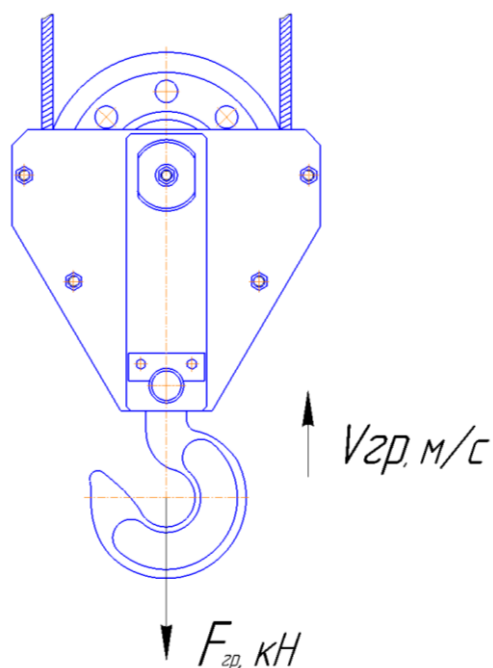


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА «МЕХАНИКА И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

## ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

Учебное пособие (лабораторный практикум)  
для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по направлениям подготовки бакалавров  
факультета механизации сельского хозяйства



Ставрополь - 2020

**Авторский коллектив:**

А.В. Орлянский, Л.И. Яковлева, В.А. Лиханос, И.А. Орлянская,

Под общей редакцией профессора В.Е. Кулаева.

**Рецензент**

д.э.к., к.т.н. профессор Б.А. Доронин

Учебное пособие по дисциплине  
«Детали машин и основы конструирования»  
раздела «Подъемно-транспортные машины»

для студентов факультета механизации сельского хозяйства

Учебное пособие одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства Ставропольского ГАУ Протокол № 1 от 02 сентября 2020 г.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ
  2. ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МАШИНЫ
  3. ТАЛИ
  4. ПОЛИСПАСТЫ
  5. ТОРМОЗА
  6. ТЕОРИЯ РАСЧЕТА МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА  
ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА С ВЫБОРОМ  
ТОРМОЗНОГО УСТРОЙСТВА
- ЛИТЕРАТУРА
- СОДЕРЖАНИЕ

## Предисловие

Подъемно-транспортные машины (ПТМ), применяемые в народном хозяйстве, в частности в сельскохозяйственном производстве, по общности эксплуатационного назначения подразделяются: по характеру перемещения грузов; по назначению; по способу установки этих машин.

По способу перемещения груза различают машины периодического действия с механизмом подъема (различные грузоподъемные краны, подъемники, лифты и т.д.) и машины и устройства непрерывного действия (ленточные, скребковые, шнековые транспортеры и т.д.).

По назначению ПТМ бывают: общего назначения, применяемые в различных отраслях хозяйства (грузоподъемные краны, ленточные транспортеры, различные погрузчики и т.д.) специального назначения (стогометатели, зернопогрузчики, навозопогрузчики и т.д.); встроенные в сложные машины (в комбайне – транспортеры жатки и приемной камеры, шнеки очисток и выгрузной, в навозоразбрасывателе – транспортер, в силосорезке – питательный транспортер и т.д.).

По способу установки ПТМ различают: стационарные, установленные неподвижно на фундаменте; передвижные. В системе подъемно-транспортных устройств одними из важных машин являются машины, работающие периодически - это грузоподъемные краны, в которых основным механизмом является механизм подъема с ручным или машинным приводом с приводным двигателем (чаще всего это электродвигатель). В целях наиболее безопасной работы механизмы подъема снабжаются тормозными устройствами. В механизмах с ручным приводом предусматривается безопасная рукоятка с храповым механизмом, а в машинах с приводом от электродвигателя устанавливают на быстроходном валу механизма подъема тормоз типа ТКТ. Ниже рассматриваются основные вопросы теории расчета основных параметров механизма подъема грузоподъемного крана общего применения и приводится конкретный пример расчета, которые могут быть использованы студентами при выполнении курсовых или расчетно-графических работ.

## 1. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкциями и принципом работы грузоподъемных машин.

### **Оборудование на рабочем месте:**

1. Модели грузоподъемных машин.
2. Кран козловой двух консольный.
3. Кран консольный с поворотной колонной.
4. Кран консольный, поворотный на неподвижной колонне.
5. Кран на подвижной тележке.
6. Таль червячная ручная.
7. Таль электрическая.

### **Последовательность выполнения:**

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ в специализированной лаборатории «Прикладная механика»
2. Ознакомиться с конструкциями грузоподъемных машин.
3. Начертить технические рисунки грузоподъемных машин (6 схем) с нанесением позиций основных элементов.
4. Проработать соответствующие разделы учебной литературы.

## КОЗЛОВЫЕ КРАНЫ

В зависимости от отрасли сельского хозяйства и выполняемых операций применяются различные циклично-работающие машины (краны, грузоподъемники, домкраты, погрузчики и т. д.). Наглядным примером применения грузоподъемных машин циклического действия является использование козловых кранов в строительстве, для обслуживания ремонтных работ в мастерских, загрузки и разгрузки открытых навозохранилищ, силосных ям и выполнения других подобных работ. Козловые краны получили свое название вследствие того, что их остов (ферма) напоминает собой большие козлы. Козловые краны (рис. 1.1) состоят из пролетного строения (1), опирающегося на опорные ноги (2), соединенные с ходовыми тележками. Ходовые тележки крана состоят из электродвигателя, соединительной муфты, редуктора и ходовых колес.

Козловой кран опирается обычно на четыре колеса, на которых и перемещается по обслуживаемой территории. Для удовлетворительной работы крана и сравнительно легкого перемещения необходимо, чтобы пол был гладким и достаточно твердым. Для больших грузоподъемностей часто выполняют рельсовые пути. Краны козлового типа снабжаются обычно консольной частью балки (8), необходимой для выхода тележки с грузозахватным устройством над транспортными машинами при их разгрузке и погрузке.

Широкое распространение получили крюковые краны общего назначения грузоподъемностью 1 – 50 т. Основные параметры этих кранов: высота подъема 4 – 25 м; пролет до 40 м; скорость подъема груза до 32 м/мин, скорость передвижения крана до 100 м/мин, скорость передвижения тележки до 40 м/мин.

Одним из основных рабочих органов крана является механизм подъема груза, который может быть в виде грузовой тележки. При использовании электротельфера (3) предусматривается обычно подвесная грузовая балка двутаврового сечения. Если в качестве механизма подъема служит грузовая тележка с электродвигателем, барабаном и тормозным устройством, то на пролетном строении выполняют рельсовые пути.

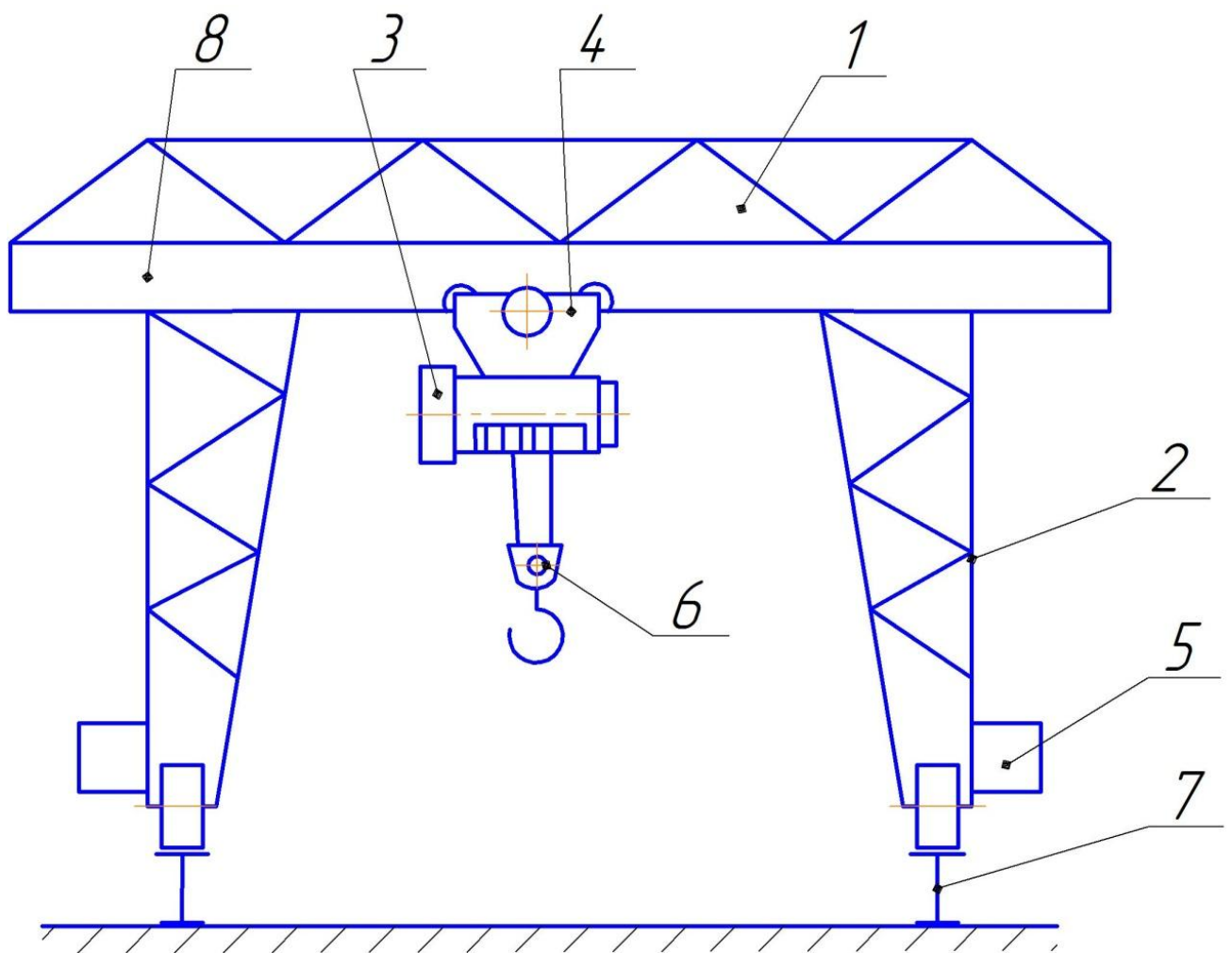


Рисунок 1.1 - Схема козлового крана

1. Пролетное строение;
2. Опорная нога;
3. Механизм подъема (электротельфер);
4. Механизм передвижения груза;
5. Механизм передвижения крана;
6. Подвеска крюковая;
7. Рельсовый путь;
8. Консольная часть пролетного строения.

## СТАЦИОНАРНЫЙ ПОВОРОТНЫЙ КРАН С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ КОЛОННОЙ

Стационарные поворотные краны имеют широкое распространение и в большинстве случаев устанавливаются для сравнительно длительной эксплуатации на одном месте. Эти краны используются достаточно широко на строительных площадках, в цехах машиностроительных заводов и ремонтных мастерских. Их работа характеризуется цикличностью. В каждый цикл входят следующие операции: захват груза; подъем груза на определенную высоту; транспортировка грузов в пределах крана; опускание груза; освобождение груза.

У таких кранов осью вращения является вертикальный стержень остова с верхней опорой или без верхней опоры. На рис. 1.2 показана схема поворотного крана с вращающейся колонной. Колонна (1) имеет нижнюю опору-подшипник (2). Подъем груза осуществляется посредством механизма подъема (3), кинематическая схема которого показана на рисунке 5. Данный механизм состоит из электродвигателя (1), упругой муфты (2), колодочного тормоза (3), редуктора (4), зубчатой муфты (5), барабана (6).

Подъем и опускание груза осуществляется с помощью гибкого элемента стального каната. Гибкий элемент и система подвижных и неподвижных блоков образуют полиспаст, позволяющий получить выигрыш в силе (небольшим усилием в одной ветви полиспаста можно поднимать грузы большой массы).

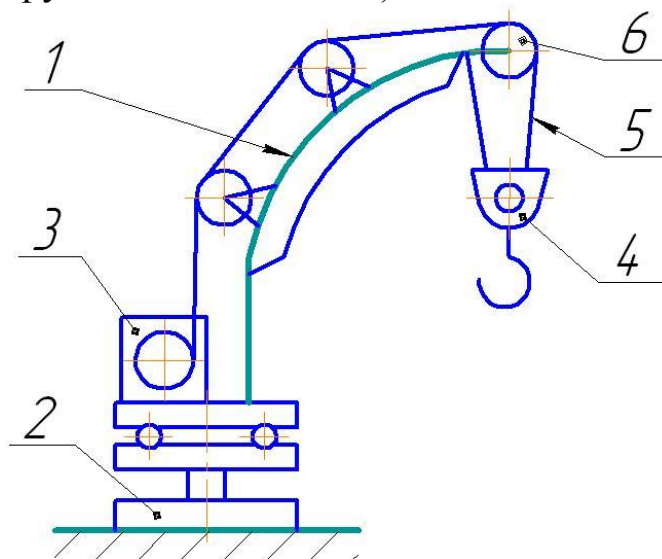


Рисунок 1.2 - Схема крана с поворотной колонной

1. Колонна поворотная; 2. Опора-подшипник; 3. Механизм подъема; 4. Подвеска крюковая; 5. Канат; 6. Неподвижный блок.



## СТАЦИОНАРНЫЙ ПОВОРОТНЫЙ КРАН С НЕПОДВИЖНОЙ КОЛОННОЙ

Особенностью этих кранов является возможность их установки на любой площадке, так как они не требуют для крепления верхнего подшипника стены или иной заменяющей стену конструкции рис. 1.3. Основным опорным элементом этих кранов служит колонна (1), неподвижно закрепленная в фундаментной плите (6). В качестве механизма подъема и передвижения груза в данной конструкции применяется электроталь (3). Краны такого типа могут быть с постоянным и с переменным вылетом стрелы (2). Поворот крана осуществляется вручную или посредством механического привода. Основными техническими показателями являются: грузоподъемность (Т), высота подъема груза (м), максимальный вылет стрелы (м).

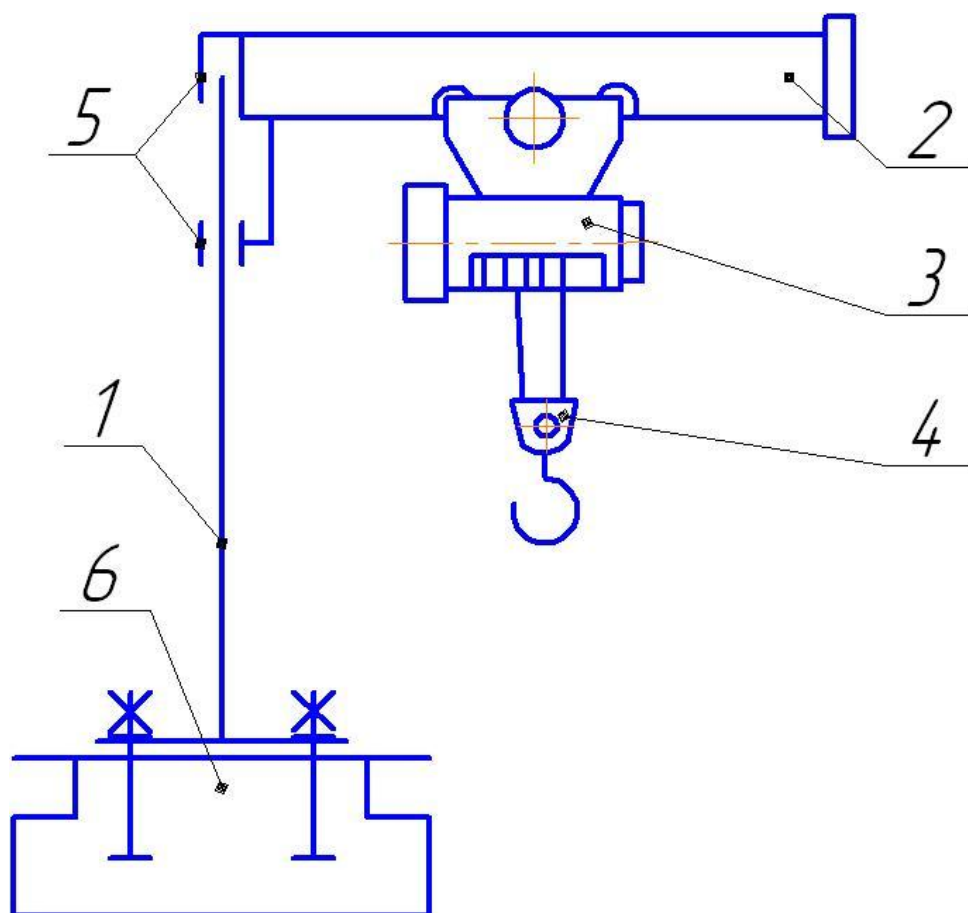


Рисунок 1.3 - Схема поворотного крана с неподвижной колонной

1. Колонна неподвижная; 2. Стрела поворотная; 3. Электроталь;
4. Подвеска крюковая; 5. Опора поворотная; 6. Фундамент.

## КРАН ПОВОРОТНЫЙ НА ЭЛЕКТРОКАРЕ

Для погрузки готовой продукции на открытых складах и площадках, а так же для обслуживания перегрузочных работ на складах сырья и топлива заводов строительных материалов и на строительных площадках применяют передвижные поворотные краны, дающие возможность расширения зоны обслуживания и перемещения крана с одного участка на другой.

Кран поворотный на электрокаре применяется обычно в механических цехах при сборочных работах и для подачи заготовок к станкам, а иногда на строительных площадках. Эти краны относятся к средствам малой механизации. Их грузоподъемность чаще всего достигает до 500 кг. На рис. 1.4 представлена схема такого крана, состоящего из следующих основных узлов: ходовой части (1) на пневматических колесах; механизма подъема груза (2); поворотной стрелы (3) с крюковой подвеской (4).

Ходовой частью крана служит обычная аккумуляторная электрокара. Механизм подъема крепится на ходовой части. Поворот стрелы осуществляется вручную или механически.

С помощью таких кранов выполняются следующие подъемно-транспортные операции: захват и подъем затаренного штучного груза; установка груза на тележке; перемещение; выгрузка.

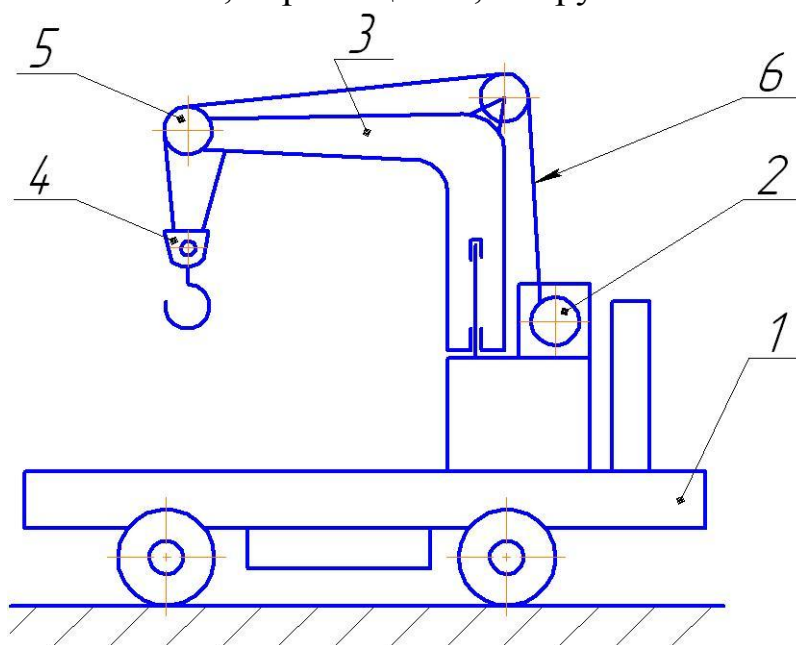


Рисунок 1.4 - Схема поворотного крана на электрокаре

1. Ходовая часть;
2. Механизм подъема груз;
3. Стрела поворотная;
4. Подвеска крюковая;
5. Блок;
6. Канат.

