

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Н. А. Серeda**

## **ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ И ЗАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА**

Утверждено редакционно-издательским советом ФГБОУ ВО «КГТУ»  
в качестве учебно-методического пособия по изучению дисциплины  
с контрольными заданиями для студентов заочной формы обучения  
в бакалавриате по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение,  
15.03.02 Технологические машины и оборудование

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2022

УДК 621.86 (076)

Рецензент

доктор технических наук, профессор кафедры теории  
механизмов и машин и деталей машин ФГБОУ ВО «Калининградский  
государственный технический университет»  
С. В. Федоров

Серета, Н. А.

Подъемно-транспортные и загрузочные устройства: учебно-методическое пособие по изучению дисциплины с контрольными заданиями для студентов заочной формы обучения в бакалавриате по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование / Н. А. Серета. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 43 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Подъемно-транспортные и загрузочные устройства» приведены тематический план лекционных занятий, включающий рекомендуемую литературу, вопросы для закрепления теоретического материала, цель и задачи выполняемых лабораторных работ с заданиями для их защиты. Изложены требования по выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения. Даны формулировка задач и варианты заданий, примеры решения задач, критерии оценивания.

Табл. 18, рис. 6, список лит. – 11 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 25 мая 2022 г., протокол № 04

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем 26 мая 2022 г., протокол № 06

УДК 621.86 (076)

© Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Калининградский государственный  
технический университет», 2022 г.  
© Серета Н. А., 2022 г.

## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>1 ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ</b> .....	5
1.1 Тематический план лекционных занятий .....	5
1.2 Изучение тем и закрепление лекционного материала.....	6
1.3 Рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов .....	11
<b>2 ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ</b> .....	11
2.1 Тематический план лабораторных занятий.....	11
2.2 Сведения о лабораторных работах и подготовка к ним.....	12
2.3 Рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов при подготовке к защите лабораторных работ.....	20
<b>3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (для студентов заочной формы обучения)</b> .....	21
3.1 Постановка задач и варианты заданий.....	23
3.2 Примеры решения задач.....	28
3.3 Требования по выполнению контрольной работы .....	38
3.4 Критерии оценки контрольной работы.....	39
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	39
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b> .....	40
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А</b> .....	41
Пример оформления раздела «Оглавление» .....	41
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б</b> .....	42
Пример оформления титульного листа контрольной работы .....	42

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для изучения дисциплины «Подъемно-транспортные и загрузочные устройства». Эта дисциплина относится к профессиональному и инженерно-техническому модулям основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование соответственно.

«Подъемно-транспортные и загрузочные устройства» являются общетехнической дисциплиной, формирующей у обучающихся готовность к применению методик расчета, приемов конструирования изделий машиностроения общего и специального назначения.

*Цель изучения дисциплины* – формирование у обучающихся знаний, связанных с овладением современными методами расчета механизмов и деталей подъемно-транспортных и загрузочных устройств.

В результате освоения дисциплины студент должен

*знать:*

– классификацию подъемно-транспортных и загрузочных устройств, принципы их действия;

– критерии расчета механизмов и деталей изучаемых машин, применяемые при их проектировании;

*уметь:*

– рассчитывать механизмы и детали подъемно-транспортных и загрузочных устройств;

– использовать стандарты и справочную литературу при подборе элементов изучаемых машин;

*владеть:*

– навыками расчета основных деталей подъемно-транспортных и загрузочных устройств.

Дисциплина «Подъемно-транспортные и загрузочные устройства» опирается на знания, умения и навыки студентов, полученные на предыдущем уровне образования, при освоении программы бакалавриата. При изучении этой дисциплины оказываются важными знания методик расчета и подбора стандартных изделий, узлов в конструкцию технологической машины, а также знания и умения, полученные при изучении таких дисциплин, как «Инженерная графика», «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов», «Теоретическая механика», «Сопrotивление материалов», «Теория машин и механизмов», «Детали машин и основы конструирования», «Основы проектирования».

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Подъемно-транспортные и загрузочные устройства», позволяют успешно применять их в профессиональной деятельности.

При оценивании результатов изучения дисциплины применяют оценочные средства текущего контроля. К оценочным средствам текущего контроля относятся:

- тестовые задания по темам дисциплины;
- контрольные вопросы по лабораторным работам;
- задания по контрольной работе (для студентов заочной формы обучения).

Промежуточная аттестация по дисциплине, осуществляемая в форме **зачета**, проводится по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

Успешное изучение дисциплины «Подъемно-транспортные и загрузочные устройства» сопряжено со следующими аспектами:

- студенту следует посетить не менее 95 % лекционных и лабораторных занятий;
- необходимо своевременно осуществлять подготовку к лекционным и лабораторным занятиям;
- следовать рекомендациям по выполнению самостоятельной работы для каждого вида занятий;
- студент заочной формы обучения должен выполнить контрольную работу в соответствии с вариантом, выданным преподавателем на установочном лекционном занятии.

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины «Подъемно-транспортные и загрузочные устройства» содержит три раздела. В первом и втором разделах приведены сведения о лекционных и лабораторных занятиях. В третьем сформированы рекомендации по выполнению контрольной работы (для студентов заочной формы обучения).

## **1 ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ**

### **1.1 Тематический план лекционных занятий**

Сформирован тематический план лекционных занятий по дисциплине «Подъемно-транспортные и загрузочные устройства» (таблица 1). На занятиях рассматриваются основные конструкции подъемно-транспортных машин, принципы их действия и вопросы совершенствования изучаемых конструкций, приводятся основы расчета механизмов и деталей подъемно-транспортных и загрузочных устройств.

Таблица 1 – План лекционных занятий

Номер темы	Названия тем
Тема 1	Подъемно-транспортные устройства и машины
Тема 2	Элементы подъемно-транспортных устройств и машин
Тема 3	Остановы и тормоза подъемно-транспортных устройств и машин
Тема 4	Механизмы подъема подъемно-транспортных устройств и машин
Тема 5	Механизмы передвижения подъемно-транспортных устройств и машин
Тема 6	Загрузочные устройства с тяговым элементом
Тема 7	Загрузочные устройства без тягового элемента

## 1.2 Изучение тем и закрепление лекционного материала

### Тема 1. Подъемно-транспортные устройства и машины

#### Вопросы, рассматриваемые на занятии:

1.1 Значение подъемно-транспортных устройств и машин.

1.2 Классификация грузоподъемных устройств и машин: грузоподъемные устройства и грузоподъемные машины.

1.3 Основные параметры подъемно-транспортных устройств и машин.

1.4 Нормы и правила Ростехнадзора.

**Лекция по теме 1 – информационная**, сообщает студентам сведения о назначении подъемно-транспортных устройств и машин, признаки классификации таких устройств и машин, их основные параметры, а также требования безопасности при работе с подъемным оборудованием.

**Литература:** [2, с. 12 – 80; 6, с. 196].

**Рекомендации по изучению темы:** при самостоятельном изучении материала темы следует понять назначение подъемно-транспортных устройств и машин, запомнить признаки классификации таких машин, на схемах подъемных устройств уметь находить и обозначать основные параметры оборудования, изучить нормы и правила Ростехнадзора.

#### Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите признаки, по которым классифицируют грузоподъемные устройства.

2. Перечислите грузоподъемные устройства, которые Вы знаете.

3. Назовите признаки классификации грузоподъемных машин (кранов).

4. Перечислите основные параметры грузоподъемных машин.

5. Каким документом регламентированы требования промышленной безопасности при работе с подъемными устройствами и машинами?

## **Тема 2. Элементы подъемно-транспортных устройств и машин**

### **Вопросы, рассматриваемые на занятии:**

2.1 Крюки, крюковые подвески, захваты для грузов.

2.2 Кинематическая схема механизма подъема.

2.3 Полиспаст. Тяговые (гибкие) элементы: канат, цепь. Барабаны, блоки, звездочки.

**Лекция по теме 2 – информационная**, сообщает студентам требования по подбору стандартных элементов подъемно-транспортных машин, сведения о расчете полиспастов, барабанов и блоков.

**Литература:** [1, с. 11–22; 6, с. 203].

**Рекомендации по изучению темы:** при самостоятельном изучении материала темы следует запомнить классификацию крюков, крюковых подвесок, захватов для груза, условия подбора стандартных элементов подъемно-транспортных машин, научиться изображать кинематическую схему механизма подъема, усвоить этапы расчета полиспастов, барабанов и блоков.

### **Вопросы для закрепления изученного материала**

1. Какие условия необходимо выполнить при выборе крюковой подвески?
2. Чем отличается полиспаст прямого действия от полиспаста обратного действия?
3. Какие условия необходимо выполнить при выборе типоразмера каната?
4. Какие параметры определяются в процессе расчета барабана?
5. Назовите элементы кинематической схемы механизма подъема.

## **Тема 3. Остановы и тормоза подъемно-транспортных устройств и машин**

### **Вопросы, рассматриваемые на занятии:**

3.1 Храповые и роликовые остановы.

3.2 Классификация тормозных устройств.

3.3 Тормоза, конструкции, расчет.

**Лекция по теме 3 – поясняющая**, формирующая у студентов компетенцию в части расчета и проектирования деталей и узлов подъемно-транспортных машин.

**Литература:** [1, с. 24; с. 43; 4].

**Рекомендации по изучению темы:** при самостоятельном изучении материала темы следует запомнить виды храповых и роликовых остановов, классификацию тормозных устройств, понять этапы расчета остановов и тормозов.

