях изложены рекомендации и представлены нормативные материалы, необходимые для выполнения расчетно-графической работы, приведены примеры расчета, выдержки из каталогов и стандартов на основные узлы и детали.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения Инженерного института Новосибирского ГАУ, обучающихся по направлению подготовки Агроинженерия, профили: Технические системы в агробизнесе, Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Технический сервис в агропромышленном комплексе.

Методическая разработка может быть рекомендована для самостоятельной работы студентам, обучающимся по направлениям подготовки Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, Техносферная безопасность, Профессиональное обучение (по отраслям), Технология транспортных процессов, при подготовке и выполнении курсовых работ и проектов по дисциплинам соответствующего учебного плана, а также конструкторской части выпускной квалификационной работы

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом Инженерного института (протокол от 29 сентября 2020 г. № 2)

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Многообразие сельскохозяйственных грузов, различающихся по характеру и назначению, обуславливает применение разнообразных подъемно-транспортных механизмов: лебедок, кран-балок, поворотных консольных, козловых кранов, транспортеров, погрузчиков и т.д. Изучение курса подъемно-транспортные машины завершается выполнением расчетно-графической работы, когда студенты впервые самостоятельно разрабатывают конструкцию подъемно-транспортной машины. При проектировании выбираются схемы и основные параметры механизмов, разрабатываются конструкции нестандартных узлов с учетом условий работы и предъявляемых требований, решаются вопросы, связанные с применением стандартных изделий.

В предлагаемых методических указаниях изложены рекомендации и представлены нормативные материалы, необходимые для выполнения расчетно-графической работы, даны примеры расчета, выдержки из каталогов и стандартов на основные узлы и детали.

## **1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Основные технические требования содержатся в задании. Однако этих данных недостаточно, и студенты должны по литературным источникам, по техническим характеристикам аналогичных устройств (прототипов) принять все необходимые параметры для выполнения расчетно-графической работы.

В плане расчетно-графической работы рассматриваются вопросы, которые подлежат разработке. Указывается механизм, подлежащий подробному расчету, и механизмы, расчет которых будет выполнен частично.

Конструирование подъемно-транспортных машин заключается в соединении узлов (сборочных единиц) и деталей, большей частью уже известной конструкции и формы, в одно целое – машину, предназначенную для выполнения определенных погрузочно-разгрузочных и транспортных работ в структуре агропромышленного комплекса. Поэтому при проектировании является обязательным использование стандартизированных и нормализованных изделий.

Расчетно-графическая работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

## **2. РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

1. Текст задания (с указанием номера и его варианта, а также наименование проектируемого устройства и основных данных).
2. Описание проектируемого устройства. В этом разделе кратко излагается назначение разрабатываемой машины, общее устройство ее (конструкция) и обязательно прикладывается общая схема (общая схема выполняется в относительном масштабе, без каких-либо размеров, но с указанием основных позиций).
3. Расчет узлов (сборочных единиц) и деталей.
4. Порядок эксплуатации проектируемой машины с кратким изложением основных правил техники безопасности.
5. Библиографический список должен содержать только те источники, которыми пользовался проектант.
6. Содержание.

## **3. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

Графическая часть расчетно-графической работы состоит из двух листов: формата А2 – под общий вид проектируемого устройства и формата А2 – под сборочную единицу (узел), входящую в проектируемую машину.

Чертежи оформляются в соответствии с единой системой конструкторской документации (ЕСКД). Результаты работы могут быть выведены на печать каждый лист на формате А3.

Чертежи общих видов выполняются в масштабах 1:2, 1:2,5, 1:4, 1:5, 1:10, 1:15, 1:20.

Чертеж общего вида должен содержать изображения изделия (виды, разрезы, сечения), текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства, взаимодействия его составных частей и принципа работы. Чертеж общего вида должен быть выполнен так, чтобы по нему можно было разработать сборочные чертежи и чертежи деталей на стадии рабочего проектирования. Количество проекций и разрезов должно быть минимальным, но они должны дать полное представление о данной конструкции.

На всех чертежах проставляются основные размеры, определяющие конструкцию: габаритные, присоединительные, установочные и монтажные.

На узловых чертежах (сборочных единицах) должны быть указаны размеры:

- для сборки самих узлов;
- для соединения их с другими узлами (детальями);
- габаритные.

На чертежах общих видов должны быть размеры:

- установочные (размеры между осевыми линиями отдельных узлов);
- монтажные (для крепления самих узлов);
- присоединительные (размеры диаметров выходных валов и др.);
- габаритные.

### **Основные надписи на чертежах**

Каждый лист должен иметь в правом нижнем углу основную надпись для чертежа (штамп) по форме I, ГОСТ 2.104.-68. В графах основной надписи указывают:

– наименование изделия и, кроме того, для общего вида и сборочных единиц тем же шрифтом, что и наименование изделия, пишут: "Чертеж общего вида", "Сборочный чертеж";

– обозначение документа, например, ПТМ 198.00.00.ПЗ, где ПТМ означает подъемно-транспортные машины; 198 - первые две цифры (19) означают номер задания, соответствующего порядковому номеру фамилии студента в алфавитном списке группы (первые девять номеров задания пишутся 01, 02... 09), а третья цифра (8) означает номер варианта, соответствующего последней цифре номера группы (338 группа); вторая группа цифр предназначена для обозначения сборочных единиц (узлов), входящих в машину: 01 – рама ходовая; 02 – рама поворотная; 03 – оборудование крановое и т.д.; их полное обозначение соответственно будет: ПТМ.198.01.00.СБ; ПТМ.198.02.00.СБ и ПТМ.198.03.00.СБ; третья группа цифр – порядковый номер детали в сборочной единице, например ПТМ 198.00.04 – ось; четвертая группа цифр – шифр документа (ПЗ – пояснительная записка, СБ – сборочный чертеж, ВО – вид общий).

## Спецификации

Спецификация конструкторских документов должна соответствовать ЕСКД. Ее составляют на отдельных листах формата А4 на каждую сборочную единицу. Каждый лист спецификации должен иметь основную надпись: для первого листа по форме 2, а для второго и последующих – по форме 2а.

Спецификация определяет состав сборочной единицы или комплекта и необходима для изготовления, комплектования конструкторских документов и планирования запуска в производство указанных изделий. Она заполняется сверху вниз и состоит в общем случае из разделов, которые располагаются в таком порядке: документация, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, материалы.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе "Наименование" и подчеркивают.

В раздел "Документация" вносят наименование специфицируемого изделия.

В раздел "Сборочные единицы" и "Детали" вносят сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Для деталей несложной конфигурации, если их изготовление возможно по сборочному чертежу (без выпуска специальных чертежей), в графе "Наименование", кроме наименования, ставят сортамент и материал детали.

В раздел "Стандартные изделия" записываются изделия, выбранные по государственным, республиканским и отраслевым стандартам, а также по стандартам предприятий.

В раздел "Материалы" вносят все материалы, непосредственно входящие в специфицированное изделие. Сюда относятся, например, лесоматериалы, идущие на изготовление настилов, электроды, проволока для стопорящей оплетки гаек, нефтепродукты, кабели, лаки и др. – все те материалы, которые не называют деталью и которые поступают на сборку по массе, объему, площади, длине и т.п.

Наименование изделия должно быть кратким (в одно - два слова). Если наименование состоит из двух слов, то первым ставится имя существительное (например, "Подвеска крюковая", "Колесо ходовое" и т.д.). Если наименование не входит в одну строку, то его продолжение пишут в последующих строках.

Необходимо иметь в виду, что спецификация составляется до обозначения позиций на чертеже специфицированного изделия. Перед составлением спецификации рекомендуется выписать и сгруппировать по разделам входящие в состав специфицированного изделия сборочные единицы, детали, стандартные изделия, материалы, а внутри каждого раздела расположить их в последовательности, предусмотренной ГОСТ 2.108-68. После этого записать в спецификацию документы, изделия и материалы по разде-

лам, присваивая позиционный номер в порядке записи. В конце каждого раздела рекомендуется оставить несколько свободных строк на случай пропущенных изделий и материалов. На этот случай необходимо резервировать и номера позиций.

На чертеже все составные части специфицированного изделия нумеруются в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации.

Пример заполнения основных надписей и спецификаций приведен в *прил. Щ*.

#### **4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА МЕХАНИЗМОВ И УЗЛОВ (СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ) ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ МАШИН**

##### **Краны, подъемники и погрузчики**

##### **1. Механизм подъема груза канатный с электрическим приводом (задания № 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11).**

1.1 Выбрать рациональную схему подвеса груза, начертить ее, определить кратность полиспаста, его КПД и рассчитать наибольшее усилие в приводной ветви каната.

1.2 Рассчитать разрывное усилие каната и выбрать его по ГОСТ (при этом указать номер стандарта и все характеристики каната, а также начертить эскиз его поперечного сечения) (*прил. Т*).

1.3 Выбрать по ГОСТ грузовой крюк (*прил. В*).

1.4 Определить диаметр и основные размеры блоков и барабана (начертить эскиз барабана).

1.5 Проверить барабан на прочность. Начертить эскиз крепления конца каната к барабану и к корпусу устройства, рассчитать детали крепления.

1.6 Определить частоту вращения барабана.

1.7 Определить мощность, необходимую для подъема груза.

1.8 Подобрать электродвигатель и проверить его по пусковому моменту, начертить эскиз и указать габаритные размеры (*прил. Г и У*).

1.9 Определить передаточное число механизма привода, разработать его схему и начертить ее, подобрать редуктор и, если потребуется, – открытую пару (*прил. Ц*).

1.10 Определить место установки тормоза (на каком валу) и вычислить тормозной момент.

1.11 Подобрать по нормальям тормоз и сделать его проверочный расчет по нагреву (*прил. Е*).

##### **2. Механизм подъема груза стреловой (рычажный) с гидравлическим приводом (задания № 4, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 26, 28).**

2.1 Разработать кинематическую схему погрузочного оборудования по исходным данным и параметрам базовой машины.

2.2 Начертить кинематическую схему механизма в 3 положениях (сектор движения стрелы от нижнего до верхнего положения разбивается на три части).

2.3 Определить усилие на штоке гидроцилиндра. Для этого нужно построить силовую схему механизма в положении забора груза (нижнее положение), указать все нагрузки и плечи их относительно оси качания стрелы, составить уравнение равновесия стрелы с учетом потерь. Зная число цилиндров, вычислить усилие на штоке гидроцилиндра.

2.4 Зная усилие на штоке гидроцилиндра, приняв давление жидкости в системе по прототипу, с учетом потерь определить диаметр гидроцилиндра механизма подъема груза.

2.5 Определить ход штока гидроцилиндра механизма подъема по кинематической схеме. Для этого можно использовать аналитический или графический методы.

2.6 По расчетному диаметру подобрать соответствующий гидроцилиндр по ГОСТ 6540-68 (*прил. К*).

2.7 Определить скорость движения штока гидроцилиндра по скорости подъема груза (если она не задана, то принять ее значение по прототипу). Для этого следует построить план скоростей.

2.8 По параметрам механизма подъема (по наибольшим диаметрам гидроцилиндров и скорости движения штока определить необходимую подачу (производительность) насоса с учетом объемного КПД).

2.9 Вычислить мощность, необходимую для привода насоса, с учетом общих потерь (общ. КПД).

2.10 Рассчитать диаметр трубопроводов, принять их по нормальям; начертить эскиз и выписать их параметры.