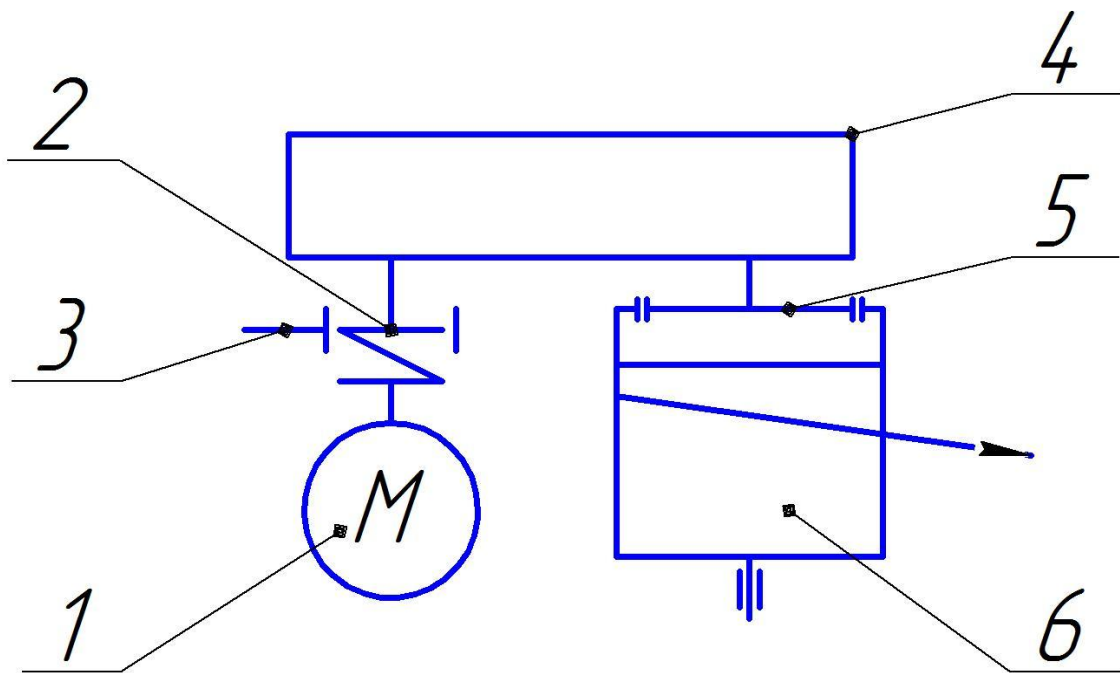


Рисунок 1.5 - Схема механизма подъема груза

1. Двигатель; 2. Муфта; 3. Тормоз колодочный;
4. Редуктор; 5. Муфта; 6. Барабан.

## ТАЛЬ ЧЕРВЯЧНАЯ

Таль - мобильный подъемный механизм, применяемый на монтажных работах и для подъема груза. Тали используют при ремонтных работах в сельскохозяйственных мастерских.

На рис. 1.6 показана схема конструкции ручной червячной тали с подвесом груза на двух ветвях.

Для увеличения КПД тали червяк делают не самотормозящим (угол подъема винтовой линии от 16 до 20 град.) На любой заданной высоте груз фиксирует дисковый грузоупорный тормоз (7), который замыкается весом транспортируемого груза.

Таль подвешивают к опоре за крюк (1). Привод тали осуществляют при помощи бесконечной сварной калиброванной цепи (2), соединенной с приводным тяговым колесом.

КПД червячной тали в среднем равен 0,6; грузоподъемность от 1 до 10 т; тяговое усилие от 0,3 до 0,7 кН, а скорость подъема от 0,11 до 0,55 м/мин при скорости движения приводной цепи 30 м/мин.

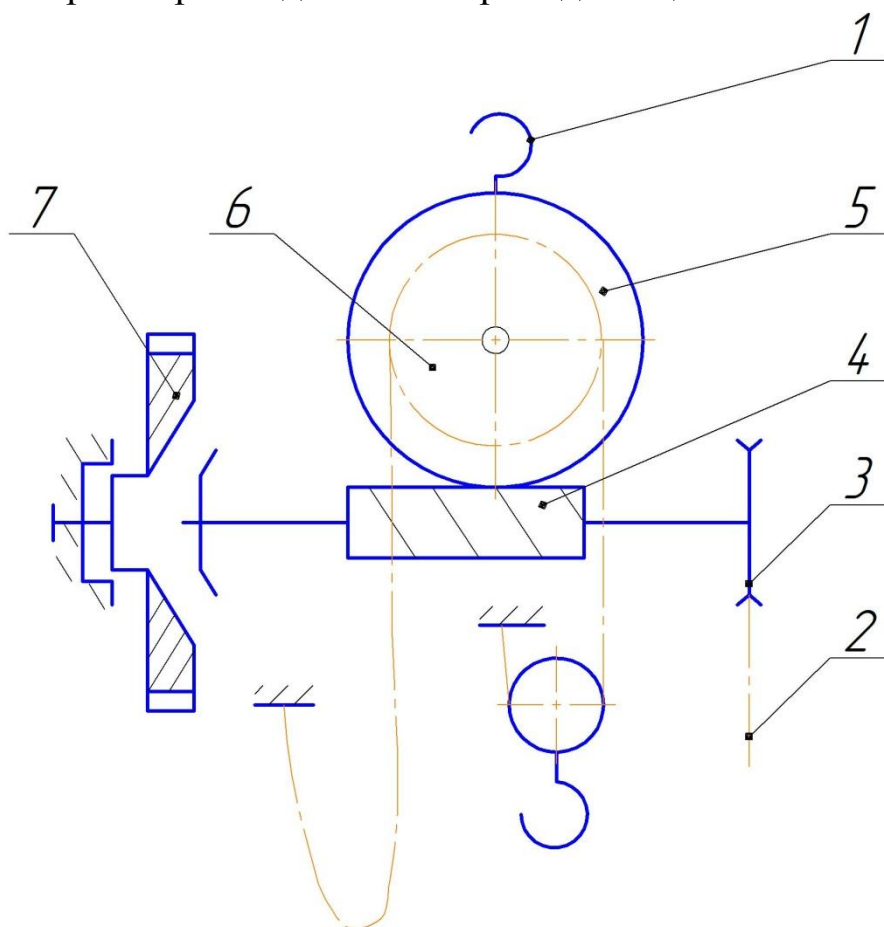


Рисунок 1.6 - Схема червячной тали

1. Крюк; 2. Цепь сварная; 3. Тяговое колесо; 4. Червяк; 5. Червячное колесо; 6. Грузовая звездочка; 7. Тормоз.

## ЭЛЕКТРОТАЛИ

Электротали (рис. 1.7) грузоподъемностью 0,25...5 т широко распространены, обладают компактной конструкцией и простотой обслуживания. Их скорость подъема от 5 до 25 м/мин зависит от грузоподъемности и условий работы. Для подъема с малыми скоростями используют так называемый микроподъем. Высота подъема талями до 40 м. Нормальный режим работы при ПВ=25%. Скорость перемещения по монорельсам до 30 м/мин и по кран-балкам 15 м/мин. Электротали могут работать с различными грузозахватными органами и грейфером на погрузке удобрений, навоза и силоса.

Механизм подъема электротали состоит из электродвигателя (2), статор которого запрессован в нарезной барабан (1), вследствие чего улучшаются условия теплоотвода от двигателя и уменьшения длины тали; ее вес снижается в результате изъятия корпусных деталей двигателя. Через двухступенчатый соосный редуктор (3) крутящий момент ротора двигателя передается на барабан.

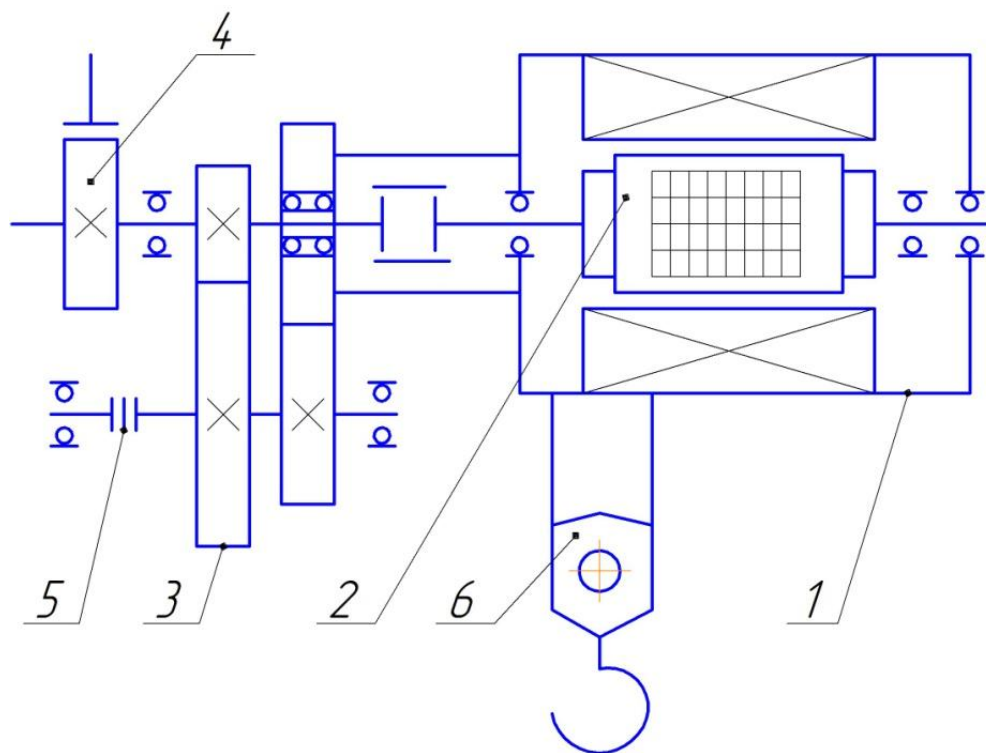


Рисунок 1.7 - Кинематическая схема электротали

1. Барабан; 2. Электродвигатель; 3. Соосный редуктор;
4. Тормоз колодочный; 5. Дисковый тормоз; 6. Крюковая подвеска.

Таль оборудована двумя тормозами: стопорным – колодочным электромагнитным тормозом (4) и автоматическим (при опускании груза) дисковым тормозом (5), замыкаемым весом транспортируемого груза. Соединение барабана с втулкой, на которой имеется прямозубое зубчатое колесо, осуществлено с помощью зубчатой муфты, компенсирующей неточности монтажа. Со стороны противоположной редуктору, расположен шкаф электроаппаратуры, в котором располагаются пускатели механизма подъема груза

### **Вопросы к защите лабораторной работы:**

1. Какие грузозахватные устройства вы знаете?
2. Что применяется в качестве тягового органа?
3. Что в конструкции кранов предусмотрено для изменения направления движения тягового органа?
4. Назовите и покажите на модели основные узлы крана.
5. Расскажите, из чего состоит механизм подъема груза.
6. Как выбрать место установки тормоза в механизме подъема груза.
7. Расскажите, как приводится в движение барабан электротали.
8. Укажите модели поворотных кранов. Как устроены их опоры?

## **2. ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МАШИНЫ**

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкциями и принципом работы транспортирующих машин

### **Оборудование на рабочем месте:**

1. Модели транспортирующих машин;
2. Транспортёр ленточный.
3. Транспортёр скребковый.
4. Элеватор (нория).
5. Транспортёр винтовой.
6. Транспортёр пневматический.
7. V -образный транспортёр.

### **Последовательность выполнения:**

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ в специализированной лаборатории «Прикладная механика»
2. Ознакомиться с конструкциями транспортирующих машин.
3. Начертить технические рисунки транспортирующих машин (6 схем) с нанесением позиций основных элементов.
4. Проработать соответствующие разделы учебной литературы.

## ЛЕНТОЧНЫЙ ТРАНСПОРТЕР

Ленточные транспортеры относятся к машинам непрерывного транспорта. Их основное отличие и достоинство по сравнению с грузоподъемными машинами заключается в непрерывности процесса перемещения сыпучих и штучных грузов. Ленточные транспортеры; стационарные и передвижные, широко распространены в сельскохозяйственном производстве, а также на различных строительных объектах. Это объясняется их эксплуатационными достоинствами: простота конструкции, высокая производительность, возможность транспортирования материалов в наклонном направлении вверх и вниз на большие расстояния, бесшумность работы.

В настоящее время ленточные транспортеры применяются не только для внутреннего транспорта; межцехового, внутрицехового, но и для внешнего транспорта, например, для транспортирования на большие расстояния кирпича от завода или склада к строящемуся объекту.

Ленточные транспортеры универсального назначения (рис. 2.1) с гладкой лентой позволяют перемещать грузы лишь прямолинейно в горизонтальном направлении или под небольшим углом наклона.

Транспортерная лента (1) является тяговым элементом. Приводной барабан (3) сообщает движение ленте благодаря трению между поверхностями ленты и барабана. Роликовые опоры (7) поддерживают рабочую ветвь транспортерной ленты. Эти опоры бывают: однороликовые, трехроликовые, желобчатые, с вогнутым роликом, многороликовые, последние дают возможность увеличивать загрузку ленты, повышая производительность транспортера. Прямые роликовые опоры (6) поддерживают холостую ветвь. Их количество в два раза меньше, чем рабочих роликовых опор.

Приводную станцию (2) экономичнее устанавливать в конце грузовой ветви. Приводной механизм обычно состоит из электродвигателя, редуктора или других передач (ременной, цепной и т.п.) Натяжение ленты осуществляется перемещением ведомого барабана (4) с помощью натяжного устройства (5), в данном случае это винт-гайка.

Загрузочное устройство (8) способствует более рациональному распределению транспортируемого материала по ширине ленты.

В случае перемещения грузов большой тяжести для поддержания ленты и уменьшения ее провисания применяют настил и



роlikоопоры. Перемещение по настилу вызывает износ ленты и повышает расход мощности.

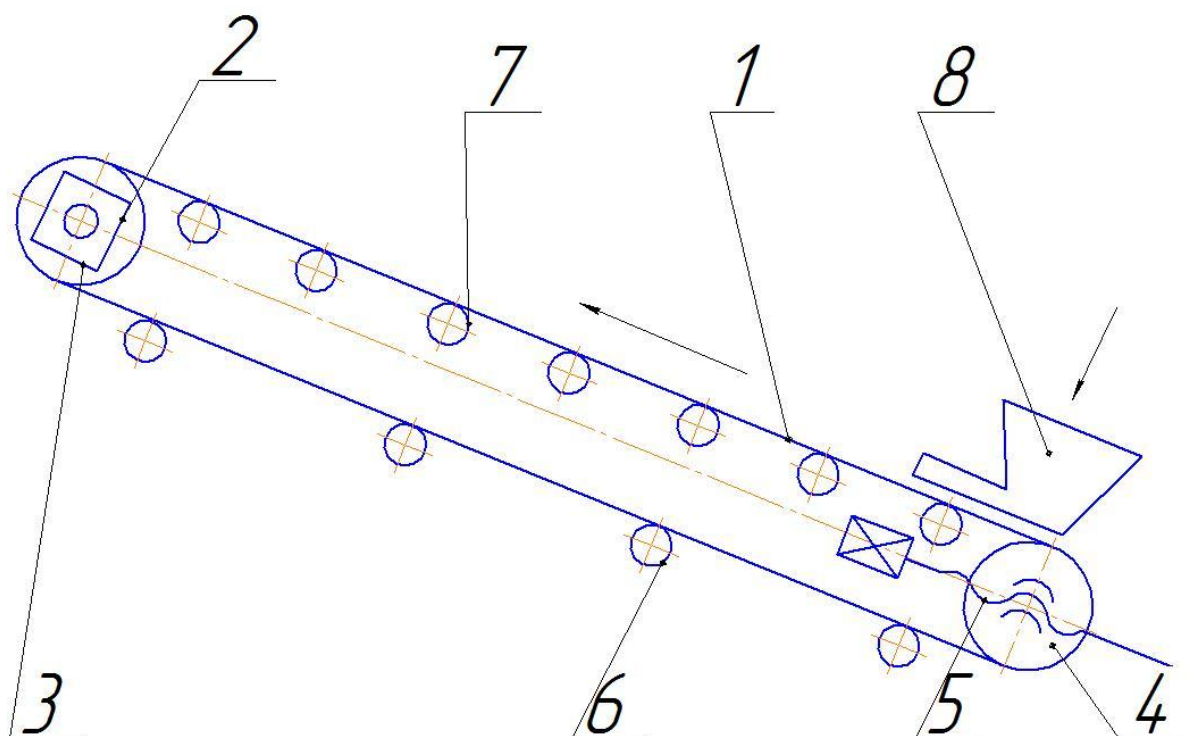


Рисунок 2.1 - Схема ленточного транспортера

1. Лента;
2. Приводная станция;
3. Приводной барабан;
4. Ведомый барабан;
5. Натяжное устройство;
6. Холостые роlikоопоры;
7. Рабочие роlikоопоры;

## СКРЕБКОВЫЙ ТРАНСПОРТЕР

Скребковые транспортеры (рис. 2.2) распространены в сельском хозяйстве в виде самостоятельных машин и механизмов, встроенных в специальные машины. Тяговым органом их служат цепи (1). Скребковый транспортер работает по принципу волочения транспортируемого груза по желобу или настилу (7).

Эти транспортеры применяют для хорошо сыпучих грузов: зерна, муки, удобрений, угля. В последнее время скребковые транспортеры все шире используют для уборки навоза.

Достоинства скребковых транспортеров: простота конструкции; возможность разгрузки и погрузки в любом месте на длине транспортера; транспортирование груза в любом направлении, а при необходимости – одновременно в обоих. Недостатки – измельчение и истирание груза в процессе транспортирования и быстрый износ направляющего желоба.

Рабочими органами служат скребки(2). Скребки применяют для порционного и сплошного волочения. Скребки для порционного транспортирования бывают по форме прямоугольные, прямоугольные со скошенными углами, трапециевидные и дисковые. Изготавливают их из чугуна, дерева, резины и пластмасс.

Желоб транспортера в поперечном сечении делают по форме скребка. Зазор между кромкой скребка и стенкой желоба от 2 до 8 мм.

Приводные устройства цепных и ленточных транспортеров подобны. Привод(3) целесообразнее ставить в конце грузовой ветви, при этом другая ветвь разгружается. Для предохранения транспортеров от поломок в приводное устройство вводят муфту предельного момента.

Натяжные устройства (6) цепных скребковых транспортеров обычно винтовые или пружинно-винтовые. Минимальную величину их хода принимают 1,6 шага цепи.

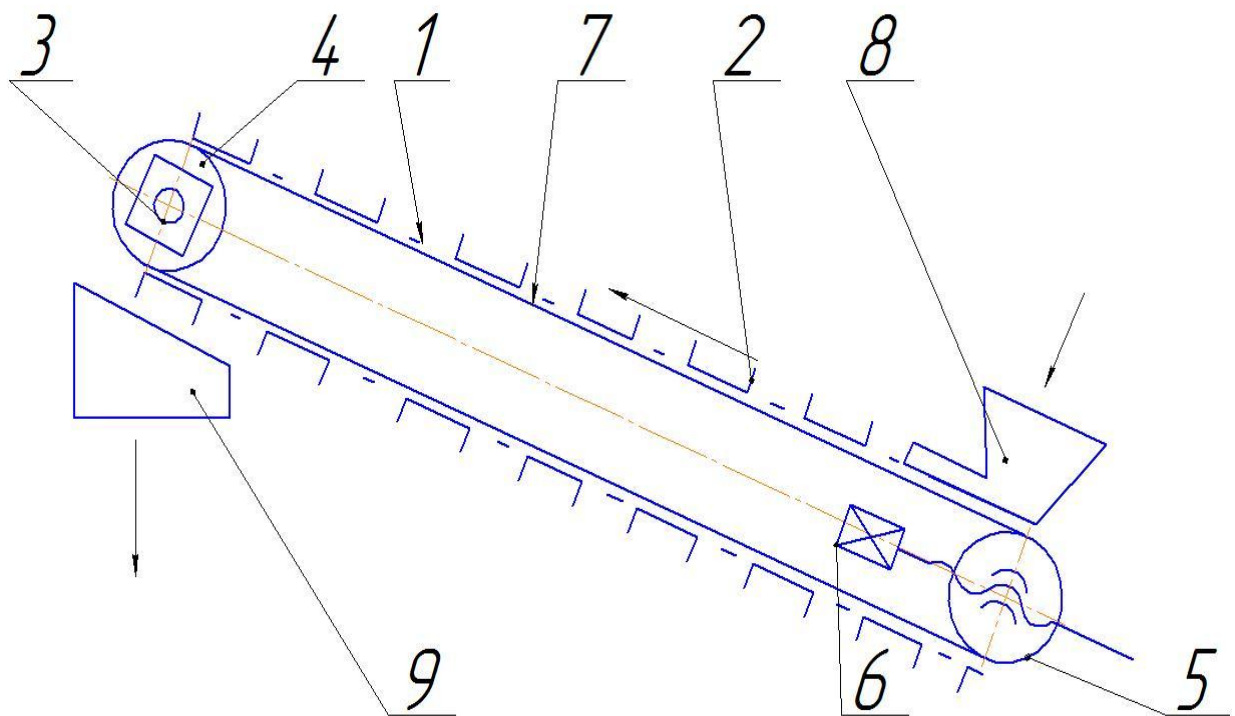


Рисунок 2.2 - Схема скребкового транспортера

1. Цепь;
2. Скребки;
3. Приводная станция;
4. Приводная звездочка;
5. Натяжная звездочка;
6. Натяжное устройство;
7. Настил;
8. Загрузочное устройство.
9. Разгрузочное устройство.