### **Вопросы для закрепления изученного материала**

1. Назовите состав храпового останова.
2. На каком валу привода размещают храповый останок?
3. Из каких элементов состоит роликовый останок?
4. Изобразите схемы одноколодочного и двухколодочного тормозов.
5. Какие виды ленточных тормозов Вы знаете?

### **Тема 4. Механизмы подъема подъемно-транспортных устройств и машин**

#### **Вопросы, рассматриваемые на занятии:**

- 4.1 Приводы подъемно-транспортных устройств и машин.
- 4.2 Кинематические схемы механизмов подъема.
- 4.3 Методика расчета механизмов подъема.
- 4.4 Устройства, обеспечивающие безопасность работы механизма подъема.

**Лекция по теме 4 – поясняющая**, формирующая у студентов компетенцию в части расчета и проектирования деталей и узлов подъемно-транспортных машин; компетенцию, связанную со способностью проектировать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования.

**Литература:** [1, с. 27–42; 2, с. 303–330; 4; 5]

**Рекомендации по изучению темы:** при самостоятельном изучении материала темы следует запомнить виды приводов подъемно-транспортных машин, изучить кинематические схемы механизмов подъема с выявлением общих элементов и отличительных признаков каждой схемы, понять этапы расчета механизмов подъема, неразрывно связанные с видом их кинематической схемы, запомнить устройства, обеспечивающие безопасность работы механизма подъема.

#### **Вопросы для закрепления изученного материала**

1. Перечислите типы приводов подъемно-транспортных устройств, которые Вы знаете.
2. Назовите типы кинематических схем механизмов подъема.
3. Какой фактор определяет ход расчета механизмов подъема?
4. Назовите основные этапы расчета механизма подъема.
5. Перечислите устройства, обеспечивающие безопасность работы механизма подъема.

### **Тема 5. Механизмы передвижения подъемно-транспортных устройств и машин**

#### **Вопросы, рассматриваемые на занятии:**

- 5.1 Схемы механизмов передвижения с приводными колесами.

5.2 Механизм передвижения с тяговым элементом.

5.3 Последовательность расчета механизма передвижения.

5.4 Устройства, обеспечивающие безопасность работы механизма передвижения.

**Лекция по теме 5 – поясняющая**, формирующая у студентов компетенцию в части расчета и проектирования деталей и узлов подъемно-транспортных машин; компетенцию, связанную со способностью проектировать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования.

**Литература:** [1, с. 45–53; 2, с. 351–434; 5; 7]

**Рекомендации по изучению темы:** при самостоятельном изучении материала темы следует запомнить классификацию механизмов передвижения с приводными ходовыми колесами, научиться изображать схему механизма передвижения с тяговым элементом, понять последовательность расчета механизмов передвижения, запомнить устройства, обеспечивающие безопасность работы механизма передвижения и диапазоны скоростей, определяющих область их применения.

**Вопросы для закрепления изученного материала**

1. Назовите состав кинематической схемы механизмов передвижения с приводными ходовыми колесами.

2. Перечислите детали, входящие в состав механизмов передвижения с тяговым элементом.

3. Назовите основные этапы расчета механизма передвижения.

4. Какое действие совершается с грузом при работе механизма передвижения?

5. Перечислите устройства, обеспечивающие безопасность работы механизма передвижения.

**Тема 6. Загрузочные устройства с тяговым элементом**

**Вопросы, рассматриваемые на занятии:**

6.1 Классификация загрузочных устройств с тяговым элементом.

6.2 Сборочные единицы и детали загрузочных устройств с тяговым элементом.

6.3 Последовательность расчета загрузочных устройств с тяговым элементом.

**Лекция-визуализация по теме 6** предполагает использование наглядных материалов в виде презентации, плаката, видеоматериала, поясняющие состав элементов и принцип работы загрузочных устройств с тяговым элементом. Лекция также является поясняющей, поскольку формирует компетенцию в области расчета загрузочных устройств с тяговым элементом.

**Литература:** [1, с. 75–126; 6, с. 29–48; 3]

**Рекомендации по изучению темы:** при самостоятельном изучении материала темы следует запомнить классификацию загрузочных устройств с тяговым элементом, научиться идентифицировать сборочные единицы и детали загрузочных устройств с тяговым элементом, понять этапы расчета таких устройств.

**Вопросы для закрепления изученного материала**

1. Дополните фразу: «Конвейеры с тяговым элементом бывают ...».
2. Обозначьте классификацию цепных конвейеров.
3. Перечислите разновидности элеваторов по виду грузонесущего элемента.
4. Назовите сборочные единицы и детали загрузочных устройств с тяговым элементом.
5. Обозначьте этапы, выполняемые при расчете загрузочных устройств с тяговым элементом.

**Тема 7. Загрузочные устройства без тягового элемента**

**Вопросы, рассматриваемые на занятии:**

- 7.1 Принцип работы загрузочных устройств без тягового элемента.
- 7.2 Примеры конструктивных схем загрузочных устройств без тягового элемента.
- 7.3 Последовательность расчета загрузочных устройств без тягового элемента.

**Лекция-визуализация по теме 7** предполагает использование наглядных материалов в виде презентации, плаката, видеоматериала, поясняющие состав элементов и принцип работы загрузочных устройств без тягового элемента.

**Литература:** [1, с. 170 – 183; 6, с. 113 – 130; 3]

**Рекомендации по изучению темы:** при самостоятельном изучении материала темы следует запомнить виды загрузочных устройств без тягового элемента и принцип их работы, понять последовательность действий при расчете винтовых и роликовых конвейеров.

**Вопросы для закрепления изученного материала**

1. Сформулируйте принцип работы устройств без тягового элемента.
2. Изобразите схему наклонного винтового конвейера.
3. Какой может быть поверхность шнека винтового конвейера?
4. Изобразите схему роликового конвейера.
5. Перечислите этапы расчета загрузочных устройств без тягового элемента.

### 1.3 Рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов по лекционным занятиям дисциплины «Подъемно-транспортные и грузозачерпывающие устройства» осуществляется следующим образом: после посещения лекционного занятия студент отвечает на вопросы (письменно или устно), предназначенные для закрепления изученного материала (см. темы 1 ... 7 настоящего пособия) и выполняет тестовое задание по теме в установленные сроки.

Студенты заочной формы обучения посредством контактной работы с преподавателем изучают темы дисциплины, посвященные подъемно-транспортным устройствам и машинам, принципам их действия, механизмам подъема, а также остановам и тормозам этих устройств. Механизмы передвижения подъемно-транспортных устройств и машин, грузозачерпывающие устройства осваиваются студентами заочной формы обучения самостоятельно по справочникам и пособиям [1–7, 10, 11].

## 2 ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 2.1 Тематический план лабораторных занятий

Сформирован тематический план лабораторных занятий по дисциплине «Подъемно-транспортные и грузозачерпывающие устройства» (таблица 2).

Таблица 2 – План лабораторных занятий

Номер темы	Тема лабораторного занятия
1	2
Тема 2	Ознакомление с элементами подъемно-транспортных устройств и машин. Активация методик подбора элементов подъемно-транспортных устройств и машин по каталогам, стандартам
Тема 2	Оценка зависимостей в канате фрикционного барабана от угла обхвата и коэффициента трения
Тема 3	Ознакомление с моделью колодочного тормоза. Определение силовых параметров этого тормоза. Конструкция тормоза
Тема 3	Исследование работы модели колодочного тормоза
Тема 4	Оценка параметров козлового крана. Механизм подъема
Темы 4, 5	Электрическая таль. Определение основных параметров. Работа и регулировка. Механизмы подъема и передвижения
Тема 5	Оценка параметров козлового крана. Механизм передвижения
Темы 6, 7	Модели ленточных конвейеров. Исследование основных параметров

## **2.2 Сведения о лабораторных работах и подготовка к ним**

Особое место в структуре дисциплины занимают **лабораторные занятия**, проводимые в специализированной аудитории. Выполняя лабораторные работы, студент знакомится с конструкциями и моделями подъемно-транспортных и загрузочных устройств, их работой, а также с методикой расчета основных параметров. Лабораторные занятия проводятся в виде групповых дискуссий, что способствует развитию навыков командной работы, навыков принятия решений.

При выполнении лабораторных работ используются учебно-методические пособия [8, 10], в которых для каждой работы приведены методические указания по их выполнению, дано описание конструкции машины или модели, представлены справочные материалы и методика расчета основных параметров, а также контрольные вопросы для защиты лабораторной работы. По каждой лабораторной работе оформляется отчет, на основании которого проводится ее защита. Результаты защиты лабораторных работ учитываются при заключительной аттестации по дисциплине.

К каждой лабораторной работе сформированы оценочные средства текущего контроля в виде контрольных вопросов, используемых для защиты лабораторной работы.

### **Лабораторная работа № 1**

**Тема:** «Ознакомление с элементами подъемно-транспортных устройств и машин. Активация методик подбора элементов подъемно-транспортных устройств и машин по каталогам, стандартам».

#### **1.1 Цель работы**

Формирование умений измерять параметры применительно к разным подъемно-транспортным устройствам, а также привитие навыков подбора основных элементов таких устройств.

#### **1.2 Задачи лабораторной работы**

- 1) изучить основные параметры подъемно-транспортных устройств и машин, получить навыки измерений таких параметров на лабораторных установках (макетах);
- 2) выполнить подбор элементов подъемно-транспортных устройств и машин, имея сведения об элементе, взятые с лабораторной установки;
- 3) ознакомиться с полиспастами, получить навыки в определении их кратности и коэффициента полезного действия.

