



Министерство образования
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

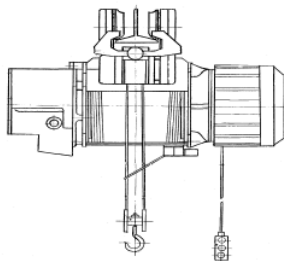
Кафедра «Горные машины»

Н.И. Березовский
Г.И. Лютко
С.Г. Оника

ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И ПОДЪЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ

Часть 1



Минск
БНТУ
2012

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Горные машины»

Н.И. Березовский
Г.И. Лютко
С.Г. Оника

ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ
И ПОДЪЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов специальностей
1-36 10 01 «Горные машины и оборудование»
и 1-36 13 01 «Технология и оборудование торфяного производства»

В 2 частях

Часть 1

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию
в области горнодобывающей промышленности*

Минск
БНТУ
2012

УДК 622.602.5 (075.4)

ББК 33.16я7

Б 48

Рецензенты:

В.В. Борисейко, главный инженер Республиканского унитарного предприятия «БЕЛНИИТОПРОЕКТ»;

А.В. Нагорский, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Горные машины» БНТУ

Березовский, Н.И.

Б 48 Горно-транспортные машины и подъемные механизмы: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов специальностей 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование» и 1-36 13 01 «Технология и оборудование торфяного производства»: в 2 ч. / Н.И. Березовский, Г.И. Лютко, С.Г. Оника. – Минск: БНТУ, 2012. – Ч.1. – 42 с.

ISBN 978-985-525-760-9 (Ч.1).

В издании приведены основные правила техники безопасности, изложены теоретические материалы, а также методика выполнения лабораторных работ и обработки полученных экспериментальных данных.

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ предназначено для студентов специальностей 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование» и 1-36 13 01 «Технология и оборудование торфяного производства», а также может быть полезно для аспирантов и научных сотрудников.

УДК 622.602.5(075.4)

ББК 33.16я7

ISBN 978-985-525-760-9 (Ч.1)

© Березовский Н.И., Лютко Г.И.,
Оника С.Г., 2012

ISBN 978-985-525-761-6

© БНТУ, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	4
ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ.....	5
<i>Лабораторная работа № 1</i> ПОЛИСПАСТЫ.....	7
<i>Лабораторная работа № 2</i> ЛЕБЕДКИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН.....	14
<i>Лабораторная работа № 3</i> КОЛОДОЧНЫЕ ТОРМОЗА.....	25
<i>Лабораторная работа № 4</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК.....	35
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	41

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы по дисциплине «Горно-транспортные машины и подъемное оборудование» играют важную роль в обучении студентов и являются его неотъемлемой частью.

Выполнение лабораторных работ является одним из наиболее активных видов учебных занятий, развивающих у студентов навыки самостоятельной работы, и способствует усвоению изучаемой дисциплины. В соответствии с программой и профилем подготовки специалистов в предлагаемом издании приводится описание лабораторных установок и методика выполнения экспериментальных исследований, излагаются основные правила безопасной эксплуатации оборудования.

Издание подготовлено на основе опыта работы лаборатории «Горные машины» Белорусского национального технического университета, обеспечивающей учебный процесс при изучении дисциплин специальностей 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование» и 1-36 13 01 «Технология и оборудование торфяного производства».

Перед выполнением данных лабораторных работ необходимо изучить назначение, состав и порядок использования программно-технических средств, которые приведены в пособии по выполнению лабораторных работ «Горные машины и оборудование» (Минск, БНТУ, 2010. Ч. 1.).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Выполнение лабораторной работы начинается с внимательного изучения инструкции и методических указаний к данной работе, а также соответствующих разделов лекций и учебников.

Степень готовности к выполнению работы устанавливается преподавателем путем опроса студентов. В контрольный опрос по данной работе включаются материалы из лекционного курса дисциплины «Горно-транспортные машины и подъемное оборудование».

После ответов на контрольные вопросы и вопросы по технике безопасности студенты, получив разрешение преподавателя, приводят в действие лабораторную установку и приступают к необходимым измерениям и записям показаний приборов.

При выполнении работы в оборудовании могут быть обнаружены различные неисправности и неполадки. В таких случаях студент немедленно выключает установку и о замеченных неисправностях докладывает преподавателю.

Отчет о работе должен быть оформлен аккуратно, все схемы и графики выполнены четко. Результаты опытов и расчетов сводятся в таблицы. Построенные графики исследуемых зависимостей сопровождаются краткими выводами.

Студент обязан закончить отчет в лаборатории за отведенное для выполнения работы время.

Оформленный отчет по каждой работе студент предъявляет преподавателю и при успешной защите работ в конце семестра получает зачет или допуск к экзамену.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ

Условия работы в учебных лабораториях значительно отличаются от условий труда на промышленных предприятиях, где имеется стационарное оборудование с постоянно установленными ограждениями, предохранительными устройствами и другими мерами защиты.

Неосторожное поведение студентов в лаборатории, неправильное обращение с установками могут привести к несчастным случаям и порче оборудования.

При выполнении лабораторных работ студент обязан соблюдать следующие правила:

- входить и выходить из лаборатории можно только по разрешению преподавателя;
- перед началом работы необходимо ознакомиться с установкой и заданием;
- на рабочем месте должно быть только оборудование и принадлежности, относящиеся к выполняемой работе;
- разрешается проводить только ту работу, которая указана в графике выполнения работ;
- пуск и остановка любой установки выполняется только с разрешения и в присутствии преподавателя или лаборанта, ведущих занятия; перед включением установки необходимо предупредить всех участвующих в работе о начале проведения опытов;

– оставлять без присмотра работающие установки категорически запрещается;

– запрещается работать в лаборатории одному лицу; обязательное присутствие второго лица необходимо для оказания работающему помощи при несчастном случае;

– включать и выключать электропусковую аппаратуру можно только стоя на резиновом коврик; категорически запрещается открывать силовые шкафы, прикасаться к открытым контактам на лабораторных щитах, электродвигателях и т. п.;

– при работе на установках, имеющих движущиеся детали, необходимо быть особенно осторожным; не прикасаться к этим деталям и следить, чтобы на них не попали края одежды;

– при возникновении каких-либо неясностей необходимо прекратить работу и обратиться за разъяснением к преподавателю или лаборанту;

– при обнаружении неисправностей и неполадок в работе оборудования необходимо немедленно выключить установку и доложить преподавателю;

– по окончании работы необходимо привести в порядок рабочее место.

После ознакомления с правилами работы в лаборатории студент расписывается в книге учета инструктажа по технике безопасности и несет полную ответственность за нарушение этих правил.

Лабораторная работа № 1

ПОЛИСПАСТЫ

Цели работы:

1. Изучить принципы работы и устройство полиспастов.
2. Уяснить назначение и особенности различных видов полиспастов.
3. Экспериментально определить КПД полиспаста различной кратности.

Основные правила техники безопасности

1. Монтаж полиспаста производить только исправными инструментами и с использованием защитных средств.
2. Укладку грузов на подвес полиспаста и их снятие производить при опущенном на пол подвесе.
3. Перед подъемом, удержанием на весу и опусканием груза необходимо дать предупреждение.
4. При подъеме, удержании груза на весу и его опускании необходимо находиться на расстоянии не ближе двух метров от полиспаста.
5. При подъеме, удержании навесу и опускании груза не выпускать из рук рукоятку ручной лебедки.

Общие сведения о полиспастах

Полиспастом называют систему, состоящую из нескольких подвижных и неподвижных блоков и каната или цепи, последовательно огибающих все блоки. Полиспаст предназначен для изменения усилия в ветвях каната (выигрыш в силе) или скорости подъема груза (выигрыш в скорости).

Полиспасты, предназначенные для выигрыша в силе (рис. 1.1), называются **полиспастами прямого действия (силовыми)**. Их применяют в кранах для подъема груза или изменения угла наклона стрелы. В грузоподъемных устройствах используют также сдвоенные полиспасты, у которых канат прикреплен к барабану и навивается на него одновременно двумя концами. Для выравнивания натяжения каната служит уравнительный блок. При такой запасовке каната получают как бы два независимых полиспаста.