## ЭЛЕВАТОР (НОРИЯ)

Для перемещения кускового, штучного, сыпучего и других материалов по вертикали и с наклоном до  $70^{\circ}$  к горизонтали применяют цепные или ленточные элеваторы.

Они различаются по назначению: на стационарные, передвижные и встроенные в различные машины. По конструкции рабочего органа делятся: на ковшовые (нории) (рис. 2.3), полочные и люлечные.

Тяговыми органами в элеваторах служат ленты и цепи (3). Ленты преимущественно используют в быстроходных элеваторах для зерновых, мучнистых и пылевидных материалов. Для кусковых грузов, а также при наклонном транспортировании чаще применяют цепи.

На рисунке показан элеватор с ковшами (4), которые закреплены на тяговом органе на расстоянии шага. Ковши делают из листовой стали и резины или пластмассы для предохранения материала от повреждения и сетчатыми для обезвоживания груза.

Ковши применяют двух типов: глубокие – для хорошо сыпучих материалов: зерно, сухой песок – и мелкие – для плохо сыпучих материалов, влажных и слеживающихся.

Транспортируемый материал поступает в загрузочную часть (башмак) элеватора (6), в котором ковши наполняются зачерпыванием или засыпкой, и вместе с тяговым органом поднимаются со скоростью 0,6...5 м/с. В верхней части (головка) элеватора (1) ковши разгружаются под действием на материал центробежных сил и силы тяжести.

Головка элеватора состоит из кожуха, проводной звездочки или шкива, приводной станции (2) и останова для предотвращения обратного хода.

Для предохранения груза при ударе о кожух, поверхность обкладывают листовой резиной.

Ковшовые элеваторы применяют в кормоцехах животноводческих ферм, зернохранилищах, зернотоках; для перемещения зерна, муки, корнеклубнеплодов, навоза и других грузов.

Основные достоинства элеваторов: компактность (малые поперечные габариты); возможность подавать грузы на большую высоту (до 45–60 м и выше); большой диапазон производительности – от 1 до 20 т/ч для сельскохозяйственного производства.

Недостатки элеваторов: ударное воздействие на материал, сложность конструкции и чувствительность к перегрузке.

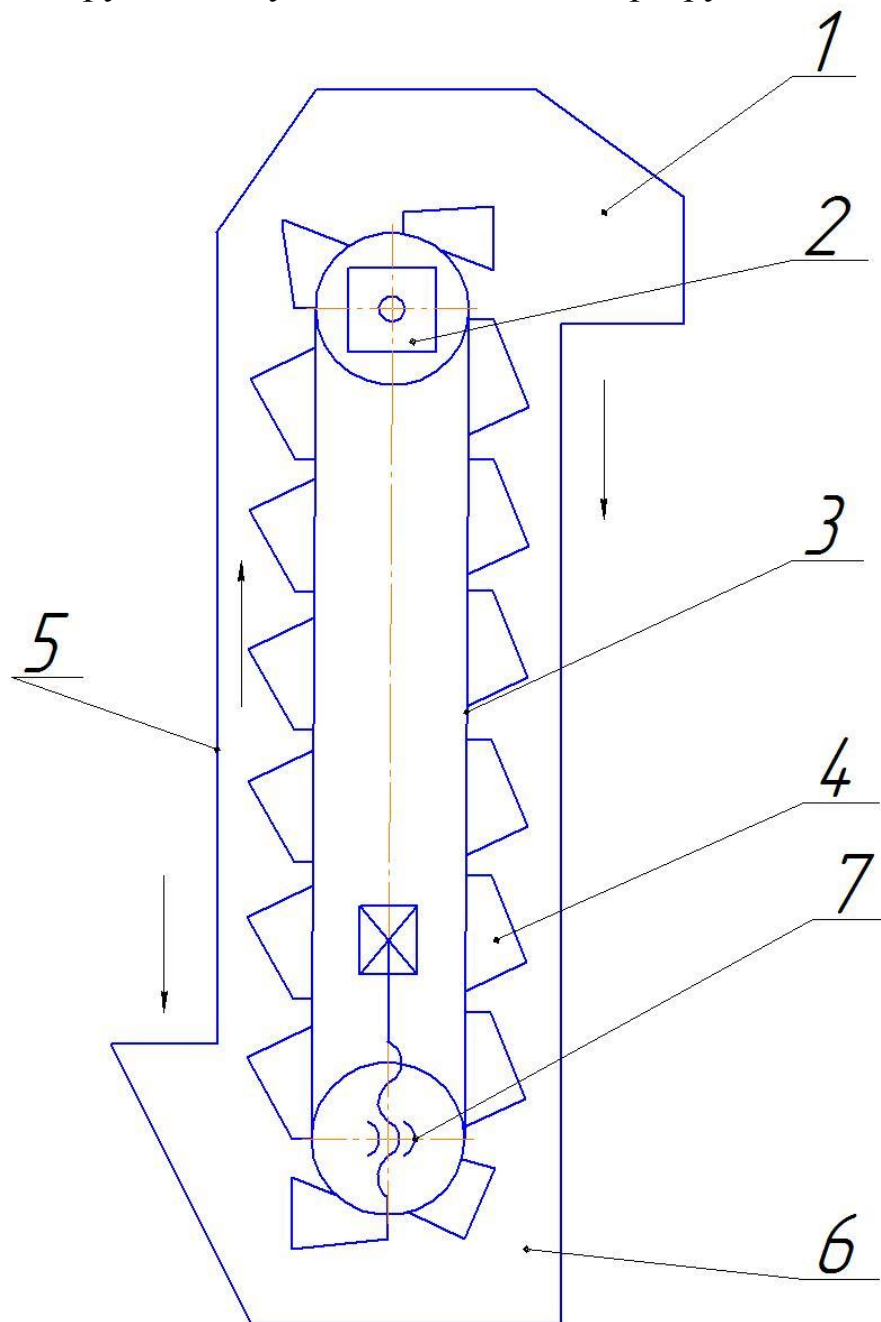


Рисунок 2.3 - Схема элеватора (нория)

- 1. Головка элеватора., 2.Приводная станция,
- 3.Тяговый орган (лента, цепь), 4.Ковш.
- 5.Кожух. 6.Башмак. 7.Натяжное устройство

## ВИНТОВОЙ ТРАНСПОРТЕР

Винтовые транспортеры (шнеки) (рис. 2.4) применяют для горизонтального, наклонного и вертикального перемещения сыпучих, влажных, жидких и реже штучных грузов, при механизации кормоприготовления, для транспортирования навоза, зерна, сыпучих грузов, в комбайнах и других сельскохозяйственных машинах. Их отличает компактность и отсутствие тягового органа.

Винтовой транспортер состоит из загрузочного устройства (7), винта (5), желоба или кожуха (6) и разгрузочного устройства (8). Приводная станция состоит из двигателя (1), редуктора (2), ременной передачи (3).

В зависимости от вида груза и назначения транспортера винт бывает: сплошной т.е. ленточный – для транспортирования кускового и слипающегося грузов; его используют для перемешивания грузов; лопастной – для сильно слипающихся грузов и их активного перемешивания; спиральный – для криволинейного перемещения в гибких шлангах. Винты различают по направлению навивки на левые и правые и на одно- и многозаходные. Диаметр винта колеблется в пределах 50...600 мм. Частота вращения винта изменяется в пределах 5...1300 об/мин.

Недостатки шнека: повышенная энергоемкость, истирание и дробление транспортируемого груза (зерно до 2 %) и износ поверхности кожуха и винта.

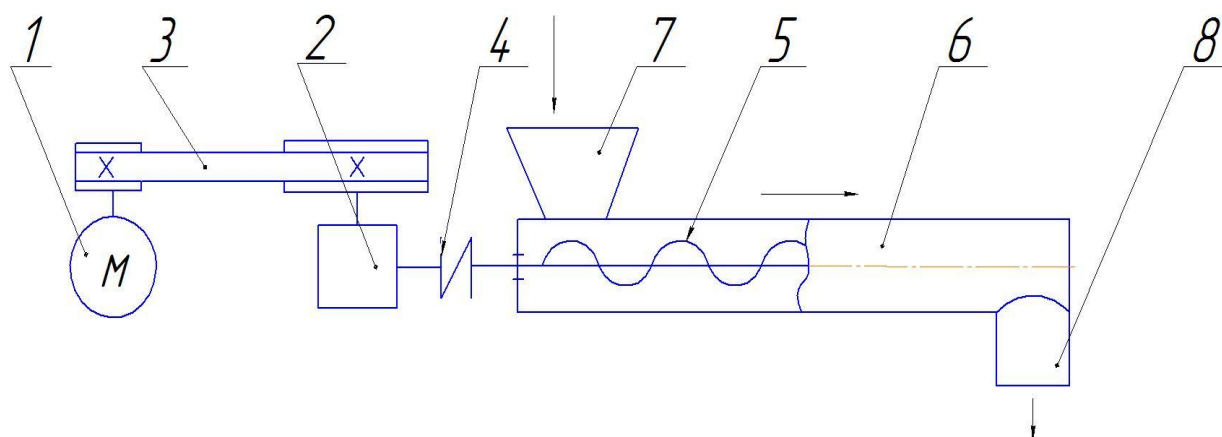


Рисунок 2.4 - Схема винтового (шнекового) транспортера.

1. Двигатель; 2. Редуктор; 3. Ременная передача; 4. Муфта; 5. Винт; 6. Желоб. 7. Загрузочное устройство; 8. Разгрузочное устройство.

## ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТЕР

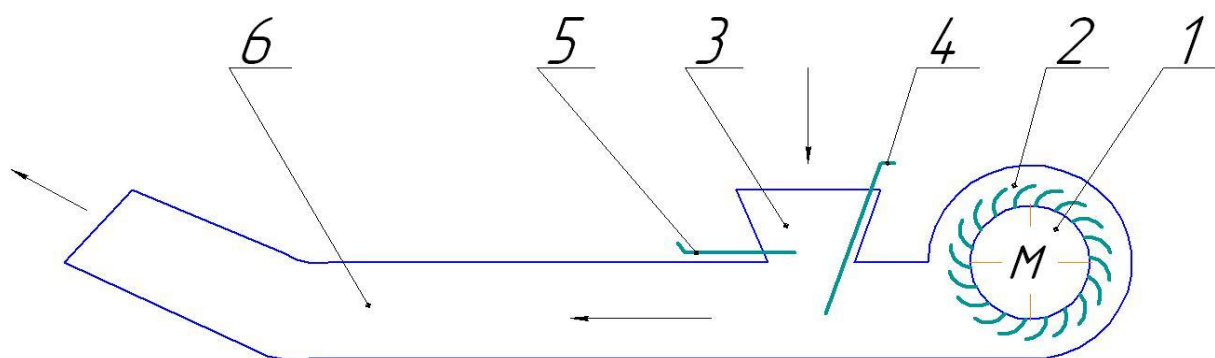
Пневматические транспортеры по принципу действия делятся на следующие: всасывающие, нагнетательные и смешанные.

Всасывающий транспортер применяют для перемещения груза на небольшие расстояния. Они работают при разрежении 10...50 кПа. Их используют для разгрузки сыпучих грузов из вагонов, барж, кузовов в склады; их можно применять и для погрузки зерна в транспортные средства.

Нагнетательный транспортер используют для транспортирования груза на большое расстояние. В зависимости от давления, создаваемого вентилятором, эти установки бывают: низкого давления - до 1,0 кПа, применяемые для транспортирования сена, соломы; среднего давления - до 3,0 кПа и высокого давления - до 15,0 кПа, используемые для перемещения зерна и других сыпучих грузов.

Загрузочные воронки устанавливают на сужающемся участке трубопровода или снабжая их воздушной заслонкой (4) и регулирующей заслонкой подачи груза (5). Этим достигается увеличение динамического напора против загрузочного окна, и в нагнетательных пневмотранспортерах не только не выбивает воздух, но и, наоборот, происходит подсосывание как следствие инжекции воздуха и груза.

Пневматические транспортеры в сельском хозяйстве применяют для транспортирования зерна, обслуживания кормоцехов и животноводческих ферм, скирдования и подачи соломы и сена в хранилища, закладки силоса. Кроме того, их используют в виде



встроенных агрегатов в сельскохозяйственных машинах.

Рисунок 2.5 - Схема пневматического транспортера

1. Двигатель; 2. Вентилятор; 3. Загрузочное устройство; 4. Воздушная заслонка; 5. Регулирующая заслонка; 6. Патрубок.

## V - ОБРАЗНЫЙ ТРАНСПОРТЕР УСТАНОВКА ДЛЯ ФИКСАЦИИ И ПОДАЧИ ОВЕЦ ПРИ ЗООВЕТОБРАБОТКАХ

Установка для фиксации и подачи овец с двумя ленточными транспортерами, расположенными под углом друг к другу ( $90^\circ - 105^\circ$ ), позволяет фиксировать животное за счет его веса и перемещать в рабочую зону оператора. При этом животное попадает в транспортерное устройство из универсального овцепровода (раскола). Установка используется при проведении следующих зооветеринарных обработках: вакцинация, осмотр, обрезка и обработка копыт, взятие крови, стрижка и т.д.

Установка относится к типу переносных и может быть смонтирована как на открытой площадке, так и в помещении. На (рис. 2.6) показана схема общего вида установки, которая состоит из двух ленточных транспортеров смонтированных под углом, каждый из которых имеют поворотные и неповоротные части рамы. На поворотных частях рамы закреплены ведомые барабаны (2) с натяжным устройством, а на неповоротных частях - ведущие барабаны (1) с мотор редукторами. На нижней кромке рам закреплены щитки, уменьшающие вероятность травмирования ног животного при транспортировке.

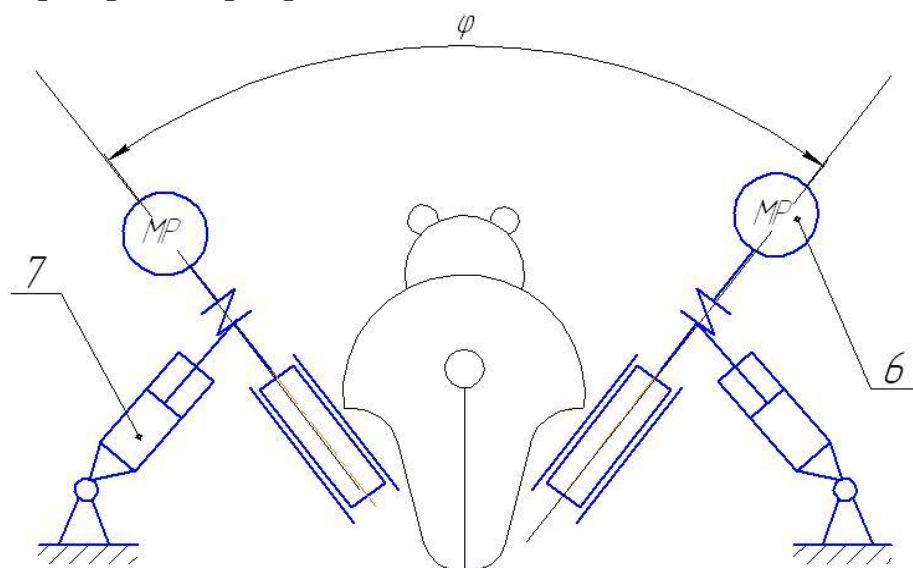


Рисунок 2.6 - Схема установки для зооветеринарной обработки овец (V-образный транспортер).



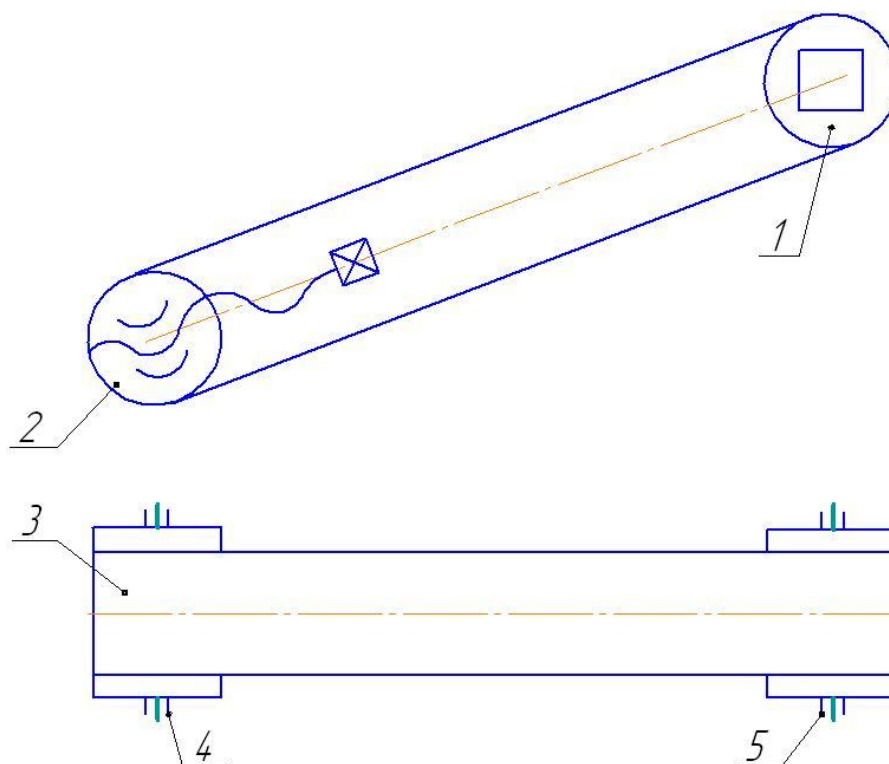


Рисунок 2.6а - Схема установки для зооветобработки овец (V-образный транспортер).

1. Ведущий барабан с мотор редуктором; 2. Ведомый барабан с натяжным устройством; 3. Прорезиненная лента; 4. Опора ведомого барабана; 5. Опора ведущего барабана; 6. Motor редуктор; 7. Механизм изменения угла наклона рамы.

### Вопросы к защите лабораторной работы:

1. Конструкции каких транспортеров с тяговым органом вы изучили?
2. Конструкции каких транспортеров без тягового органа вы изучили?
3. Что применяется в качестве тягового органа транспортера?
4. Как выбирается место установки приводной станции транспортера с тяговым органом?
5. Какое устройство должны иметь транспортеры с тяговым органом? Выбрать место установки этого устройства.
6. Как устанавливаются поддерживающие ролики на рабочей и холостой ветви ленточного конвейера?
7. От чего зависит тип винта шнекового транспортера?

### 3. РУЧНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТАЛИ И ЭЛЕКТРОТЕЛЬФЕРЫ

**Цель работы:** Изучить принципиальные схемы и особенности конструкций ручных талей (червячной и зубчатой или шестеренчатой) и электротельферов различной грузоподъемности.

#### **Оборудование на рабочем месте.**

Для выполнения лабораторной работы оборудован пост, на котором имеются установленные на монорельсе:

- ручная червячная таль грузоподъемностью 2 т;
- ручная шестеренчатая таль грузоподъемностью 3 т;
- электротельфер грузоподъемностью 0,5 т, с канатным тяговым органом;
- электротельфер грузоподъемностью 0,125 т, с цепным тяговым органом.

А так же:

- инструкции по эксплуатации талей и электротельферов;
- памятка по технике безопасности;
- плакаты по изучаемой теме;
- научно-техническая литература.

#### **Последовательность выполнения лабораторной работы.**

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ в специализированной лаборатории «Прикладная механика»
2. Составить структурные схемы талей и тельферов;
3. Составить кинематические схемы талей и тельферов;
4. Записать технические характеристики талей и тельферов;
5. Опробовать подъемные и передвижные механизмы в действии;
6. Определить усилие рабочих на цепь тягового колеса ручной червячной тали, необходимое для подъема груза весом  $G$  (задается преподавателем) и сравнить с допустимым усилием для одного рабочего - 250 Н.
7. Составить отчет о лабораторной работе.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

(ручная червячная таль)

В ручных подъемных механизмах широко распространены замкнутые грузоупорные тормоза. Конструктивно тормоза могут выполняться коническими или дисковыми. У грузоупорного тормоза с неразмыкаемыми поверхностями трения, в отличие от размыкаемых, трущиеся поверхности постоянно сжаты под действием осевого усилия, вызываемого грузом. Рассмотрим схему работы механизма с грузоупорным коническим тормозом (рис. 3.1). При подъеме груза червяк (1), червячное колесо (2) и барабан (3) вращаются по направлению стрелок I. Грузовой момент, имея постоянное направление, через червяк прижимает конус (4) тормоза к храповику (5) с внутренней конической поверхностью; при этом происходит стормаживание частей тормоза. Замкнутый тормоз, вращаясь (стрелка I) вместе с валом червяка, не встречает препятствий со стороны собачки (6), так как она скользит по скошенным поверхностям зубьев.