2.11 Подобрать соответствующее распределительное устройство и масляный бак гидросистемы.

2.12 Уточнить и окончательно разработать гидравлическую схему; начертить ее в соответствии с ГОСТ (*прил. III*), (условная гидравлическая схема должна содержать все элементы гидропривода проектируемой машины).

2.13 Выполнить проверочный расчет на прочность и устойчивость гидроцилиндра, трубопровода.

### **3. Механизм подъема канатный с обратным (скоростным) полиспастом и пневматическим приводом (задание №2).**

3.1 Разработать кинематическую схему заданного механизма подъема.

3.2 Рассчитать разрывное усилие каната и выбрать его по ГОСТ в *прил. Т* (указать номер стандарта и все характеристики каната, а также начертить эскиз его поперечного сечения).

3.3 Выбрать по ГОСТ грузовой крюк (*прил. В*).

3.4 Определить диаметр и основные размеры блоков (начертить эскиз блока).

3.5 Определить усилие на штоке пневмоцилиндра.

3.6 По усилию на штоке гидроцилиндра, приняв давление воздуха в системе по прототипу с учетом особенностей воздуха (сжимаемость) и потерь, определить диаметр пневмоцилиндра.



- 3.7 Определить ход штока пневмоцилиндра.
- 3.8 По расчетному диаметру и ходу штока подобрать соответствующий пневмоцилиндр по ГОСТ 6540-68 (*прил. К*).
- 3.9 Определить скорость движения штока пневмоцилиндра.
- 3.10 Определить расход воздуха.
- 3.11 Вычислить мощность, необходимую для привода механизма подъема.
- 3.12 Рассчитать диаметр воздухопроводов и принять их по нормам.
- 3.13 Подобрать соответствующее распределительное устройство.
- 3.14 Разработать схему пневмопривода крана и начертить ее.
- 3.15 Выполнить проверочный расчет на прочность пневмоцилиндра и воздухопровода.

#### **4. Механизм подъема с ручным приводом.**

В настоящее время механизмы с ручным приводом применяются в подъемно-транспортных машинах как вспомогательные механизмы. Так, в заданиях №13, 22 и 25 механизм подъема с ручным приводом использован для изменения положения транспортирующего органа с целью регулировки высоты разгрузки материала.

Механизм подъема с ручным приводом рассчитывается примерно в следующем порядке:

- 4.1 Разработать конструкцию механизма и начертить его схему.
- 4.2 Определить усилие, необходимое для изменения положения транспортирующего органа (нужно найти составляющую силы тяжести транспортирующего органа с материалом).
- 4.3 Начертить схему принятого полиспаста и определить силу тяги в приводной ветви.
- 4.4 Определить разрывное усилие каната и выбрать по ГОСТ соответствующий канат (*прил Т*).
- 4.5 Определить диаметр блоков и барабана. Найти длину барабана и начертить его эскиз.
- 4.6 Определить крутящий момент на барабане.
- 4.7 Определить крутящий момент на приводной рукоятке, приняв плечо рукоятки по прототипу, а усилие одного рабочего 150...200 Н.
- 4.8 Вычислить передаточное число лебедки и решить вопрос о конструкции ее механизма привода.
- 4.9 Вычислить тормозной момент на валу барабана и решить вопрос о выборе рационального тормозного устройства.

#### **5. Механизм передвижения.**

Передвижение крана, тележки или тали по подкрановым путям или полкам двутавровой балки моста (стрелы) достигается приводом ходовых колес от электрического двигателя через передаточное устройство (задания

№3, 5, 6, 7, 8). Такие механизмы передвижения рассчитываются в следующем порядке:

5.1 Разработать конструктивную схему механизма передвижения и начертить ее.

5.2 По прототипу или справочной литературе определить массу крана, тележки или тали и определить диаметр ходовых колес (*прил. Ф*).

5.3 Определить сопротивление передвижению крана, тележки или тали; проверить величину сил сцепления приводных колес и отсутствие буксования.

5.4 Рассчитать необходимую мощность электродвигателя с учетом потерь (КПД механического привода принять 0,8); подобрать соответствующий электродвигатель (*прил. Д*).

5.5 Определить частоту вращения ходовых колес (катков) при движении крана (тали) с заданной скоростью (если скорость передвижения не задана, то ее принимают по литературе или технической характеристике прототипа).

5.6 Найти передаточное число механизма привода и разработать схему передачи от электродвигателя к ходовым колесам (каткам).

5.7 Определить тормозной момент и выбрать соответствующий тормоз (если скорость передвижения 0,5 м/с и ниже, то тормоз не устанавливается).

#### **6. Механизм поворота с электрическим приводом (задания № 5, 6, 8).**

6.1 Разработать конструктивную схему механизма поворота и начертить ее.

6.2 Определить по прототипу или литературным источникам массу поворотной части крана.

6.3 Определить горизонтальные и вертикальную реакции опор; для этого нужно на схеме поворотной части крана показать все силы, плечи их приложения относительно оси вращения крана и составить уравнение равновесия.

6.4 Рассчитать момент сопротивления повороту с учетом статических и динамических нагрузок (то есть полный момент сопротивления).

6.5 Определить требуемую мощность двигателя по полному моменту сопротивления и частоте вращения крана.

6.6 Выбрать соответствующий электродвигатель (*прил. Г*).

6.7 Найти передаточное число механизма привода вращающейся части крана.

6.8 Разработать схему механизма привода, позволяющую реализовать расчетное передаточное число (подобрать редукторы или открытые пары колес).

6.9 Стреловые поворотные краны, особенно передвижные, должны иметь в передаточном устройстве механизма поворота предохранительную муфту. Расчет такой муфты состоит в том, что определяется место ее установки и рассчитывается ее момент (момент муфты должен быть на 15...25% больше пускового, приведенного к валу, на котором она установлена).

## **7. Механизм поворота с гидравлическим приводом.**

Механизмы поворота с гидравлическим приводом конструктивно могут быть выполнены различно: поворотная часть крана вращается посредством колеса и рейки, которая приводится в движение двумя гидроцилиндрами (задания №18 и 19); поворотная часть крана вращается посредством звездочки и цепью, концы которой крепятся к штокам гидроцилиндров (задание №20), и поворотная часть крана вращается посредством винта и гайки, причем винт – это шток поршня гидроцилиндра, а гайка, сопряженная с винтом, соединена с поворотной частью крана (задание №4).

Методика расчета механизма поворота крана с гидравлическим приводом всех типов аналогична расчету механизма поворота с электрическим приводом только по пунктам 6.1, 6.2, 6.3, 6.4.

7.1 Зная полный момент сопротивления повороту и средний диаметр колеса (звездочки), определить усилие на штоке гидроцилиндра (с учетом механических потерь). Начертить расчетную схему.

7.2 По давлению жидкости в гидросистеме и усилию на штоке гидроцилиндра рассчитать его диаметр.

7.3 Рассчитать ход штока гидроцилиндра (по параметрам колеса или звездочки и заданному углу поворота крана) и выбрать соответствующий гидроцилиндр по ГОСТ 6540-68 (*прил. К*).

## **8. Механизм поворота с ручным приводом.**

Поворот крана вручную может быть выполнен специальным механизмом, который приводится в движение усилием рабочего, а у легких кранов поворот осуществляется без какого-либо механизма – рабочий прикладывает усилие через тягу или специальный захват к оголовку стрелы и поворачивает ее. В заданиях на расчетно-графическую работу №1, 9, 17 вращение стрелы крана осуществляется именно так, т.е. рабочий прикладывает усилие к оголовку стрелы и поворачивает ее.

Расчет такого механизма сводится к определению усилия, которое должен приложить рабочий для поворота крана. Такой расчет выполняется следующим образом:

8.1 Начертить схему поворотной части крана.

8.2 Приложить все силы, действующие на кран.

8.3 Составить уравнение равновесия относительно точки опоры и определить горизонтальные и вертикальные реакции.

8.4 Рассчитать статический и динамический момент сопротивления крана повороту.

8.5 По полному моменту сопротивления и длине стрелы (от оси вращения до точки приложения усилия рабочим) определить усилие, которое должен приложить рабочий для поворота крана.

8.6 Сделать заключение о возможности поворота крана усилием одного рабочего.

## **9. Механизм опрокидывания ковша.**

Одноковшовые погрузчики (задания №14, 15, 16, 20, 21, 28) имеют механизм, который при поднятой стреле опрокидывает ковш, и материал высыпается в кузов того или другого транспортного средства.

Расчет такого механизма аналогичен стреловому механизму подъема груза с гидравлическим приводом и выполняется следующим образом:

9.1 Начертить схему механизма опрокидывания ковша в наиболее нагруженном состоянии (нижнее положение внедренного в погружаемый материал ковша).

9.2 Приложить на расчетной схеме все действующие нагрузки, конструктивно определить плечо каждой силы относительно оси вращения ковша.

9.3 Составить уравнение равновесия ковша с учетом потерь и отрывного усилия ковша из штабеля материала, определить усилие на выходном звене гидродвигателя (штоке гидроцилиндра).

9.4 Зная усилие на штоке гидроцилиндра и давление жидкости в гидросистеме, определить диаметр гидроцилиндра (с учетом механических потерь в цилиндре).

9.5 По диаметру гидроцилиндра подобрать соответствующий гидроцилиндр по ГОСТ 6540-68 (*прил. К*).

## **10. Механизм изменения вылета стрелы.**

Стреловые краны с электрическим или гидравлическим приводом в большинстве своем имеют механизм изменения вылета стрелы, то есть расстояния от оси вращения (поворота) крана до точки приложения нагрузки. Конструктивно механизм изменения вылета стрелы выполняется по двум схемам: вылет изменяется за счет поворота стрелы в вертикальной плоскости; если стрела фиксированно закреплена в горизонтальном положении, то в этом случае изменение вылета достигается за счет перемещения грузоподъемного устройства (грузовой тележки или тали) по стреле.

Следовательно, механизм изменения вылета стрелы в первом случае по конструкции и методике расчета аналогичен механизму подъема груза. Во втором случае – механизму передвижения.

## **11. Металлоконструкции (остовы) кранов**

Остовы кранов, подъемников и погрузчиков в большинстве случаев представляют собой сложную конструкцию, изготавливаемую из прокатных стальных балок и стержней различного профиля. Расчет таких конструкций весьма сложен и трудоемок (выполняется методами строительной механики). Поэтому в расчетно-графической работе по подъемно-транспортным машинам применяется упрощенный расчет металлоконструкции путем расчленения пространственной металлоконструкции на отдельные плоские системы (главная балка, концевые балки, стрелы и т.п.).

11.1 Расчет металлоконструкции мостовых кранов сводится к выбору сечения главной балки в следующем порядке:

11.1.1 Начертить расчетную схему моста и приложить статические нагрузки (масса груза, тележки или тали и собственная масса балки по данным прототипа).

11.1.2. Определить наибольший изгибающий момент, действующий на балку, с учетом коэффициента перегрузки.

11.1.3 Зная расчетный изгибающий момент и допускаемое напряжение (*прил. И*), определить момент сопротивления сечения балки и по ГОСТ 8239-89 (балки двутавровые), 8240-89 (швеллеры стальные горячекатаные), выбрать соответствующий профиль балки (*прил. X*).

11.1.4 Проверить принятое сечение балки на жесткость по величине стрелы прогиба.