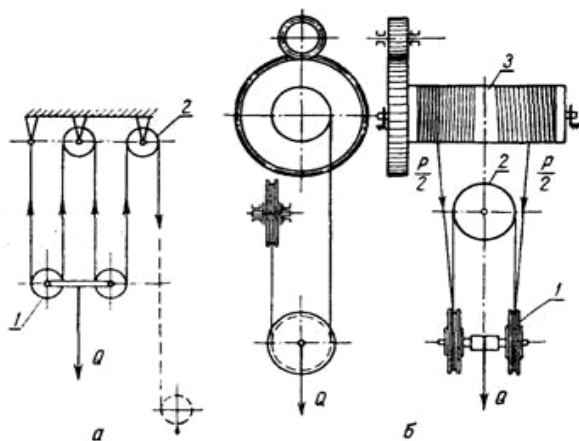


Рис. 1.1. Схема полиспаста:

a – прямого действия; *б* – сдвоенного;

1 – подвижный блок; *2* – неподвижный блок; *3* – барабан лебедки

Полиспасты, предназначенные для выигрыша в скорости движущегося органа (рис. 1.2), называют **полиспастами обратного действия (скоростными)**. Их, как правило, применяют в конструкциях кранов с гидравлическим приводом (телескопических), изготовляемых на базе тракторов, автомобилей, специальных шасси, а также в автопогрузчиках.

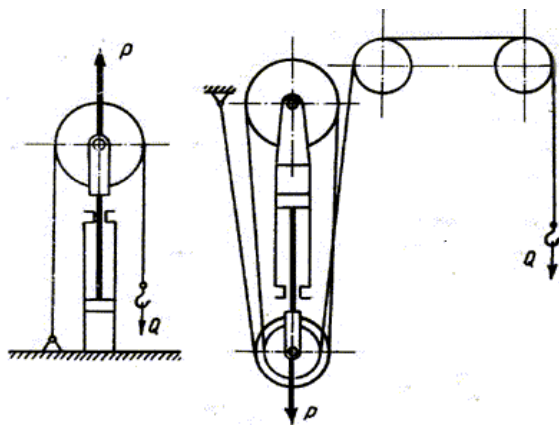


Рис. 1.2. Скоростной обратный полиспаст

Основной характеристикой полиспаста является **кратность**. Для силового полиспаста – это отношение числа грузовых ветвей (на которых висит груз) к числу приводных ветвей, которые наматываются на барабан:

$$i = n_{гр} / n_{пр},$$

где $n_{гр}$ – число грузовых ветвей;
 $n_{пр}$ – число приводных ветвей.

Для скоростных полиспастов наоборот:

$$i_s = n_t^1 / n_{гр},$$

где n_t^1 – число приводных ветвей;
 $n_{гр}$ – число грузовых ветвей.

На рис. 1.3 и 1.4 приведены схемы наиболее распространенных полиспастов.

Для мостовых, козловых кранов (рис. 1.5) оба конца каната закрепляются на барабане – для строго вертикального подъема груза и для выравнивания усилий на опоры барабана.

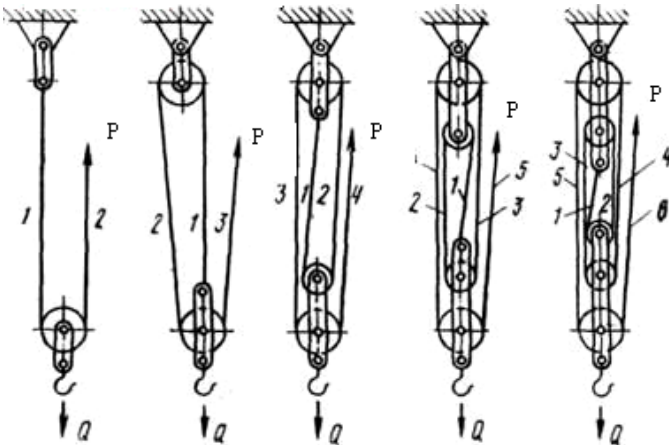


Рис. 1.3. Схемы полиспастов

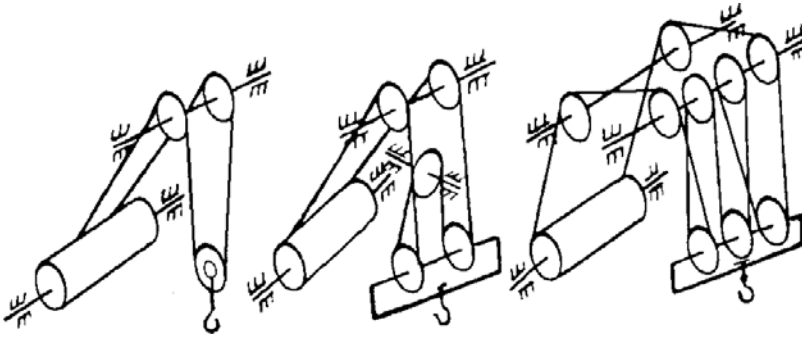


Рис. 1.4. Схемы двоянных полиспастов

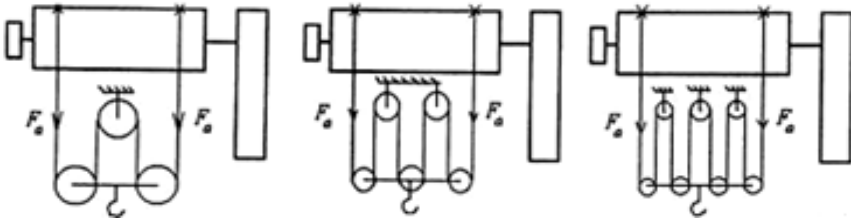


Рис. 1.5. Схемы полиспастов мостовых, козловых кранов

Усилие P зависит от веса Q поднимаемого груза и кратности полиспаста i и равно:

$$P = \frac{Q}{i \cdot \eta},$$

где η – КПД полиспаста.

При выполнении данной лабораторной работы общий КПД полиспаста определяется на установке, состоящей из полиспаста, ручной лебедки и средств измерения усилия в канате (рис. 1.6). Конструкция полиспаста при соответствующей запасовке каната позволяет получить различные значения кратности. Тяговое усилие в канате измеряется датчиком силы, выходной сигнал которого подается на регистрирующее устройство. Подвес служит для укладки на него грузов с целью создания необходимой нагрузки на полиспаст.

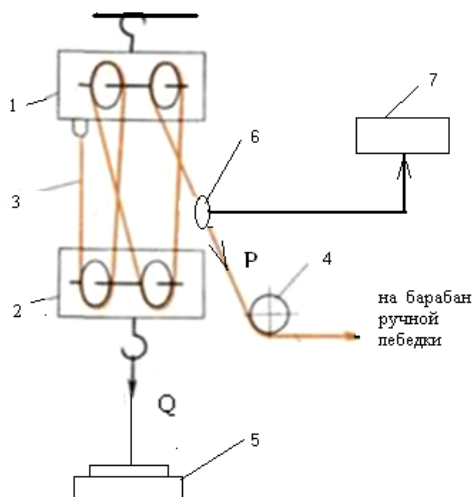


Рис. 1.6. Схема установки для измерения КПД полиспаста:
 1 – обойма неподвижных блоков; 2 – обойма подвижных блоков;
 3 – канат; 4 – отклоняющий блок; 5 – подвес с грузами;
 6 – датчик измерения силы; 7 – регистрирующее устройство

Задание

1. Для приведенных на рис. 1.3, 1.4 и 1.5 полиспастов определите кратность.
2. Определите зависимость между скоростями подъема, опускания груза и намотки каната на барабан для различных видов полиспастов (прямого, обратного) при их различной кратности.

Порядок выполнения работы

1. Установить обойму неподвижных блоков на кронштейне, прикрепленном к стене лаборатории.
2. Произвести запасовку каната через неподвижные и подвижные блоки согласно требуемой кратности.
3. На обойму подвижных блоков установить подвес и необходимый груз.
4. Установить датчик измерения усилия между канатом полиспаста и канатом ручной лебедки, используя дополнительные приспособления.
5. Включить регистрирующее устройство.

6. Медленным вращением рукояти ручной лебедки поднимать груз и фиксировать значения усилия в канате полиспаста (при подъеме).