Как только прекращается вращение рукоятки, грузовой момент продолжает удерживать тормоз в замкнутом виде (стрелка II), а червячное колесо стремится повернуть червяк в обратном направлении (стрелка II), но этому препятствует храповое устройство - собачка упирается в зуб, и груз с помощью тормоза стопорится.

Разомкнуть этот тормоз нельзя, поэтому для опускания груза необходимо затрачивать энергию на преодоление запаса тормозного момента.

При спуске груза вал червяка вращается в направлении, обратном подъему (стрелка III), тогда червячное колесо и барабан будут, разматывая трос или цепь, опускать груз. Храповое колесо остается в застопоренном состоянии, а конус с червяком проворачивается усилием рабочего.

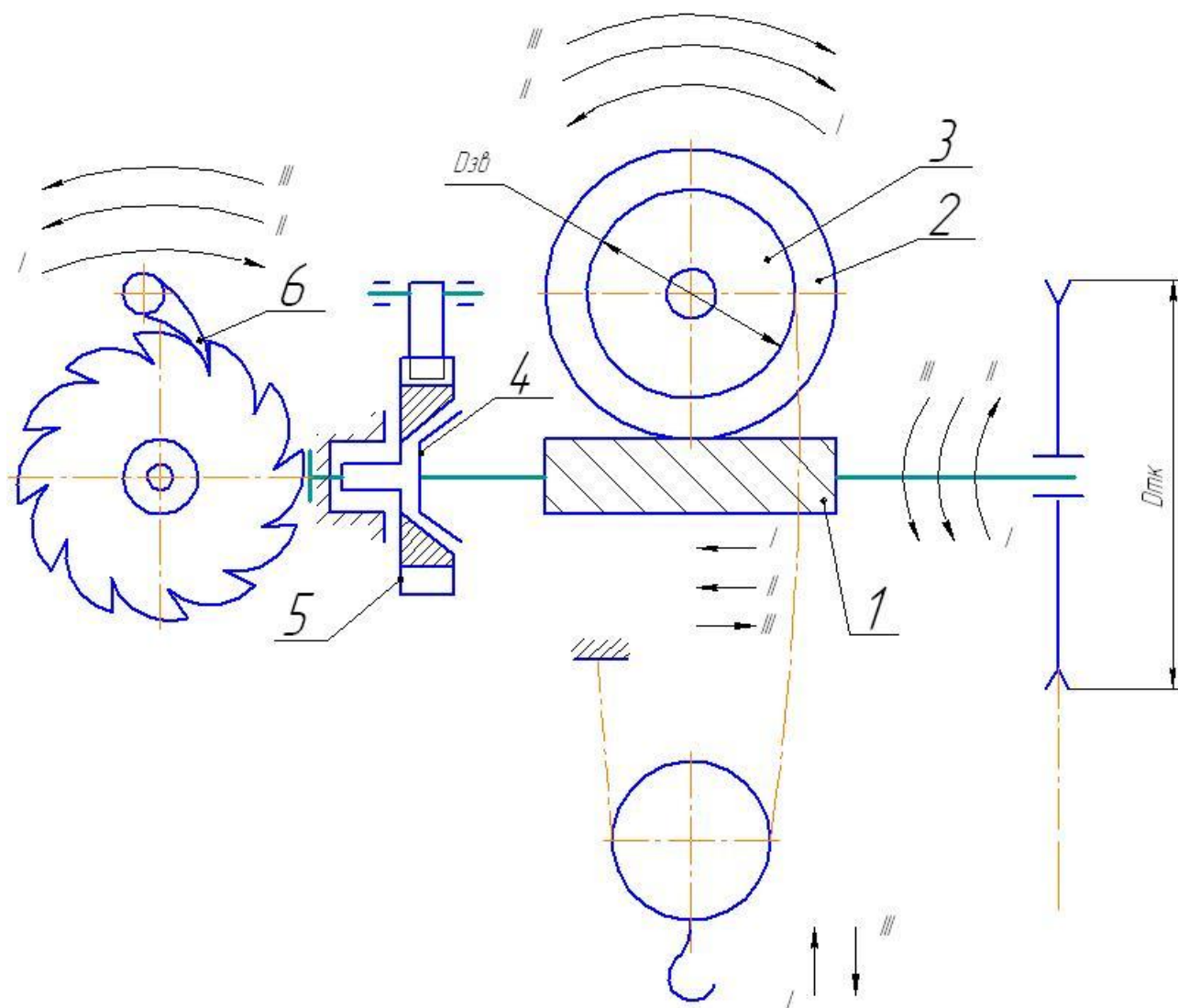


Рисунок 3.1 - Схема ручной червячной тали.

Момент сопротивления на звездочке ( $T_{зв.}$ )

$$T_{зв.} = \frac{G}{K_n} \cdot \frac{D_{зв.}}{2 \cdot \eta_n}, \text{ Нм} \quad D_{зв.} = \frac{t}{\sin \frac{180}{Z_{зв.}}}, \text{ мм}$$

где  $G$  – вес груза, Н;  
 $D_{зв.}$  – диаметр звездочки,  
 $\eta_n$  – к.п.д. полиспаста;  $\eta_n = 0,94$   
 $K_n$  – кратность полиспаста;  
 $t$  – шаг грузовой цепи, мм;  
 $Z_{зв.}$  – число зубьев звездочки.

Момент сопротивления, приведенный к валу тягового колеса ( $T_{тк}$ )

$$\dot{\theta}_{\dot{\theta}} = \frac{\dot{\theta}_{\dot{\theta}}}{u_{\dot{i}} \cdot \eta_{\dot{a}\dot{\delta}} \cdot \eta_{\dot{\zeta}\dot{\alpha}}}, \text{ Н}$$

где  $u_{\dot{i}}$  – передаточное число червячной пары;

$\eta_{\dot{\zeta}\dot{\alpha}}$  – КПД червячной пары;  $\eta_{\dot{\zeta}\dot{\alpha}} = 0,8$ ;

$\eta_{\dot{a}\dot{\delta}}$  – КПД грузовой звездочки.  $\eta_{\dot{a}\dot{\delta}} = 0,9$ .

$$u_{\dot{i}} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

где:  $Z_2$ ;  $Z_1$  – число зубьев колеса и число заходов червяка;

тогда:

$$T_{\dot{m}\dot{k}} = \frac{G}{2K_n} \cdot \frac{D_{\dot{z}\dot{e}} \cdot Z_1}{Z_2 \cdot \eta_n \cdot \eta_{\dot{\zeta}\dot{\alpha}} \cdot \eta_{\dot{a}\dot{\delta}}}, \text{ Нм}$$

Момент рабочего на тяговом колесе

$$T_{\dot{\theta}\dot{\theta}} = F_{\dot{\theta}\dot{\theta}} \frac{D_{\dot{\theta}\dot{\theta}}}{2} \cdot \dot{\theta} \cdot \varphi$$

где  $F_{\dot{\theta}\dot{\theta}}$  – усилие рабочего на цепь тягового колеса, Н;

$D_{\dot{m}\dot{k}}$  – диаметр тягового колеса;

$m$  – число рабочих;

$\varphi$  – коэффициент, учитывающий неодновременность приложения усилия при работе нескольких рабочих:

для одного рабочего -  $\varphi = 1$ ;

для двух рабочих -  $\varphi = 0,8$ ;

для трех рабочих -  $\varphi = 0,75$ ;

для четырех рабочих -  $\varphi = 0,7$ .

## **Отчет о лабораторной работе должен содержать:**

1. Структурную и кинематическую схемы каждого изученного механизма указанием скоростей подъема и перемещения отдельных элементов, угловых скоростей и передаточных чисел валов двигателя, ходовых колес, барабанов, редукторов и т.д.
2. Подробную техническую характеристику механизмов.
3. Правила безопасной эксплуатации изученных подъемных машин.
4. Расчет определения усилия рабочих на цепь тягового колеса при подъеме груза  $G_i$ .

## **Вопросы к лабораторной работе:**

1. Работа червячной тали с грузоупорным тормозом.
2. Работа безопасной рукоятки.
3. Как определить момент на валу червячного колеса (на валу барабана)?
4. Как определить приведенный момент на валу тягового колеса?
5. Как определить момент, создаваемый рабочим на валу тягового колеса.
6. Условие работоспособности ручной червячной тали.

## 4. СОСТАВЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИСПАСТОВ РАЗЛИЧНОЙ КРАТНОСТИ

**Цель работы:** Освоить технику составления полиспастов различной сложности и кратности, выявить влияние кратности полиспаста на усилия в канате и на к.п.д. механизма.

### Оборудование на рабочем месте

Для выполнения лабораторной работы на рабочем месте имеются:

- установка для составления полиспастов различной кратности (рис. 5);
- модель сдвоенного двукратного полиспаста;
- набор крюковых обойм;
- набор подвесных грузов весом 0,5; 1; 2; 3; 4 и 5 Н;
- индикатор часового типа;
- набор инструментов;
- плакаты по изучаемой теме.

### Последовательность выполнения лабораторной работы

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ в специализированной лаборатории «Прикладная механика»;
2. Изучить устройство установки для составления полиспастов;
3. Освоить технику составления одинарных, двух – трех – четырех – пяти – шести и семикратных полиспастов;
4. Измерить максимальное усилие в канате в системе с полиспастами различной кратности в покое и в движении, имея ввиду, что жесткость пружины измерительного узла  $C = 0,013 \text{ Н/дел.}$ ;
5. Вычислить к.п.д. полиспаста разной кратности, нагруженного различным весом поднимаемого груза и выявить зависимость к.п.д. от кратности полиспаста и веса груза;
6. Составить отчет о лабораторной работе;
7. Проработать соответствующие разделы учебной литературы.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Система подвижных и неподвижных блоков, соединенных гибкой связью (канат, цепь) называется полиспастом. Полиспасты бывают силовые (для выигрыша в силе) и скоростные для выигрыша в скорости.

Полиспасты, встроенные в грузоподъемные машины, бывают одинарные и сдвоенные, в зависимости от числа канатов наматываемых на барабан.

Подвешивание груза на нескольких ветвях позволяет снизить нагрузку на канат, уменьшить его сечение, размеры блоков и барабанов, массу и размеры механизма в целом.

Основной характеристикой полиспаста является кратность  $K_n$ . Кратность полиспаста определяется как отношение числа ветвей, на которых висит груз, к числу тяговых ветвей. Схемы одинарных полиспастов кратностью 2, 3 показаны на (рис. 4.1) Схема одинарного шестикратного полиспаста показана на (рис. 4.2). Схема сдвоенного двухкратного полиспаста показана на (рис. 4.3).

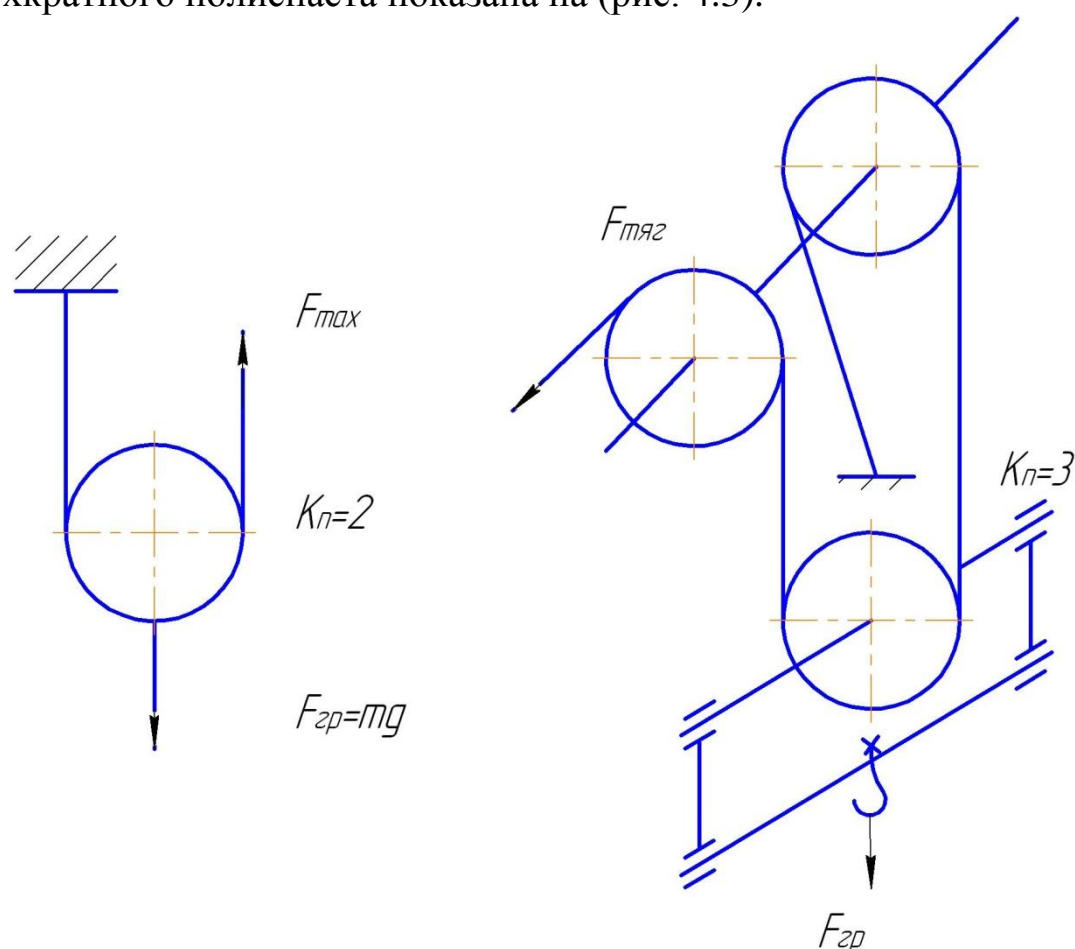


Рисунок 4.1 - Схема двукратного и трехкратного полиспастов



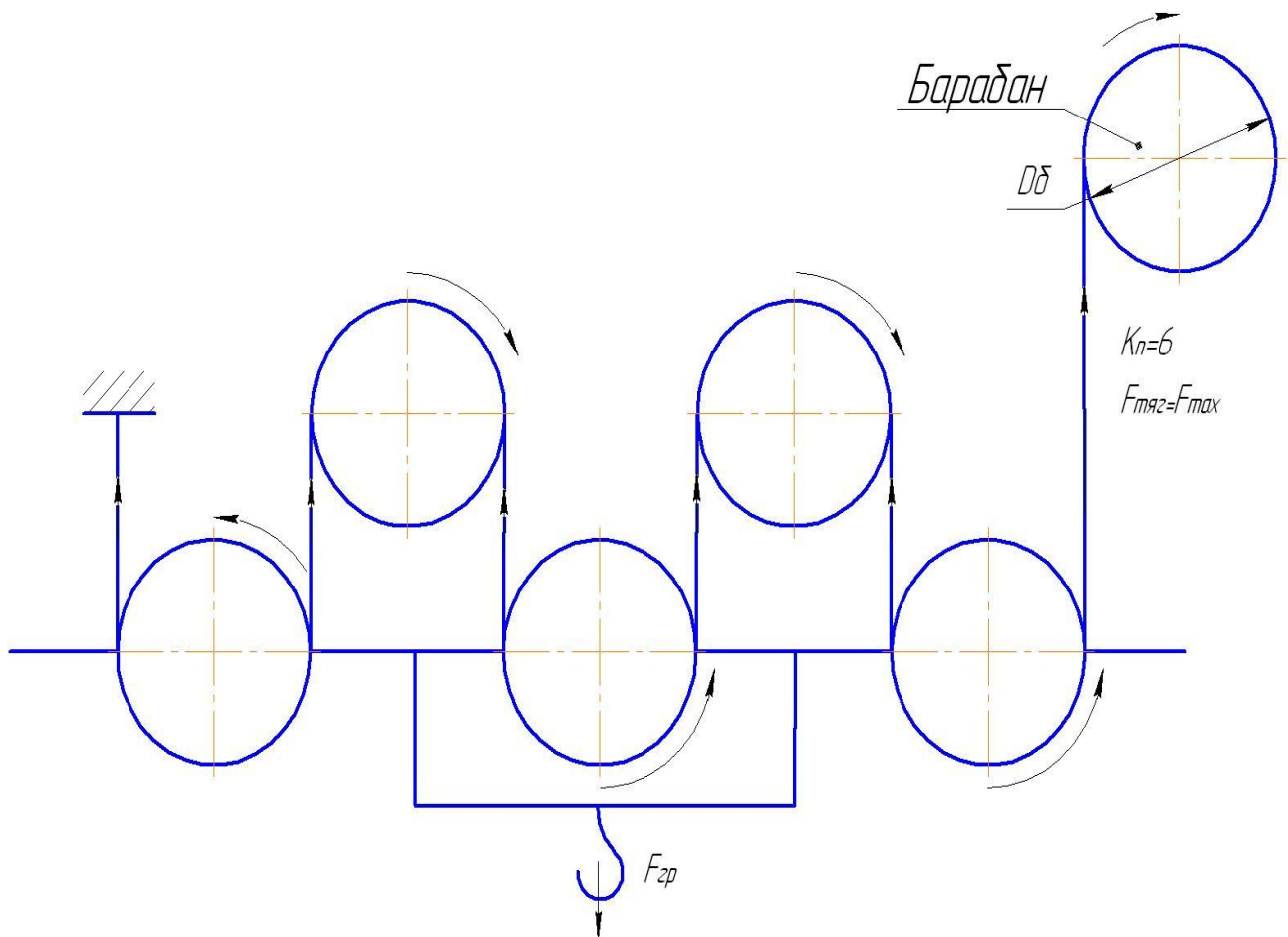


Рисунок 4.2 - Схема одинарного шестикратного полиспаста.

Усилие в тяговой ветви одинарного полиспаста определяется:

$$F_{\text{дв}} = \frac{F_{\text{ад}}}{\hat{E}_n \cdot \eta}$$

В вдвоенном полиспасте максимальное усилие в тяговой ветви определяется:

$$F_{\text{max}} = \frac{F_{\text{ад}}}{\hat{E}_n \cdot \eta \cdot 2}$$

где  $F_{\text{зр}} = mg$  - вес груза,  $Kn$  - кратность полиспаста.

$$K_i = \frac{4}{2} = 2$$

2 в знаменателе – показывает, что полиспаст вдвоенный.