#### **1.3 Объем работ, выполняемых студентами**

Весь объем работ, выполняемых студентами, можно разбить на четыре этапа. Студентам необходимо:

1. Изучить структуру и принцип работы козлового крана, крана «Пионер» стрелового типа, электрической тали. Выполнить эскиз предложенных лабораторных установок (макетов);

2. Провести геометрические измерения лабораторных установок (макетов);

3. Зарисовать схемы полиспастов, используемых в лабораторных установках; определить кратность и коэффициент полезного действия полиспастов;

4. Выполнить подбор элементов лабораторных установок по каталогам и стандартам.

#### **1.4 Контрольные вопросы по лабораторной работе и рекомендуемая литература**

1. Дать определения понятиям «база крана» и «колея крана».

2. Что такое высота подъема крюка?

3. Дать определения понятиям «вылет стрелы» и «грузовой момент».

4. Что такое ход тележки и пролет?

5. Дать определение кратности полиспаста.

6. Как вычислить коэффициент полезного действия полиспаста?

7. По каким условиям выбирают крюковую подвеску и канат?

8. Запишите формулы для определения максимального натяжения ветви каната (одинарный и сдвоенный полиспасты с кратностью 2,0).

По данной работе рекомендуется ознакомиться с учебной и технической литературой [1, 5–7], с обзорной информацией по комплексной механизации погрузочно-разгрузочных транспортных и складских работ, а также с информацией, содержащейся в электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «КГТУ».

#### **Лабораторная работа № 2**

**Тема:** «Оценка зависимостей усилий в канате фрикционного барабана от угла обхвата и коэффициента трения».

##### **2.1 Цель работы**

Развитие умений и навыков в области расчета механизмов, содержащих в своем составе гибкий элемент, например канат, ремень, нить, ленту.

##### **2.2 Задачи лабораторной работы**

1) изучить основные силовые и кинематические параметры механизма с гибким элементом, получить навыки измерений таких параметров на лабораторной установке;

2) ознакомиться с конструкцией и принципом работы механизма, содержащего гибкий элемент;

3) выполнить обработку экспериментальных данных по определению коэффициента полезного действия и коэффициента скольжения, взятых с лабораторной установки.

### **2.3 Объем работ, выполняемых студентами**

Весь объем работ, выполняемых студентами, можно разбить на четыре этапа. Студентам необходимо:

1. Изучить структуру и принцип работы лабораторной установки для исследования параметров механизма с гибким элементом. Выполнить эскиз предложенной лабораторной установки;

2. Провести геометрические измерения на лабораторной установке;

3. Экспериментальным путем получить графики зависимости коэффициента полезного действия  $\eta$ , %, коэффициента упругого скольжения  $\epsilon$ , %, а также мощностей на ведущем  $P_1$ , Вт, и ведомом  $P_2$ , Вт валах механизма с гибким элементом в функции вращающего момента на ведомом валу  $T_2$ , Н·м;

4. Выполнить обработку экспериментальных данных.

### **2.4 Контрольные вопросы по лабораторной работе и рекомендуемая литература**

1. Укажите назначение, достоинства и недостатки механизмов с гибким элементом.

2. С какой целью создают начальное натяжение гибкого элемента? Какими способами это можно сделать?

3. Какие параметры механизма с гибким элементом оказывают влияние на его тяговую способность?

4. Укажите причину упругого скольжения гибкого элемента на шкивах, блоках.

5. От каких параметров зависит коэффициент трения гибкого элемента о шкив (блок)?

6. Как влияет изменение коэффициента трения на значение окружного усилия?

7. Как влияет изменение коэффициента трения на значение сил  $F_1$  и  $F_2$ ?

По данной работе рекомендуется ознакомиться с учебной и технической литературой [1, 5–7], а также с информацией, содержащейся в электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «КГТУ».

### **Лабораторная работа № 3**

**Тема:** «Ознакомление с моделью колодочного тормоза. Определение силовых параметров этого тормоза. Конструкция тормоза».

#### **3.1 Цель работы**

Формирование умений измерительной деятельности, а также привитие навыков расчета силовых параметров двухколодочных тормозов.

#### **3.2 Задачи лабораторной работы**

- 1) изучить основные геометрические параметры тормоза, получить навыки в измерении таких параметров на макете двухколодочного тормоза;
- 2) изучить методики расчета основных параметров тормоза, получить навыки в применении методик расчета.

### **3.3 Объем работ, выполняемых студентами**

Весь объем работ, выполняемых студентами, можно разбить на четыре этапа. Студентам необходимо:

1. Зарисовывать схематично макет двухколодочного тормоза, приложить силы, действующие на шкив, рычаги и скобу;
2. Выполнить геометрические измерения на макете и выписать необходимые данные из паспорта на макет;
3. Провести эксперимент по определению деформации динамометрической скобы;
4. Выполнить обработку экспериментальных данных.

### **3.4 Контрольные вопросы по лабораторной работе и рекомендуемая литература**

1. Укажите назначение, достоинства и недостатки колодочных тормозов.
2. Состав конструкции тормоза с двумя колодками.
3. Принцип работы тормоза с двумя колодками.
4. Привести формулу для определения усилия скобы, основываясь на экспериментальных данных.
5. От каких параметров зависит усилие нажатия колодок на шкив?
6. Составьте верное утверждение: «Затягивающее усилие  $P$  обратно пропорционально ... параметрам».
7. Из каких предпосылок получена аналитическая зависимость (3.4)?

По данной работе рекомендуется ознакомиться с учебной и технической литературой [1, 6, 7], а также с информацией, содержащейся в электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «КГТУ».

## **Лабораторная работа № 4**

**Тема:** «Исследование работы модели колодочного тормоза»

### **4.1 Цель работы**

Развитие умений и навыков в области расчета одноколодочных тормозов.

### **4.2 Задачи лабораторной работы**

- 1) изучить структуру и принцип работы тормоза с одной колодкой;
- 2) изучить основные геометрические, кинематические и силовые параметры одноколодочного тормоза;
- 3) получить навыки в практическом применении методики расчета тормоза с одной колодкой.

### **4.3 Объем работ, выполняемых студентами**

Весь объем работ, выполняемых студентами, можно разбить на четыре этапа. Студентам необходимо:

1. Зарисовывать схематично макет одноколодочного тормоза, приложить силы, действующие на шкив и рычаг;
2. Выполнить геометрические измерения на макете и выписать необходимые данные из паспорта на макет;
3. Провести эксперимент по определению веса груза, необходимого для обеспечения заданного тормозного момента;
4. Выполнить обработку экспериментальных данных.

### **4.4 Контрольные вопросы по лабораторной работе и рекомендуемая литература**

1. Укажите назначение, достоинства и недостатки колодочных тормозов.
2. Назовите состав деталей тормоза с одной колодкой.
3. Принцип работы тормоза с одной колодкой.
4. Привести формулу для определения тормозного момента.
5. Какова связь между усилием нажатия колодки на тормозной шкив и весом груза  $Q$ ?
6. Как определяется вес груза  $Q$ , необходимый для обеспечения заданного тормозного момента  $M_T$  на валу тормоза с одной колодкой?
7. Назовите фрикционные материалы, применяемые в тормозах, требования к ним.

По данной работе рекомендуется ознакомиться с учебной и технической литературой [2, 9–11], а также с информацией, содержащейся в электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «КГТУ».

### **Лабораторная работа № 5**

**Тема:** «Оценка параметров козлового крана. Механизм подъема».

#### **5.1 Цель работы**

Развитие умений, связанных с анализом работы механизма подъема козлового крана, а также формирование навыков расчета козлового крана.

#### **5.2 Задачи лабораторной работы**

- 1) изучить структуру козлового крана, в частности механизма подъема;
- 2) изучить принцип работы козлового крана, в частности механизма подъема этого крана;
- 3) определить экспериментальным путем основные технические показатели механизма подъема козлового крана;
- 4) дать практические рекомендации по модернизации элементов лабораторной установки с учетом литературного обзора по отечественным и зарубежным образцам козловых кранов.

### **5.3 Объем работ, выполняемых студентами**

Весь объем работ, выполняемых студентами, можно разбить на четыре этапа. Студентам необходимо:

1. Схематично изобразить лабораторную установку;
2. Выполнить геометрические измерения на установке и выписать из паспорта сведения о двигателе и редукторе;
3. Провести эксперимент с определением времени подъема груза на необходимую высоту;
4. Выполнить обработку экспериментальных данных.

### **5.4 Контрольные вопросы по лабораторной работе и рекомендуемая литература**

1. Какие механизмы входят в состав козлового крана?
2. Кинематическая схема механизма подъема. Основные элементы.
3. Принцип работы козлового крана. Его назначение.
4. Принцип работы механизма подъема груза.
5. Дать определение кратности полиспаста.
6. Как вычислить пусковой момент на валу электродвигателя механизма подъема?

7. По каким параметрам подбирается электродвигатель, муфта, редуктор?

По данной работе рекомендуется ознакомиться с учебной и технической литературой [4, 5, 8–10], а также с обзорной информацией по комплексной механизации погрузочно-разгрузочных транспортных и складских работ, информацией, содержащейся в электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «КГТУ».

### **Лабораторная работа № 6**

**Тема:** «Электрическая таль. Определение основных параметров. Механизмы подъема и передвижения».

#### **6.1 Цель работы**

Развитие умений, связанных с анализом работы электрической тали, а также формирование навыков в определении геометрии барабана.