11.2 Расчет металлоконструкций (остова) стреловых поворотных кранов и погрузчиков выполняется так:

11.2.1 Начертить расчетную схему остова и приложить все известные и неизвестные нагрузки.

11.2.2 Стержни остова (растяжки, укосины и т.д.) работают на растяжение и сжатие. Усилия в этих элементах определяются аналитически или графически. Для аналитического определения усилия в стержнях составляется уравнение моментов относительно точки заделки основного элемента конструкции (стрелы к колонне и т.д.). Графическое определение усилия в стержнях остова сводится к построению силового многоугольника.

11.2.3 Зная усилие в стержнях остова, принимается допускаемое напряжение (*прил. И*) и определяется сечение стержня, по которому и подбирается соответствующий профиль.

11.2.4 Расчет стрелы производится по максимальному изгибающему моменту; дальнейшие расчеты аналогичны с балками мостовых кранов.

11.2.5 Расчет колонны поворотного крана производится на изгиб по наибольшему изгибающему моменту.

## **12. Устойчивость передвижных кранов и погрузчиков.**

Передвижные поворотные краны и погрузчики (задания № 4, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 28) должны обладать достаточной устойчивостью, обеспечивающей безопасную работу, то есть невозможность опрокидывания. Проверка устойчивости передвижных поворотных кранов и погрузчиков сводится к определению коэффициента запаса устойчивости по правилам Госгортехнадзора.

Необходимо проверить передвижной кран или погрузчик по продольной, а главное – по поперечной устойчивости. Коэффициент устойчивости, определенный с учетом только основных нагрузок, должен быть не менее 1,4.

## Транспортирующие машины

Транспортирующие машины, то есть устройства непрерывного транспорта, широко применяются в сельскохозяйственном производстве как самостоятельные машины (транспортёры, элеваторы, погрузчики непрерывного действия и др.), а также в виде узлов сложных сельскохозяйственных машин (комбайны, зерноочистительные, кормоприготовительные и другие машины). Рассмотрим кратко методику расчета транспортирующих машин.

### 1. Ленточные транспортёры

Расчет ленточного транспортёра (задание №22) выполняется примерно в следующем порядке:

1.1 Начертить расчетную схему транспортёра и выписать исходные данные, указанные в задании, а также физико-механические свойства транспортируемого материала (*прил. Н*).

1.2 Выбрать скорость движения ленты в зависимости от вида транспортируемого материала [8. с.111].

1.3 Начертить поперечное сечение транспортирующего органа (желобчатое расположение ленты и соответствующих опор) и определить ширину ленты и округлить ее до ближайшего размера стандартных лент. Ленту выбрать по ГОСТ 20-86\* (*прил. О*). Принять число прокладок ленты  $Z = 3$ .

1.4 Определить линейную массу (погонную нагрузку) транспортируемого материала, ленты, роlikоопор грузеной и холостой ветви.

1.5 Начертить контур транспортирующего органа, разбить его на прямолинейные и криволинейные участки и определить силу сопротивления передвижению рабочей и холостой ветви ленты. При определении сил сопротивления начертить схемы с векторами сил сопротивления, силы тяжести и их составляющих.

1.6 Методом обхода по контуру выполнить тяговой расчет, то есть определить натяжение во всех граничных точках транспортирующего органа (использовать зависимость Эйлера. В случае отрицательного натяжения в какой-то точке контура оно определяется по допускаемому значению стрелы провеса ленты).

1.7 Построить эпюру или график натяжений ленты.

1.8 По данным тягового расчета вычислить мощность на приводном валу (вал ведущего барабана) и подобрать соответствующий электродвигатель (*прил. Д*).

1.9 Начертить эскиз натяжного устройства ленты транспортёра и рассчитать его.

1.10 Определить частоту вращения ведущего барабана и найти передаточное число механизма привода.

1.11 Разработать схему механизма привода, позволяющего реализовать передаточное число механизма привода, и начертить его конструктивную схему.

1.12 Рассчитать механизм изменения высоты разгрузки материала транспортером (по методике расчета механизма подъема груза с ручным приводом).

## **2. Скребковые транспортеры**

Расчет скребкового транспортера (задание № 24) выполняется примерно в следующем порядке:

2.1 Начертить расчетную схему транспортера и выписать исходные данные из задания.

2.2 Принять физико-механические свойства транспортируемого материала (*прил. Н*) и необходимые коэффициенты.

2.3 Определить размеры скребка и выбрать его по ГОСТ, принять шаг расстановки скребков (*прил. Ж*).

2.4 Определить линейную плотность материала (погонную нагрузку) и линейную плотность тягового органа.

2.5 Рассчитать силу сопротивления движению рабочей и холостой ветви тягового органа.

2.6 Найти наибольшее статическое натяжение цепи методом обхода по контуру. Построить эпюру натяжений.

2.7 Рассчитать динамическую нагрузку, действующую на цепь (необходимые данные для расчета принять по прототипу и литературным источникам).

2.8 Подобрать цепь с учетом статической и динамической нагрузки (*прил. З*), начертить эскиз тягового органа с креплением двух-трех скребков, написать характеристику цепи.

2.9 Проверить цепь на прочность по фактическому коэффициенту запаса.

2.10 Определить размеры приводной и натяжной звездочек, частоту вращения, начертить эскизы.

2.11 Определить мощность двигателя; выбрать двигатель по каталогу (*прил. Д*), выписать его характеристику.

2.12 Определить передаточное число механизма привода и разработать его схему, позволяющую наиболее рационально реализовать передаточное число.

2.13 Разработать конструктивную схему натяжного устройства тягового органа и рассчитать его.

2.14 Выбрать место расположения предохранительного устройства в механизме привода (предохранительная муфта, срезной штифт и др.), начертить эскиз и выполнить расчет.

2.15 Рассчитать механизм изменения высоты разгрузки материала транспортером (п. 4 с. 8).

### 3. Ковшовые элеваторы

Ковшовые элеваторы (задания № 12, 23) или нории рассчитываются примерно в следующем порядке:

3.1 Начертить схему элеватора (нории) и из задания выписать исходные данные.

3.2 По литературным источникам (справочники и другие пособия) принять физико-механические свойства заданного материала, а также все необходимые коэффициенты и скорость движения транспортирующего органа.

3.3 Определить линейную емкость ковшей (т.е. емкость ковшей на 1 м тягового элемента) и по ГОСТ 10190-70 подобрать соответствующий ковш; начертить эскиз принятого ковша и указать его параметры.

3.4 Принять, предварительно, число прокладок  $Z=3$ .

3.5 Определить линейную плотность (погонную нагрузку) материала, ленты и ковша.

3.6 Начертить расчетную схему контура транспортирующего органа элеватора и выполнить тяговый расчет методом обхода по точкам (точка минимального натяжения - это точка набегания ленты на ведомый барабан). Начертить эпюру натяжений.

3.7 По найденному значению наибольшего натяжения ленты уточнить число ее прокладок; если полученное число прокладок не совпадает с принятым, то следует тяговый расчет выполнить заново.

3.8 Определить диаметр приводного барабана, частоту его вращения.

3.9 Определить величину полюсного расстояния; начертить схему верхней головки с указанием полюса; определить характер разгрузки ковшей.

3.10 Рассчитать мощность электродвигателя для привода элеватора по результатам тягового расчета (КПД передаточного механизма принять 0,8), и по величине рассчитанной мощности выбрать электродвигатель.

3.11 Найти передаточное число и разработать схему механизма привода (начертить ее), позволяющую реализовать расчетное передаточное число.

3.12 Начертить схему и выполнить расчет натяжного устройства транспортирующего органа.

3.13 Определить крутящий момент обратного хода, возникающий в момент отключения электродвигателя. Начертить эскиз останова и произвести его расчет.

### 4. Винтовые транспортеры.

Винтовые (шнековые) транспортеры (задания №13, 25) рассчитываются примерно в следующем порядке:

4.1 Начертить схему винтового транспортера и выписать из задания исходные данные.

4.2 Принять из справочников и пособий физико-механические свойства транспортируемого материала (*прил. Н*) и необходимые коэффициенты



(коэффициент сопротивления перемещения материала шнеком, КПД передаточного механизма и др.).

4.3 Определить частоту вращения шнека.

4.4 Рассчитать диаметр винта (шнека) и выбрать соответствующий шнек по ГОСТ (*прил. П*).

4.5 Определить шаг шнека, диаметр его вала, построить развертку винтовой линии и найти углы ее наклона (максимальный, средний и минимальный).

4.6 Вычислить КПД винта по среднему углу наклона винтовой линии и углу трения транспортируемого материала по материалу лопасти шнека; принять КПД радиальных и упорных подшипников шнека.

4.7 Найти мощность, необходимую для привода шнека, и мощность электродвигателя.

4.8 Выбрать соответствующий электродвигатель, начертить его эскиз и написать характеристики (основные параметры).

4.9 Найти осевое усилие, действующее на вал шнека, определить место установки упорного подшипника и его конструкцию (начертить эскиз).

4.10 Определить стрелу прогиба вала в середине между опорами и зазор между винтом и кожухом.

4.11 Определить передаточное число механизма привода шнека, разработать его схему и начертить ее.

4.12 Выбрать месторасположение сигнальной (предохранительной) муфты, начертить ее эскиз и произвести расчет.

4.13 Рассчитать механизм изменения высоты разгрузки материала транспортером по методике расчета механизма подъема груза с ручным приводом (п. 4 с.8).

## **5. Пневматический транспорт**

Установки пневматического транспорта (задание №27) рассчитываются примерно в следующем порядке:

5.1 Начертить расчетную схему пневмотранспортера и выписать из задания исходные данные.

5.2 Принять по справочникам и другим источникам физико-механические свойства транспортируемого материала, а также некоторые величины, необходимые для расчета (скорость витания, диаметр трубопровода).

5.3 Определить скорость движения воздуха и его секундный расход.

5.4 Рассчитать коэффициент массовой концентрации смеси.

5.5 Определить потери напора в сети по отдельным составляющим: динамический напор; напор на подъем груза; напор на преодоление трения смеси в трубопроводе (предварительно определить гидравлический коэффициент сопротивления движению воздуха и смеси); напор на преодоление местных сопротивлений (предварительно начертить схему и определить коэффициент сопротивления каждого элемента транспортера – ко-

лен/эжектора и т.д.); статический напор и, наконец, полный напор (сумма динамического и статического напора).

5.6 По полному набору и другим параметрам по каталогу выбрать соответствующий вентилятор; начертить эскиз его и выписать характеристику.

5.7 Рассчитать мощность для привода вентилятора и выбрать соответствующий электродвигатель.

5.8 По частоте вращения вала колеса вентилятора и частоте вращения ротора электродвигателя определить передаточное число механизма привода; начертить его схему.

5.9 Рассчитать основные параметры приемного устройства (эжектора).

## 5. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

**Пример 1.** Определить сопротивление повороту крана и требуемую для этого мощность. Грузоподъемность крана  $m = 3000$  кг, вылет  $L = 4$  м, расстояние между опорами  $h = 3$  м (рис. 1).

Принимаем массу крана  $m_k = 0,7 \cdot 3000 = 2100$  кг и плечо центра тяжести от оси поворота  $l_k \approx 0,3L = 1,2$  м. Тогда суммарная нагрузка на пяту

$$F_g = (m + m_k) \cdot g = (3000 + 2100) \cdot 9,81 = 50000 \text{ Н},$$

а реакция на опорах крана

$$F_n = g \cdot (mL + m_k l_k) / h = 9,81 \cdot (3000 \cdot 4 + 2100 \cdot 1,2) : 3 = 47400 \text{ Н}.$$

Частота вращения крана

$$n = 60v / (2\pi L) = 60 \cdot 0,5 : (2 \cdot 3,14 \cdot 4) = 1,2 \text{ мин}^{-1},$$

где  $v = 0,5$  м/с – скорость поворота, принятая из условий удобства и безопасности обслуживания крана.