7. Опустить подвес с грузом и установить на него дополнительный груз.

8. Повторить действия пункта 6.

9. Результаты измерений записать в табл. 1.1.

Примечание. Определить значение усилия в канате можно по отсчетам цифровой индикации регистрирующего устройства или по диаграмме усилий «подъем – опускание» при использовании в составе регистрирующего устройства компьютера.

10. По известным значениям веса груза Q , усилию P и кратности полиспаста i по формуле вычислить КПД полиспаста.

$$\eta = Q \cdot i \cdot P$$

Усилие P определяется по формуле

$$P = k \cdot (n - n_0),$$

где k – градуировочный коэффициент датчика измерения силы;

n – показания регистрирующего устройства при подъеме груза;

n_0 – показания регистрирующего устройства при нахождении груза на полу, т. е. без усилий при подъеме груза.

Таблица 1.1

Результаты измерений

Кратность полиспаста	Масса груза, кг	Нагрузка, Н	Усилие в канате, Н	КПД полиспаста

Объясните:

1. Почему определение КПД производится при подъеме груза?
2. Почему в формулу для определения КПД входят значения сил, тогда как КПД есть отношение полезной работы к полной выполненной работе?
3. Какие составляющие потерь определяют общий КПД полиспаста?

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о полиспастах с рисунками некоторых видов полиспастов.
3. Схема лабораторной установки (см. рис. 1.6).
4. Расчетные формулы.
5. Таблица результатов (см. табл. 1.1).
6. Выводы.

Лабораторная работа № 2

ЛЕБЕДКИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Цели работы:

1. Изучить назначение, классификацию и применение лебедок.
2. Усвоить конструкцию и конструктивные схемы лебедок.
3. Провести испытание лебедки с ручным приводом и лебедки передвижения тележки грунтового канала с электрическим приводом.

Основные правила техники безопасности

1. Запуск оборудования производится только после разрешения преподавателя или учебно-вспомогательного персонала.
2. При передвижении тележки строго запрещается стоять против тягового каната.
3. Перед включением тяговой лебедки (приводной станции) следует дать предупредительный сигнал.

Общие сведения о лебедках

Лебедка – машина для перемещения грузов посредством движущегося гибкого элемента – каната или цепи. Лебедка является составной частью механизма подъема грузов, второй после полиспастов и грузозахватывающих устройств в кинематической схеме. Лебедками оборудованы подъемники, подъемно-транспортные машины, обычно они входят в состав тяговых механизмов, помимо этого могут входить в механизм изменения вылета стрелы крана. Лебедки применяют как самостоятельные машины при погрузочно-разгрузочных, строительных, монтажных, ремонтных работах, на маневровых работах с подвижным составом и как часть землеройных и дорожных машин, подъемных кранов, копров, канатных дорог, скреперных и бурильных установок и др.

Различают лебедки:

- **стационарные** – устанавливаемые на постоянных или временных основаниях либо прикрепляемые к стенам и потолочным перекрытиям;
- **передвижные** – монтируемые на рельсовых или безрельсовых тележках.

Лебедки с вертикально расположенным фрикционным барабаном называются **шпилем**, или **кабестаном**.

Тяговые усилия (подъемная сила), регламентируемые государственными стандартами, находятся в пределах от 2,5 до 200 кН а скорость навивки каната на барабан – от 0,5 до 0,1 метра в секунду.

Лебедка с приводом, имеющая тележку передвижения и установленная на подвесные пути, носит название **таль**. Подвесные пути для передвижения талей могут иметь один или два рельса, стрелки, закругления и небольшие уклоны. Тали с однорельсовыми тележками называются **тельферами**.

Лебедки классифицируются по различным признакам:

I. По конструктивному исполнению:

- однобарабанные;
- многобарабанные;
- односкоростные;
- многоскоростные.

II. По типу привода:

- с ручным приводом;
- с электроприводом;
- с гидроприводом;
- с приводом от двигателя внутреннего сгорания.

III. В зависимости от типа связи между отдельными элементами:

- с жесткой связью;
- с фрикционной связью между барабанным и приводным механизмом (фрикционные лебедки);
- с фрикционной связью между канатом и барабаном (лебедки шпилевые и с канатоведущими шкивами).

Шпилевые лебедки обычно используют как тяговые – для перемещения отдельных железнодорожных вагонов и судов при их швартовке.

Лебедки с канатоведущими шкивами широко распространены в подъемниках зданий (в лифтах и других подъемных устройствах с большой высотой подъема).

Наиболее широко используются лебедки с жесткой связью – зубчатыми передачами между их элементами – двигателем, тормозом, барабаном.

Лебедки с ручным приводом применяют в основном как вспомогательное оборудование, когда осуществляется вертикальное, горизонтальное или наклонное перемещение грузов во время монтажных и погрузочно-разгрузочных работ. Они могут быть однобарабанными или рычажными (без барабана).

В общем случае (рис. 2.1) лебедка состоит из следующих основных сборочных единиц: двигателя *1*, упругой муфты с тормозным шкивом *2*, редуктора *3*, тормоза, узла барабана *4*. Рабочим органом лебедки является барабан, служащий для намотки каната *5*. Ось барабана опирается на опору. Опора выполнена в виде отдельной стойки с шариковым сферическим подшипником. Крутящий момент передается на барабан от электродвигателя через муфту и редуктор. Одна из полу муфт выполнена в виде тормозного шкива. Редуктор предназначен для увеличения крутящего момента и уменьшения частоты вращения. Тормоз колодочный предназначен для остановки и удержания тормозного шкива при неработающем электродвигателе.

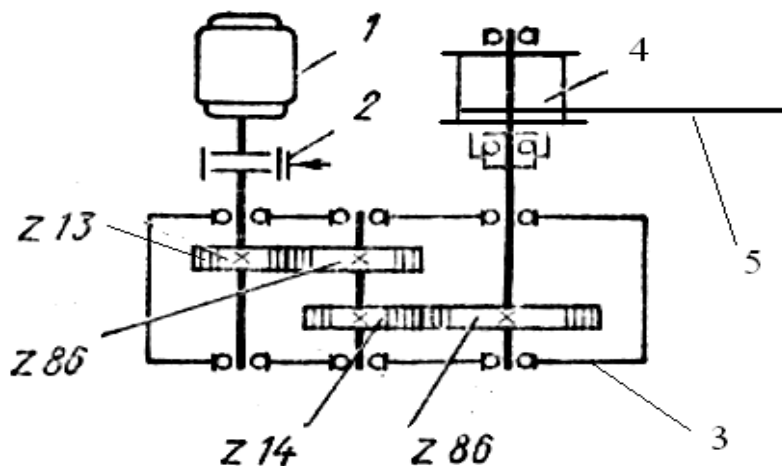


Рис. 2.1. Электрическая грузоподъемная лебедка

Примеры некоторых кинематических схем лебедок представлены на рис. 2.2.

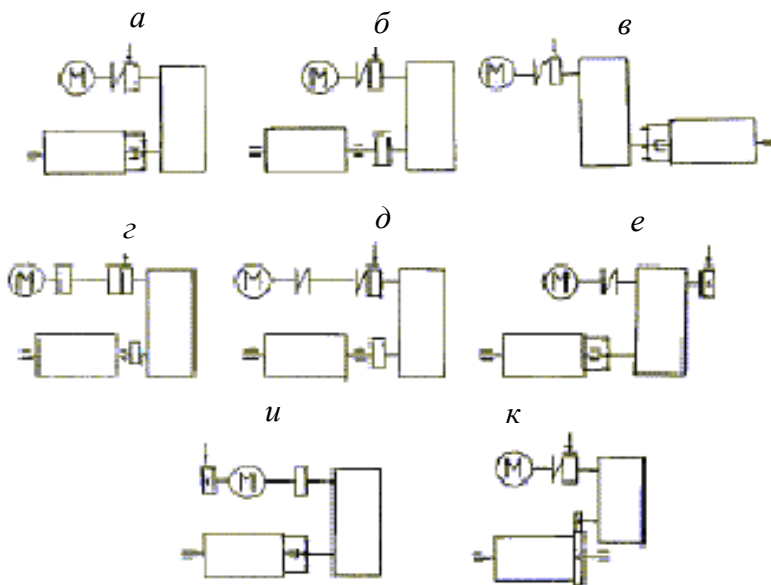


Рис. 2.2. Варианты кинематических схем лебедок

При выборе схемы возможна комбинация из различных вариантов. Например, в варианте 2, *и* возможна установка барабана так, как это сделано в варианте 2, *г* или 2, *в*, и т. д.