#### **6.2 Задачи лабораторной работы**

- 1) изучить структуру электрической тали, в частности структурный состав механизмов подъема груза и передвижения тележки с грузом;
- 2) изучить принцип работы электрической тали, в частности механизмов подъема и передвижения;
- 3) определить экспериментальным путем основные технические показатели механизма подъема и передвижения;
- 4) дать практические рекомендации по модернизации элементов лабораторной установки с учетом литературного обзора по отечественным и зарубежным образцам электрических талей.

### **6.3 Объем работ, выполняемых студентами**

Весь объем работ, выполняемых студентами, можно разбить на четыре этапа. Студентам необходимо:

1. Схематично изобразить лабораторную установку;
2. Выполнить геометрические измерения на установке и выписать из паспорта сведения о двигателе и редукторе;
3. Провести эксперимент с определением времени подъема груза на необходимую высоту, а также времени перемещения груза на заданное расстояние;
4. Определить расчетным путем диаметр ходового колеса;
5. Выполнить обработку экспериментальных данных.

### **6.4 Контрольные вопросы по лабораторной работе и рекомендуемая литература**

1. Какие механизмы входят в состав электрической тали?
2. Кинематическая схема механизма подъема. Основные элементы.
3. Принцип работы механизма подъема груза.
4. Кинематическая схема механизма передвижения. Основные элементы.
5. От каких параметров зависит длина барабана?
6. Из каких соображений определяют диаметр ходового колеса расчетным путем?
7. По каким параметрам подбирается электродвигатель, муфта, редуктор?

По данной работе рекомендуется ознакомиться с учебной и технической литературой [4, 5, 8–10], а также с обзорной информацией по комплексной механизации погрузочно-разгрузочных транспортных и складских работ, информацией, содержащейся в электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «КГТУ».

### **Лабораторная работа № 7**

**Тема:** «Оценка параметров козлового крана. Механизм передвижения».

#### **7.1 Цель работы**

Развитие умений, связанных с анализом работы механизма передвижения козлового крана, а также формирование навыков расчета механизма передвижения.

#### **7.2 Задачи лабораторной работы**

- 1) изучить структуру козлового крана, в частности структурный состав механизма передвижения;
- 2) изучить принцип работы козлового крана, в частности механизма передвижения этого крана;
- 3) определить экспериментальным путем основные технические показатели механизма передвижения козлового крана;

4) дать практические рекомендации по модернизации элементов лабораторной установки с учетом литературного обзора по отечественным и зарубежным образцам козловых кранов.

### **7.3 Объем работ, выполняемых студентами**

Весь объем работ, выполняемых студентами, можно разбить на четыре этапа. Студентам необходимо:

1. Схематично изобразить лабораторную установку;
2. Выполнить геометрические измерения установки и выписать из паспорта сведения о двигателе и редукторе;
3. Провести эксперимент с определением времени перемещения груза на заданное расстояние;
4. Выполнить обработку экспериментальных данных.

### **7.4 Контрольные вопросы по лабораторной работе и рекомендуемая литература**

1. Какие механизмы входят в состав козлового крана?
2. Кинематическая схема механизма передвижения. Основные элементы.
3. Принцип работы козлового крана. Его назначение.
4. Принцип работы механизма передвижения груза с тележкой.
5. Дать определение хода тележки с грузом.
6. Как вычислить пусковой момент на валу электродвигателя механизма передвижения?

7. По каким параметрам подбирается электродвигатель, муфта, редуктор?

По данной работе рекомендуется ознакомиться с учебной и технической литературой [4, 5, 8–10], а также с обзорной информацией по комплексной механизации погрузочно-разгрузочных транспортных и складских работ, информацией, содержащейся в электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «КГТУ».

### **Лабораторная работа № 8**

**Тема:** «Модели ленточных конвейеров. Определение основных параметров».

#### **8.1 Цель работы**

Формирование умений и навыков в области расчета основных параметров конвейеров.

#### **8.2 Задачи лабораторной работы**

- 1) изучить структуру и принцип работы конвейеров;
- 2) изучить основные геометрические, кинематические и силовые параметры конвейеров;
- 3) получить навык в практическом применении методик расчета конвейеров.

### **8.3 Объем работ, выполняемых студентами**

Весь объем работ, выполняемых студентами, можно разбить на четыре этапа. Студентам необходимо:

1. Схематично изобразить макеты конвейеров с указанием основных геометрических размеров;
2. Выполнить геометрические измерения на макетах и выписать из паспорта необходимые для расчетов сведения;
3. Провести эксперименты с определением времени перемещения насыпного груза из позиции в позицию;
4. Выполнить обработку экспериментальных данных.

### **8.4 Контрольные вопросы по лабораторной работе и рекомендуемая литература**

1. Структура и принцип работы ленточного конвейера.
2. Структура и принцип работы пластинчатого конвейера.
3. Структура и принцип работы винтового конвейера.
4. От каких параметров зависит производительность ленточного конвейера?
5. Какие эмпирические данные входят в формулу для определения производительности пластинчатого конвейера?
6. Закончить фразу: «Производительность винтового конвейера есть функция ...».
7. В какой последовательности выполняют тяговый расчет конвейера?

По данной работе рекомендуется ознакомиться с учебной и технической литературой [3, 6, 8–10], а также с обзорной информацией по комплексной механизации погрузочно-разгрузочных транспортных и складских работ, информацией, содержащейся в электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «КГТУ».

### **2.3 Рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов при подготовке к защите лабораторных работ**

Самостоятельная работа студентов заключается в следующем: подготовка бланка отчета, выполняемая, как правило, до лабораторного занятия; формирование необходимых схем макетов и установок, выполнение измерений и расчетов непосредственно на лабораторном занятии; подготовка к защите выполненной лабораторной работы по контрольным вопросам, сформированным в учебно-методическом пособии по выполнению лабораторных работ [8, 10]. При защите лабораторной работы студенту предлагается беседа в рамках контрольных вопросов к ней на тему соответствующей работы.

Лабораторные занятия представляют собой форму контактной работы с преподавателем и являются компонентом образовательной программы, обязательным для посещения их студентами.

Студенты заочной формы обучения выполняют лабораторные работы в аудитории 304 главного учебного корпуса с применением действующего оборудования по следующим темам: «Оценка параметров козлового крана. Механизм подъема» и «Электрическая таль. Определение основных параметров. Механизмы подъема и передвижения». Ознакомление с другими лабораторными работами выполняется по материалам (видео и презентации), размещенным в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС).

### **3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (для студентов заочной формы обучения)**

По учебному плану дисциплины «Подъемно-транспортные и загрузочные устройства» студенты заочной формы обучения закрепляют теоретический материал, выполняя контрольную работу. Эта контрольная работа содержит семь задач. В процессе ее подготовки студент заочной формы обучения демонстрирует умения применять изученный теоретический материал соответствующего раздела дисциплины к решению сравнительно простых задач. Перечень задач для выполнения контрольной работы представлен в Приложении А.

*Целью контрольной работы* является формирование компетенций и закрепление навыков в области расчета узлов и деталей подъемно-транспортных и загрузочных устройств.

*Задачи* контрольной работы: 1) изучить основные параметры подъемно-транспортных и загрузочных устройств; 2) освоить методики расчета основных узлов и деталей изучаемых машин, пригодные для их проектирования; 3) научиться формулировать практические рекомендации по модернизации конструкций узлов подъемно-транспортных и загрузочных устройств.

Выполнение контрольной работы студентами заочной формы обучения позволяет сформировать:

- *знания* в области методов расчета узлов и деталей подъемно-транспортных и загрузочных устройств;
- *умения* рассчитывать и проектировать узлы машин, пользоваться справочной литературой, применять стандарты, каталоги;
- *навыки* поиска и анализа новых конструкторских разработок, а также *навыки* проектирования рабочих мест с размещением технологического оборудования.

Практические задачи контрольной работы опираются на знания, полученные на лекционных занятиях. Структура контрольной работы приведена на рисунках 1 и 2.



Рис. 1 – Структура контрольной работы, соответствующая темам 2 и 3



Рис. 2 – Структура контрольной работы, соответствующая темам 3 и 5–7

Вариант для выполнения контрольной работы выдается студенту заочной формы обучения преподавателем на установочном лекционном занятии.

### 3.1 Постановка задач и варианты заданий

**Задача 1.** Для механизма подъема крана, соответствующего заданному режиму работы (см. таблицу 3), выбрать по стандарту крюковую подвеску, если грузоподъемность крана  $Q$ , т. По полученным размерам вычертить крюковую подвеску с одним блоком. Подобрать однорогий крюк и выписать его геометрические размеры. Выбрать канат двойной свивки типа ЛК-Р по ГОСТ 2688, если известно натяжение  $S_{max}$ , Н.

Таблица 3 – Варианты заданий для задачи 1

Номер варианта	Режим работы	Грузоподъемность $Q$ крана, т	Число блоков крюковой подвески, шт.	Натяжение $S_{max}$ , Н
1	Легкий	3,2	1	10000
2	Легкий	5,0	1	12000
3	Легкий	8,0	1	14000
4	Легкий	10,0	1	16000
5	4К	3,2	1	18000
6	4М	5,0	1	22000
7	Средний	8,0	2	24000
8	5К	10,0	2	26000
9	Тяжелый	3,2	1	28000
10	6К	5,0	2	30000
11	5М	8,0	2	32000
12	7К	10,0	2	34000
13	8К	3,2	1	36000
14	6М	5,0	2	38000
15	Высоко тяжелый	8,0	2	40000

**Задача 2.** Для заданной схемы полиспаста (рисунок 3) определить значение максимального натяжения ветви стального каната и окружную скорость барабана, если вес поднимаемого груза  $G$  (Н), скорость подъема груза  $V$  (м/мин) заданы по вариантам (таблица 4). Принять коэффициент полезного действия одного блока полиспаста равным 0,95. Какую длину каната необходимо намотать на барабан, чтобы поднять груз на высоту  $H$ , м?