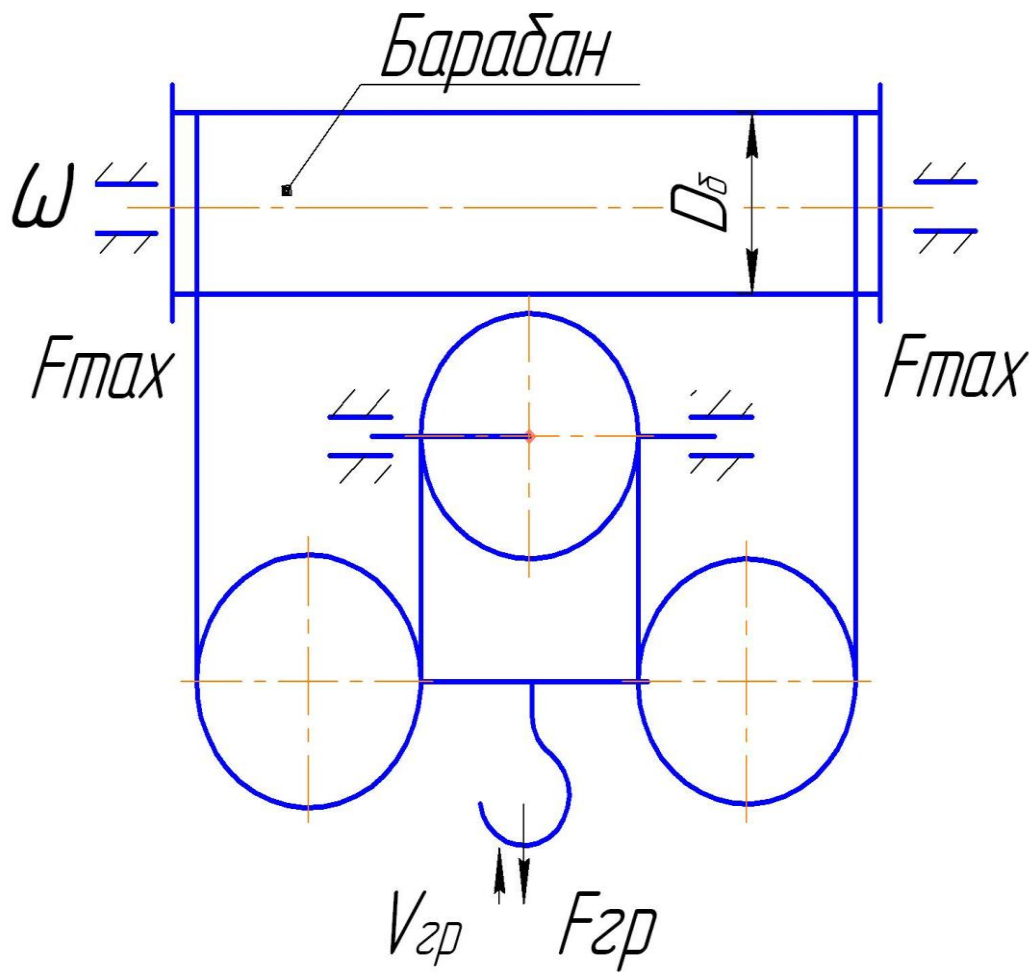


Рисунок 4.3 - Схема сдвоенного двукратного полиспаста

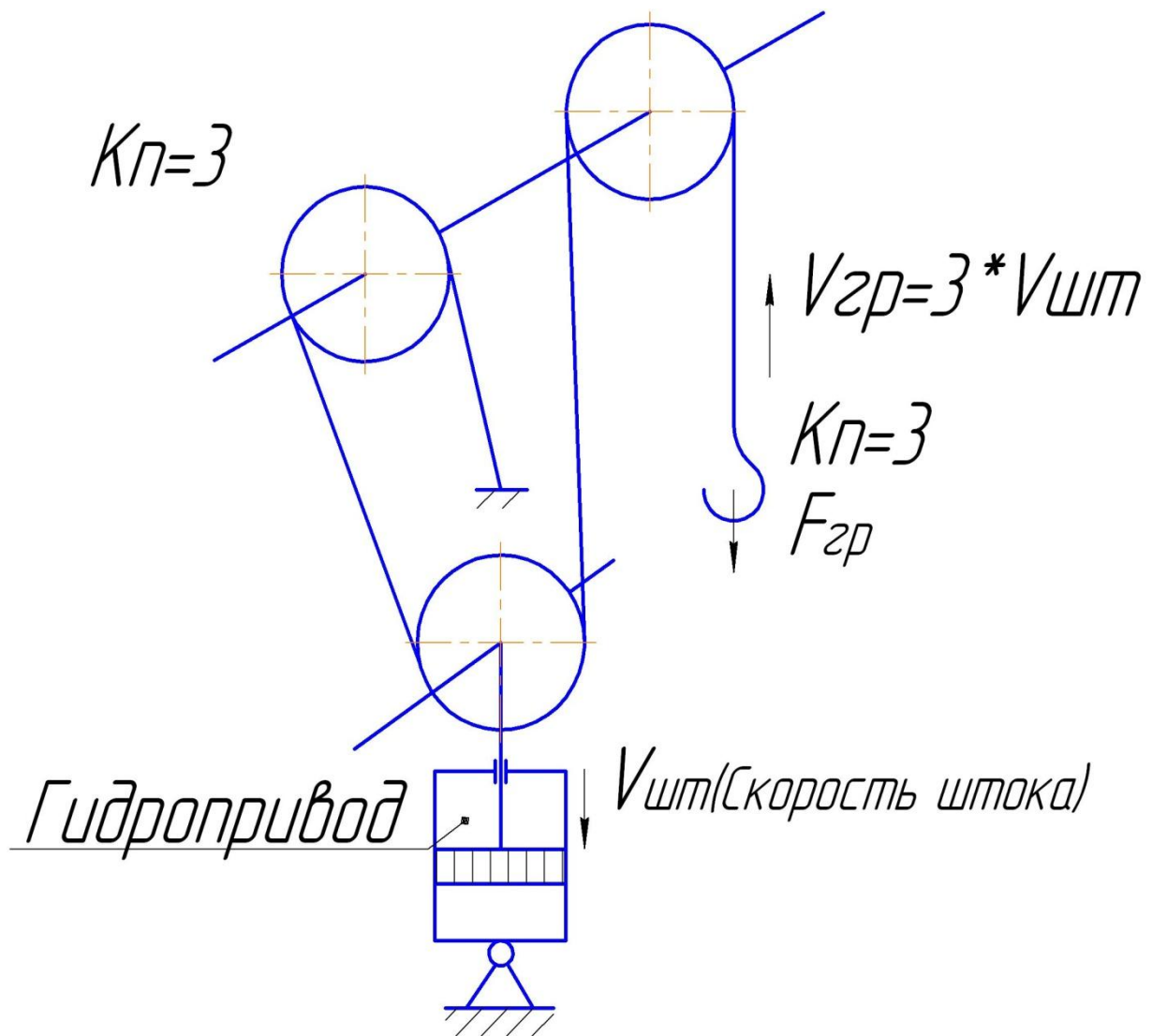


Рисунок 4.4 - Схема скоростного полиспаста

Так как максимальное натяжение каната (троса) в системе полиспаста при подъеме груза.

$$F_{\max} = \frac{F_{\bar{a}\bar{d}}}{\hat{E}_n \cdot \eta_n},$$

тогда коэффициент полезного действия определяется:

$$\eta_n = \frac{F_{\bar{a}\bar{d}}}{\hat{E}_n \cdot F_{\max}},$$

где  $F_{\max} = F_{\bar{n}\bar{d}} + \Delta S$ ;

$F_{\bar{n}\bar{d}}$  - нагрузка в покое

$\Delta S$  - дополнительная нагрузка на канате при подъеме груза.

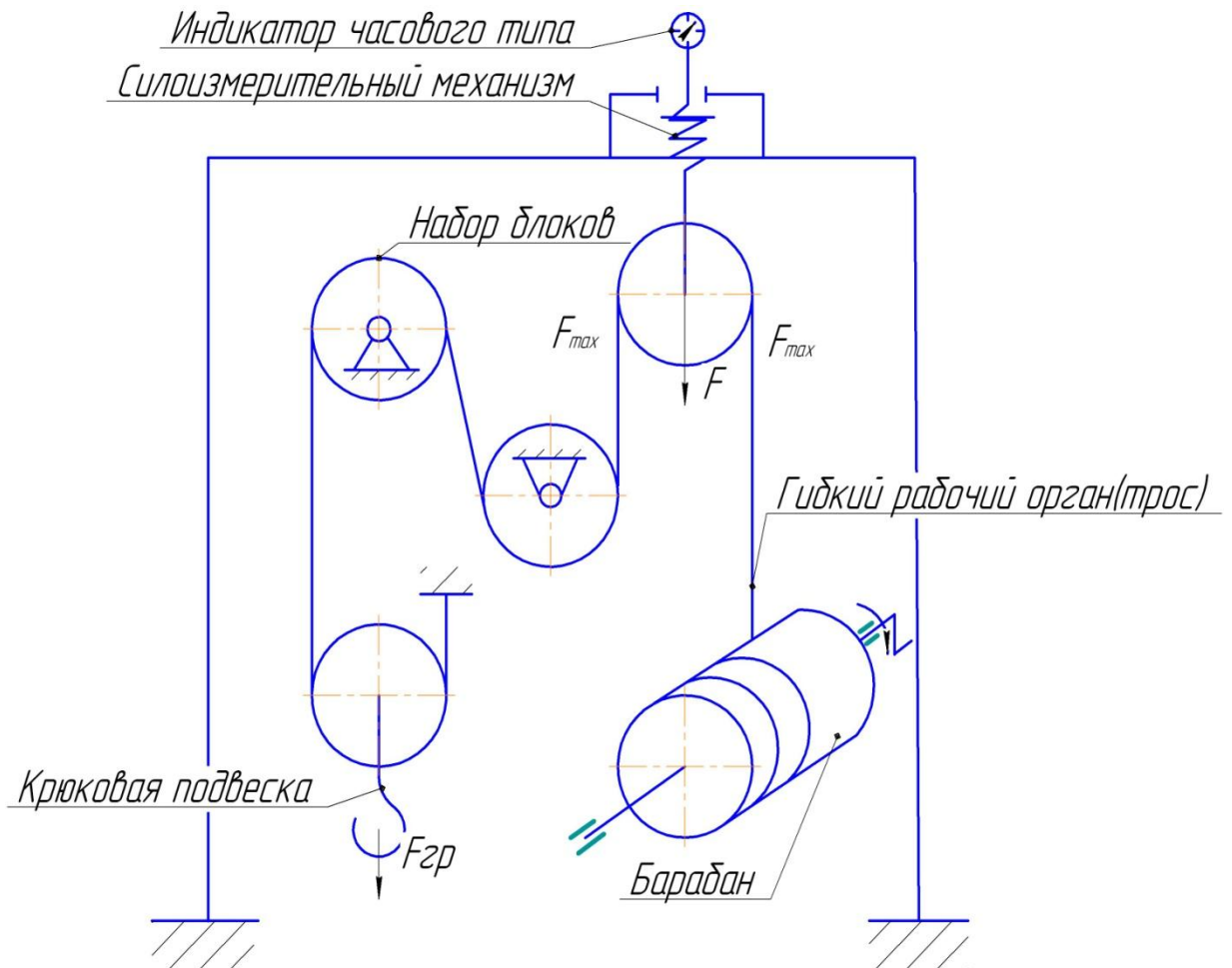


Рисунок 4.5 - Схема лабораторной установки.

Таблица 4.1 - Форма журнала наблюдений

Кратность полиспаста		$K_n=2$				$K_n=3$			
Вес поднимаемого груза, $F_{гр}(H)$		1	2	3	4	1	2	3	4
Показания индикатора «n» (делений), если груз	в покое								
	в движении								
Сила действующая на блок измерения при подъеме груза $F=2F_{max}=0,013 n(H)$									
Усилие в одной ветви каната $F_{max}=0,5F(H)$									
КПД полиспаста									

Для каждой кратности полиспаста строят графическую зависимость, имеющую вид:

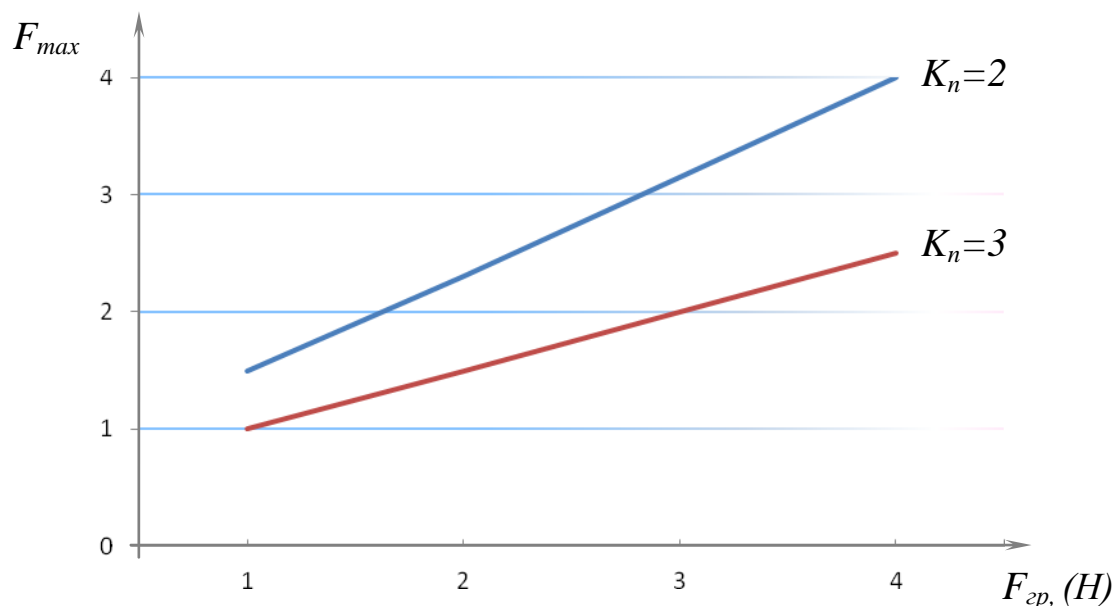


Рисунок 4.6 - Сила натяжения каната в зависимости от веса и кратности полиспаста

КПД полиспаста вычисляют, выполнив измерения, по формуле:

$$\eta_n = \frac{F_{\text{ад}}}{\hat{E}_n \cdot F_{\text{max}}}$$

Сравнивая полученные расчетно-экспериментальным путем значения  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_3$  и т.д. делают вывод о характере зависимости КПД полиспаста от его кратности и веса поднимаемого груза.

### Отчет лабораторной работы должен содержать:

1. Схему лабораторной установки.
2. Схемы одинарного полиспаста с кратностью  $K_n=2$ ;  $K_n=3$ ;  $K_n=6$ ;  $K_n=7$ .
3. Схему двукратного сдвоенного полиспаста.
4. Схему скоростного полиспаста (кратность по указанию преподавателя).
5. Журнал наблюдений и график зависимости см. (рис. 4.6).
6. Необходимые расчеты и выводы.

## Вопросы к защите лабораторной работы

1. Что такое полиспаст?
2. Как определяется кратность полиспаста?
3. Какие типы полиспастов бывают?
4. Назначение грузового и скоростного полиспаста.
5. Вычертить схему скоростного полиспаста по заданию преподавателя.
6. Вычертить схему грузового полиспаста по указанию преподавателя.
7. Определить усилие в канате, зная вес груза и наоборот.
8. Пояснить зависимость КПД полиспаста от его кратности.

## **5. ТОРМОЗА КОЛОДОЧНЫЕ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Цель работы:** Изучить принцип работы колодочных тормозов с приводом от короткоходового электромагнита (ТКТ) и с приводом от электрогидравлического толкателя (ТКГ). Ознакомиться с методами их регулировки.

### **Оборудование на рабочем месте:**

- тормоз общего назначения типа ТКТ –100;
- тормоз общего назначения типа ТКГ;
- измерительный инструмент;
- плакаты по изучаемой теме;
- инструкция по монтажу и эксплуатации тормоза общего назначения.

### **Последовательность выполнения.**

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ в специализированной лаборатории «Прикладная механика»
2. Ознакомиться с конструкциями и работой тормозов;
3. Начертить схемы с нанесением регулировочных размеров и действующих сил;
4. Выполнить необходимые измерения;
5. Рассчитать усилие главной пружины и удельное давление колодки на шкив тормоза ТКТ – 100;
6. Выполнить регулировку тормоза ТКТ – 100.
7. Проработать соответствующие разделы учебной литературы.

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Тормоза ТКТ с диаметрами шкивов 100, 200, 300 мм предназначены для установки только в вертикальном положении на механизмах, работающих в не пожароопасной и в невзрывоопасной среде.

Механическая часть у тормозов переменного и постоянного тока со шкивом одного диаметра одинаковая и обозначается буквами ТК (тормоз колодочный) и числом, соответствующим диаметру тормозного шкива. Например, ТК300.

На тормозах устанавливаются электромагниты типа МО – Б (для переменного тока) и типа МП (для постоянного тока). Электромагнит тормоза со шкивом диаметром 300 мм для переменного тока обозначается «МО – 300Б».

Обозначение тормоза в целом состоит из 3 букв и одного или двух чисел, которые в последнем случае, ставятся через дробь. Первые 2 буквы и первое число соответствуют обозначению механической части тормоза. Третья буква обозначает род тока: Т – переменный, П – постоянный. Второе число соответствует размеру электромагнита, если он меньшего размера. В случае, если размер электромагнита соответствует размеру тормоза, то второе число не проставляется.

Тормозные моменты тормозов в зависимости от режимов работы приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Характеристики тормоза

Тормоз ТК	Тормозной момент, Нм				
	Переменный ток		Постоянный ток		
	ПВ 25 и 40%	ПВ 100%	ПВ 25%	ПВ 40%	ПВ 100%
100	20	11	20	16	Не имеет
200/100	40	22	40	32	
200	160	80	160	125	
300/200	240	120	240	190	
300	500	200	500	420	



## Описание конструкции.

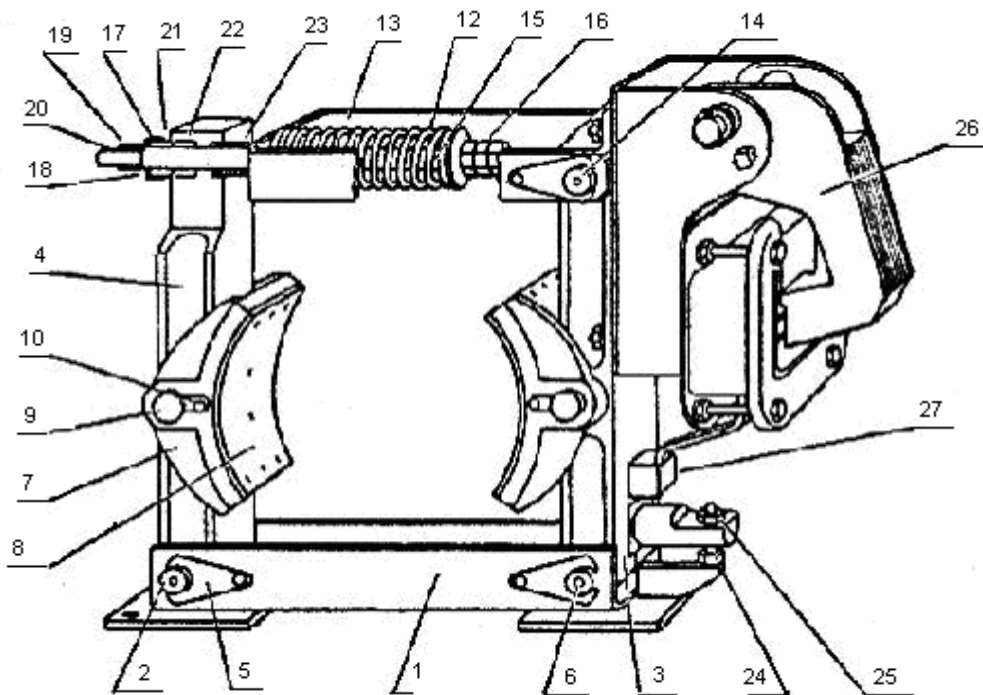


Рисунок 5.1 - Схема конструкции тормоза.

Общий вид тормоза переменного тока приведён на (рис. 5.1).

В подставке 1 при помощи пальцев 2 закреплены стальные рычаги 3 и 4. Пальцы удерживаются вилками 5. Пальцы 2 имеют сверления для смазки и в них запрессованы маслénки 6.

К чугунным колодкам 7 алюминиевыми заклéпками приклéпаны фрикционные обкладки 8.

Пальцы 9, крепящие колодки, удерживаются ригелями 10. Для удержания колодки в определённом положении предусмотрен фиксатор, помещённый в сквозном отверстии рычага. Два упора фиксатора прижимаются пружиной к внутренним поверхностям рёбер колодки и таким образом создают необходимую силу трения. Упоры соединены между собой стержнем, который проходит внутри пружины и развальцован на концах.

Усилие необходимое для сжатия колодок, создаётся главной пружиной 12, помещённой в стальную скобу 13.

Скоба соединена с рычагом 3 пальцем 14. Усилие пружины через шток 15, который проходит через отверстия в скобе, рычагах и пальце 14 передаётся на рычаг 4. Конец штока упирается в якорь электромагнита.

Установочная длина главной пружины фиксируется двумя гайками 16. Гайка, помещающаяся на штоке у хвостовика, называется «регулирующей». Положение этой гайки фиксируется скобой 17, у которой входит в паз на штоке, и пружиной 18. Пружина помещена между скобой и буртиком втулки 19, удерживаемой на штоке пружинным кольцом 20. Регулирующая гайка опирается на рычаг 4 через сферическую 21 и опорную 22 шайбы, которые устраняют возможность изгиба штока.

Для обеспечения растормаживания тормоза между скобой 13 и рычагом 4 помещена вспомогательная пружина 23, отодвигающая рычаг при срабатывании магнита. Равномерность отхода колодок регулируется болтом 24, который фиксируется контргайкой 25. Короткоходовой электромагнит 26 крепится к рычагу 3. Выводные концы гибких кабелей катушки закрепляются в зажиме 27, который, в свою очередь, укреплен на рычаге 3.

Электромагнит тормоза должен быть заземлен. В электромагните магнитопровод, набранный из изолированных листов трансформаторного железа, состоит из неподвижного ярма 28 (рис. 2) и поворачивающегося якоря 29. Пакет ярма склепан с двумя боковыми стойками 30 углового сечения. На ярме устанавливается катушка 31, защищённая крышкой 32. Пакет якоря склепан с двумя щеками, которые поворачиваются на валике 33. К щекам якоря приварена перемычка 34. Упор 35 препятствует чрезмерной раскатке якоря при повороте его под действием главной пружины в момент выключения катушки.