Наиболее простая схема – 2, *а*. Недостаток этой схемы состоит в том, что на опорный подшипник выходного вала редуктора передается нагрузка от веса поднимаемого груза.

Схема 2, *б* исключает этот недостаток, однако появляется дополнительная опора и соответственно необходимость более точной центровки валов редуктора и барабана.

П-образные схемы 2, *а*, *б*, *г*, *д*, *е*, *и* компактны, но их применение возможно только тогда, когда выполняется условие

$$\frac{D_{\text{бар}}}{2} + \frac{D_{\text{эл}}}{2} < z,$$

где $D_{\text{бар}}$ – наибольший диаметр барабана;

$D_{\text{эл}}$ – наибольший габарит электродвигателя по ширине;

z – расстояние между осями входного и выходного валов редуктора.

Если данное условие не выполняется, можно выбрать вариант 2, *в* или 2, *к*.

Бараны (рис. 2.3) служат для наматывания гибкого органа и преобразования вращательного движения привода в поступательное движение груза. Бараны изготавливают литыми из чугуна СЧ15, СЧ18, СЧ24 или стали марок 25Л, 35Л, 55Л и сварными (рис. 2.3, *в*) из стали марки В Ст 3кп и др. Канатные бараны по форме внешней поверхности разделяют на цилиндрические, конические и конoidalные. Наибольшее распространение получили цилиндрические гладкие (рис. 2.3, *б*) и нарезные (рис. 2.3, *в*).

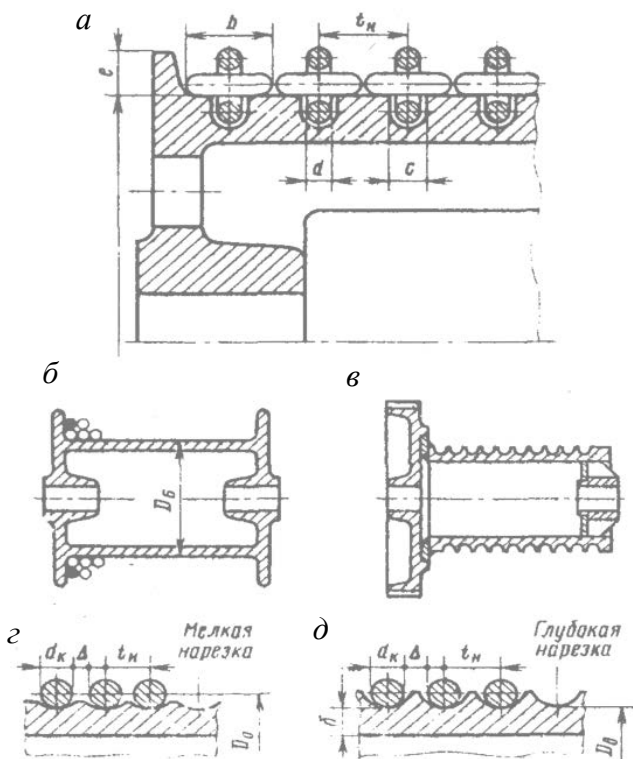


Рис. 2.3. Бараны:

- а* – нарезной с винтовыми канавками для сварных круглозвенных цепей;
- б* – литой гладкий для канатов;
- в* – сварной нарезной для канатов;
- г* – с мелкой нарезкой;
- д* – с глубокой нарезкой

Гладкие барабаны применяют при многослойной навивке каната на барабан при подъеме груза на большую высоту, а также при необходимости уменьшения длины барабана по условиям компоновки. При однослойной навивке каната на барабан на его рабочей поверхности нарезают винтовую канавку, которая способствует правильной укладке и уменьшению износа каната.

Основными размерами барабанов являются его диаметр, длина и толщина стенки. **Диаметр барабана** (и блоков) зависит от диаметра каната, назначения механизма и режима эксплуатации механизма:

$$D_b = d_k \cdot e,$$

где d_k – диаметр каната, мм;

e – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа механизма и режима эксплуатации; $e = 16-30$.

Длина барабана зависит от высоты подъема груза и кратности полиспаста.

Цепные барабаны бывают гладкими и с винтовой нарезкой (см. рис. 2.3, а).

Гладкие применяют для некалиброванных сварных цепей, нарезные – для калиброванных.

Крепление каната на барабане осуществляют различными способами. Наибольшее распространение получило крепление наружной прижимной планкой. На стальных барабанах прижимные планки крепятся винтами, а на чугунных – шпильками (рис. 2.4).

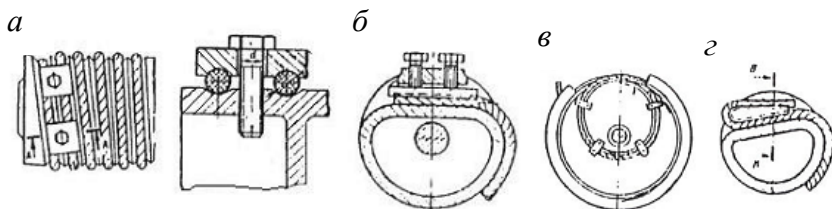


Рис. 2.4. Способы крепления конца каната на барабане:
а, б – прижимными планками;
в – прижимными планками на торцевой стенке; *г* – клином

Задание

1. Для лебедки, показанной на рис. 2.1, запишите в общем виде формулы для определения максимальной грузоподъемности и скорости подъема груза в зависимости от мощности электродвигателя, его числа оборотов, передаточного числа редуктора, кратности полиспаста и КПД всего механизма подъема;

2. Обоснуйте выбор конструктивной схемы лебедки, например, для механизма подъема мостового или козлового крана.

Порядок выполнения работы

Лебедка с червячной передачей

Основные элементы лебедки: червячная передача, барабан, рукоятка. Выигрыш усилия при подъеме груза лебедкой достигается за счет передаточного числа червячной передачи, а также соотношения длины рукоятки и диаметра барабана.

При выполнении работы необходимо:

1. Изучить конструкцию лебедки и взаимодействие ее деталей при подъеме и опускании груза.

2. Начертить конструктивную схему лебедки, обозначить наименование деталей, описать принцип работы.

3. Определить передаточное число червячной передачи u . Для этого, вращая ведущий вал, определить его количество оборотов до того момента, как ведомый вал совершит один полный оборот:

$$u = \frac{n_1}{n_2}.$$

4. Измерить:

- длину рукоятки l , м,
- диаметр барабана лебедки D , м.

5. Используя значения тягового усилия каната, полученные при выполнении лабораторной работы по исследованию полиспастов, определить усилие F на рукоятке лебедки по формуле

$$F = \frac{P \cdot D}{0,5 \cdot u \cdot \eta \cdot l}, \text{ Н,}$$

где l – КПД передачи.

Для лебедки с червячной передачей характерен сравнительно низкий КПД (в среднем 0,7–0,75 в однозаходной передаче; 0,8–0,85 в двухзаходной; 0,86–0,92 в четырехзаходной).

6. Результаты расчета свести в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Результаты расчета

Масса груза, кг	Кратность полиспаста	Усилие в канате, Н	Усилие на рукоятке, Н

***Лебедка приводной станции передвижения тележки
грунтового канала***

Лебедка приводной станции (рис. 2.5) предназначена для передвижения тележки грунтового канала по рельсам, уложенным вдоль продольных стенок канала. Передвижение тележки производится при помощи тягового каната, наматываемого на барабан лебедки. Привод тягового барабана осуществляется электродвигателем мощ-

ностью 7 кВт через коробку передач. Коробка передач состоит из двух секций, обеспечивающих 12 скоростей передвижения тележки в пределах от 0,12 до 8,5 м/с.

Параметры передвижения тележки регистрируются датчиками тягового усилия и перемещения.