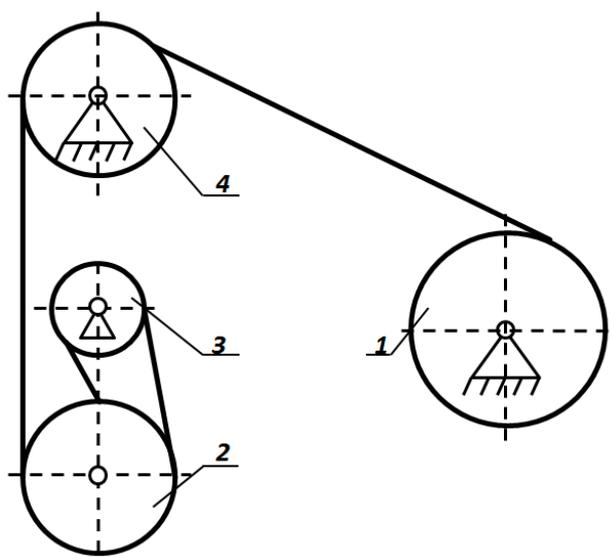


Рисунок 3 – Схема полиспаста:  
 1 – барабан; 2 – подвижный блок;  
 3 – неподвижный блок; 4 – отклоняющий блок

Таблица 4 – Варианты заданий для задачи 2

Номер варианта	Вес $G$ груза, Н	Скорость $V$ , м/мин подъема груза	Высота $H$ , м
1	2000	5	8
2	2500	10	9
3	3000	15	10
4	3500	5	11
5	4000	10	12
6	4500	15	13
7	5000	5	14
8	5500	10	15
9	6000	15	7
10	6500	5	6
11	7000	10	5
12	7500	15	4
13	8000	5	3
14	8500	10	2
15	9000	15	1

**Задача 3.** Определить геометрические размеры барабана механизма подъема крана, снабженного одинарным полиспастом. Определению подлежат: диаметр барабана  $D$  по дну канавок, диаметр барабана с учетом диаметра каната  $D_2$ , длина барабана  $L_{бар}$ , толщина стенки барабана  $\delta$ . Исходными данными являются: диаметр каната  $d_k$ , мм, наибольшее натяжение каната  $S_{max}$ , Н, материал барабана – серый чугун марки СЧ 18, режим работы крана – 4К, длина каната, навиваемого на барабан  $L_k$ , м.

Числовые значения исходных параметров приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Варианты заданий для задачи 3

Номер варианта	Диаметр каната $d_k$ , мм	Наибольшее натяжение каната $S_{max}$ , Н	Длина каната $L_k$ , м
1	11	5000	10
2	13	5000	12
3	15	5000	14
4	17	5000	16
5	19	5000	18
6	21	10000	20
7	23	10000	22
8	25	10000	24
9	27	10000	26
10	29	10000	28
11	31	15000	30
12	33	15000	32
13	35	15000	34
14	37	15000	36
15	39	15000	38

**Задача 4.** Установить размеры храпового колеса останова, если на его валу действует вращающий момент  $M$ , Н·м. Число зубьев храпового колеса  $Z$  (см. таблицу 6). Марка материала колеса: СЧ 15-32. Определению подлежат модуль  $m$ , высота зуба  $h$ , диаметры окружностей по впадинам и выступам зубьев храпового колеса, ширина зуба колеса  $b$ .

Таблица 6 – Варианты заданий для задачи 4

Номер варианта	Вращающий момент $M$ , Н·м	Число зубьев храпового колеса $Z$ , шт.
1	1000	12
2	1100	14
3	1200	16
4	1300	18
5	1400	20
6	1500	22
7	1600	24
8	1700	26
9	1800	28
10	1900	30
11	2000	32
12	2100	34
13	2200	36
14	2300	38
15	2400	40

**Задача 5.** Определить усилие  $P$ , замыкающее тормоз. Известен тормозной момент  $M$ , Н·м (таблица 7). Тормоз – одноколодочный (рисунок 4). Геометрические параметры тормоза даны на рисунке 4:  $l$ , мм,  $l_1$ , мм,  $b$ , мм,  $D$ , мм. Тормозной шкив – чугунный, колодка – стальная (коэффициент трения  $f = 0,25$ ), возможно попадание смазки на трущиеся поверхности.

Таблица 7 – Варианты заданий для задачи 5

Номер варианта	Вращающий момент $M$ , Н·м	Геометрия тормоза, мм
1	100	$l = 450$ , мм, $l_1 = 200$ , мм, $b = 80$ , мм, $D = 250$ , мм.
2	150	$l = 450$ , мм, $l_1 = 200$ , мм, $b = 80$ , мм, $D = 250$ , мм.
3	200	$l = 450$ , мм, $l_1 = 200$ , мм, $b = 80$ , мм, $D = 250$ , мм.
4	250	$l = 450$ , мм, $l_1 = 200$ , мм, $b = 80$ , мм, $D = 250$ , мм.
5	300	$l = 450$ , мм, $l_1 = 200$ , мм, $b = 80$ , мм, $D = 250$ , мм.
6	350	$l = 500$ , мм, $l_1 = 250$ , мм, $b = 100$ , мм, $D = 300$ , мм.
7	400	$l = 500$ , мм, $l_1 = 250$ , мм, $b = 100$ , мм, $D = 300$ , мм.
8	450	$l = 500$ , мм, $l_1 = 250$ , мм, $b = 100$ , мм, $D = 300$ , мм.
9	500	$l = 500$ , мм, $l_1 = 250$ , мм, $b = 100$ , мм, $D = 300$ , мм.
10	550	$l = 500$ , мм, $l_1 = 250$ , мм, $b = 100$ , мм, $D = 300$ , мм.
11	600	$l = 550$ , мм, $l_1 = 300$ , мм, $b = 120$ , мм, $D = 350$ , мм.
12	650	$l = 550$ , мм, $l_1 = 300$ , мм, $b = 120$ , мм, $D = 350$ , мм.
13	700	$l = 550$ , мм, $l_1 = 300$ , мм, $b = 120$ , мм, $D = 350$ , мм.
14	750	$l = 550$ , мм, $l_1 = 300$ , мм, $b = 120$ , мм, $D = 350$ , мм.
15	800	$l = 550$ , мм, $l_1 = 300$ , мм, $b = 120$ , мм, $D = 350$ , мм.

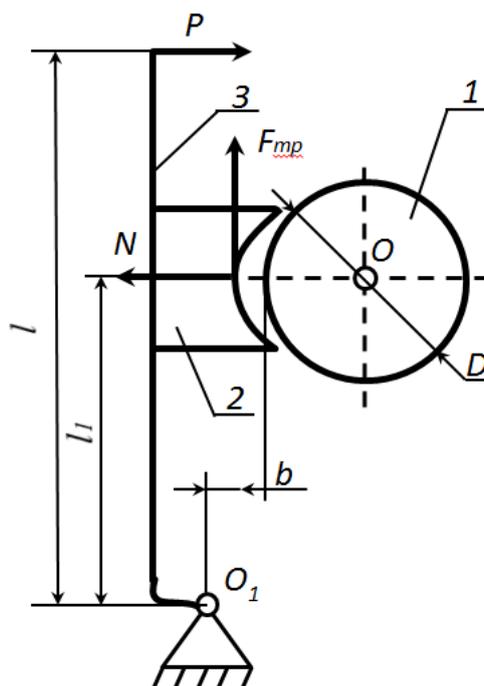


Рисунок 4 – Схема одноколодочного тормоза:

1 – шкив, 2 – колодка, 3 – рычаг

**Задача 6.** Подобрать диаметр ходового колеса, если известны следующие параметры (таблица 8):

– число ходовых колес тележки  $n$ , шт.;

– вес груза  $G_{гр}$ , Н.

Таблица 8 – Варианты заданий для задачи 6

Номер варианта	Вес груза $G_{гр}$ , Н	Число ходовых колес тележки $n$ , шт.
1	10000	2
2	15000	4
3	20000	2
4	25000	4
5	30000	2
6	35000	4
7	40000	2
8	45000	4
9	50000	2
10	55000	4
11	60000	2
12	65000	4
13	70000	2
14	75000	4
15	80000	2

**Задача 7.** Задан ленточный конвейер, угол наклона трассы конвейера –  $0^\circ$ . Известна его производительность в смену  $Q$  в тоннах (за 8-часовую смену), а также название перемещаемого груза (таблицу 9). Коэффициент неравномерности поступления груза  $K_n = 1,23$ , коэффициент использования во времени –  $K_{вр} = 0,8$  Поперечное сечение ленты – прямоугольник. Выбрать скорость движения ленты, определить ширину ленты, длину обечайки барабанов, расстояние между роликовыми опорами.

Таблица 9 – Варианты заданий для задачи 6

Номер варианта	Название перемещаемого груза	Производительность $Q$ , т
1	Пшеница	5
2	Ячмень	10
3	Семена сои	15
4	Кукуруза в початках	20
5	Картофель	25
6	Рожь	30
7	Мешки с мукой	35
8	Ящики	40
9	Мелкий штучный груз	45
10	Яблоки	50
11	Овес	55
12	Морковь	60
13	Семена подсолнечника	65
14	Мешки с крупой	70
15	Зерновые отходы	75

### 3.2 Примеры решения задач

**Задача 1.** Для механизма подъема крана, соответствующего группе режима работы 6М, выбрать по стандарту крюковую подвеску, если грузоподъемность крана 11,0 т. По полученным размерам вычертить крюковую подвеску с тремя блоками, подобрать двурогий крюк и выписать его геометрические размеры. Выбрать канат по ГОСТ 2688, если максимальное натяжение каната 20 000 Н, группа режима работы механизма подъема крана – 1М.