Сопротивление повороту предварительно определим по формуле

$$T_{\Pi} = T_f + T_{III} = f_{\Pi} (2F_{\Pi} r_{\Pi} + F_g r_{\Pi}) + (mL^2 + m_k l_k^2) \frac{\pi n}{30 t_{\Pi}}.$$

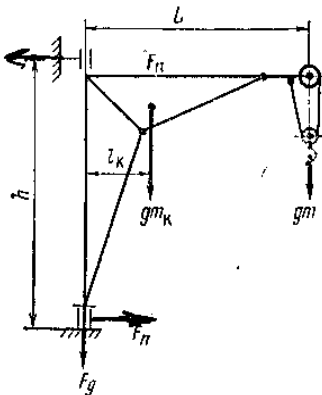


Рис. 1. Схема к расчету сопротивления повороту крана

Примем коэффициент сопротивления повороту при опорах качения  $f_{II} = 0,02$ , радиусы цапф и пяты  $r_{ц} = r_{II} = 50$  мм и время разбега крана  $t_{II} = 3$  с. Тогда

$$T_{II} = 0,02(2 \cdot 47400 \cdot 0,05 + 50000 \cdot 0,05) + \\ + (3000 \cdot 4^2 + 2100 \cdot 1,2^2) \frac{3,14 \cdot 1,2}{30 \cdot 3} = 2300 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность поворота крана при к.п.д.  $\eta = 0,8$

$$P = \frac{T_{II} \omega}{\eta} = \frac{T_{II} \pi n}{30 \eta} = \frac{2300 \cdot 3,14 \cdot 1,2}{30 \cdot 0,8} = 361 \text{ Вт}.$$

Выбираем электродвигатель 4А71В6УХ с параметрами  $P = 0,55$  кВт,  $n_{д} = 900$  мин<sup>-1</sup>.

Двигатель выбран с 50%-м запасом мощности, поэтому мощности для преодоления инерции вращающихся масс на валах механизма и двигателя можно не принимать в расчет, так как наибольшие сопротивления от инерции масс крана и груза учтены.

**Пример 2.** Определить сопротивление передвижению тельфера и мощность механизма передвижения электротали (рис. 2): скорость передвижения  $v = 0,4$  м/с, грузоподъемность  $m = 3500$  кг, собственная масса  $m_T = 1000$  кг. Работа в закрытом помещении, путь горизонтальный.

При симметричном расположении колес ( $z_K = 4$ ) относительно оси подвеса нагрузки на колесо

$$F_{max} = g(m + m_T) / z_K = 9,81(3500 + 1000) : 4 = 11000 \text{ Н}.$$

Диаметр колеса

$$D_K = \frac{k_v F_{max}}{b[p]} = \frac{1,08 \cdot 11000}{30 \cdot 3} = 132 \text{ мм},$$

где  $k_v = 1 + 0,2v = 1 + 0,2 \cdot 0,4 = 1,08$  – коэффициент влияния скорости;

$b = 30$  мм – ширина колеса;  $[p] = 3$  МПа – допускаемое давление.

Принимаем  $D_K = 140$  мм.

Сопротивление передвижению тельфера:

$$F = (m + m_T) g \left( \frac{2\mu + fd}{D_K} \right) k_P = \\ = (3500 + 1000) \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{2 \cdot 0,4 + 0,02 \cdot 35}{140} \right) \cdot 2 = 946$$

где  $\mu = 0,4$  мм – коэффициент трения качения колеса;  $f = 0,02$  – коэффициент сопротивления подшипников качения;  $d \approx 0,25D_K = 0,25 \cdot 140 = 35$  мм – диаметр подшипника;  $k_P = 2$  – коэффициент, учитывающий сопротивление трения реборд колес и торцов втулок.

Мощность установившегося движения при общем к.п.д.  $\eta = 0,9$

$$P = F \sqrt{\eta} = 946 \cdot 0,4 : 0,9 = 420 \text{ Вт}.$$

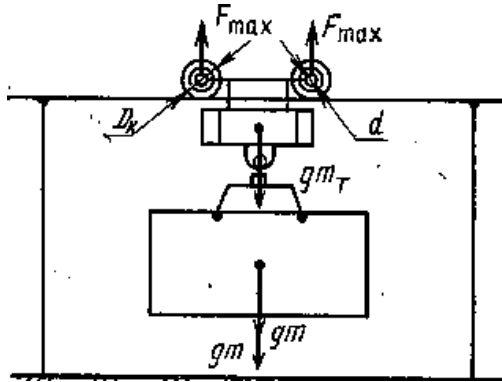


Рис. 2. Схема к расчету мощности механизма передвижения электродали

Выбираем электродвигатель 4А71В4УЗ с параметрами:  $P = 0,75\text{кВт}$ ;  $n = 1390\text{ мин}^{-1}$ . Тогда номинальный момент двигателя

$$T_H = \frac{30P}{\pi n} = \frac{30 \cdot 750}{3,14 \cdot 1390} = 5,16\text{Н} \cdot \text{м}.$$

Перегрузку выбранного электродвигателя по максимальному пусковому моменту можно не проверять, так как мощность его в 2 раза больше статической.

Нормальная работа без буксования обеспечивается при числе ведущих колес  $z_B = 2$ , т.е. выполняется условие

$$(m + m_T)gf_K/z_K > F/z_B.$$

При коэффициенте трения колеса о рельс  $f_K = 0,16$  имеем

$$(3500 + 1000) 9,81 \cdot 0,16/4 > 946/2 \text{ или } 1770 > 473,$$

т.е. надежное зацепление гарантировано.

Время торможения

$$t_T = \frac{(m + m_T)v}{F_{\max} \left[ f_K z_B + \frac{2\mu + fd}{D_K} (z_K - z_B) \right]} = \frac{(3500 + 1000)0,4}{1000 \left[ 0,16 \cdot 2 + \frac{2 \cdot 0,4 + 0,02 \cdot 35}{140} (4 - 2) \right]} = 0,5\text{с}.$$

При этом ускорение  $a = v/t_{\text{ц}} = 0,4:0,5 = 0,8\text{ м/с}^2$ , т.е. находится в диапазоне допустимых значений ускорений:  $0,4-1\text{ м/с}^2$ .

Передаточное число механизма привода

$$U = n/n_K = \pi D_K n / (60v) = 3,14 \cdot 0,14 \cdot 1390 / (60 \cdot 0,4) = 25,5.$$

Следовательно, целесообразно использовать двухступенчатый или планетарный редуктор, встроенный в электродвигатель с фланцевым креплением.

**Пример 3.** Определить основные параметры скребкового транспортера для перемещения навоза с производительностью  $Q = 10$  т/ч (2,78 кг/с). Размеры транспортера:  $l = 4$  м;  $h = 4$  м (рис. 3).

Принимаем: в качестве рабочего органа – скребок прямоугольной формы для порционного волочения; транспортирование груза верхней ветвью, желоб открытый; соотношение ширины и высоты скребка  $k = b_c/h_c = 5$ ; скорость движения цепи  $v = 0,6$  м/с; коэффициент заполнения  $k_v = 0,7$ ; коэффициент влияния угла  $k_\beta = 0,6$ .

При плотности навоза  $\rho = 650$  кг/м<sup>3</sup> расчетная ширина скребка

$$b_c = \sqrt{\frac{kQ}{k_v k_\beta \rho v}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 2,78}{0,7 \cdot 0,6 \cdot 650 \cdot 0,6}} = 0,291 \text{ м}$$

Тогда высота скребка  $h_c = b_c/k = 0,291/5 = 0,058$  м.

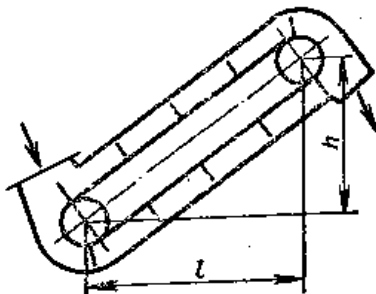


Рис. 3. Схема для определения основных параметров скребкового транспортера

В соответствии с ГОСТ 23977-80 принимаем скребок, у которого  $h_c = 0,063$  м,  $b_c = 0,38$  м. Тогда производительность транспортера

$$Q = k_v k_\beta h_c b_c \rho v = 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,063 \cdot 0,38 \cdot 650 \cdot 0,6 = 3,92 \text{ кг/с (14,7 т/ч)}.$$

В качестве тягового органа принимаем роликовую длиннорычужную цепь (ГОСТ 4267-78) со специальными звеньями для крепления скребков. Шаг цепи  $l_p = 31,75$  мм, разрушающая нагрузка  $[F_p] = 23$  кН.

При линейных плотностях груза  $q = Q/v = 3,92 / 0,6 = 6,53$  кг/м и тягового органа со скребками  $q_0 \approx 0,6q = 0,6 \cdot 6,53 = 3,92$  кг/м, коэффициентах сопротивления движению цепи  $k_x = 0,25$  и материала  $k_{жс} = 0,57$  суммарное сопротивление движению груза и тягового органа со скребком

$$F = g(qh + qk_{жс}l + 2q_0k_xl) = 9,81(6,53 \cdot 4 + 6,53 \cdot 0,57 \cdot 4 + 2 \cdot 3,92 \cdot 0,25 \cdot 4) = 479 \text{ Н}.$$

При числе зубьев приводной звездочки  $z = 12$  и полной длине транспортера  $l_n = \sqrt{l^2 + h^2} = \sqrt{4^2 + 4^2} = 5,66$  м динамическое усилие

$$F_{\text{дин}} = (q + 2q_0) \cdot l_n \cdot \frac{2\pi^2 v^2}{z^2 l_p} =$$

$$= (6,53 + 2 \cdot 3,92) \cdot 5,66 \cdot \frac{2 \cdot 3,14^2 \cdot 0,6^2}{12^2 \cdot 0,03175} = 126 \text{ Н.}$$

При начальном натяжении  $F_0 = 500$  Н наибольшее натяжение цепи

$$F_{\text{max}} = F_0 + F + F_{\text{дин}} = 500 + 479 + 126 = 1105 \text{ Н.}$$

Прочность цепи достаточна, так как при ее запасе  $s = 8$  имеем

$$F_p = sF_{\text{max}} = 8 \cdot 1105 = 8840 \text{ Н,}$$

что значительно меньше  $[F_p] = 23000$  Н.