Тяговое усилие каната при передвижении тележки измеряется датчиком, установленным на ее раме. Чувствительным элементом датчика является скоба. Деформация скобы, возникающая под действием растягивающих усилий при движении тележки, посредством промежуточной зубчатой передачи передается на подвижный контакт проволоочного потенциометра, вызывая изменение сопротивления последнего. Изменение сопротивления потенциометра, пропорциональное деформации скобы, а следовательно, и величине тягового усилия каната, передается через соединительный кабель на аналого-цифровой регистратор, преобразовывается в цифровое значение и вводится в компьютер.

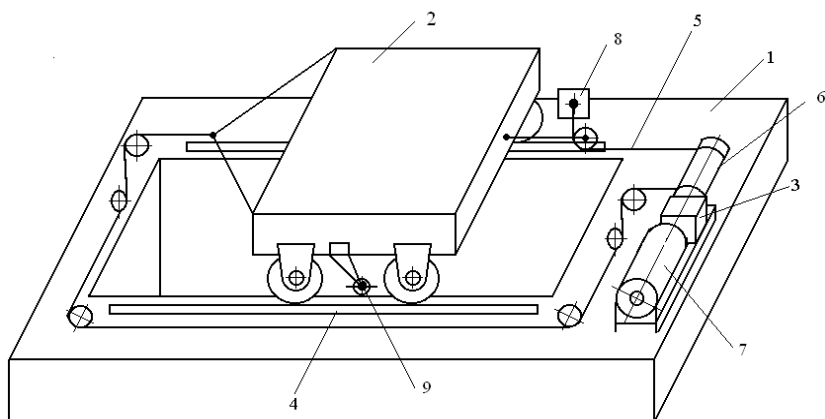


Рис. 2.5. Лебедка приводной станции передвижения тележки
грунтового канала:

- 1 – канал; 2 – тележка; 3 – редуктор; 4 – рельс; 5 – тяговый канат; 6 – барабан;
7 – электродвигатель; 8 – динамометр тягового усилия передвижения
тележки; 9 – датчик передвижения тележки

При выполнении работы необходимо:

1. Изучить кинематическую схему лебедки приводной станции передвижения тележки.

2. Зарисовать схему запасовки тягового каната.

3. Произвести апробацию работы лебедки. Для этого:

– установить на рабочем месте технические средства измерения параметров передвижения тележки (см. пособие по выполнению лабораторных работ «Горные машины и оборудование» (Минск, БНТУ, 2010. Ч. 1.));

– включить и проверить работоспособность технических средств в комплексе с ЭВМ;

– включить минимальную скорость передвижения тележки;

– включить технические средства в рабочий режим нажатием кнопки «ПУСК» аналого-цифрового регистратора;

– включить двигатель приводной станции передвижения тележки;

– после перемещения тележки по всей длине канала выключить двигатель приводной станции;

– кнопкой «СТОП» выключить технические средства;

– произвести обработку полученных результатов в программной среде *Excel*, сохранить полученные результаты в памяти ЭВМ;

– вернуть тележку в исходное положение;

– создать дополнительную нагрузку на передвижение тележки. Для этого необходимо положить на тележку грузы суммарной массой $m = 200$ кг;

– повторить указанные выше операции.

4. Сравнить результаты измерения параметров движения тележки без нагрузки и с нагрузкой.

5. Произвести анализ полученных результатов и дать им объяснение.

6. По результатам измерения усилий на передвижение тележки на холостом ходу P_{xx} и передвижение с нагрузкой P_n определить коэффициент сопротивления передвижению тележки по формуле

$$W = \frac{P_n - P_{xx}}{mg},$$

где P_{xx} и P_n – значения тягового усилия в канате при передвижении тележки на холостом ходу и передвижении тележки с дополнительным грузом;

m – масса груза, укладываемого на тележку.

Значения P_n и P_{xx} определяются по формулам:

$$P_n = k(n_{xx} - n_0),$$

$$P_{xx} = k(n_n - n_0),$$

где k – градуировочный коэффициент динамометра тягового усилия при передвижении тележки;

n_0 – показания динамометра в состоянии покоя;

n_{xx} и n_n – усредненные показания динамометра при передвижении тележки на холостом ходу и передвижении тележки с дополнительным грузом соответственно. Определяются по диаграммам зависимости «усилие в тяговом канате лебедки – порядковый номер отсчета».

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о лебедках с рисунками некоторых видов конструктивных схем лебедок.
3. Расчетные зависимости для лебедки, приведенной на рис. 2.1.
4. Результаты испытаний ручной лебедки.
5. Схема запасовки каната лебедки грунтового канала.
6. Результаты испытаний лебедки грунтового канала с приложением экспериментально полученных диаграмм.
7. Выводы.

Лабораторная работа № 3

КОЛОДОЧНЫЕ ТОРМОЗА

Цели работы:

1. Усвоить назначение тормозов и требования, предъявляемые к ним.
2. Изучить конструкцию и принцип действия колодочных тормозов, зарисовать схему тормозов с электромагнитом и электрогидравлическим толкателем.
3. Усвоить методику расчета и подбора колодочных тормозов.
4. На экспериментальной установке получить зависимость тормозного момента от длины замыкающей пружины, рассчитать давление между колодкой и тормозным шкивом.

Общие сведения о тормозах

Тормозами называют устройства, предназначенные для постепенного снижения скорости перед остановкой, удержания остановленного механизма в неподвижном состоянии, затормаживания подъемного, ходового и поворотного механизмов в грузоподъемных и транспортирующих машинах.

Принцип работы тормоза основан на использовании силы трения, возникающей от воздействия тормозного усилия между поверхностями двух деталей, одна из которых жестко связана с затормаживаемым валом (тормозной шкив, диск), а вторая соединена с корпусом машины (колодка, диск, лента). Сила трения зависит от величины тормозного усилия, направленного нормально к поверхности трения, и фрикционных свойств контактных поверхностей.

По типу тормозных элементов различают:

- колодочные;
- ленточные;
- дисковые;
- конусные тормоза.

В зависимости от характера действия приводного усилия и исходного положения тормозных поверхностей тормоза разделяют на:

- нормально замкнутые (закрытые);
- нормально разомкнутые (открытые);
- комбинированные.

В нормально замкнутых тормозах в исходном положении при выключенном двигателе привода тормозные поверхности сжаты внешней силой (пружиной, весом замыкающего груза и т. п.). Оттормаживание (размыкание тормозных поверхностей) происходит только при включении двигателя привода.

В нормально разомкнутых тормозах в исходном положении тормозные поверхности не прижаты друг к другу. Замыкание и размыкание тормоза осуществляется под действием внешнего усилия.

По правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных машин и кранов механизмы подъема груза и изменения вылета стрелы должны быть оборудованы нормально замкнутыми тормозами с автоматическим управлением. Этим требованиям в наибольшей степени отвечают двухколодочные тормоза. Наибольшее распространение в современных грузоподъемных машинах получили нормально замкнутые автоматические двухколодочные тормоза с электромагнитным приводом типа ТКТ (рис. 3.1) и с электрогидравлическим приводом типа ТКГ (рис. 3.2).

Основные требования, предъявляемые к тормозам:

- высокая надежность и стабильность действия;
- достаточный тормозной момент для заданных условий работы;
- плавность торможения;
- быстрое замыкание и размыкание тормозов;
- прочность и долговечность элементов тормоза;
- прочность конструкции, определяющая малую стоимость изготовления;
- удобство осмотра, регулирования и замены износившихся деталей;
- устойчивость регулирования;
- минимальный износ трущихся элементов;
- отсутствие превышения в процессе работы предельной температуры поверхности трения, установленной для устройств данного типа при принятом фрикционном материале;
- минимальные габариты.

Конструктивные схемы колодочных тормозов

Схема колодочного тормоза с короткоходовым электромагнитом представлена на рис. 3.1. Торможение механизма колодочными тормозами осуществляется при прижатии неподвижных колодок к шки-

ву, жестко установленному на валу механизма. Тормоз состоит из станины 1, на которой укреплены две стальные или штампованные стойки 2 и 3, к которым шарнирно прикреплены колодки 4 с фрикционными накладками 5, прижимаемые пружиной 8 к тормозному шкиву при сближении стоек. Перемещение стоек производится системой, состоящей из укрепленной на стойке 3 поперечной тяги 6 и хомута 7, укрепленного на стойке 2, находящегося под действием пружины 8. Размыкание тормоза (отвод колодок) производится специальным электромагнитом.