### **Работа тормоза.**

При заторможенном состоянии тормоза сжатая главная пружина 12 (рис. 5.1) давит одной стороной на скобу 13, соединённую с рычагом 3, а другой на «установочные» гайки 16, которые через шток, «регулирующую» гайку и сферическую 21 и опорную 22 шайбы передают усилие на рычаг 4. Под действием главной пружины рычаги поворачиваются на пальцах 2 и прижимают колодки к поверхности тормозного шкива, создавая необходимую силу трения. В заторможенном положении якорь электромагнита откинут, и между упорным ребром и регулирующим болтом 24 имеется зазор.

При включении тока якорь электромагнита прижимается к сердечнику и нажимает на конец штока 15, который через «установочные» гайки сжимает главную пружину.

Главная пружина перестаёт стягивать рычаги, вследствие чего рычаг 3 под действием веса электромагнита отходит от шкива, пока регулировочный болт не упрётся в подставку. После этого под действием вспомогательной пружины начинает отходить рычаг 4. Растормаживание заканчивается, когда якорь электромагнита коснётся сердечника катушки.

### Регулировка.

После монтажа тормоз должен быть подвергнут регулировке, в которую входит:

1. Установка нормального хода якоря.
2. Регулировка главной пружины.
3. Регулировка равномерного отхода колодок.

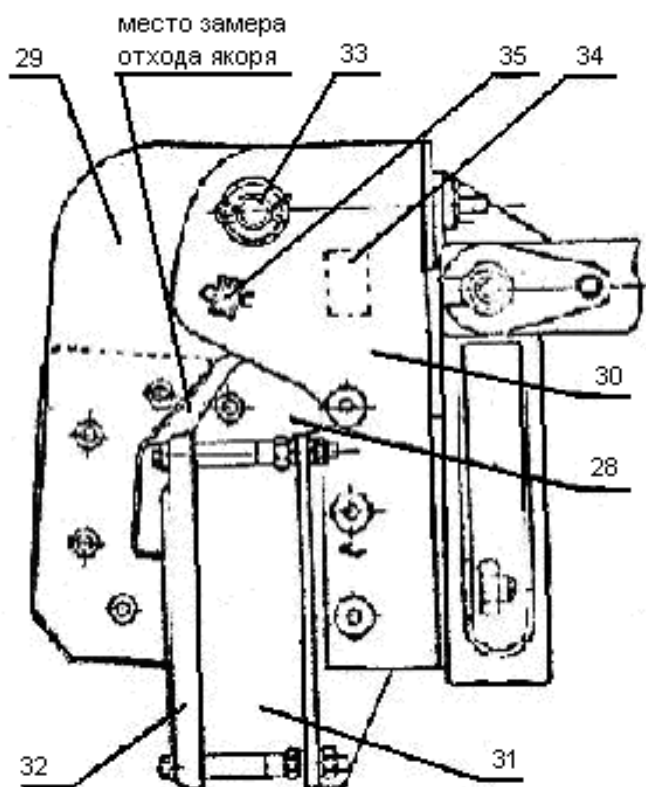


Рисунок 5.2 – Схема электромагнита.

Для выполнения первой регулировки необходимо оттянуть скобу 17 настолько, чтобы её зуб вышел из прорези на штоке, и повернуть на 90°. «Регулировочная» гайка удерживается ключом, а шток вращается за хвостовик до тех пор, пока отход якоря, измеряемый в местах, показанных на (рис. 5.2), не достигает нормальной величины, указанной в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Ход якоря

Тормоз		ТК 100	ТК 200/100	ТК 200	ТК 300/200	ТК 300
Нормальный ход якоря в мм	Пер. ток	5,5	5,5	7	7	9
	Пост. ток	2	2	2,5	2,5	3

Замер величины хода якоря производится калибром на ключе, который прикладывается к каждому тормозу, или нормальным мерительным инструментом.

Замер хода якоря производится на магнитах переменного тока по геометрической оси, соединяющей центры верхних заклёпок на якоре и ярме, а на магнитах постоянного тока – в любом месте зазора между якорем и корпусом. При замерах нормальным мерительным инструментом величина хода якоря должна измеряться с точностью не грубее отклонений скользящей посадки пятого класса.

После установки хода якоря, главная пружина регулируется на заданный момент.

Регулировка главной пружины заключается в установке такой её рабочей длины, которая обеспечила бы необходимое усилие, зависящее от заданного тормозного момента, рода тока и размера применяемого магнита. Установочные усилия главных пружин в зависимости от тормозного момента приведены в таб. 5.3.

Установочная длина пружины вычисляется по формуле:

$$L_{уст} = L_{св} - \frac{F}{C} \text{ мм,}$$

где  $L_{св}$ , мм – свободная длина пружины, взятая из её паспорта (таб.5. 5).

$F$ , Н – установочное усилие, принимаемое по таблице 5.3.

Для промежуточных значений тормозных моментов оно определяется интерполяцией;

$C$ , Н/мм – фактическая жёсткость пружины, принимаемая по её паспорту (таб. 5.6).

Таблица 5.3-Установочные усилия главных пружин в зависимости от тормозного момента

Тормоз	Тормозной момент, Нм	Установочное усилие главной пружины, Н	
		Переменный ток	Постоянный ток
ТК 100	10	150	130
	15	205	185
	20	260	240
ТК 200/100	25	210	185
	30	240	215
	35	245	245
	40	300	280
ТК 200	60	480	390
	80	595	505
	100	710	620
	120	830	740
	140	945	855
	160	1060	970
ТК 300/200	180	855	765
	200	930	840
	220	1010	920
	240	1080	990
ТК 300	300	1430	1230
	350	1620	1420
	400	1820	1620
	450	2010	1810
	500	2200	2000

Установочная длина пружины должна быть выдержана с допуском, указанным в (таб. 5.4).

Таблица 5.4.

Тормоз	ТК 100	ТК 200/100	ТК 200	ТК300/200	ТК 300
Допуск на установочную длину пружины, мм	$\pm 0,5$	$\pm 1$	$\pm 1$	$\pm 1,5$	$\pm 1,5$

После установки длина главной пружины фиксируется двумя «установочными» гайками, которые затягиваются до отказа. В последствии пружина никогда не регулируется. «Отжимная» гайка должна быть прижата к «установочным» с усилием, достаточным для её удержания от перемещения по штоку при работе тормоза.

Заключительным этапом регулировки тормоза является установка равномерного отхода колодок, которая производится при расторможенном тормозе болтом 24 (рис. 5.1), который фиксируется контргайкой 25.

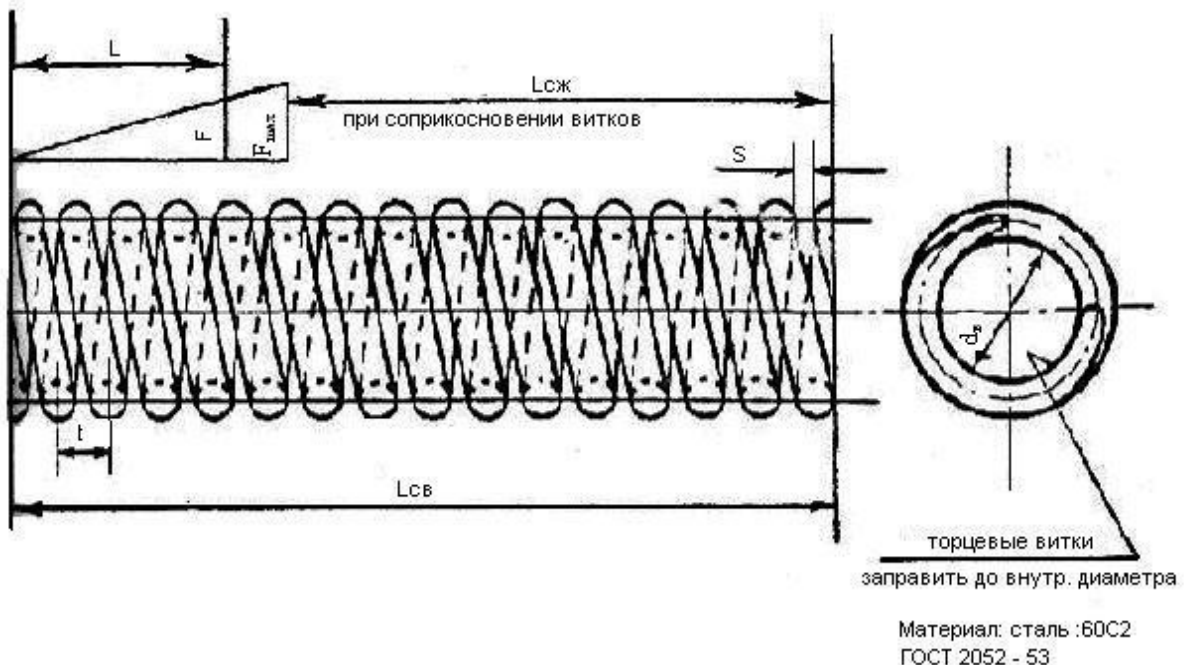


Рисунок 5.3 - Главная пружина тормоза

Таблица 5.5 - Размеры главной пружины тормоза

Типоразмер тормоза	Пружина главная								
	Размеры, мм						Усилия		Масса, кг
	$d_B$	$t$	$S$	$L_{CB}$	$L_{CЖ}$	$L$	$F_{max}, Н$	$F, Н$	
ТК 100	18,5±0,5	6,5±0,3	1,5	58,75±1	33,25	20±2	421	330	0,053
ТК 200/100	30±1	11 <sup>+1</sup> <sub>-0,5</sub>	2,5	132,5 <sup>+8</sup> <sub>-2</sub>	75	45±4,5	1390	1089	0,38
ТК 200									
ТК 300/200	41±1	15 <sup>+1</sup> <sub>-0,5</sub>	3	226,5 <sup>+14</sup> <sub>-3</sub>	138,5	70±7	3150	2534	1,27
ТК 300									

Таблица 5.6 - Жесткость главной пружины тормоза

Данные пружины	Размерность	ТК 100	ТК200 200/ 100	ТК 300 300/ 200
Диаметр проволоки	мм	3,5	6	9
Длина развёртки	мм	700	1485	2540
Число рабочих витков	$n_p$	8,5	11,5	14,5
Полное число витков	$n$	10	13	16
Жесткость расчётная	Н/мм	16,5	24,2	36,2

Таблица 5.7 - Данные варианта задания для расчета.

Тормозной момент	10 Нм	15 Нм	20 Нм
Пары трения ПВ, %	100%	25%	45%
Вальцованная лента - сталь $f=0,42$ $[p]=4$ МПа	1	2	3
Тканная тормозная асбестовая лента по чугуну и стали $f=0,35$ $[p]=1,0$ МПа	4	5	6
Сталь по стали $f=0,20$ $[p]=0,2$ МПа	7	8	9

Таблица 5.8 - Исходные данные для расчётов.

Объекты измерения		Обозначения	Результат
1.	Диаметр тормозного шкива	$D$	
2.	Ширина шкива	$B$	
3.	Угол охвата шкива колодки	$\alpha$	
4.	Ширина колодки	$B_k$	
5.	Материал трения (по заданию) $f$ – коэффициент трения пары $[p]$ – допустимое удельное давление на колодку	$f$ $[p]$	
6.	Плечи рычажной системы левого правого	$a_1; b_1$ $a_2; b_2$	
<p>Примечание:  <math>a_1; a_2</math> – расстояние от оси крепления рычага к остову тормоза до оси установки главной пружины.  <math>b_1; b_2</math> – расстояние от оси крепления рычага к остову тормоза до оси крепления колодки.</p>			



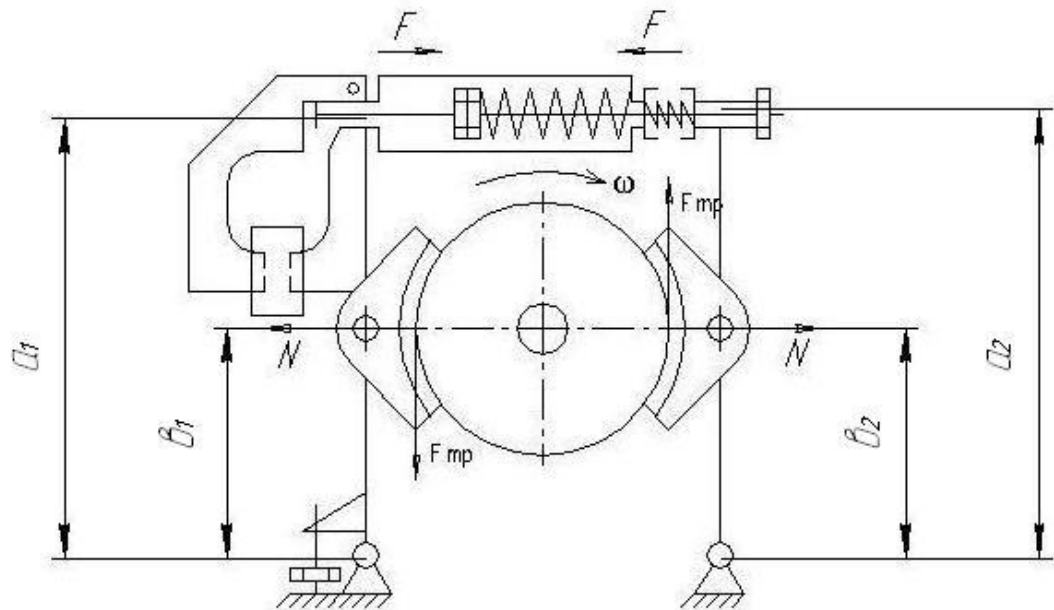


Рисунок 5.4 - Схема работы тормоза

Таблица 5.9 - Расчётные формулы и результаты.

Вычисляемые величины		Формулы	Результаты
1.	Передаточное число рычажной системы: слева справа	$i_n = a_1 / b_1$ $i_n = a_2 / b_2$	
2.	Усилие главной пружины	$F = \frac{2T_T}{D \cdot (i_n + i_n) \cdot f}$	
2.1	Суммарный тормозной момент на шкиве	$\dot{O}_O = \frac{D}{2} \cdot (F_{\dot{o}o_i} + F_{\dot{o}o_e})$	по заданию таблица 5.7
2.2	Усилие, действующее на колодку: справа слева	$N_i = F \cdot i_i$ $N_e = F \cdot i_e$	
2.3	Сила трения между колодкой и шкивом: справа слева	$F_{\dot{o}o_i} = N_i \cdot f$ $F_{\dot{o}o_e} = N_e \cdot f$	
3.	Установочная длина главной пружины	$L_{ycm} = L_{cs} - \frac{F}{c}$	
4.	Площадь контакта колодки со шкивом	$S = \hat{A} \cdot D \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$	
5.	Удельное давление на колодку	$p = N / S$	

$c$  - жесткость пружины,  $c = 16,5$  Н/мм (табл. 5.6)

Из условия равновесия (рис.5.4)

$$F \cdot a - N \cdot b = 0$$

Усилие, действующее на колодку:

$$N = F \cdot \frac{a}{b} = F \cdot i$$

Сила трения между колодкой и шкивом:

$$F_{\delta\delta i} = N_i \cdot f$$

$$F_{\delta\delta \ddot{e}} = N_{\ddot{e}} \cdot f$$

Суммарный тормозной момент на шкиве :

$$T_T = F_{\text{трп}} \cdot \frac{D}{2} + F_{\text{трл}} \cdot \frac{D}{2} = F \cdot i_n \cdot f \cdot \frac{D}{2} + F \cdot i_l \cdot f \cdot \frac{D}{2} = F \cdot f \cdot \frac{D}{2} (i_n + i_l)$$

Тогда усилие главной пружины

$$F = \frac{2T_T}{D \cdot (i_n + i_l) \cdot f}$$

## 6. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ РАССЧЕТА МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА С ВЫБОРОМ ТОРМОЗНОГО УСТРОЙСТВА

Грузоподъемные краны являются машинами периодического действия с выполнением повторных циклов работ: подъем груза, поворот крана, может быть небольшое перемещение груза, опускание груза, возврат в исходное положение и снова захват и подъем груза и т.д. Основным механизмом грузоподъема крана является механизм подъема, который выполняется чаще с машинным приводом по однотипной схеме: электродвигатель – тормозное устройство – редуктор – муфта зубчатая – барабан – полиспаст (рис. 6.1).

Главным параметром грузоподъемного механизма является грузоподъемность  $G$  в тоннах (Т).

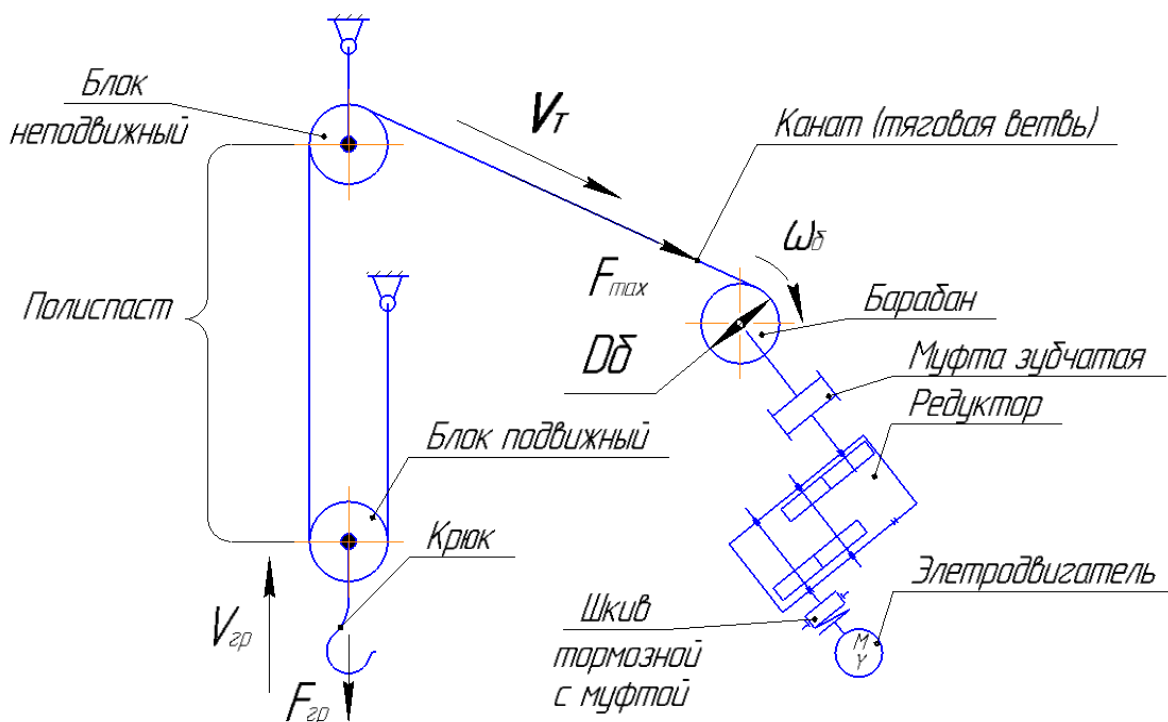


Рисунок 6.1. Схема механизма подъема грузоподъемного крана с простым двукратным полиспастом

$F_{гр}$  – сила тяжести груза, кН;  $V_{гр}$  – скорость подъема груза, м/с;  $V_T$  – линейная скорость набегающего на барабан каната, м/с;  $D_b$  – диаметр барабана, м или мм;  $\omega_b$  – угловая скорость вращения барабана, рад/с.

Теоретические вопросы параметров механизма подъема грузоподъемного крана сводятся к следующим расчетам.

### Режим работы механизма подъема

Одним из показателей режима работы является относительная продолжительность включения (ПВ) механизма в течении часа, вычисляется в процентах:

$$ПВ\% = \frac{t_p}{t_{\text{ц}}} \cdot 100,$$

где  $t_p$  – время работы механизма в течение одного часа;

$t_{\text{ц}}$  – продолжительность цикла, принимаемая при расчете механизма не более одного часа.

ПВ%=15% - легкий режим работы – «Л»

ПВ%=25% - средний режим работы – «С»

ПВ%=40% - тяжелый режим работы – «Т»

В зависимости от режима работы при расчете параметров механизма подъема принимаются различные коэффициенты.

### Определение силы тяжести груза $F_{zp}$ , кН

$$F_{zp} = G \cdot g,$$

где  $G$  – грузоподъемность, т;

$g$  – ускорение свободного падения груза,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

### Определение максимального натяжения $F_{max}$ каната, кН

где  $K_n$  – кратность полиспаста (отношение числа ветвей, на которых висит груз, к числу тяговых ветвей), « $K_n$ » принимается в зависимости от грузоподъемности « $G$ » (табл.6.2);

$\eta_n$  – КПД полиспаста, принимается как КПД входящих в полиспаст блоков (табл. 6.2).

$$\eta_n = \eta_{\delta}^Z,$$

здесь  $Z$  число блоков (для простых одинарных полиспастов  $Z=K_n$ )

$\eta_{\delta}$  – КПД блока ( $\eta_{\delta}=0,98$  – опоры качения,  $\eta_{\delta}=0,96$  – опоры скольжения).