#### Решение задачи 1.

*1.1 Выбор крюковой подвески.* В условии задачи указано, что крюковая подвеска содержит три блока, значит, в обозначении подвески первая цифра – 3, вторая цифра соответствует заданной грузоподъемности. Выбор типоразмера крюковой подвески осуществим по ОСТ 24.191.08, используя два условия:

– грузоподъемность крюковой подвески должна быть не меньше грузоподъемности, заданной при расчете подъемно-транспортного устройства, т. е.  $Q_{к.п.} \geq Q$ ;

– режим работы выбираемой крюковой подвески соответствует режиму работы крана или механизма подъема.

Группа режима работы механизма 6М соответствует высоко тяжелому (ВТ) режиму (таблицу 10). Для режима работы ВТ и заданной грузоподъемности 11,0 т выбираем крюковую подвеску со следующим цифровым обозначением: **3-12,5-610**. Выписываем из стандарта геометрические параметры выбранной крюковой подвески и вычерчиваем эскизно по размерам подвеску с тремя блоками. Ориентировочно диаметр каната  $d_k$  изменяется от 14 до 18 мм.

Таблица 10 – Согласование режимов работы механизмов и кранов

1	Режим работы	Легкий (Л)	Средний (С)	Тяжелый (Т)	Высоко тяжелый (ВТ)
2	Группа режима работы механизма по ГОСТ 25835	1М, 2М, 3М	4М	5М	<b>6М</b>
3	Группа режима работы крана по ГОСТ 25546	1К, 2К, 3К	4К,5К	6К,7К	8К
4	Коэффициент запаса, $k$	5,0	5,5	6,0	

*1.2 Подбор двурогого крюка.* По таблице 11 наибольшей грузоподъемности крюков выбираем номер заготовки крюка, зная группу режима работы **6М** и грузоподъемность **11000** кг: **5**.

Таблица 11 – Наибольшая грузоподъемность крюков в килограммах

Номер заготовки крюка	Машины и механизмы с ручным и машинным приводом для режимов работы		
	1М ... 2М	3М ... 4М	5М ... 6М
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<i>Однорогий крюк</i>			
1	400	320	250
2	500	400	320
3	630	500	400
4	800	630	500
5	1000	800	630
6	1250	1000	800
7	1600	1250	1000
8	2000	1600	1250
9	2500	2000	1600

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4
10	3200	2500	2000
11	4000	3200	2500
12	5000	4000	3200
13	6300	5000	4000
14	8000	6300	5000
15	10 000	8000	6300
16	12 500	10 000	8000
17	16 000	12 500	10 000
<i>Двурогий крюк</i>			
1	8000	6300	5000
2	10 000	8000	6300
3	12 500	10 000	8000
4	16 500	12 500	10 000
<b>5</b>	20 000	16 000	<b>12 500</b>
6	-	20 000	16 000
7	-	25 000	20 000

Из таблицы ГОСТ 6628 для номера заготовки крюка **5** выписываем геометрические размеры двурогого крюка. Для однорогого крюка используем ГОСТ 6627.

*1.3 Выбор каната.* По ГОСТ 2688 подобрать канат двойной свивки, если максимальное натяжение  $S_{max}$  каната 20 000 Н. Группа режима работы механизма подъема крана – 1М. Определить диаметр каната в миллиметрах, маркировочную группу и расчетную площадь сечения проволок каната.

По таблице 10 для группы режима механизма крана 1М определяем коэффициент запаса прочности каната  $k = 5,0$ . По формуле имеем:

$$S_{max} \cdot k = 20000 \cdot 5 = 100000 \text{ Н.}$$

По ГОСТ 2688 выбираем  $S_{разр.}$  таким образом, чтобы выполнялось неравенство  $S_{max} \cdot k \leq S_{разр.}$ . Принимаем  $S_{разр.} = 105 000 \text{ Н.}$

Для выбранного значения  $S_{разр.}$  выписываем из ГОСТ 2688 следующие параметры:

диаметр каната  $d_k = 14,0 \text{ мм;}$

расчетная площадь сечения проволок каната  $A_k = 74,40 \text{ мм}^2;$

маркировочная группа – 1670.

**Задача 2.** Для заданной схемы полиспаста (рисунок 5) определить значение максимального натяжения ветви стального каната и окружную скорость барабана. Вес поднимаемого груза  $G = 1500 \text{ Н,}$  скорость подъема



- диаметр каната  $d_k = 24$ , мм,
- наибольшее натяжение каната  $S_{max} = 8000$ , Н,
- материал барабана – серый чугун марки СЧ 18,
- режим работы крана – 2К,
- длина каната, навиваемого на барабан  $L_k = 35$ , м.

### Решение задачи 3.

3.1 Определим диаметр барабана по дну канавок по формуле

$$D \geq h_1 \cdot d_k,$$

где коэффициент  $h_1$  для группы режима работы крана 2К составляет 12,5 (см. таблицу 12):

$$D \geq 12,5 \cdot 24 = 300 \text{ мм.}$$

Таблица 12 – Выбор коэффициента  $h_1$  [1]

Группа режима работы механизма по ГОСТ 25835	Группа режима работы крана по ГОСТ 25546	Значение коэффициента $h_1$
1М	1К	11,2
2М	<b>2К</b>	<b>12,5</b>
3М	3К	14,0
4М	4К, 5К	16,0
5М	6К, 7К	18,0
6М	8К	20,0

Окончательно значение диаметра  $D$  принимают из ряда стандартных размеров: 160, 200, 250, 320, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000 мм.

Диаметр барабана по дну канавок  $D_{ст} = 320$  мм.

3.2 Определим диаметр барабана с учетом диаметра каната  $D_2$  (расчетный диаметр барабана):

$$D_2 = D_{ст} + d_k = 320 + 24 = 344 \text{ мм.}$$

3.3 Установим значение шага навивки каната по формулам

$$t \approx (1,1 \dots 1,3) \cdot d_k \approx (1,1 \dots 1,3) \cdot 24 \approx 26,4 \dots 31,2;$$

$$t \approx d_k + (2 \dots 3) \approx 24 + (2 \dots 3) \approx 26 \dots 27.$$

Принимаем  $t = 27$  мм.

3.4 Определим длину барабана по формуле ( $Z_{к.б.} = 1$ , так как полиспасть одинарный):

$$L_{бар} = Z_{к.б.} \cdot L_H + L_1 + 2 \cdot L_0.$$

Длина одного нарезанного участка барабана определяется по соотношению

$$L_H = t + Z_k + Z_1,$$

в котором число витков каната  $Z_k$ :

$$Z_k = \frac{L_k}{\pi \cdot D_2} = \frac{35000}{3,14 \cdot 344} = 32,40,$$

где  $Z_k$  — длина каната, навиваемого на барабан, мм.

Число витков каната, не свиваемых с барабана,  $Z_1 \geq 1,5$ . Примем  $Z_1 = 3$ . Тогда длина

$$L_H = t + Z_k + Z_1 = 27 + 32,40 + 3 = 62,4 \text{ мм.}$$

Примем  $L_H = 65$  мм.

3.5 Длина барабана  $L_1$  определяется как

$$L_1 \approx 3 \cdot t \approx 3 \cdot 27 \approx 81 \text{ мм.}$$

Примем  $L_1 = 80$  мм.

3.6 Расстояние  $L_0$  составит

$$L_0 \approx 2 \cdot t \approx 2 \cdot 27 \approx 54 \text{ мм.}$$

Примем  $L_0 = 55$  мм.

Окончательно длина барабана равна:

$$L_{\text{бар}} = Z_{\text{к.б.}} \cdot L_H + L_1 + 2 \cdot L_0 = 1 \cdot 65 + 80 + 2 \cdot 55 = 255 \text{ мм.}$$

3.7 Минимальная толщина стенки барабана составит

$$\delta \geq 0,02 \cdot D_{\text{ст}} + 3 = 0,02 \cdot 320 + 3 = 9,4 \text{ мм (для чугунного барабана).}$$

3.8 Толщина стенки барабана, определенная из расчета на сжатие, равна

$$\delta \geq \frac{S_{\text{max}}}{t \cdot [\sigma_{\text{сж}}]} \geq \frac{8000}{27 \cdot 130} \geq 2,28 \text{ мм.}$$

При этом принято, что допускаемое напряжение сжатия для чугуна СЧ 18 и режима работы крана 2К равно 130 МПа (таблицу 13).

Таблица 13 – Допускаемое напряжение сжатия, МПа [1]

Марка материала барабана	Группа режима работы крана по ГОСТ 25546			
	1М, 2М, 3М, 1К, 2К, 3К	4М, 4К, 5К	5М, 6К, 7К	6М, 8К
Ст3сп	200	170	150	130
20	210	180	160	140
35Л	230	210	170	140
55Л	260	230	200	165
09Х2С	260	225	195	165
15ХСНД	280	240	210	175
<b>СЧ18</b>	<b>130</b>	115	100	90
СЧ24	170	150	130	115

Примем, что толщина стенки барабана  $\delta = 9,5$  мм.