Мощность двигателя при к.п.д. звездочки  $\eta_z = 0,98$  и привода  $\eta_m = 0,9$

$$P = \frac{(F_{\text{max}} - F_{\text{min}}) \cdot v}{\eta_z \cdot \eta_m} = \frac{(1105 - 500) \cdot 0,6}{0,98 \cdot 0,9} = 412 \text{ Вт.}$$

Для привода можно использовать двигатель типа 4А80ВУЗ, у которого мощность  $P = 0,55$  кВт, частота вращения  $n = 700$  мин<sup>-1</sup>.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Подъемно-транспортные машины [Текст]: учебник для студентов вузов по напр. "Агроинженерия" / под ред. М.Н. Ерохина и С.П. Казанцева. - Москва: КолосС, 2010. - 335 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 260-334. - ISBN 978-5-9532-0625-9
2. Кузнецов, Е.С. Специальные грузоподъемные машины. Книга 2. Грузоподъемные манипуляторы. Специальные полиспастные подвесы и траверсы. Специальные лебедки [Электронный ресурс]: учеб. пособие в 9 кн. / Е.С. Кузнецов, К.Д. Никитин, А.Н. Орлов; под ред. проф. К.Д. Никитина. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. - 280 с.
3. Коваленский В.И. Подъемно-транспортные установки и оборудование. Курсовое проектирование [тест]: учебное пособие / В.И. Коваленский. - Санкт-Петербург: ГИОРД, 2013. - 672 с.: ил. Библиогр.:с.666.-Прил.:с 511-665.-ISBT 978-5-98879-138-6.
4. Детали машин. Основы теории, расчета и конструирования: Учебное пособие / В.П. Олофинская. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 72 с.:
5. Гришко, Г.С. Рабочее оборудование универсальных малогабаритных погрузчиков. Исследования и анализ конструкций [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / Г.С. Гришко, В.В. Минин. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2011. - 192 с. - ISBN 978-5-7638-2227-4.
6. Проектирование механических передач: Учебное пособие / С.А. Чернавский, Г.А. Снесарев, Б.С. Козинцов. - 7 изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 536 с.
7. Общие требования к оформлению курсовых и дипломных проектов (работ). Стандарт предприятия / Новосибир. гос. аграр. ун-т. Инж. ин-т; сост.: Г.А. Евдокимова и др. – Новосибирск, 2010. – 58 с.
8. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины: учеб. для вузов / М.П. Александров. – 5-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 1979. – 558 с.
9. Борисов А.М. Сельскохозяйственные погрузочно-разгрузочные машины: учеб. для студентов / А.М. Борисов, М.Н. Фатеев, А.Х. Гохтель. – М.: Машиностроение, 1973. – 160 с.
10. Желтонога А.И. Краны и подъемники: учеб. пособие / А.И. Желтонога, В.Н. Кучерин, А.И. Ковальчук. – Минск: Вышэйша школа, 1974. – 116 с.
11. Павлов Н.Г. Примеры расчетов кранов: учеб. / Н.Г. Павлов. – 3-е изд., перераб. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1967. – 348 с.
12. Подъемно-транспортные машины: учеб. пособие для вузов / под ред. М.П. Александрова и Д.Н. Решетова. – М.: Машиностроение, 1973. – 256 с.
13. Проектирование и расчет подъемно-транспортных машин сельскохозяйственного назначения: учеб. для студентов вузов / М.Н. Ерохин. – М.: Колос, 1999. – 236 с.
14. Подъемно-транспортные машины: учеб. пособие для институтов / под ред. В.В. Красникова. – М.: Машиностроение, 1967. – 125 с.
15. Руденко Н.Ф. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: учеб. пособие / Н.Ф. Руденко, М.П. Александров, А.Г. Лысянов. – М.: Машиностроение, 1971. – 464 с.
16. Спиваковский А.О. Транспортирующие машины: учеб. пособие / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

#### Нормальные линейные размеры (по ГОСТ 6636-69) в мм

1,0; 1,05; 1,1; 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 2,1; 2,2; 2,4; 2,5; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 4,2; 4,5; 4,8; 5,0; 5,3; 5,6; 6,0; 6,3; 6,7; 7,1; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10; 10,5; 11; 11,5; 12,4; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200; 210; 220; 240; 250; 260; 280; 300; 320; 340; 360; 380; 400; 420; 450; 480; 500; 530; 560; 600; 630; 670; 710; 750; 800; 850; 900; 950.

### Приложение Б

#### Технические характеристики электрических талей (по ГОСТ 22584-96)

Обозначение тали	Грузоподъемность, т <sup>с</sup>	Высота подъема, м	Размеры, мм							Масса, кг	
			B	b	b <sub>l</sub>	H	h	L	L <sub>l</sub>		H <sub>1</sub>
ТЭ025-511	0,25	6	210	570	110	550		640	640	5500	60
ТЭ050-521	0,5	12	390	450	250	780	20	725	725	11700	85-115
ТЭ050-531	0,5	18						915	915	17700	85-115
ТЭ100-511	1	6						655	655	5900	140-185
ТЭ100-521	1	12	330	325	160	855	20	870	870	11900	160-205
ТЭ100-531	1	18						1085	1085	17900	170-220
ТЭ500-911	5	6						1000	1250	6500	510-615
ТЭ500-921	5	12	500	360	250	1250	25	1200	1470	12500	570-660
ТЭ500-931	5	18						1410	1700	18500	550-655



## Приложение В

### Грузоподъемность однорогих крюков (по ГОСТ 6627-74\*)

Номер крюка	Ручной привод	Машинный привод	
		Режим Л; С	Режим Т; ВТ
1	0,4	0,32	0,25
2	0,50	0,4	0,32
3	0,64	0,5	0,4
4	0,8	0,63	0,5
5	1,0	0,8	0,63
6	1,25	1,0	0,8
7	1,6	1,25	1,0
8	2	1,6	1,25
9	2,5	2	1,6
10	3,2	2,5	2,0
11	4	3,2	2,5
12	5	4,0	3,2
13	6,3	5,0	4,0
14	8	6,3	5,0
15	10	8,0	6,3
16	12,5	10	8,0
17	16	12,5	10
18	20	16	12,5
19	-	20	16
20	-	25	20

Приложение Г

Технические характеристики крановых асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором серии МТК

Типоразмер электродвигателя	Мощность и частота вращения						Пусковой момент, Н·м	Максимальный момент, Н·м	Маховой момент, кг·м <sup>2</sup>	Масса, кг
	ПВ = 15%		ПВ = 25%		ПВ = 40%					
	Р <sub>дв</sub>	n <sub>дв</sub>	Р <sub>дв</sub>	n <sub>дв</sub>	Р <sub>дв</sub>	n <sub>дв</sub>				
МТК 011-6	2	780	1,7	835	1,4	875	42	42	0,08	47
МТК 012-6	3,1	785	2,7	835	2,2	880	67	67	0,11	53
МТК 111-6	4,5	825	4,1	850	3,5	885	104	105	0,18	70
МТК 112-6	6,5	845	5,8	870	5	895	175	175	0,26	80
МТК 211-6	10,5	800	9	840	7,5	880	210	220	0,44	110
МТК 311-6	14	880	13	895	11	910	380	390	0,85	155
МТК 312-6	19,5	900	17,5	915	15	930	590	600	1,20	195
МТК 411-6	13	905	27	915	22	935	720	780	1,90	255
МТК 412-6	40	910	36	920	30	935	950	1000	2,55	315
МТК 311-8	10,5	660	9	670	7	690	3320	330	1,1	155
МТК 312-8	15	675	13	690	11	700	470	510	1,55	195
МТК 411-8	22	660	18	680	15	695	650	670	2,15	255
МТК 412-8	30	675	26	690	22	700	950	1000	3,0	315

**Технические характеристики закрытых обдуваемых  
электродвигателей единой серии 4А**

Типоразмер двигателя	Мощность, кВт	Частота враще- ния, мин <sup>-1</sup>	КПД, %	cos φ	T <sub>н</sub> /T <sub>н</sub>	T <sub>max</sub> /T <sub>н</sub>	Маховой момент, кг·м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Синхронная частота вращения 1000 мин<sup>-1</sup></b>							
4А63А6У3	0,18	885	56	0,62	2,2	2,2	69,4·10 <sup>-4</sup>
4А63В6У3	0,25	890	59	0,62	2,2	2,2	86·10 <sup>-4</sup>
4А71А6У3	0,37	910	64,5	0,69	2,0	2,2	67·10 <sup>-4</sup>
4А71В6У3	0,55	900	67,5	0,71	2,0	2,2	81·10 <sup>-4</sup>
4А80А6У3	0,75	915	69	0,74	2,0	2,2	1,85·10 <sup>-2</sup>
4А80В6У3	1,1	920	74	0,74	2,0	2,2	1,84·10 <sup>-2</sup>
4А90L6У3	1,5	935	75	0,74	2,0	2,2	2,94·10 <sup>-2</sup>
4А100L6У3	2,2	950	81	0,73	2,0	2,2	5,24·10 <sup>-2</sup>
4А112МА6У3	3,0	955	81	0,76	2,0	2,5	7·10 <sup>-2</sup>
4А112МВ6У3	4,0	950	82	0,81	2,0	2,5	8·10 <sup>-2</sup>
4А132S6У3	5,5	965	85	0,80	2,0	2,5	16·10 <sup>-2</sup>
4А132М6У3	7,5	970	85,5	0,81	2,0	2,5	23·10 <sup>-2</sup>
4А160S6У3	11,0	975	86	0,86	1,2	2,0	55·10 <sup>-2</sup>
4А160М6У3	15,0	975	87,5	0,87	1,2	2,0	73·10 <sup>-2</sup>
4А180М6У3	18,5	975	88	0,87	1,2	2,0	88·10 <sup>-2</sup>
4А200М6У3	22,0	975	90	0,90	1,3	2,4	1,6
4А200L6У3	30,0	980	90,5	0,90	1,3	2,4	1,81
4А225М6У3	37,0	980	91	0,89	1,2	2,3	2,95
4А250S6У3	45,0	985	91,5	0,89	1,2	2,1	4,62
4А250М6У3	55,0	985	91,5	0,89	1,2	2,1	5,04

Окончание прил. Д

1	2	3	4	5	6	7	8
4A280S6УЗ	75,0	985	92	0,89	1,4	2,2	11,7
4A280M6УЗ	90,0	985	92,5	0,89	1,4	2,2	13,5
<b>Синхронная частота вращения 750 мин<sup>-1</sup></b>							
4A71B8УЗ	0,25	680	56	0,65	1,6	1,7	74·10 <sup>-4</sup>
4A80A8УЗ	0,37	675	61,5	0,65	1,6	1,7	1,35·10 <sup>-2</sup>
4A80B8УЗ	0,55	700	64	0,65	1,6	1,7	1,62·10 <sup>-2</sup>
4A90L8УЗ	0,75	700	68	0,62	1,6	1,9	2,7·10 <sup>-2</sup>
4A100L8УЗ	1,1	700	70	0,68	1,6	1,9	3,45·10 <sup>-2</sup>
4A112M8УЗ	1,5	700	74	0,65	1,6	1,9	5,2·10 <sup>-2</sup>
4A112MB8УЗ	2,2	700	76,5	0,71	1,9	2,2	7,0·10 <sup>-2</sup>
4A132S8УЗ	3,0	700	79	0,74	1,9	2,2	10·10 <sup>-2</sup>
4A132M8УЗ	4,0	720	83	0,70	1,9	2,6	17·10 <sup>-2</sup>
4A160S8УЗ	5,5	720	83	0,74	1,9	2,6	23·10 <sup>-2</sup>
4A180M8УЗ	7,5	730	86	0,75	1,4	2,2	55·10 <sup>-2</sup>
4A200M8УЗ	11,0	730	87	0,75	1,4	2,2	72·10 <sup>-2</sup>
4A200L8УЗ	15,0	730	87	0,82	1,2	2,0	1,0
4A225M8УЗ	18,5	735	88,5	0,84	1,2	2,2	1,6
4A250S8УЗ	22,0	730	88,5	0,84	1,2	2,0	1,81
4A250M8УЗ	30,0	735	90	0,81	1,3	2,1	2,95
4A280S8УЗ	37,0	735	90	0,83	1,2	2,0	4,62
4A280M8УЗ	45,0	740	91	0,84	1,2	2,0	5,45
4A250S6УЗ	55,0	735	92	0,84	1,2	2,0	12,7
4A250M6УЗ	75,0	735	92,5	0,85	1,2	2,0	16,5
4A250M6УЗ	90,0	740	93	0,85	1,2	2,3	19,7

*Примечание.* Стандарты предусматривают выпуск электродвигателей с синхронной частотой вращения 600 и 500 мин<sup>-1</sup>, а также защищенного типа.