Электромагнит состоит из неподвижного яра 10 с катушкой 11, закрепленного на стойке 2, и поворотного якоря 12. При растормаживании на катушку подается напряжение, якорь притягивается к катушке, нажимает на шток тяги 6, сжимает пружину и под действием вспомогательной пружины 14 разводятся концы стоек 2 и 3, в результате чего колодки отходят от шкива. Отходу стойки 2 способствует также момент от веса электромагнита. Для обеспечения равномерного развала обеих стоек (равномерного отвода колодок от шкива) служит упорный болт 9.

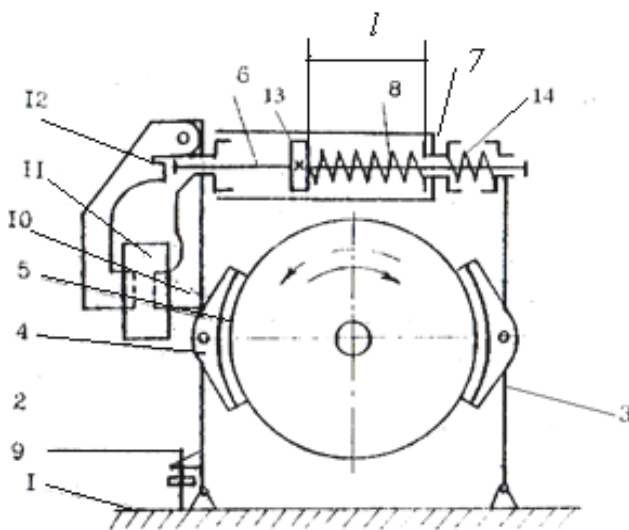


Рис. 3.1. Схема колодочного тормоза с короткоходовым электромагнитом

В тормозах с электрогидравлическим приводом (рис. 3.2) для растормаживания используется независимый механизм – электрогидротолкатель. Он состоит из гидроцилиндра одностороннего действия 13, под поршень 14 которого крыльчаткой 15 центробежного насоса, приводимого в движение двигателем 16, нагнетается масло. Шток 17 гидроцилиндра шарнирно связан с угловым рычагом 18, установленным на стойке 3. Корпус 19 гидротолкателя с находящимся в нем двигателем 16 шарнирно связан с рамой тормоза. Корпус 19, а также пространство между статором и ротором двигателя заполнены маслом, которое используется как рабочая жидкость для гидроцилиндра и как охлаждающая для двигателя. При включенном двигателе масло из надпоршневой полости насосом подается в подпоршневую, создаваемое маслом давление перемещает поршень со штоком вверх и тормоз растормаживается. При выключенном двигателе пружина 8 через угловой рычаг 18 возвращает поршень в исходное положение, масло перетекает из подпоршневой полости в надпоршневую и тормоз срабатывает.

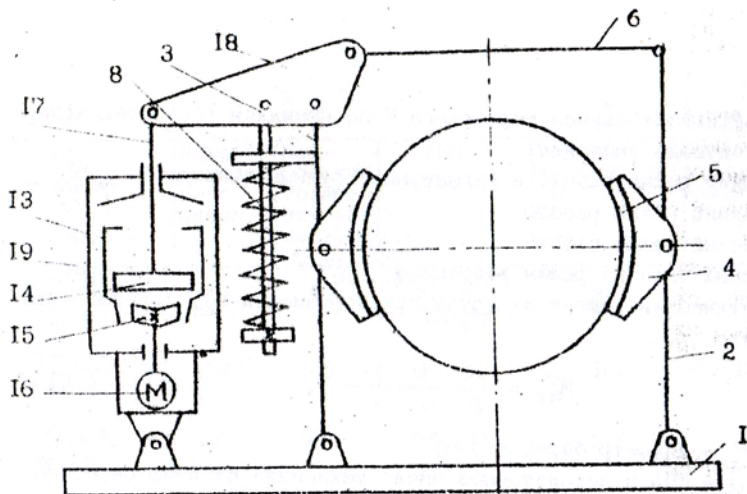


Рис. 3.2. Схема колодочного тормоза с электрогидравлическим толкателем

Подбор колодочных тормозов

Колодочные тормоза стандартизованы и подбираются в зависимости от необходимого тормозного момента, регламентированного правилами безопасного ведения работ с учетом режима эксплуатации. Типоразмер тормоза выбирают по каталогу в зависимости от расчетного тормозного момента:

$$M_{\text{тк}} > M_{\text{тр}},$$

где $M_{\text{тк}}$ – каталожное значение тормозного момента;

$M_{\text{тр}}$ – расчетный крутящий момент на валу тормоза, определяемый по формуле

$$M_{\text{тр}} = k_{\text{т}} \cdot M_{\text{ст}},$$

где $k_{\text{т}}$ – коэффициент запаса торможения, принимаемый для режимов работы 1М, 2М, 3М – 1,5; 4М – 1,75; 5М – 2; 6М – 2,5;

$M_{\text{ст}}$ – статический крутящий момент при торможении.

Создаваемый весом номинального груза статический момент на валу, на котором устанавливается тормоз, определяется по формуле

$$M_{\text{ст}} = \frac{G \cdot D \cdot \eta_{\text{max}}}{2u_{\text{max}}},$$

где G – вес номинального груза, Н;

D – диаметр шкива тормоза по средней линии навивки каната на барабан, м;

η_{max} – КПД механизма, подсчитанный по максимальным значениям КПД отдельных участков кинематической схемы:

$$\eta_{\text{max}} = \eta_{\text{пол}} \cdot \mu_{\text{бл}} \cdot \eta_{\text{ред}};$$

u_{max} – передаточное число механизма:

$$u_{\text{max}} = u_{\text{ред}} \cdot i_{\text{пол}}.$$

Выбрав тормоз, необходимо выписать условные обозначения его типоразмеров, а также следующие основные параметры: номинальный тормозной момент; относительную продолжительность включения катушки электромагнита $PV_{к.эл}$ (только для тормозов с электромагнитным приводом); номинальное усилие на штоке толкателя или тяговое усилие электромагнита; максимальный ход штока толкателя или якоря электромагнита; установочную длину замыкающей пружины; требуемый диаметр тормозного шкива; ширину колодок и массу тормоза.

Правила эксплуатации, неисправности и порядок регулировки тормоза с указанием подлежащих ей элементов указываются в паспорте на конкретный типоразмер тормоза.

Тормоз регулируют в случае, когда он не затормаживает механизм при выключении двигателя или, наоборот, резко его затормаживает.

При регулировании тормозов соблюдают следующую последовательность:

- 1) устанавливают нормальный ход якоря электромагнита;
- 2) регулируют равномерность отхода колодок от шкива;
- 3) проверяют и устанавливают длину рабочей пружины.

Тормоз с электрогидротолкателем регулируют в той же последовательности, что и тормоз с электромагнитом. Разница заключается в том, что вместо хода электромагнита регулируют ход штока электрогидротолкателя.

Регулировку суммарного отхода ε колодок от шкива осуществляют установкой необходимого отхода ε якоря.

Начальный отход колодок от шкива

$$\varepsilon_{нач} = 0,3 \text{ мм} + 0,002 D,$$

где D – диаметр тормозного шкива, мм.

По мере износа фрикционных накладок и шарниров рычажной системы отход увеличивают. Максимальный отход $\varepsilon_{max} = 1,6 \varepsilon_{нач}$.

Регулировку момента, создаваемого тормозом, осуществляют установкой расчетной длины (длины пружины в сжатом состоянии) пружины δ .

Структурное обозначение тормозов

- ТК – тормоз колодочный;
- Х – вид привода:
 - Т – с электромагнитным приводом переменного тока;
 - МП, П – с электромагнитным приводом постоянного тока;
 - ДМ – с длинноходовым магнитом постоянного тока;
 - Г, ТГ – с электрогидравлическим приводом;
- Х – диаметр тормозного шкива, мм;
- 1 – порядковый номер модификации;
- Х2 – климатическое исполнение (У, УХЛ, Т) и категория размещения по ГОСТ 15150–69.