**Задача 4.** Установить размеры храпового колеса останова, если на его валу действует вращающий момент  $M = 1500$  Н·м. Число зубьев храпового колеса  $Z = 14$ . Марка материала колеса СЧ 15-32. Определению подлежат модуль  $m$ , высота зуба  $h$ , диаметры окружностей по впадинам и выступам зубьев храпового колеса, ширина зуба колеса  $b$ .

**Решение задачи 4.** Для решения задачи приведем справочную таблицу 14 [1].

Таблица 14 – Параметры для расчета деталей храпового останова [1]

Материал храпового колеса	Параметры		
	коэффициент ширины зацепления $\psi = \frac{b}{m}$	допускаемое удельное давление $[q]$ , Н/мм	допускаемое напряжение изгиба $[\sigma_{и}]$ , Н/мм <sup>2</sup>
Чугун СЧ 12-28	1,5...6,0	150	300
Чугун СЧ 15-32			
Сталь 35 ЛП	1,5...4,0	300	800
Сталь 45 ЛП			
Ст. 3	1,0...2,0	350	1000
Сталь 45		400	1200

4.1 Модуль храпового колеса определим по формуле

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot M}{Z \cdot \psi \cdot [q]}}$$

где  $M = 1500$  Н·м, число зубьев  $Z = 14$ , для марки материала СЧ 15-32 по таблице 14 устанавливаем значения коэффициента ширины зацепления и допускаемое удельное давление  $\psi = 4,0$  и  $[q] = 150$  Н/мм:

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot M}{Z \cdot \psi \cdot [q]}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1500 \cdot 10^3}{14 \cdot 4,0 \cdot 150}} = 18,89 \text{ мм.}$$

Примем модуль  $m = 20$  мм.

4.2 Высота зуба храпового колеса составит

$$h = 0,7 \cdot m = 0,7 \cdot 20 = 14 \text{ мм.}$$

4.3 Диаметр окружности по впадинам зубьев храпового колеса

$$d_f = m \cdot Z = 20 \cdot 14 = 280 \text{ мм.}$$

4.4 Диаметр окружности по выступам зубьев храпового колеса

$$d_a = m \cdot Z + 2 \cdot h = 20 \cdot 14 + 2 \cdot 14 = 308 \text{ мм.}$$

**Задача 5.** Определить усилие  $P$ , замыкающее тормоз. Известен тормозной момент  $M = 80$  Н·м. Тормоз – одноколодочный (см. рисунок 6). Геометрические параметры тормоза даны на рисунке 6:  $l = 410$  мм,  $l_1 = 160$  мм,  $b = 45$  мм,  $D = 210$  мм. Тормозной шкив – чугунный, колодка – стальная (коэффициент трения  $f = 0,25$ ), возможно случайное попадание смазки на трущиеся поверхности.

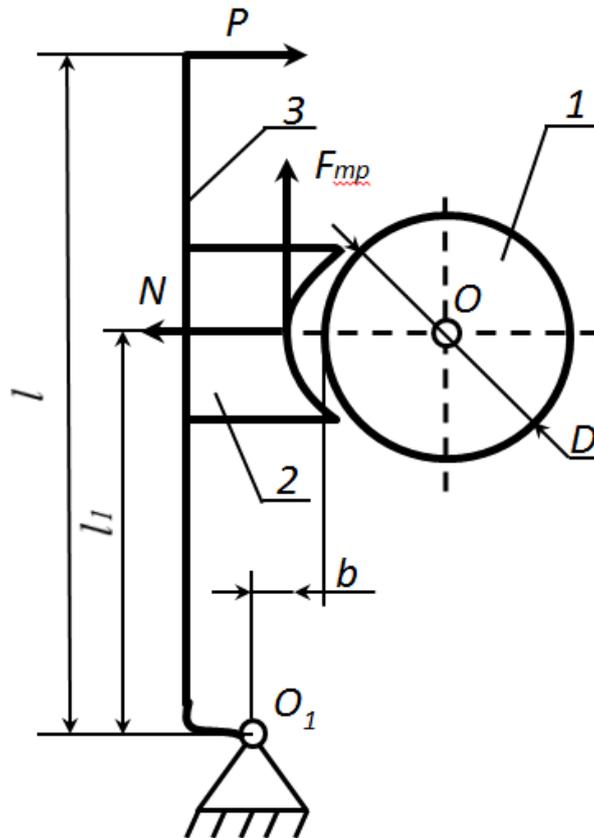


Рис. 6 – Схема одноколодочного тормоза:  
1 – шкив, 2 – колодка, 3 – рычаг

**Решение задачи 5.** По известной формуле, соблюдая размерность параметров, получим

$$P = \frac{2 \cdot M \cdot (l_1 + f \cdot b)}{f \cdot D \cdot l} = \frac{2 \cdot 80 \cdot (0,16 + 0,25 \cdot 0,045)}{0,25 \cdot 0,21 \cdot 0,41} \approx 1273 \text{ Н.}$$

**Задача 6.** Подобрать диаметр ходового колеса, если известны следующие параметры:

- число ходовых колес тележки  $n = 2$ , шт.;
- вес груза  $G_{гр} = 8000$ , Н.

**Решение задачи 6.** Задан вес груза  $G_{гр} = 8000$  Н, определим вес тележки:

- для легкого и среднего режимов работы

$$G_T = (0,25 \dots 0,35) \cdot G_{гр} = (0,25 \dots 0,35) \cdot 8000 = 2000 \dots 2800 \text{ Н};$$

- для тяжелого режима работы

$$G_T = (0,4 \dots 0,5) \cdot G_{гр} = (0,4 \dots 0,5) \cdot 8000 = 3200 \dots 4000 \text{ Н.}$$

6.1 Определим максимальную статическую нагрузку на одно ходовое колесо в случае легкого и среднего режимов работы:

$$F_{ст/мах} = \frac{(G_T + G_{гр})}{n} = \frac{2400 + 8000}{2} = 5200 \text{ Н} = 5,2 \text{ кН.}$$

6.2 Определим максимальную статическую нагрузку на одно ходовое колесо в случае тяжелого режима работы:

$$F_{ст/мах} = \frac{(G_T + G_{гр})}{n} = \frac{3600 + 8000}{2} = 5800 \text{ Н} = 5,8 \text{ кН}.$$

6.3 Подбираем диаметр ходового колеса из таблицы 15 по условию:

$$F_{ст/мах} \leq [F_{к/мах}],$$

где  $[F_{к/мах}]$  – допустимая нагрузка на одно колесо.

Таблица 15 – К определению диаметра ходового колеса [1]

$[F_{к/мах}]$ , кН	25...50	50...100	100...200
Диаметр колеса, $D_{х.хк}$ , мм	200; 250	320; 400	400; 500
Типоразмер рельса	P24	P43; KP70	P43; P50; KP70

Например, полученное значение максимальной статической нагрузки 5,2 ... 5,8 кН много меньше 25...50 кН. Следовательно, подбираем диаметр ходового колеса, равный 200 мм.

**Задача 7.** Задан ленточный конвейер, угол наклона трассы конвейера –  $0^\circ$ . Известна его производительность в смену  $Q = 80$  т (за 8-часовую смену –  $T = 8$  ч), перемещаемый продукт – мелкие штучные изделия. Коэффициент неравномерности поступления груза  $K_H = 1,23$ , коэффициент использования во времени –  $K_{вр} = 0,8$ . Поперечное сечение ленты – прямоугольник. Выбрать скорость движения ленты, определить ширину ленты, длину обечайки барабана, расстояние между роликовыми опорами.

**Решение задачи 7.**

7.1 Скорость движения ленты [6] конвейера выбирают в зависимости от вида перемещаемого груза (таблица 16).

Таблица 16 – Скорость движения ленты и плотность груза

Перемещаемый продукт	Скорость ленты, м/с	Плотность груза, т/м <sup>3</sup>
Пшеница, рожь, ячмень, овес	2,5 ... 4,5	0,65 ... 0,81
Семена подсолнечника	2,0 ... 2,5	0,26 ... 0,44
Семена сои	2,5 ... 3,5	0,75 ... 0,85
Кукуруза в початках	1,50 ... 1,75	0,70 ... 0,82
Лузга и зерновые отходы	0,8 ... 1,2	
Овощи и фрукты (яблоки, картофель, морковь)	До 1,0	0,60 ... 0,80
Мешки с мукой и крупой	0,6 ... 1,2	0,51 ... 0,70
Ящики	0,5 ... 1,0	1,55
Мелкие штучные грузы	1,2 ... 1,6	1,60

Примем скорость движения ленты –  $V = 1,4$  м/с.

7.2 Средняя часовая производительность конвейера составит:

$$Q_{\text{ср}} = \frac{Q}{T} = \frac{80}{8} = 10 \text{ т/ч.}$$

7.3 Расчетная производительность конвейера:

$$Q_p = Q \cdot \frac{K_p}{K_{\text{вр}}} = 80 \cdot \frac{1,23}{0,8} = 123 \text{ т/см} \sim 16 \text{ т/ч.}$$

7.4 Определим ширину ленты по соотношению [1]

$$B = \sqrt{\frac{Q}{K_{\text{п}} \cdot K_{\beta} \cdot \rho \cdot V}},$$

где  $Q$  – производительность конвейера, кг/с;  $K_{\text{п}}$  – коэффициент производительности [1] (зависит от формы поперечного сечения грузового потока,  $K_{\text{п}} = 0,035$ );  $K_{\beta}$  – коэффициент уменьшения производительности, зависящий от угла наклона конвейера  $K_{\beta} = 1$  (при угле наклона трассы, равном  $0^\circ$ );  $\rho$  – плотность перемещаемого груза, т/м<sup>3</sup>;  $V$  – скорость движения ленты, м/с.

$$Q = \frac{Q_p}{3600} = \frac{16000}{3600} = 4,44 \text{ кг/с}; \rho = 1,6 \text{ т/м}^3 = 1600 \text{ кг/м}^3.$$

$$B = \sqrt{\frac{4,44}{0,035 \cdot 1,0 \cdot 1600 \cdot 1,4}} = 0,237 \text{ м.}$$

Принимаем ширину ленты  $B = 300$  мм из ряда по ГОСТ 20 «Ленты конвейерные резиноканевые. Технические условия»: 100, 200, **300**, 400, 500, 600, 650, 700, 750, 800, 900, 1000, 1100, 1200 мм.