**Приложение Е**  
**Технические характеристики колочных тормозов типа ТКТ**

Типоразмер тормоза	Тормозной момент, Н·м		Диаметр тормозного шкива, мм	Ширина тормозного шкива, мм	Отход колодки, мм	
	ПВ = 25%	ПВ = 40%			номинальный	наибольший
ТКТ-100	20	20	100	75	0,4	0,6
ТКТ-200/100	40	40	200	95	0,4	0,6
ТКТ-200	160	160	200	95	0,5	0,8
ТКТ-300/200	240	240	300	145	0,5	0,8

**Приложение Ж**  
**Основные параметры и размеры скребковых конвейеров**

Минимальные размеры рабочего сечения кожуха, мм	Размеры скребка, мм		Расчетная производительность $Q_{расч}$ , кг/ч	Скорость транспорта $V$ , м/с; не более	Шаг цепи $t$ , мм	Число зубьев звездочки, не менее
	ширина	высота				
130 x 80	120	71	До 6	1,8	31,75	7
150 x 80	140	71	До 6	1,8	38	7
160 x 85	150	75	6-8	1,8	38	7
170 x 100	160	90	8-12	2	38	7
210 x 140	200	100	12-20	2	38	7
220 x 115	200	100	12-20	2	38	10
300 x 125	260	100	20-32	2,2	38	10

*Примечание.* Шаг чередования скребков  $t_{кр} = (4; 6; 8)t$ .

## Типоразмеры тяговых роликовых длиннозвеньевых цепей

Обозначение тяговых роликовых длиннозвеньевых цепей	Основные размеры цепи, мм		Шаг Т чередования звеньев с лапками в шагах Т цепи
	$b_{\text{нз}}$ , не менее	$B$ , не более	
ТРД-38-3000-1-1-6	22	80	30
ТРД-38-4000-1-1-6	22	80	30
ТРД-38-3000-1-1-8	22	80	30
ТРД-38-4000-1-1-8	22	80	30
ТРД-38-3000-1-2-6	22	72	26
ТРД-38-4000-1-2-6	22	72	26
ТРД-38-3000-1-2-8	22	72	26
ТРД-38-4000-1-2-8	22	72	26
ТРД-38-3000-1-3-6	22	80	26
ТРД-38-3000-2-1-6	22	72	30
ТРД-38-3000-2-2-6	22	80	26
ТРД-38-3000-3-6	22	80	30
ТРД-38-3000-3-10	22	80	33
ТРД-38-4000-3-10	22	80	33
ТРД-38-3000-4-1-6	22	72	40
ТРД-38-3000-4-2-6	22	92	40
ТРД-38-4000-2-2-6	22	80	26
ТРД-38-4000-2-2-8	22	80	26
ТРД-31,75-2300-1-1-6	9,65	72	26
ТРД-31,75-2300-1-2-6	9,65	72	26
ТРД-31,75-2300-2-1-6	9,65	72	26
ТРД-31,75-2300-2-2-6	9,65	72	26
ТРД-31,75-2300-3-1-6	9,65	72	26
ТРД-50,8-6000	15,88	92	40
ТРД-63,5-8900	19,05	92	40
ТРД-76,2-12700	25,4	100	40

Примечание. Масса 1 м цепи, кг, не более: ТРД-38-3000-1-1-6 – 1,87; ТРД-38-4000-1-1-6 – 2,1; ТРД-31,75-2300-1-1-6 – 0,6; ТРД-50,8-6000 – 1,9; ТРД-63,5-8900 – 2,6; ТРД-76,2-12700 3,8.

## Приложение II

### Допускаемое напряжение, МПа при расчете на прочность, при запасе прочности для стальных конструкций $n_D = 1,4$ и для алюминиевых сплавов $n_D = 1,6$

Вид металла	Марка металла	Растяжение и сжатие	Изгиб
Прокатные стали	Ст 2	145	155
	Ст 3, Ст 4, М16С	170	180
	09Г2	215	230
	09Г2С	230	245
	10Г2С1, 15ХСНД	250	265
Стальные отливки	10ХСНД	250	300
	15Л	145	155
	35Л	180	190
Алюминиевые сплавы	АМг6-М	100	
	АМг61-М	115	
	В92-Г (лист)	135	
	В92-Г (профиль)	170	
	Д16-Г	170	

Для односторонне прикрепляемых элементов допускаемое напряжение, приведенное в прил. II, снижают на 25%. Касательные допускаемые напряжения принимают равными  $[\tau] = \alpha[\sigma_B]$ , где коэффициент  $\alpha = 0,6$ , а при неравномерном распределении напряжений в стенках балки  $\alpha = 0,75$ . Допускаемое напряжение смятия  $[\sigma_{см}] = 1,5[\sigma_B]$  в случае смятия торцевой поверхности при наличии пригонки поверхностей.

Основные параметры гидравлических и пневматических цилиндров (по ГОСТ 6540-68)

Диаметр цилиндра (поршня, плунжера), мм				Диаметр штока, мм			
Осн. ряд	Дополн. ряд	Осн. ряд	Дополн. ряд	Осн. ряд	Дополн. ряд	Осн. ряд	Дополн. ряд
10	-	100	-	10	-	100	-
-	-	-	110	-	-	-	110
12	-	125	-	12	-	125	-
-	-	-	140	-	-	-	140
16	-	160	-	16	-	160	-
-	-	-	180	-	-	-	180
20	-	200	-	20	-	200	-
-	-	-	220	-	-	-	220
25	-	250	-	25	-	250	-
-	-	-	280	-	-	-	280
32	-	320	-	32	-	320	-
-	36	-	360	-	36	-	360
40	-	400	-	40	-	400	-
-	45	-	450	-	45	-	450
50	-	500	-	50	-	500	-
-	56	-	560	-	56	-	560
63	-	630	-	63	-	630	-
-	70	-	700	-	70	-	700
80	-	800	-	80	-	800	-
-	90	-	900	-	90	-	900



Насосы шестеренные гидравлических систем

Основные параметры	Тип насоса					
	НШ-10	НШ-32	НШ-46	НШ-32Э	НШ-67	НШ-98
Удельная подача, см <sup>3</sup> /об	10	32,6	47,4	32	67	98
Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup>						
при $n_{min}$	1100	1100	1100	1100	1100	1100
при $n_{max}$	1695	1625	1625	1700	1700	1700
Объемный КПД при $P = 10$ МПа	0,83	0,83	0,85	0,85	0,90	0,90
Механический КПД	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95
Подача, дм <sup>3</sup> /мин						
при $n_{min}$	9	30	44	30	67	100
при $n_{max}$	15	47	72	50	110	160
Рабочее давление, МПа	10	10	10	10	10	10
Давление при пропуске через предохранительный клапан, МПа	13,5	13,5	13,5	13,5	13,0	11,0
Приводная мощность, кВт						
при $n_{min}$	1,7	5,6	7,6	5,3	11,0	16,0
при $n_{max}$	2,7	8,4	12,6	8,8	19,2	28,0
Масса насоса, кг	2,55	6,65	7,14	6,7	16,1	16,3

Коэффициент сопротивления  $W$  для роликкоопор на подшипниках качения транспортеров с прорезиненной лентой

Условия работы транспортера	Значение $W$ для роликкоопор	
	прямых	желобчатых
Хорошие (чистое, сухое, отапливаемое, беспыльное, хорошо освещенное помещение)	0,18	0,020
Средние (отапливаемое помещение, но пыльное или сырое)	0,022	0,025
Плохие (работа в неотапливаемом помещении и на открытом воздухе)	0,035	0,040
Очень плохие (наличие всех указанных факторов, вредно влияющих на работу транспортера)	0,040	0,060

## Характеристика некоторых насыпных грузов

Груз	Насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	Угол в градусах		Коэффициент трения в состоянии покоя		
		естествен, откоса	внутреннего трения	по стали	по дереву	по резине
Антрацит мелкий сухой	0,45-0,8	35-45	-	0,29-0,84	0,84-1	0,55-0,7
Бобы	0,7-0,8	35-45	32-35	0,4-0,5	0,3-0,5	-
Вика	0,85	35	28-30	0,38	0,42	-
Гипс мелкокусковой	1,2-1,4	30-40	-	0,78	-	0,82
Гипс крупный	1,4	30-35	-	0,6-0,7	-	-
Гипс в порошке	0,8-0,95	35-40	30-35	0,7-0,8	-	-
Глина сухая мелкокусковая	1,0-1,5	40-45	-	0,7-0,9	-	-
Гравий	1,5-1,9	40-45	40-45	0,58-1,0	-	0,8
Горох	0,8	30	24-28	0,26-0,33	0,26-0,35	0,27-0,37
Графит порошкообразный	0,45	40-45	30-35	0,3-0,4	-	-
Гречиха	0,69	30	25	0,3-0,52	0,37-0,56	0,4-0,6
Земля грунтовая сухая	1,2-1,4	35-40	-	1,0	-	0,8
Земля формовочная	1,2-1,3	45-50	-	0,71	-	0,61
Зола сухая угольная	0,64-0,72	35-45	25-40	0,8-0,9	0,8-1,0	0,8-1,0
Известь гашеная	0,5-0,65	40-55	40-55	0,35	-	-
Известняк мелкокусковой	1,2-1,5	45	-	0,56	0,70	0,66
Картофель	0,65-0,73	35	-	0,51	0,55	0,58
Конопляное семя	0,55-0,60	27	-	0,25-0,45	0,31-0,48	0,44
Кукуруза	0,7-0,75	30-35	25-30	0,58	0,58	0,6
Льняное семя	0,65-0,75	30-35	25-30	0,58	0,58	0,6
Мука пшеничная	0,45-0,66	50-55	30-48	0,65	-	0,85
Навоз сырой	0,60-0,80	72	-	-	-	-