**По максимальному натяжению каната « $F_{max}$ » с учетом коэффициента запаса принимаем диаметр каната « $d_k$ » по расчетному разрывному усилию « $F_p$ »**

$$F_p = F_{max} \cdot K,$$

где  $K$  – коэффициент запаса прочности,  $K = 5 \dots 6$ .

**Вычисление необходимого диаметра « $D_{\delta}$ » барабана**

$$D_{\delta} \geq d_k \cdot e,$$

где  $e$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от режима работы,  $e \approx 20 \dots 30$ .

**Определение вращающего момента « $T_{\delta}$ » на барабане**

$$T_{\delta} = F_{max} \cdot \frac{D_{\delta}}{2},$$

**Вычисление необходимой мощности электродвигателя**

где  $V_{zp}$  – скорость подъема груза,  $V_{zp} \leq 0,2 \dots 0,6$  м/с;

$\eta_m$  – КПД механизма подъема груза.

$$\eta_m = \eta_n \cdot \eta_{\delta} \cdot \eta_p,$$

здесь  $\eta_n$  – КПД полиспаста,  $\eta_{\delta}$  – КПД барабана,  $\eta_p$  – КПД редуктора.

С учетом режима работы принимается стандартный электродвигатель с параметрами:  $P_{эл}$  мощность кВт,  $n_{эл}$  – частота вращения вала электродвигателя.

**Определение линейной скорости набегания тягового каната на барабан ( $V_T$ )**

$$V_T = V_{zp} \cdot K_n,$$

где  $K_n$  – кратность полиспаста.

**Вычисление угловой скорости вращения « $\omega_{\delta}$ » барабана и частоты вращения « $n_{\delta}$ » барабана**

$$\omega_{\delta} = \frac{2 \cdot v_T}{D_{\delta}}; n_{\delta} = \frac{30 \cdot \omega_{\delta}}{\pi}$$

**Определение передаточного числа « $u_p$ » редуктора**

где  $n_{эл}$  – частота вращения вала выбранного электродвигателя.

Принимается стандартный редуктор и вычисляются действительные скорости вращения « $n_{б}$ » барабана, скорости  $V_T$  и  $V_{зр}$ .

**Определение вращающего момента на быстроходном валу приводной станции (вал электродвигателя), где рекомендуется устанавливать тормозное устройство.**

$$T_1 = \frac{T_{б}}{u_p \eta_m},$$

где  $T_{б}$  – вращающий момент на барабане;

$u_p$  – передаточное число выбранного редуктора;

$\eta_m$  – КПД механизма подъема.

Полученное значение вращающего момента « $T_1$ » на быстроходном валу должно быть меньше номинального вращающего момента « $T_{эл}$ » выбранного электродвигателя.

где  $P_{эл}$  – мощность принятого электродвигателя, Вт;

$\omega_{эл}$  – угловая скорость вращения вала электродвигателя, рад/с.

**Определение необходимого тормозного момента « $T_m$ » на быстроходном валу привода механизма подъема.**

От действия поднимаемого груза тормозной момент тем меньше, чем КПД « $\eta_m$ » механизма подъема

где  $K_z$  – коэффициент запаса торможения, принимаемая в зависимости от режима работы:  $K_z = 1,5 \dots 2$ .

По полученному тормозному моменту принимается тормозное устройства типа «ТКТ» и производятся необходимые расчеты выбранного тормоза. Далее рассматривается конкретный пример расчета основных параметров механизма подъема грузоподъемного крана с установлением тормоза на быстроходном валу привода механизма подъема.

## ПРИМЕР РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА С ВЫБОРОМ ТОРМОЗНОГО УСТРОЙСТВА

Исходные данные: грузоподъемность крана  $G=3\text{т}$ , груз – штучный, скорость подъема груза  $V_{зр}=0,11\text{м/с}$ , режим работы средний (С),  $ПВ=25\%$ .

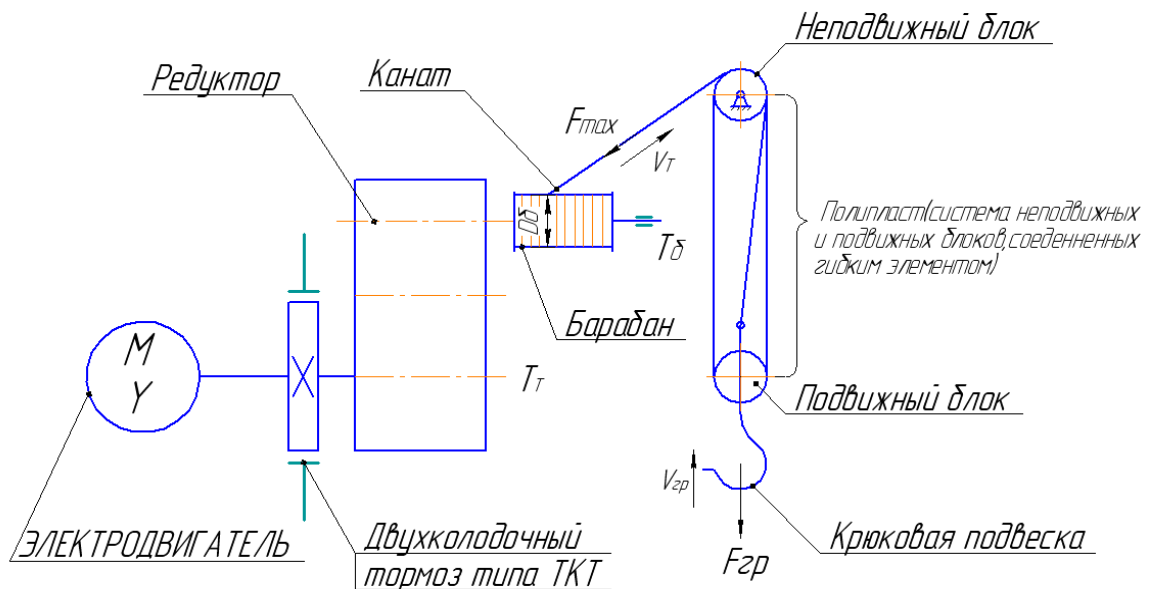


Рисунок 6.2 - Схема механизма подъема грузоподъемного крана с простым трехкратным полиспастом

### Определение силы тяжести поднимаемого груза « $F_{гр}$ »

$$F_{зр} = G \cdot g,$$

где  $G$  – грузоподъемность крана,  $G=3\text{т}$ ;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g=9,8\text{м/с}^2$ .

$$F_{зр} = 3 \cdot 9,8 = 29,40 \text{ кН}.$$

### Установим тип грузозахватного устройства

Для подъема и перемещения штучных грузов рекомендуется крюки, которые принимаются по ГОСТ в зависимости от силы тяжести груза  $F_{зр}=29,40 \text{ кН}$ .

### Принимаем тип полиспаста и его кратность

Полиспаст принимаем простой, одинарный, для грузоподъемности  $3\text{т}$  рекомендуется кратность полиспаста  $K_n=2$  или  $K_n=3$ . Принимаем  $K_n=3$  (табл. 6.1).

## Определяем необходимую мощность электродвигателя

где  $\eta_m$  – КПД механизма подъема груза.

$$\eta_m = \eta_n \cdot \eta_{\delta} \cdot \eta_p,$$

здесь  $\eta_n$  – КПД полиспаста, для полиспаста с кратностью  $K_n=3$  число блоков  $Z_{\delta}=3$ , а КПД полиспаста ориентировочно составляет произведение КПД входящих в полиспаст блоков, КПД блока с опорой качания  $\eta_{\delta}=0,98$ , с опорами скольжения – 0,96 принимаем опоры блоков подшипники качения, тогда КПД полиспаста составит:

$$\eta_n = \eta_{\delta}^{Z_{\delta}} = 0,98^3 = 0,94 \text{ (таб. 6.2)}$$

где  $\eta_{\delta}$  – КПД барабана, с опорами качения рекомендуется с учетом жесткости каната  $\eta_{\delta}=0,97$ ;

$\eta_p$  – КПД редуктора (чаще всего две ступени цилиндрических зубчатых передач)  $\eta_p=0,97^2=0,94$ .

$$\eta_m = 0,94 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,86$$

Для механизмов подъема грузоподъемных кранов рекомендуется принимать электродвигатели переменного тока с фазовым ротором типа МТФ (табл. 6.3).

Принимаем электродвигатель МТФШ - 6 мощностью для среднего режима работы  $ПВ=25\%$

$P_{эл} = 4,1$  кВт, частота вращения вала электродвигателя  $n_{\delta\delta} = 870$  мин<sup>-1</sup>.

## Определяем максимальное натяжение каната $F_{max}$

где  $F_{гр}$ ,  $K_n$ ,  $\eta_n$  (см. выше)  $F_{гр}=31,36$  кН;  $K_n=3$ ;  $\eta_n=0,94$ .

$$F_{max} = \frac{29,40}{3 \cdot 0,94} = 10,42 \text{ кН}$$

По значению максимального натяжения каната с учетом коэффициента запаса вычислить разрывную нагрузку каната.

$$F_{раз} = F_{max} \cdot K_з,$$



где  $K_3$  – коэффициент запаса, для среднего режима «С» работы рекомендуется  $K_3=5,5$ ;  
 для легкого режима работы «Л»  $K_3=5,0$ ;  
 для тяжелого режима работы «Т»  $K_3=6,0$ .

$$F_{раз} = 10,42 \cdot 5,5 = 57,30 \text{ кН}$$

Принимаем канат типа ЛК-Р с диаметром  $d_k=11$  мм,  
 $F_{раз}=70$  кН (табл. 6.4).

Фактический коэффициент запаса прочности каната составит:

$$K_3 = \frac{70}{10,42} = 6,7$$

Работоспособность каната вполне обеспечивается.

### **Определяем диаметр барабана.**

Диаметр барабана и диаметр блоков по дну канавки рекомендуется определять в зависимости от диаметра каната  $d_k$ .

$$D_{\sigma} \geq d_k \cdot e$$

где  $e$  – коэффициент, зависящий от типа грузоподъемной машины и режима работы;

$e = 20 \dots 22$  – легкий режим работы «Л»;

$e = 23 \dots 24$  – средний режим работы «С»;

$e = 29 \dots 30$  – тяжелый режим работы «Т».

$$D_{\sigma} = 11 \cdot (23 \dots 24) = 253 \dots 264 \text{ мм},$$

принимаем  $D_{\sigma} = 260$  мм.

### **Определяем вращающий момент на барабане**

$$T_{\sigma} = F_{max} \cdot \frac{D_{\sigma}}{2},$$

где  $F_{max}$  (см. ранее),  $F_{max}=10,40$  кН,  $D_{\sigma}=260$  мм = 0,26 м.

### **Определяем линейную скорость $V_T$ набегающего на барабан тягового каната.**

$$V_T = V_{зп} \cdot K_n,$$

где  $V_{зп}$  и  $K_n$ , (см. выше) соответственно скорость подъема груза  $V_{зп} = 0,11$  м/с и кратность полиспасты  $K_n=3$ .

$$V_T = 0,11 \cdot 3 = 0,33 \text{ м/с}$$

### **Определяем угловую скорость вращения барабана $\omega_{\sigma}$ .**

$$V_T = \omega_{\delta} \cdot \frac{D_{\delta}}{2}, \text{ отсюда}$$

$$\omega_{\delta} = \frac{2 \cdot V_T}{D_{\delta}} = \frac{2 \cdot 0,33}{0,26} = 2,54 \text{ рад/с}$$

Частота вращения барабана  $n_{\delta}$  составит

$$n_{\delta} = \frac{30 \cdot \omega_{\delta}}{\pi} = \frac{30 \cdot 2,54}{3,14} = 24,27 \text{ мин}^{-1}$$

**Выбор редуктора, устанавливаемого между электродвигателем и барабаном**  
**Определяем необходимое передаточное число редуктора  $U_p$ .**

**Принимаем стандартный редуктор двухступенчатый Ц 2-250 с передаточным числом  $U_p=32,4$  (табл. 6.6).**

Допускаемая подводимая мощность к быстроходному валу до 9,3 кВт, при среднем режиме работы «С».

**Определяем действительную частоту времени барабана.**

$$\omega_{\delta} = \frac{\pi \cdot n_{\delta}}{30} = \frac{\pi \cdot 26,9}{30} = 2,82 \text{ рад/с}$$

**Определяем действительную линейную скорость каната, наматываемого на барабан**

$$V_T = \omega_{\delta} \cdot \frac{D_{\delta}}{2} = 2,82 \cdot \frac{0,26}{2} = 0,37 \text{ м/с}$$

**Вычисляем действительную скорость подъема груза.**

Скорость для грузоподъемных кранов рекомендуется  $V_{\text{гр}} \leq 0,3..0,6 \text{ м/с}$ .

**Определяем крутящий (вращающий) момент на быстроходном валу приводной станции механизма подъема, где рекомендуется установить тормозное устройство**

$$T_1 = \frac{T_{\delta}}{U_p \cdot \eta_p},$$

где  $T_{\delta}$  - вращающий момент на барабане  $T_{\delta} = 1352 \text{ Нм}$ ;  
 $U_p$  - передаточное число редуктора,  $U_p = 32,4$ ;

$\eta_p$  - КПД редуктора,  $\eta_p \approx 0,96$  (см.выше).

$$T_1 = \frac{1352}{32,4 \cdot 0,96} = 43,47 \text{ Нм}$$

**Определяем номинальный вращающий момент  $T_n$ , на валу электродвигателя**

$$T_n = \frac{P_{эл}}{\omega_{эл}},$$

где  $P_{эл}$ - мощность принятого электродвигателя,  $P_{эл}=4,1$ кВт;  
 $\omega_{эл}$ -угловая скорость вращения вала электродвигателя.

$$T_n = \frac{4,1 \cdot 10^3}{91} = 45,05 \text{ Нм} > T_1 = 43,47 \text{ Нм}$$

Таким образом, работоспособность электродвигателя обеспечивается.

**Определяем крутящий момент, развиваемый силой тяжести груза  $F_{zp}$  на быстроходном валу привода, это и будет являться тормозным моментом**

где  $F_{zp}=29,4$  кН;

$D_6=0,26$ м;

$\eta_m=0,86$ ;

$U_p=32,4$ ;

$K_n=3$ ;

$K_z$  - коэффициент запаса, рекомендует  $K_z=1,75$   
(режим работы "С").

$$T_T = \frac{29,4 \cdot 10^3 \cdot 0,26 \cdot 0,86}{2 \cdot 32,4 \cdot 3} \cdot 1,75 = 59,18 \text{ Нм}$$

Для легкого режима "Л":  $K_z=1,5$ ;

Для тяжелого режима "Т":  $K_z=2$ .

Таким образом требуемый тормозной момент на быстроходном валу привода механизма подъема грузоподъемного крана составляет  $T_T=59,18$  Нм.

По полученному тормозному моменту выбираем тормоз двух колодочный типа ТКТ-200 с номинальным тормозным моментом  $T_T=60$ Нм, тип электромагнита МО-200Б (см.рисунок 6.2; табл. 6.7).

**Определяем силу давления каждой колодки на тормозной шкив.**

$$F_k = \frac{T_T}{f \cdot D_{ш} \cdot \eta_p}$$

где  $T_T=59,18$  Нм;

$f$  - коэффициент трения тормозной ленты о шкив  $f \approx 0,45$ ;

$D_{ш}$  - диаметр шкива,  $D_{ш}=200\text{мм}=0,2\text{м}$ ;

$\eta_p$  - КПД рычажной системы,  $\eta_p \approx 0,9$ .

$$F_k = \frac{59,18}{0,45 \cdot 0,2 \cdot 0,9} = 731 \text{ Н.}$$

**Определяем силу давления пружины  $F_{np}$  на конец тормозного рычага (рис.6.2)**

где  $v_l$ -длина от оси шарнира рычага до шарнира колодки, рекомендуется  $v_l=0,8 \cdot D_{ш}=0,8 \cdot 200=160\text{мм}$ ;

$a_l$ -длина от оси шарнира рычага до оси рабочей пружины,

$a_l=1,6 \cdot D_{ш} = 1,6 \cdot 200 = 320\text{мм}$ .

**Определяем усилие рабочей пружины при замкнутом тормозе**

$$F'_{np} = F_{np} + F_e + \frac{M_z}{a},$$

где  $F_{np}=366\text{Н}$ ;

$F_e$  - усилие вспомогательной пружины для отвода колодок, рекомендуется  $F_e = 30 \dots 80$  Н, принимаем  $F_e = 50\text{Н}$ ;

$M_z$  - момент силы тяжести якоря электромагнита, относительно оси качания, для электромагнита  $МО-200Б$   $M_z=3,6$  Нм;

$a$  - плечо якоря до оси качания, по конструкции типа электромагнита,  $a = 50$  мм.

По полученному значению  $F_{np}=488\text{Н}$  производят установку главной пружины 6.

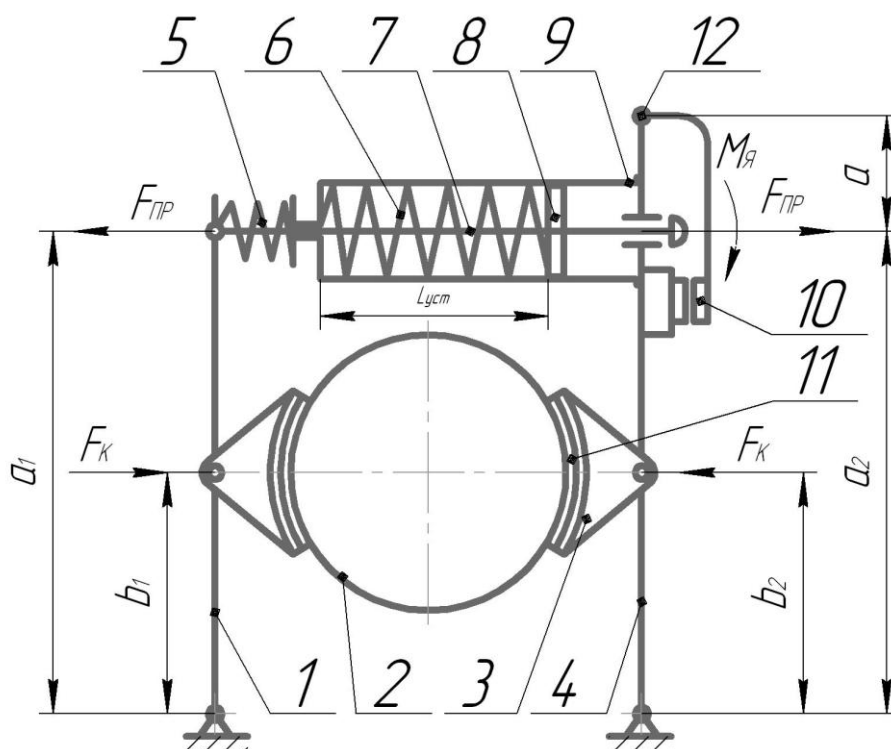


Рисунок 6.3. Схема двухколодочного тормоза типа ТКТ

1-Рычаг левый; 2-Шкив тормозной; 3-Колодка; 4-Рычаг правый;  
 5-Пружина вспомогательная; 6-Пружина главная; 7-Шток;  
 8-Гайка регулировочная; 9-Обойма рабочей пружины;  
 10-Электромагнит; 11-Накладка тормозная из асбестовой ленты;  
 12-Ось качения якоря электромагнита.

В том случае когда в литературных источниках для магнитов МО-100Б и МО-300Б не имеются параметры электромагнитов  $M_y$  и «а», усилие главной пружины  $F_{пр}$  можно принимать по таблице 6.7.

#### Определяем установочную длину « $L_{уст}$ » главной пружины

где  $L_{св}$  - свободная длина главной пружины, принятая по конкретно выбранному тормозу,

$L_{св}=130...140$  мм (табл. 6.8), принимаем  $L_{св}=135$ мм,

$C$  - Жесткость пружины,  $C=24,2$  Н/мм (табл. 6.8).