Расчетная схема колодочного тормоза

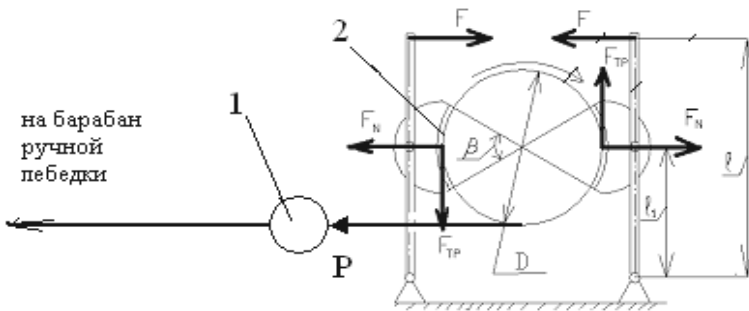


Рис. 3.3. Расчетная схема колодочного тормоза

Тормоз замыкают силы F , приложенные к концам рычагов (см. рис. 3.3).

Момент, создаваемый тормозом

$$T_{\text{т}} = F_{\text{тр}} \cdot D = F_N \cdot f \cdot D, \quad (1)$$

где $F_{\text{тр}}$ – сила трения;

f – коэффициент трения между тормозным шкивом и фрикционными накладками; в стандартных тормозах $f = 0,42$;

D – диаметр тормозного шкива.

Условие равновесия тормозных рычагов

$$F \cdot l \cdot \eta = F_N \cdot l_1,$$

откуда

$$F_N = \frac{F \cdot l \cdot \eta}{l_1}, \quad (2)$$

где η – учитывает потери в шарнирах рычажной системы; $\eta = 0,9-0,95$.

Подставив (2) в (1), получим

$$T_\tau = \frac{F \cdot l \cdot \eta}{l_1} \cdot f \cdot D$$

или

$$F = \frac{T_\tau \cdot l_1}{l \cdot \eta \cdot f \cdot D}. \quad (3)$$

Для тормозов с электромагнитами

$$F = F_o - F_b,$$

где F_o и F_b – силы, создаваемые соответственно основной и вспомогательной пружинами (на рис. 3.1 это пружины 8 и 14).

Поверхность трения тормозных колодок облицовывают фрикционным материалом с повышенными коэффициентом трения и износостойкостью.

Давление между колодкой и шкивом проверяют по формуле

$$\sigma = \frac{F_N}{S} \ll \sigma, \quad (4)$$

где

$$F_N = \frac{T_\tau}{f \cdot D}; \quad (5)$$

S – площадь поверхности трения тормозной колодки;
 $[\sigma]$ – допускаемое давление.

$$S = \pi \cdot D \cdot \frac{\beta}{360} \cdot B, \quad (6)$$

где $\beta = 60\text{--}100^\circ$ – угол обхвата шкива колодкой;
 B – ширина колодки.

Окончательно получим

$$\sigma = \frac{T_\tau}{f \cdot D \cdot \pi \cdot D \cdot \frac{\beta}{360} \cdot B} = \frac{360 \cdot T_\tau}{\pi \cdot f \cdot D^2 \cdot \beta \cdot B} \leq [\sigma]. \quad (7)$$

При выполнении данной лабораторной работы зависимость тормозного момента от длины замыкающей пружины определяется на лабораторной установке, состоящей из колодочного тормоза типа ТКТ-200, динамометра 1 (см. рис. 3.3) и ручной лебедки. Вращение тормозного шкива производится с помощью ручной лебедки посредством гибкой связи (канат и цепь), в места соединения которых подсоединен динамометр.

Порядок выполнения работы

1. Штангенциркулем измерить длину l пружины 8 (см. рис. 3.1).
2. Медленным вращением рукояти ручной лебедки осуществить вращение тормозного шкива с одновременным считыванием силы P по шкале динамометра.
3. Уменьшить длину l пружины 8 вращением гайки 13 .
4. Выполнить операции пунктов 1 и 2.
5. Указанные выше действия повторить несколько раз.
6. Результаты измерений записать в таблицу (табл. 3.1) и построить зависимость тормозного момента от длины пружины.
7. Определить площадь поверхности трения тормозной колодки и, используя формулы (4)–(7), вычислить давление между колодкой и шкивом.

Таблица 3.1

Результаты определения зависимости тормозного момента от длины главной пружины для тормоза ТКТ-200

Длина пружины, мм	Показания динамометра, кН	Тормозной момент, кН·м	Давление между колодкой и шкивом, кПа

Для справки. Допускаемое давление на фрикционных обкладках:

Группа режима	1М	2М	3М	4М	5М	6М
[p], МПа	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о тормозах с описанием и рисунками колодочных тормозов с электромагнитом и с электрогидротолкателем.
3. Расчетные зависимости для колодочного тормоза, приведенного на рис. 3.3.
4. Схема испытаний колодочного тормоза.
5. Результаты испытаний колодочного тормоза.
6. График зависимости «длина главной пружины – тормозной момент».
7. Выводы.

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК

Цель работы:

Определить коэффициент трения тормозных колодок.

Основные правила по технике безопасности

1. Запуск оборудования производится только после разрешения преподавателя или учебно-вспомогательного персонала.
2. При передвижении тележки строго запрещается стоять против тягового каната.
3. При укладке и снятии грузов строго соблюдать меры предосторожности.
4. Перед включением тяговой лебедки (приводной станции) дать предупредительный сигнал.

Описание установки

Смонтированное на тележке грунтового канала тормозное устройство (рис. 4.1) представляет собой рычажную систему с плоскими тормозными колодками, действующими на направляющие рельсы.

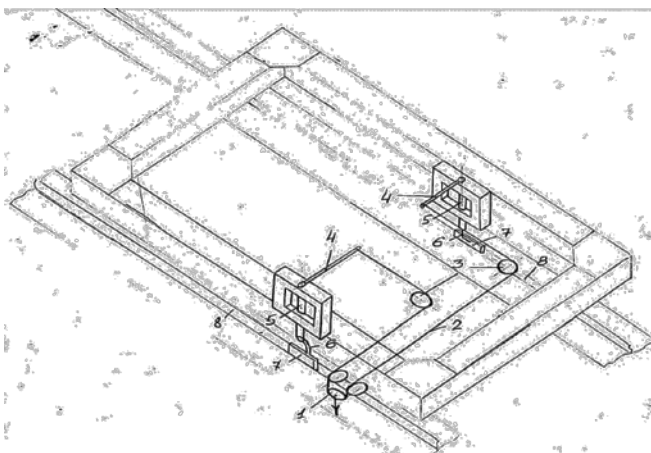


Рис. 4.1. Схема тормозного устройства

Усилие от груза через подвесной блок 1 передается канатом 2, перекинутым через отклоняющие блоки 3, на рычаги 4 механизма нагружения тормозных колодок, прикрепленные к вертикальным осям 5. Оси расположены с двух сторон тележки и проходят через закрепленные на ее раме кронштейны.

В нижней части осей расположены рычаги 6 тормозных колодок с накладками 7. Под действием нагрузки, передаваемой через канатно-рычажную систему, колодки 7 прижимаются к внутренней поверхности рельсов 8. Конструктивно механизм прижатия колодок выполнен так, что углы между рычагами 6 и внутренней поверхностью рельс с правой и левой сторон $\alpha_{п}$ и $\alpha_{л}$ не равны между собой. Схема сил, действующих на тормозные колодки, приведена на рис. 4.2.