Груз	Насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	Угол в градусах		Коэффициент трения в состоянии покоя		
		естествен. откоса	внутреннего трения	по стали	по дереву	по резине
Овес	0,4-0,5	35	30-35	0,58	0,78	0,8
Отруби	0,25-0,33	38	-	-	-	-
Опилки древесные	0,16-0,32	40-60	32-55	0,8	-	0,65
Песок сухой (мелкий)	0,42	30-35	32	0,4	-	0,60
Подсолнух	0,65-0,83	30-40	33-45	0,49	0,54	0,58
Пшеница	0,65-0,83	30-35	25-35	0,58	0,54	0,57
Просо	0,41-0,43	29	-	0,31	0,3-0,35	0,36-0,40
Рожь	0,68-0,79	30-35	30	0,58	0,62	0,66
Рис	0,60-0,90	45	-	0,53	0,56	0,60
Свекла (корни)	0,47-0,70	35	-	0,50	0,54	0,57
Сено и солома прессованные	0,28-0,30	-	-	0,35	0,37	0,40
Сено ворохом	0,10-0,17	-	-	0,31	0,33	0,35
Силос кукурузный и силос из кормовых трав (влажность 73%)	0,40-0,45	50	-	0,73	0,78	0,83
Сода кальцинированная	0,71-1,02	35-40	30-35	0,30-0,70	0,48	0,44-0,68
Суперфосфат	0,8-1,2	40	30-40	0,7-0,8	-	-
Торф влажный	0,55-0,65	50-55	48-52	0,7	0,75	0,80
Торф воздушной сушки	0,33-0,41	45-50	45-50	0,27	0,30	0,32
Уголь каменный бурый	0,65-0,78	50	30-45	1,0	1,0	0,8-1,0
Уголь орешковый	0,75-1,0	45	30-45	0,84	0,84	0,9
Фосфоритная мука	1,1	45	45-45	0,3	-	-
Цемент	1,3-1,6	30-40	30-40	0,3-0,65	0,30-0,40	0,64
Ячмень	0,65-0,80	27-35	25-30	0,58	-	-

Приложение О

Характеристика резинотканевых лент (по ГОСТ 20-85<sup>1</sup>)

Предел прочности К <sub>р</sub> , Н/мм	Ткань резинотканевых лент				Толщина прокладок, мм		Ширина ленты В, мм	Число прокладок
	из комбинированных (полиэфирхлопок)	из полиамидных нитей	из полиэфирных нитей	с резиновой прослойкой				
				из синтетических волокон	без резиновой прослойки из комбинированных			
65	БКНЛ-65 БКНЛ-65-2	-	-	-	1,4	1,15	100-20000	3-8
100	БКНЛ-100	ТА-100; ТК-100	-	-	1,2	1,3	100-3000	3-8
150	БКНЛ-150	ТА-150; ТК-150	-	-	1,3	1,6	650-3000	3-8
200	-	ТК-200-2	ТКЛ-200	-	1,4	-	650-3000	3-8
300	-	ТА-300; ТК-300; А-10-2-3Т; К-10-2-3Т	ТКЛ-300; МЛК-300	-	1,9	-	800-3000	3-8
400	-	ТА-400; ТК-400	МЛК-400/120	-	2,0	-	1000-3000	3-10

**Приложение П**

**Справочные материалы по некоторым элементам  
транспортирующих устройств**

Размеры скребков по ГОСТ 7116-67

Ширина В, мм	120	150	160	200	260
Высота h, мм	70	75	90	100	100

Параметры ковшей для ленточных норий  
по ГОСТ 10190-70

Погонная емкость $i/a$ , л/м	2,57	2,9	4,8	5,3	5,7	6,1
Емкость ковша $i$ , л (дм <sup>3</sup> )	0,54	0,61	1,34	1,47	1,60	1,71
Шаг ковшей а, мм	210	210	280	280	280	280
Масса ковшей $G_k$ , кг	0,34	0,37	0,61	0,66	0,70	0,75

Параметры шнеков винтовых конвейеров общего  
назначения по ГОСТ 2037-65

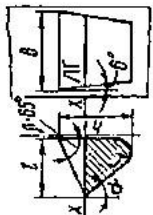
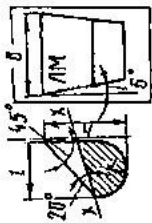
Диаметр D, мм	100	125	160	200	250
Шаг винта S, мм	100	125	160	200	250
	80	100	125	160	200
Диаметр D, мм	320	400	500	650	800
Шаг винта S, мм	320	400	500	650	800
	250	320	400	500	650

**Приложение Р**

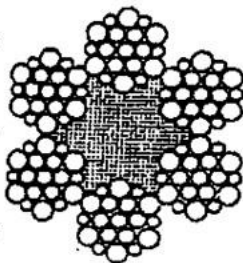
**Коэффициенты заполнения желоба ( $\psi$ ), выбора частоты  
вращения шнека ( $A$ ) и сопротивления ( $W$ ) для расчета  
винтовых транспортеров**

Группа грузов	Примеры грузов	Расчетные коэффициенты		
		$\psi$	$A$	$W$
Легкие и неабразивные	Зерно и зерновые продукты, мука, древесные опилки	0,4	65	1,2
Легкие и малоабразивные	Мел, угольная пыль, асбест, сода и др.	0,32	50	1,6
Тяжелые и малоабразивные	Соль, кусковой уголь, глина сухая	0,25	45	2,5
Тяжелые и абразивные	Цемент, зола, песок, глина сырая, дробленая руда, шлак	0,12 5	30	4,0

## Основные параметры ковшей

Тип ковша и эскиз	Внутренние размеры ковшей, мм				Вместимость ковша по оси х-х, л
	Ширина В	Вылет l	Высота h	Радиус закругления r	
	<b>Скругленный глубокий Г</b>				
	100	75	80	25	0,20
	125	90	95	30	0,44
	160	105	110	35	0,60
	200	125	135	40	1,25
	250	140	150	45	2,05
	320	175	190	55	4,05
	400	195	210	60	6,30
	500	235	255	75	12,10
		<b>Скругленный мелкий М</b>			
100		50	65	25	0,10
125		65	85	30	0,20
160		75	100	35	0,35
200		95	130	40	0,75
250		120	160	55	1,40
320		145	190	70	2,70
400		170	220	85	4,20
500		195	250	100	6,80

Размеры и параметры канатов двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6x19 (1+6+6/6) + о. с. (по ГОСТ 2688-80\*)



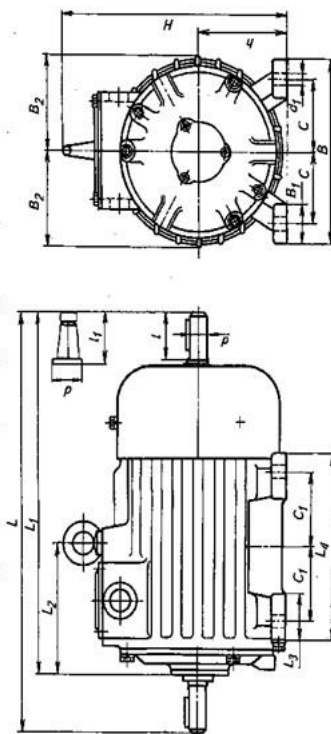
Диаметр каната $d_k$ , мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм <sup>2</sup>	Масса 1000 м смазанного каната, кг	Расчетное разрывное усилие каната $S_{разр}$ , кН (не менее), при $\sigma_b$ проволок в МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )			
			1372 (140)	1568 (160)	1666 (170)	1764 (180)
3,8	5,63	55,1	-	-	-	8,4
4,1	6,55	64,1	-	-	-	9,75
4,5	7,55	73,9	-	-	-	11,25
4,8	8,62	84,4	-	-	-	12,85
5,1	9,76	95,5	-	-	-	14,9
5,6	11,9	116,5	-	-	-	18,2
6,9	18,05	176,6	-	24,5	26,85	26,85
8,3	26,15	256	-	35,55	37,75	38,95
9,1	31,18	305	-	42,35	45,05	46,4
9,9	36,66	358,6	-	49,85	52,85	54,44
11	47,19	461,6	-	64,15	68,15	70,25
12	53,87	527	-	73,25	77,8	80,2

Окончание прил. Т

Диаметр каната $d_k$ , мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм <sup>2</sup>	Масса 1000 м смазанного каната, кг	Расчетное разрывное усилие каната $S_{разр}$ , кН (не менее), при $\sigma_b$ проволок в МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )			
			1372 (140)	1568 (160)	1666 (170)	1764 (180)
13	61	596,6	72,55	82,95	88,1	90,85
14	74,4	728	88,5	101	107,5	110,5
15	86,28	844	102,5	117	124,5	128,5
16,5	104,61	1025	124	142	151	155,5
18	124,73	1220	148	169,5	180	185,5
19,5	143,61	1405	170,5	195	207,5	213,5
21	167,03	1535	198,5	227	241	248,5
22,5	188,78	1850	224,5	256,5	272,5	281
24	215,49	2110	256	293	311	320,5
25	244	2390	290	331,5	352,5	363
28	297,63	2911	354	404,5	430	443
30,5	356,72	3490	424	485	515	531



Основные размеры (мм) крановых асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором серии МТК



Типоразмер электродвигателя	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	l <sub>1</sub>	l	B	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C	C <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	H	h
МТКФ011	485	415,5	202,5	60	200	64,5	60	230	50	118	90	75	28	19	302	112
МТКФ012	520	450,5	217,5	60	240	64,5	60	230	50	118	90	95	28	19	302	112
МТКФ111	574	484,5	228,5	60	240	36,5	80	290	60	134	110	95	35	19	342	132
МТКФ112	614	524,5	246	60	285	86,5	80	290	60	134	110	117,5	35	19	342	132
МТКФ211	706	586	263	70	306	118,5	110	320	65	156,5	122,5	121,5	40	24	385	160
МТКФ311	748,5	637	277,5	80	320	118	110	350	75	180	140	130	50	24	444	180
МТКФ312	823,5	712	322,5	80	380	113	110	350	75	180	140	160	50	24	444	180
МТКФ411	899	749	36	885	395	147	140	440	90	211	165	167,5	65	28	527	225
МТКФ412	974	824	368,5	85	480	147	140	440	90	211	165	210	65	28	527	225
МТКФ511	1015	860	396	110	480	150,5	140	500	100	236	190	155	70	35	550	250
МТКФ512	960	960	456	110	480	150,5	140	500	100	236	190	195	70	35	580	250

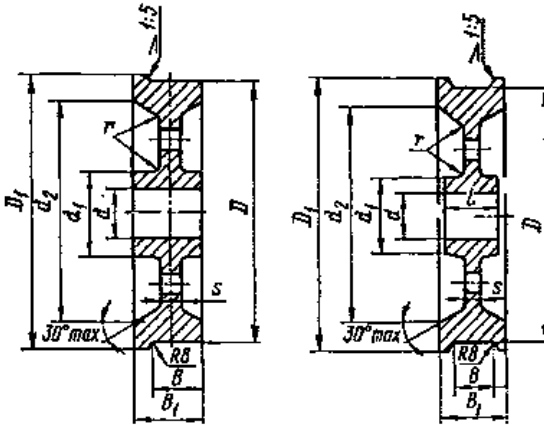
Примечание. У двигателей МТКФ011-312 валы с цилиндрическими концами, у двигателей МТКФ411-512 – с коническими;

F – обычный класс изоляции.