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПО ПТМ

(Вариант по номеру группы, для всех вариантов груз-штучный)

№	G, T	Вариант														
		1			2			3			4			5		
		$V_{гр}$	$K_{П}$	$P_{еж}$	$V_{гр}$	$K_{П}$	$P_{еж}$	$V_{гр}$	$K_{П}$	$P_{еж}$	$V_{гр}$	$K_{П}$	$P_{еж}$	$V_{гр}$	$K_{П}$	$P_{еж}$
1	1,00	0,50	2	С	0,40	2	С	0,30	2	С	0,38	2	С	0,45	2	С
2	1,50	0,45	2	Т	0,30	2	Т	0,42	2	Т	0,45	2	Т	0,33	2	Т
3	2,00	0,60	2	Л	0,50	2	Л	0,52	2	Л	0,40	2	Л	0,42	2	Л
4	3,00	0,50	3	С	0,48	3	С	0,40	3	С	0,33	3	С	0,35	3	С
5	1,60	0,30	2	Т	0,33	2	Л	0,38	2	Л	0,40	2	Л	0,41	2	Л
6	2,00	0,38	2	С	0,35	2	С	0,32	2	С	0,30	2	С	0,25	2	С
7	2,50	0,40	2	Т	0,35	2	Т	0,30	3	С	0,28	3	Л	0,3	3	Т
8	3,20	0,25	3	С	0,22	2	Л	0,24	3	Л	0,25	2	Л	0,26	2	С
9	4,00	0,20	3	Т	0,18	3	С	0,16	2	Т	0,15	3	С	0,19	2	Л
10	4,50	0,22	3	С	0,20	2	Т	0,25	3	С	0,22	2	Т	0,2	3	Т
11	5,00	0,18	3	Т	0,20	2	С	0,22	3	Л	0,24	2	Т	0,28	3	С
12	6,00	0,20	3	С	0,25	3	Л	0,20	2	С	0,18	3	Л	0,22	3	Л
13	6,30	0,22	3	Л	0,20	3	С	0,18	3	Л	0,15	3	С	0,16	2	Л
14	8,00	0,15	4	Л	0,14	4	С	0,12	4	Т	0,10	4	Т	0,1	4	С
15	10,00	0,10	5	С	0,12	5	Т	0,10	5	Т	0,20	5	Т	0,1	5	Л
16	1,00	0,45	2	Т	0,35	2	Т	0,38	2	Т	0,40	2	Т	0,5	2	Т
17	1,50	0,50	2	С	0,40	2	С	0,35	2	С	0,33	2	С	0,35	2	С
18	2,00	0,50	2	С	0,40	2	С	0,42	2	Т	0,35	2	Т	0,35	2	С
19	3,00	0,40	2	Л	0,40	2	Л	0,35	2	Л	0,42	2	Л	0,3	2	Л
20	1,60	0,25	2	С	0,25	2	С	0,30	2	С	0,25	2	С	0,3	2	Т
21	2,00	0,40	3	Т	0,25	2	Т	0,25	2	Л	0,27	2	Т	0,3	2	Т
22	2,50	0,20	3	Л	0,20	2	С	0,28	2	С	0,30	2	С	0,33	2	С
23	3,20	0,30	2	Т	0,15	3	Т	0,20	2	С	0,30	3	С	0,2	2	Т
24	4,00	0,15	2	С	0,16	2	Т	0,20	3	С	0,20	2	Т	0,15	3	С
25	4,50	0,20	2	Л	0,15	3	Л	0,22	3	Т	0,15	2	С	0,14	3	С
26	5,00	0,16	2	Т	0,18	2	Т	0,16	3	С	0,20	3	С	0,3	2	Т
27	6,00	0,15	3	Т	0,20	3	С	0,12	3	Л	0,17	3	Т	0,18	3	С
28	6,30	0,16	3	Т	0,18	3	Т	0,20	3	Т	0,20	3	С	0,19	3	С
29	8,00	0,12	4	Т	0,12	4	Л	0,15	4	Т	0,15	4	Л	0,12	4	Т
30	10,00	0,13	5	Т	0,10	5	С	0,15	5	С	0,18	5	Л	0,11	5	Т

$G$  - грузоподъемность крана, Т;  $V_{гр}$  - скорость подъема груза, м/с;

$K_n$  - кратность полиспаста;  $P_{еж}$  - режим работы механизма подъемного крана:

Л- легкий режим работы (ПВ%=15%); С- средний режим работы(ПВ%=25%) Т- тяжелый режим работы (ПВ%=40%)

$PВ\%$ - продолжительность включения электродвигателя в течение цикла работы (подъем груза, опускания, возврат в исходное положение).

### СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица 6.1. Ориентированная кратность полиспаста в зависимости от грузоподъемности крана

Тип полиспаста	Грузоподъемность $G$ в тоннах ( $T$ )					Тип крана
	$\leq 1$	1 - 6	6 - 10	10 - 20	20 - 40	
Простой	1 или 2	2 или 3	3 или 4	4;5 или 6	-	Поворотные, Стреловые
Сдвоенный	-	2	2	2 или 3	3 или 4	Мостовые

Таблица 6.2. К.п.д. Простых полиспастов в зависимости от кратности « $K_n$ » (тяговый канат сходит с неподвижного блока)

Кратность полиспаста « $K_n$ »	Число блоков в полиспасте	К.п.д. полиспаста « $\eta_n$ »	
		Опоры скольжения	Опоры качения
2	2	0,92	0,96
3	3	0,88	0,94
4	4	0,85	0,92
5	5	0,82	0,9
6	6	0,79	0,86

Таблица 6.3. Крановые электродвигатели серии МТФ с фазовым ротором ( $P_{эл}$  - мощность в кВт;  $n_{дв}$  - частота вращения вала в об/мин)

Тип электродвигателя	Режим работы ( $L$ - легкий, $C$ - средний, $T$ - тяжелый)					
	$L-PВ = 15\%$		$C-PВ = 25\%$		$T-PВ = 40\%$	
	$P_{эл}$	$n_{дв}$	$P_{эл}$	$n_{дв}$	$P_{эл}$	$n_{дв}$
МТФ011-6	2	800	1,7	850	1,4	885
МТФ012-6	3,1	785	2,7	840	2,2	890
МТФ111-6	4,5	850	4,1	870	3,5	895
МТФ112-6	6,5	695	5,8	950	5	930
МТФ211-6	10,5	845	7,5	930	7,5	930
МТФ311-6	14	925	11	945	11	945
МТФ312-6	19,5	945	15	955	15	955
МТФ311-8	10,5	665	7,5	695	7,5	695
МТФ312-8	15	680	11	705	11	705

МТF411-8	22	685	15	710	15	710
----------	----	-----	----	-----	----	-----

Таблица 6.4. Канаты стальные двойной свивки типа ЛК-Р (ГОСТ 2688-80)

Диаметр каната мм dm	Расчетное разрывное усилие каната в целом, кН			
	Максимальный предел прочности проволок, Н/мм <sup>2</sup>			
	1400	1600	1800	2000
4,1	-	-	10	14
4,8	-	-	13	14,8
5,6	-	-	18	19
6,9	-	-	26,8	29
8,3	-	-	38,9	42
9,1	-	-	46,4	50
9,9	-	-	54,5	59
11	-	-	70	76
12	-	-	80	87
13	72,6	82	90	99
14	88,5	100	110	120
15	102	117	128	140
16,5	130	139	152	166

В народном хозяйстве канаты применяются двух видов: из растительного волокна (пеньки) и стальные канаты.

Пеньковые канаты очень гибкие с малой массой, но имеют незначительную прочность, быстро изнашиваются, приходят в негодность из-за воздействия атмосферных осадков. Поэтому по техническим требованиям пеньковые канаты допускаются к применению в качестве тягового органа только при ручном приводе и главным образом как чалочные элементы для обвязывания тарных или штучных грузов.

В грузоподъемных машинах применяются стальные канаты, работающие относительно с высокими скоростями и с различной по величине и характеру приложения нагрузкой. В связи с этим стальные канаты должны обладать высокой гибкостью, достаточной прочностью, надежностью и долговечностью.

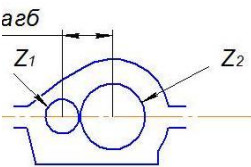
Стальные канаты изготавливают из высокоуглеродистой холодноотянутой проволоки с пределом прочности 200 Н/мм<sup>2</sup> и даже более. Изготавливают канаты на канатовяжущих машинах. Из



проволок свивают пряды (часто в одном пряде 19 проволок), а из прядей (часто 6 прядей) свивают канат.

Различают канаты одинарной, двойной и тройной свивки. Канат одинарной свивки получают сразу скручиванием отдельных проволок; канаты двойной свивки-проволоки скручивают в пряду, а пряди- в канат(канаты двойной свивки называют «ТРОС» ). Канаты тройной свивки: из проволок - пряди, из прядей канат-трос, из нескольких канатов свивают канат-КАБЕЛЬ.

Таблица 6.5. Редукторы цилиндрические одноступенчатые горизонтального типа «ЦУ»

Типоразмер редуктора	Межосевое расстояние, мм	Крутящий момент на тихоходном валу, Нм	Допустимая нагрузка на выходном тихоходном валу, Н	КПД	Масса кг	Схема редуктора
ЦУ-100	100	250	2000	0,98	27	
ЦУ-160	160	1000	4000		75	
ЦУ-200	200	2000	5600		135	
ЦУ-250	250	4000	8000		250	
Передаточное число редуктора “ $U_p$ ”: ЦУ-100: 2; 2,4; 2,5; 2,8 ЦУ-160: 3,15; 3,55; 4; 4,5 ЦУ-200: 5; 5,6 ЦУ-250; 6,3						

Обозначение редуктора:

ЦУ-200-2,5-21 ГОСТ 21426-75

где: 2,5 – передаточное число; 21– номер сборки.

Таблица 6.6. Редукторы цилиндрические двухступенчатые типа «Ц 2» (Мощность подводимая к быстроходному валу, кВт)

Типоразмер редуктора	Частота вращения двигателя об/мин	Режим работы	Передаточное число редуктора «U <sub>p</sub> »					
			12,4	16,3	19,8	25	32,4	41,3
Ц2-200	1000	Л	14	12,5	10,5	8,5	7,5	6
		С	6,8	6,4	5,5	4,5	4	3,5
		Т	5	5	4	2,7	2	1,8
Ц2-250	1000	Л	25	20	17	14	11,5	9,8
		С	20	17	14	12	9,3	7,3
		Т	14	10	9	7,6	5	4,2
Ц2-300	1000	Л	35,5	31,5	29	20	18	14
		С	31,2	25	21	18	14,6	11,6
		Т	24,4	16	14	11,5	10	7,3
Ц2-350	1000	Л	62	47	43,5	36	27,5	22
		С	50	37	33,5	27	22	17,3
		Т	33	24	21	18	15,6	10,2

$$U_p = \frac{z_2}{z_1} * \frac{z_4}{z_3}$$

Обозначение редуктора в заказе:

Ц2-200-25,0-21 ГОСТ 21426-75

200=а<sub>б</sub>+ а<sub>т</sub> (мм); 25,0 - передаточное число;

21 - номер сборки.

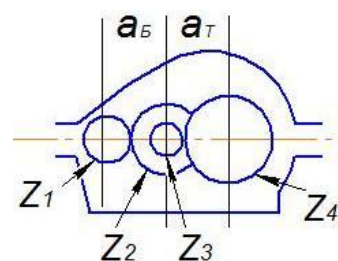


Таблица 6.7. Колодочные тормоза с короткоходовыми электромагнитами МО-100Б, МО-200Б, МО-300Б

(ТКТ - переменный ток, ТКП - постоянный ток; в обозначения ТКТ 200 число 200 обозначает диаметр тормозного шкива  $D_m$ ).

Тип тормоза	Тормозной момент $T_T$ , Нм	Момент якоря магнита $M_{я}$ , Нм	Тип магнита	Установочное усилие главной пружины, Н	
				Переменный ток	Постоянный ток
ТК100	10	5,5	МО-100Б	150	130
	15	5,5	МО-100Б	205	185
	20	5,5	МО-100Б	260	240
ТК200/100	25	5,5	МО-100Б	210	185
	30	5,5	МО-100Б	240	215
	35	5,5	МО-100Б	245	245
	40	5,5	МО-100Б	300	280
ТК200	60	40	МО-200Б	480	390
	80	40	МО-200Б	595	505
	100	40	МО-200Б	710	620
	120	40	МО-200Б	830	740
	140	40	МО-200Б	945	855
	160	40	МО-200Б	1060	970
ТК300/200	180	40	МО-200Б	855	765
	200	40	МО-200Б	930	840
	220	40	МО-200Б	1010	920
	240	40	МО-200Б	1080	990
ТК300	300	100	МО-300Б	1430	1230
	350	100	МО-300Б	1620	1420
	400	100	МО-300Б	1820	1620
	450	100	МО-300Б	2010	1810
	500	100	МО-300Б	2200	2000

Таблица 6.8. Главные пружины колодочных тормозов типа ТКТ  
Материал Сталь 60С2 ГОСТ 14959-79

Тип тормоза	Диаметр проволоки $d$ , мм	Внутренний диаметр $d_{в}$ , мм	Длина свободная $L_{св}$ , мм	Число рабочих витков	Жесткость расчетная $C$ -Н/мм	Схема пружины
ТКТ 100	3,5	18,5	58,75	8,5	1,65	
ТКТ200	6	30	132	11,5	2,42	
ТКТ300	9	41	226,5	14,5	3,62	



## ЛИТЕРАТУРА

1. Детали машин и основы конструирования: учебник для студентов вузов по агроинж. специальностям / под ред. М. Н. Ерохина; Ассоц. "Агрообразование". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: КолосС, 2011. - 512 с.: ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов вузов. Гр. МСХ РФ).
2. Александров М. П. Подъемно-транспортные машины. Учебник для ВУЗов: Изд-во: Высшая школа, 2006
3. Ерохин М. Н. Подъемно-транспортные машины. Учебник для ВУЗов: Изд-во: Высшая школа, 2010
4. ЭБС Университетская библиотека ONLINE Бегун П. И. , Кормилицын О. П. Прикладная механика. Учебник 2-е изд., перераб. и доп. - СПб: "Политехника", 2012. - 467 с.
5. БД "труды ученых СтГАУ Соколов С. А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. Учебное пособие СПб: "Политехника", 2012. - 425 с.
6. БС Университетская библиотека ONLINE Рощин Г. И. Детали машин и основы конструирования. Учебник для бакалавров - М.: ЮРАЙТ, 2012. - 415 с.
7. ЭБС Университетская библиотека ONLINE Михайлов Ю. Б. Конструирование деталей механизмов и машин. Учебное пособие для бакалавров - М.: ЮРАЙТ, 2012. - 414 с.
8. Александров М.П. Грузоподъемные машины. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. Издательство ГУП «Высшая школа», М., 2000.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (оформление согласовано с библиотекой) 2016

1. Яковлева Л. И., Петенев А. Н., Гальков В. Ю. Взаимосвязь профессиональной компетентности студентов и активные методы обучения // Научно-методические аспекты повышения эффективности современного образования : сб. науч.-метод. конф. Ставрополь, 2015. С. 189–193.
2. Петенев А. Н., Гальков В. Ю., Яковлева Л. И. Методика преподавания начертательной геометрии с использованием компас-3D // Научно-методические аспекты повышения эффективности современного образования : сб. науч.-метод. конф. Ставрополь, 2015. С. 151–155.
3. Гальков В. Ю., Петенев А. Н., Яковлева Л. И. Направления развития и принципы формирования системы высшего профессионального

образования // Научно-методические аспекты повышения эффективности современного образования : сб. науч.-метод. конф. Ставрополь, 2015. С. 29–35.

4. Системный контроль текущих знаний студентов как способ повышения качества учебного процесса / Л. И. Яковлева, В. Е. Кулаев, А. В. Орлянский, В. Ю. Гальков // Обучение и воспитание: методики и практика. 2014. № 16. С. 176–179.

5. Мельникова И. А., Яковлева Л. И. Современные технологии в преподавании начертательной геометрии // Обучение и воспитание: методики и практика. 2014. № 16. С. 166–169.

6. Яковлева Л. И., Гальков В. Ю., Мельникова И. А. Студенческие олимпиады по графическим дисциплинам // Обучение и воспитание: методики и практика. 2014. № 16. С. 174–176.

7. Комплексный инновационный подход в организации профориентационной работы на инженерном факультете / А. Т. Лебедев, А. В. Орлянский, И. И. Швецов, Л. И. Яковлева // Обучение и воспитание: методики и практика. 2015. № 19. С. 166–171.

8. Яковлева Л. И., Кулаев В. Е. Электронные учебно-методические комплексы в познавательной деятельности студентов // Инновационные механизмы эффективного образования : сб. науч.-метод. конф. Ставрополь, 2014. С. 269–272.

9. Использование ЭВМ в расчётно-конструкторских работах как способ повышения производительности и качества курсового проектирования / В. Е. Кулаев, А. В. Орлянский, Л. И. Яковлева, Е. В. Кулаев // Инновационные механизмы эффективного образования : сб. науч.-метод. конф. Ставрополь, 2014. С. 167–171.

10. Ленточные транспортеры для перемещения сельскохозяйственных грузов / Е. В. Кулаев, В. Ю. Гальков, Л. И. Яковлева, И. В. Журавлев // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сб. материалов XI Междунар. науч.-практ. конф. в рамках XVII Междунар. агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2015». Ставрополь, 2015. С. 227–232.

11. Теоретическое исследование кпд полиспастов грузоподъемных кранов / В. Е. Кулаев, Л. И. Яковлева, Е. В. Кулаев, Д. С. Вощевоз // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф. в рамках XIX Междунар. агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2013». Ставрополь, 2013. С. 172–176.

12. Системный контроль текущих знаний студентов как способ повышения качества учебного процесса / В. Е. Кулаев, А. В. Орлянский, Е. В. Кулаев, Л. И. Яковлева // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. в рамках XI Междунар. агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2009». Ставрополь, 2009. С. 74–76.

13. Производительность ленточных конвейеров / В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, Л. И. Яковлева, Е. В. Кулаев / Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф. в рамках X Междунар. агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2008». Ставрополь, 2008. С. 112–116.

14. Роль инноваций в привлечении абитуриентов на инженерный факультет / В. Е. Кулаев, А. Н. Петенев, Л. И. Яковлева, А. В. Назаренко // Инновационные технологии образования - в учебный процесс : сб. науч.-метод. конф. Ставрополь, 2015. С. 32–37.

15. Кулаев В. Е., Орлянский А. В., Яковлева Л. И. / Использование ЭВМ при изучении деталей машин – необходимое условие качественного освоения общетехнических дисциплин // Совершенствование учебного процесса в вузе на основе информационных и коммуникационных технологий : сб. материалов 74-й науч.-практ. конф. «Университетская наука–региону». Ставрополь, 2010. С. 86–90.

16. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов бакалавриата по дисциплине «Прикладная механика» : учебное пособие / В. В. Очинский, А. А. Кожухов, В. А. Лиханос, А. В. Бобрышов, Б. П. Фокин, Л. И. Яковлева. Ставрополь, 2015. Ч. I. 32 с.

17. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов бакалавриата по дисциплине «Прикладная механика» : учебное пособие / В. В. Очинский, А. А. Кожухов, В. А. Лиханос, А. В. Бобрышов, Б. П. Фокин, Л. И. Яковлева. Ставрополь, 2015. Ч. II. 36 с.

18. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов бакалавриата по дисциплине «Прикладная механика» : учебное пособие / В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. Н. Петенев, А. В. Бобрышов, А. А. Кожухов, Б. П. Фокин, Л. И. Яковлева, И. А. Орлянская, В. Ю. Гальков, Д. С. Калугин. Ставрополь, 2015. Ч. III. 68 с.

19. Подъемно–транспортные машины. Лабораторная работа № 1. Грузоподъемные машины / В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. Н. Петенев, А. В. Бобрышов, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская; СтГАУ. Ставрополь, 2014. 16 с.

20. Подъемно–транспортные машины. Лабораторная работа № 2. Транспортирующие машины / В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. Н. Петенев, А. В. Бобрышов, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская; СтГАУ. Ставрополь, 2014. 16 с.

21. Подъемно–транспортные машины. Лабораторная работа № 3. Ручные и электрические тали и электротельферы / В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. Н. Петенев, А. В. Бобрышов, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская ; СтГАУ. Ставрополь, 2014. 8 с.

22. Подъемно–транспортные машины. Лабораторная работа № 4. Составление и исследование полиспадов различной кратности / В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. Н. Петенев, А. В. Бобрышов,

Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская; СтГАУ. Ставрополь, 2014. 12 с.

23. Подъемно–транспортные машины. Лабораторная работа № 5. Тормоза колодочные общего назначения / В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. Н. Петенев, А. В. Бобрышов, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская; СтГАУ. Ставрополь, 2014. 16 с.

24. Расчет основных параметров механизма подъема грузоподъемного крана с выбором необходимого тормозного устройства : метод пособие / В. Е. Кулаев, А. В. Орлянский, Л. И. Яковлева, В. А. Лиханос, В. Ю. Гальков, Е. В. Кулаев, Д. С. Калугин. Ставрополь, 2014. 24 с.

25. Муфты механические для соединения валов, конструкция и основные принципы проверочных расчетов на прочность : учебное пособие / В. Е. Кулаев, А. В. Орлянский, Л. И. Яковлева, Д. С. Калугин, В. А. Лиханос, В. Ю. Гальков, Е. В. Кулаев,. Ставрополь, 2014. 48 с.