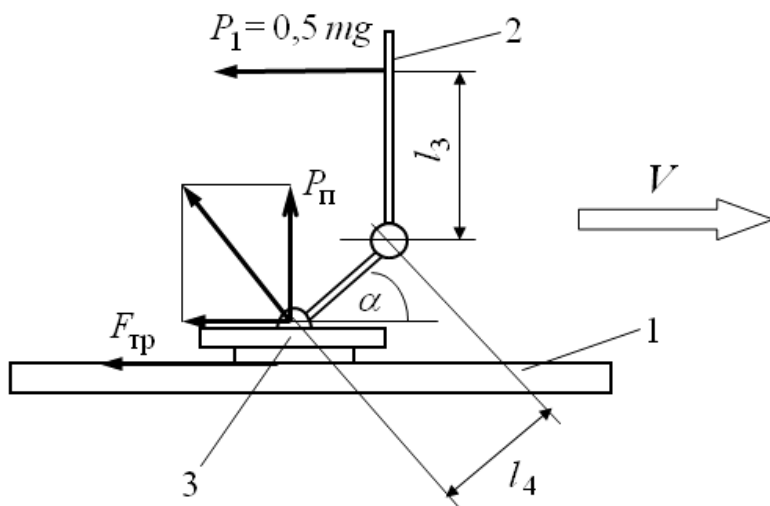


Рис. 4.2. Схема действия сил с правой стороны тележки:

1 – рельс; 2 – рычажная система нагружения;

3 – тормозная колодка с накладкой;

$P_1 = 0,5 mg$ – усилие в канате устройства нагружения;

$P_{п}$ – усилие прижатия тормозной колодки к рельсу;

$F_{тр}$ – сила трения между колодкой и рельсом

Возникающая сила трения $F_{\text{тр}}$ (тормозная сила) создает сопротивление движению тележки:

$$F_{\text{тр}} = f \cdot P;$$

$$P_{\text{к}} = f \cdot P - P_{\text{хх}},$$

где $P_{\text{к}}$ – усилие натяжения тягового каната тележки, Н;

f – коэффициент трения колодок о рельсы;

P – тормозное усилие двух колодок, Н;

$P_{\text{хх}}$ – усилие натяжения тягового каната при движении тележки на холостом ходу (без прижатия тормозных колодок к рельсам).

Силы $P_{\text{к}}$ и $P_{\text{хх}}$ измеряются при движении тележки датчиком, установленным на ее раме.

Тормозное усилие P возникает в результате действия на колодки сил, передаваемых от рычажной системы:

$$P = P_{\text{л}} + P_{\text{п}},$$

где $P_{\text{л}}$ и $P_{\text{п}}$ – усилия прижатия тормозных колодок к внутренней поверхности рельсов с левой и правой сторон тележки.

В свою очередь

$$P_{\text{л}} = 0,5 mg \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \cos \alpha_{\text{л}},$$

$$P_{\text{п}} = 0,5 mg \cdot l_3 \cdot l_4 \cdot \cos \alpha_{\text{п}},$$

где m – масса груза, укладываемого на подвеску подвешенного блока I ;

l_1, l_2, l_3, l_4 – длины рычагов $4, 6$ механизма нагружения тормозных колодок соответственно с левой и правой сторон тележки.

Тогда

$$P = 0,5 mg \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \cos \alpha_{\text{л}} + 0,5 mg \cdot l_3 \cdot l_4 \cdot \cos \alpha_{\text{п}}.$$

Давление тормозных колодок на рельсы для левой стороны

$$p_{\text{л}} = P_{\text{л}} \cdot S_1, \text{ Н} \cdot \text{м}^2,$$

и для правой стороны

$$p_{\text{п}} = P_{\text{п}} \cdot S_2, \text{ Н} \cdot \text{м}^2,$$

где S_1 и S_2 – площадь накладок тормозных колодок с левой и правой сторон, м^2 .

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство тормозной системы.
2. Определить площадь накладок тормозных колодок

$$S_1 = a_{\text{л}} \cdot b_{\text{л}} \text{ и } S_2 = a_{\text{п}} \cdot b_{\text{п}},$$

где $a_{\text{л}}$, $b_{\text{л}}$ и $a_{\text{п}}$, $b_{\text{п}}$ – длина и ширина накладок левой и правой тормозных колодок.

Результаты записать в таблицу.

3. Установить ветви каната перпендикулярно рычагам 4 механизма нагружения тормозных колодок и зафиксировать их положение. Измерить длины рычагов механизма нагружения, определить значения $\cos \alpha_{\text{л}}$ и $\cos \alpha_{\text{п}}$ для левой и правой сторон тележки, вычислить значения $l_1 \cdot l_2 \cos \alpha_{\text{л}}$ и $l_3 \cdot l_4 \cos \alpha_{\text{п}}$.

4. Установить программно-технические средства на рабочем месте. Соединить их соответствующим кабелем с датчиком на тележке. Проверить работоспособность программно-технических средств совместно с датчиком.

5. Отвести тормозные колодки от внутренней поверхности рельс. Включить программно-технические средства в рабочий режим и выполнить проезд тележки на холостом ходу с целью определения значения $P_{\text{хх}}$. Выключить программно-технические средства. Результаты измерений сохранить в памяти ЭВМ.

6. Переместить тележку в исходное положение. Проверить правильность установки канатов на рычагах.

7. Подвести тормозные колодки к рельсам. Установить на подвес груз массой m . Включить программно-технические средства в рабочий режим. Выполнить проезд тележки с занесением результатов измерений в память ЭВМ.

8. Операции по пункту 7 выполнить несколько раз с различными грузами.

9. Значения усилия натяжения тягового каната тележки P_k определяются путем усреднения соответствующих графиков измерения тягового усилия, хранящихся в памяти ЭВМ, с использованием градуировочного коэффициента датчика измерения натяжения каната при передвижении тележки и записываются в таблицу (табл. 4.1). Вычисляются значения P_l и P_n и суммарное значение силы прижатия тормозных колодок (сила P). Методика вычислений изложена в работе № 2.

10. На основании полученных результатов определяются значения коэффициента трения и давления тормозных колодок на рельсы при различных значениях нагрузки (табл. 4.2).

Таблица 4.1

Геометрические размеры механизма нагружения

Левая сторона					Правая сторона				
$l_1, \text{ м}$	$l_2, \text{ м}$	α_n	$l_1 \cdot l_2 \cdot \cos \alpha_n$	$S_1 = a_n \cdot b_n, \text{ м}^2$	$l_3, \text{ м}$	$l_4, \text{ м}$	α_n	$l_3 \cdot l_4 \cdot \cos \alpha_n$	$S_2 = a_n \cdot b_n, \text{ м}^2$

Таблица 4.2

Результаты определения коэффициента трения
тормозных колодок

№	Масса груза, кг	$P_{л}, Н$	$P_{п}, Н$	$P, Н$	$P_{тяг}, Н$	f	$p_{л}, Па$	$p_{п}, Па$

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схема нагружения тормозных колодок.
3. Расчетные зависимости для определения коэффициента трения.
4. Результаты измерений.
5. Выводы и предложения по усовершенствованию тормозной системы тележки грунтового канала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров, М.П. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций: учебное пособие для втузов / М.П. Александров [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 122 с.: ил.
2. Вайнсон, А.А. Подъемно-транспортные машины строительной промышленности. Атлас конструкций: учебное пособие для вузов / А.А. Вайнсон. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1976. – 152 с.: ил.
3. Желтонога, А.И. Краны и подъемники. Атлас конструкций: учебное пособие для вузов: в 2 ч. / А.И. Желтонога, И.В. Кучерин, А.И. Ковальчук. – Минск.: Вышэйшая школа, 1974. – Ч. 1. – 116 с.; Ч. 2. – 95 с.: ил.
4. Кузьмин, А.В. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин / А.В. Кузьмин, Ф.Л. Марон. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 350 с.: ил.
5. Александров, М.П. Подъемно-транспортные машины: учебник для вузов М.П. Александров. – 6-е изд., перераб. и доп. / – М.: Высшая школа, 1985. – 520 с.
6. Казак, С.А. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: учебное пособие для вузов / С.А. Казак, В.Е. Руссов, Е.С. Кузнецов. – М.: Высшая школа, 1989. – 319 с.

Учебное издание

БЕРЕЗОВСКИЙ Николай Иванович
ЛЮТКО Григорий Иванович
ОНИКА Сергей Георгиевич

ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ
И ПОДЪЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов специальностей

1-36 10 01 «Горные машины и оборудование»
и 1-36 13 01 «Технология и оборудование торфяного производства»

В 2 частях

Часть 1

Редактор В.О. Кутас
Компьютерная верстка А.Г. Занкевич

Подписано в печать 01.03.2012.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 2,44. Уч.-изд. л. 1,91. Тираж 100. Заказ 1052.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.