## Приложение Ф

### Основные размеры крановых колес, мм

Одноребордные колеса      Двухребордные колеса



D	D <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	B	B <sub>1</sub>	L	s	r	Масса, кг
200	230	50	80	175	50	80	80	18	18	20
250	290	55	85	220	70	110	110	18	18	30
320	360	70	120	275	80	120	120	20	20	50
400	450	95	150	350	80-100	130-150	120; 130	25	25	90
500	550	110; 115	170; 175	440	90-100	150	135; 150	35	35	140
560	600	100; 150	230; 310	500	90	130	180	35	20	200
630	680	135	200	530	90-130	140-180	150	35-40	40	250
710	770	135; 145	200	640	100-150	150-200	150; 160	35-60	40	410
710	770	175	200	640	100-150	150-200	160; 190	35-60	40	410
710	770	180	200	640	100-150	150-200	200	35-60	40	410
710	770	200	290	640	100-150	150-200	200	35-60	40	410
800	880	155	240	720	100-170	150-250	150; 160; 170	35-70	40	640
800	880	165	240	720	100-170	150-250	160; 170	35-70	40	640

D	D <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	B	B <sub>1</sub>	L	s	r	Масса, кг
800	880	200; 220	360	720	100- 170	150- 250	200; 230	35- 70	40	640
900	980	175; 190	280	820	120- 150	190- 210	170; 190	45	40	490
1000	1080	220	340	880	170	250	230	70	40	890
200	230	50	80	175	65	80	80	18	18	12
250	290	60	85	215	70	90	90	18	18	20
320	360	65	95	285	80	100	100	18	20	31
320	360	85	145	285	80	100	100	18	20	31
400	450	85	130	360	105	130	130	22	20	61
400	450	95	145	360	105	130	110	22	20	61
500	550	105	155	442	125	150	150	28	30	113

*Примечания.* 1. Размеры шпоночного паза – по ГОСТ 23360-78. Для непри-  
водных колес допускается бесшпоночное соединение.

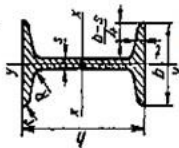
2. Колеса следует изготавливать из стали марки 75 или 65Г по ГОСТ 14959-79.  
Допускается выполнять колеса диаметром 710-1000 мм для кранов легкого, средне-  
го и тяжелого режимов работы из сталей по ГОСТ 10791-89 (соответствие работы  
механизмов режимам по ГОСТ 25835-90).

3. Предельные отклонения диаметров D по h11.

4. Для обеспечения требуемой твердости поверхности качения и реборд HB =  
300-350 глубина термообработки должна быть (мм) не менее: 15 – при D = 200-250;  
20 – при D = 320-500; 30 – при D = 560-710; 40 – при D = 800-1000 мм.

5. Пример условного обозначения кранового двухребордного колеса диамет-  
ром D = 400 мм и шириной поверхности качения B = 100 мм: *колесо K2P-400x100*;  
кранового одnoreбордного колеса диаметром D = 400 мм: *колесо K1P-400*.

## Размеры и справочные величины для осей двутавров (по ГОСТ 8239-89)



h – высота балки	r – радиус закругления полки
b – ширина полки	I – момент инерции
s – толщина стенки	W – момент сопротивления
t – средняя толщина полки	S – статический момент полусечения
R – радиус внутреннего закругления	i – радиус инерции

Номер балки	Размеры, мм										Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Масса I, кг	Справочные величины для осей						
	h	b	s	t	R	r	x - x			y - y									
							I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> , см	S <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>			I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> , см				
10	100	55	4,5	7,2	7	2,5	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22						
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38						
14	140	73	4,9	7,5	8	3	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55						
16	160	81	5	7,8	8,5	3,5	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,7						
18	180	90	5,1	8,1	9	3,5	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88						
18a	180	100	5,1	8,3	9	3,5	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12						
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07						
20a	200	110	5,2	8,6	9,5	4	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32						
22	220	110	5,4	8,7	10	4	2350	232	9,13	131	157	28,6	2,27						
22a	220	120	5,4	8,9	10	4	2790	254	9,22	143	206	34,3	2,5						
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37						
24a	240	125	5,6	9,8	10,5	4	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63						
27	270	125	6	9,8	11	4,5	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54						
27a	270	135	6	10,2	11	4,5	5300	407	11,3	229	337	50	2,8						
30	300	135	6,5	10,2	12	5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69						
30a	300	145	6,5	10,7	12	5	7780	518	12,5	292	436	60	2,95						
33	330	140	7	11,2	13	5	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79						
36	360	145	7,5	12,3	14	6	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89						
40	400	155	8,3	13,0	15	6	19062	953	16,2	545	667	86,1	3,03						
45	450	160	9	14,2	16	7	27696	1231	18,1	718	808	101	3,09						
50	500	170	10	15,2	17	7	39727	1589	19,9	919	1043	123	3,23						
55	550	180	11	16,5	18	7	55962	2035	21,8	1181	1356	151	3,39						
60	600	190	12	17,8	20	8	76806	2560	23,6	1491	1725	182	3,54						

## Приложение Ц

### Технические характеристики цилиндрических редукторов типа Ц2У

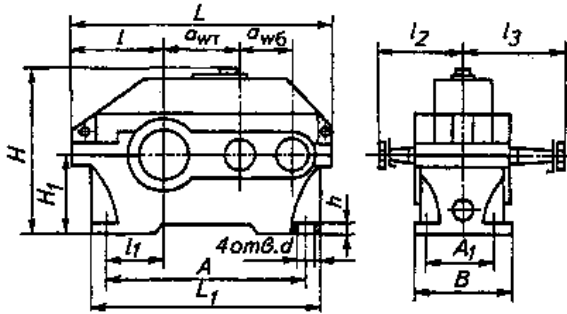
Типо-размер редуктора	Передаточное число $u_p$	Вращающий момент на тихоходном валу, кН·м	Допустимая радиальная консольная нагрузка на выходном валу, кН	КПД	Масса, кг
Ц2У-100	8; 10; 12,5; 16; 18; 20; 22,4; 25; 28; 31,5; 35,5; 40	0,25	4,0	0,97	35
Ц2У-125	8; 10; 12,5; 16; 18; 20; 22,4; 25; 28; 31,5; 35,5; 40	0,5	5,6	0,97	53
Ц2У-160	8; 10; 12,5; 16; 18; 20; 22,4; 25; 28; 31,5; 35,5; 40	1,0	8,0	0,97	95
Ц2У-200	8; 10; 12,5; 16; 18; 20; 22,4; 25; 28; 31,5; 35,5; 40	2,0	11,2	0,97	170
Ц2У-250	8; 10; 12,5; 16; 18; 20; 22,4; 25; 28; 31,5; 35,5; 40	4,0	16,0	0,97	320

*Примечания:* 1. Редукторы допускают кратковременные нагрузки в 2,2 раза, если число циклов нагружения за срок службы не более  $10^6$ .

2. При повторно-кратковременном режиме работы редуктора вращающий момент может быть увеличен в 2 раза, если число циклов не более  $10^6$ .

## Приложение Ч

### Основные размеры (мм) редукторов типа Ц2У

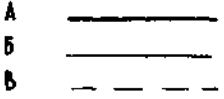
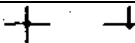

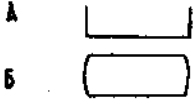

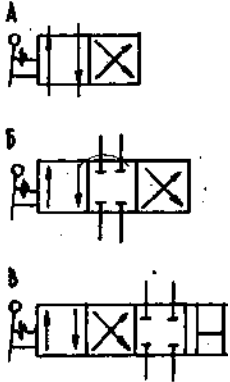
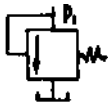





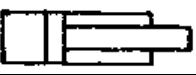
Типоразмер редуктора	$a_{вб}$	$a_{вт}$	$L$	$L_1$	$l$	$l_1$	$l_2$	$l_3$
Ц2У-100	80	100	387	325	136	85	136	165
Ц2У-125	80	125	450	375	160	106	145	206
Ц2У-160	100	160	560	475	200	136	170	224
Ц2У-200	125	200	690	580	243	165	212	280
Ц2У-250	160	250	825	730	290	212	265	335

Типоразмер редуктора	$H$	$H_1$	$h$	$A$	$A_1$	$B$	$d$
Ц2У-100	230	112	22	290	109	160	15
Ц2У-125	272	132	25	335	125	180	19
Ц2У-160	345	170	28	425	140	212	24
Ц2У-200	425	212	36	515	165	250	24
Ц2У-250	530	265	40	670	218	300	28

Приложение Ш

Условные графические обозначения в гидравлических  
схемах по ГОСТ: 2.780-68; 2.781-68; 2.782-68; 2.784-70

<p>Линия связи:          А) всасывания, напора, слива          Б) управления          В) дренажная (отвод утечек)</p>	
<p>Соединение линий связи</p>	
<p>Перекрещивание линий связи</p>	
<p>Бак:          А) под атмосферным давлением          Б) с внутренним давлением выше атмосферного</p>	
<p>Фильтр для жидкости или воздуха</p>	
<p>Распределитель четырехлинейный (ходовой) с управлением от рукоятки с фиксатором          А) двухпозиционный          Б) трехпозиционный          В) четырехпозиционный</p>	
<p>Клапан предохранительный (клапан, ограничивающий максимальное давление <math>P_1</math>)</p>	
<p>Насос с постоянной подачей          А) с постоянным направлением потока          Б) с реверсивным потоком</p>	
<p>Компрессор</p>	

<p>Насос ручной</p>	
<p>Насос шестеренный</p>	
<p>Насос аксиально-поршневой</p>	
<p>Цилиндр. Общее назначение</p>	
<p>Цилиндр одностороннего действия          А) без указания способа возврата штока          Б) с возвратом штока пружиной          В) плунжерный          Г) телескопический</p>	
<p>Цилиндр двустороннего действия          А) с односторонним штоком          Б) с двусторонним штоком          В) телескопический</p>	



Пример заполнения спецификаций

Формат	Экз	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
<i>Документация</i>						
			ПТМ КР 198 00 00 В0	Вид общий		
				<i>Сборочные единицы</i>		
Сплав. №	1		ПТМ КР 198 01 00 СБ	Стрела	1	
	2		ПТМ КР 198 02 00 СБ	Колонна	1	
	3		ПТМ КР 198 03 00 СБ	Противовес	1	
				<i>Детали</i>		
	4		ПТМ КР 198 00 04	Ось	1	
	5		ПТМ КР 198 00 05	Кронштейн	1	
	6		ПТМ КР 198 00 06	Колесо	1	
				<i>Стандартные изделия</i>		
	7			Канат ГОСТ 2688-80*	1	
	8			Гидроцилиндр ГОСТ 6540-68	1	
	9			Электродвигатель	1	
	10			Редуктор	1	
ПТМ РГР 198 00 00						
Изм. №	Лист	№ докум	Подп	Дата	Лист	Листов
Разраб	Иванов				91	1
Проб	Гладченко					
Н.контр					НГАУ ИИ зр.348	
Утв						
				Кран на колонне		
				Чертеж общего		
				вида		



Пример оформления титульного листа

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ  
Инженерный институт  
Кафедра теоретической и прикладной механики

РАСЧЕТНО–ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА  
по дисциплине «Подъемно–транспортные машины»

*Тема: Проектирование тележки мостового крана*

Пояснительная записка  
ПТМ РГР 198 00 00 ПЗ

Студент: Пешков М.Ю.  
Группа: 3308  
№ зачетной книжки: ТО 19–03  
Руководитель: Гладченко В.М.

Новосибирск 202\_

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
1. Общие методические указания .....	4
2. Расчетно-пояснительная записка .....	4
3. Графическая часть расчетно-графической работы.....	4
4. Последовательность расчета механизмов и узлов (сборочных единиц) подъемно-транспортирующих машин .....	7
5. Примеры расчетов .....	18
Библиографический список.....	23
Приложения .....	24

Составитель: **Гладченко Виктор Михайлович**

## **ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ**

Методические указания  
по выполнению расчетно-графической работы

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка Л.Д. Стороженко

Подписано в печать 29 сентября 2020 г.  
Формат 60×84<sup>1/16</sup> Объем 3,0 уч.-изд. л.  
Тираж 50 экз. Изд. № Заказ №

Отпечатано в мини-типографии Инженерного института  
630039, Новосибирск, ул. Никитина, 147