Поскольку ширина ленты увеличилась, пересчитаем скорость движения ленты (для штучного груза) по выражению:

$$V = \frac{Q \cdot t}{m},$$

где  $t$  – шаг штучных грузов вдоль ленты, принято 0,3 м;  $m$  – масса груза, принято 1 кг.

$$V = \frac{Q \cdot t}{m} = \frac{4,44 \cdot 0,3}{1} = 1,33 \text{ м/с.}$$

Для сыпучих грузов (материалов) применяется другое выражение для уточнения скорости:

$$V = \frac{Q}{K_{\text{п}} \cdot K_{\beta} \cdot \rho \cdot B^2}.$$

7.5 Длину обечайки барабанов  $L_{\text{бар}}$  принимают в зависимости от ширины ленты  $B$  по таблице 17.

Таблица 17 – Длина обечайки барабанов [6]

$B$ , мм	300	400	500	650	800	1000	1200
$L_{\text{бар}}$ , мм	400	500	600	750	950	1150	1400

Длина обечайки барабанов  $L_{\text{бар}} = 400$  мм.

7.6 Расстояние между роликowymi опорами  $L_{оп}$  выбирают в зависимости от ширины ленты  $B$  по таблице 18.

Таблица 18 – Расстояние между роликowymi опорами, мм [6]

Ширина ленты $B$ , мм	Холостая ветвь с плоской лентой	Рабочая ветвь с желобчатой лентой
400	2700 ... 4000	1400 ... 1700
500	2400 ... 3600	1300 ... 1600
650	2100 ... 3300	1350 ... 1500
800	1800 ... 3000	1200 ... 1350
1000 ... 1200	1500 ... 2700	1050 ... 1200

Расстояние между роликowymi опорами для холостой ветви ленты  $L_{оп} = 2700$  мм, для рабочей ветви – 1400 мм.

### 3.3 Требования по выполнению контрольной работы

По структуре контрольная работа включает:

- титульный лист (пример его оформления приведен в Приложении Б);
- раздел «Оглавление» с указанием страниц, в котором перечислены названия решаемых задач (см. Приложение А);
- текстовая часть работы, содержащая вербальную (словесную) формулировку каждой задачи с указанием числовых значений, выбранных по вариантам; необходимые для решения задачи рисунки и формулы;
- список используемых источников, составленный по ГОСТ 7.001 и ГОСТ 7.82 в порядке их упоминания в текстовой части при решении задач.

Оформление контрольной работы.

Контрольная работа выполняется на листах формата А4 с применением текстового редактора Microsoft Word, распечатывается с одной стороны листа. Шрифт текстовой части контрольной работы Times New Roman, начертание обычное, размер – 14, межстрочный интервал – 1,5, отступ абзаца – 1,25. Разметка страницы (поля): левое 3 см, правое 1,5 см, верхнее и нижнее – по 2 см. Нумерация страниц – внизу по центру. Оглавление формируется автоматически посредством вкладки «Ссылки» – «Оглавление».

Объем контрольной работы – примерно 10 ... 15 листов формата А4.

Студент оформляет контрольную работу и регистрирует ее в ауд. 301а главного учебного корпуса. После этого контрольная работа поступает к преподавателю для оценивания.

### **3.4 Критерии оценки контрольной работы**

Контрольная работа оценивается по шкале – зачтено / не зачтено.

Отметка «Зачтено» за выполненную контрольную работу ставится в следующем случае:

– контрольная работа оформлена студентом качественно, включает титульный лист, раздел «Оглавление», текстовую часть. В работе имеется вербальная (словесная) формулировка каждой решаемой задачи с указанием исходных данных; соотношения, используемые в расчетах, записаны верно и правильно подставлены числовые значения в них. Допускается описка или опечатка, не нарушающая верный ход решения задачи. Вербально (словесно) обоснован подбор стандартных элементов, выбор необходимых справочных данных.

Отметка «Не зачтено» за выполненную контрольную работу ставится в случае, когда:

– контрольная работа не отличается качественным оформлением, не содержит требуемых разделов. В тексте работы отсутствует вербальная (словесная) формулировка каждой решаемой задачи, исходные данные не указаны либо указаны выборочно. Соотношения, используемые в расчетах, записаны верно, но не подставлены числовые значения в них. Правильность решения задач (задачи) нарушена. Вербально (словесно) не обоснован подбор стандартных элементов, а также выбор необходимых справочных данных.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Подъемно-транспортные и грузозахватные устройства» дан тематический план лекционных занятий, включающий рекомендуемую литературу и вопросы для закрепления теоретического материала. Сформирован тематический план лабораторных занятий, представлены цель и задачи выполняемых лабораторных работ с контрольными вопросами для их защиты. Изложены требования по выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения. Даны формулировка задач и варианты заданий, примеры решения задач, критерии оценивания контрольной работы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Степыгин, В. И. Проектирование подъемно-транспортных установок: учебное пособие / В. И. Степыгин, Е. Д. Чертов, С. А. Елфимов. – Москва: Машиностроение, 2005. – 288 с.
2. Александров, М. П. Грузоподъемные машины: учеб. для студ. вузов / М. П. Александров. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, Высш. шк., 2000. – 551 с.
3. Спиваковский, А. О. Транспортирующие машины: учеб. пособие / А. О. Спиваковский, В. К. Дьячков. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1983. – 487 с.
4. Александров, М. П. Подъемно-транспортные машины: учеб. / М. П. Александров. – 6-е изд., перераб. – Москва: Высш. шк., 1985. – 520 с.
5. Вайнсон, А. А. Подъемно-транспортные машины: учеб. / А. А. Вайнсон. – Москва: Машиностроение, 1989. – 535 с.
6. Зуев, Ф. Г. Механизация погрузо-разгрузочных, транспортных и складских работ: учеб. / Ф. Г. Зуев, Н. А. Левачев, Н. А. Лотков; рец.: В. И. Корешков, А. М. Вацуру. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 446 с.
7. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: учеб. пособие / под ред. С. А. Казак. – Москва: Высшая школа, 1989. – 318 с.
8. Ковальчук, И. Н. Подъемно-транспортные установки: лаб. практ. для студ. вузов по спец.: 260601 – Машины и аппараты пищ. пр-в, 260602.65 – Пищ. инженерия малых предприятий, 151001.65 – Технология машиностроения, 150207.65 – Реновация средств и объектов материал. пр-ва в машиностроении / И. Н. Ковальчук. – Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. – 81 с.
9. Серeda, Н. А. Подъемно-транспортные и загрузочные устройства: учебное пособие для студентов бакалавриата по направлениям подготовки: 15.03.01 – Машиностроение, 15.03.02 – Технологические машины и оборудование / Н. А. Серeda. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», – 2017. – 71 с.
10. Серeda, Н. А. Подъемно-транспортные и загрузочные устройства: учебно-методическое пособие по лабораторным занятиям для студентов бакалавриата по направлениям подготовки: 15.03.01 – Машиностроение, 15.03.02 – Технологические машины и оборудование / Н. А. Серeda. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», – 2018. – 56 с.
11. Серeda, Н. А. Подъемно-транспортные и загрузочные устройства: учебное пособие / Н. А. Серeda. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2020. – 157 с. – (Высшее образование).

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**Пример оформления раздела «Оглавление»**

	Стр.
Задача 1. Подбор крюка, крюковой подвески, выбор каната	...
Задача 2. Определение кратности и КПД полиспаста	...
Задача 3. Расчет барабана	...
Задача 4. Расчет останова	...
Задача 5. Расчет тормоза	...
Задача 6. Подбор диаметра ходового колеса	...
Задача 7. Расчет ленточного конвейера	...

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Пример оформления титульного листа контрольной работы

#### ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Калининградский государственный технический университет»

Институт морских технологий, энергетики и строительства

Кафедра теории механизмов и машин и деталей машин

Контрольная работа  
допущена к защите  
Преподаватель: \_\_\_\_\_  
(уч. степень, звание,  
должность)  
\_\_\_\_\_ И. О. Фамилия  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Контрольная работа  
защищена  
Преподаватель: \_\_\_\_\_  
(уч. степень, звание,  
должность)  
\_\_\_\_\_ И. О. Фамилия  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

### Контрольная работа

по дисциплине

«Подъемно-транспортные и грузозачерпывающие устройства»

Шифр студента \_\_\_\_\_  
Вариант № \_\_\_\_\_

Работу выполнил:  
студент гр. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ И. О. Фамилия  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Калининград  
202\_\_

Учебное издание

Наталья Александровна Середа

## ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ И ЗАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

*Редактор Г. А. Смирнова*

Подписано в печать 30.06.2022 г. Формат 60 × 90 1/16. Уч.-изд. л. 2,7.  
Печ. л. 2,7. Тираж 27 экз. Заказ № 40

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1