МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Смоленский казачий институт промышленных технологий и бизнеса (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Директор СКИПТБ (филиал) ФГБОУ ВО
«МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)
_____ Н.С. Коржикова
«28» июня 2023 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Б1.О.04.08 ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ Механика

Кафедра:	Системной автоматизации и информационных технологий
Направление подготовки:	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Направленность (профиль):	Проектирование автоматизированных систем
Квалификация выпускника:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Год набора:	2023
Общая трудоемкость:	216 часов/6 з.е.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 00b895e5d3e87e5e81c0f723de8ac92877
Действителен: с 06.08.2024 по 30.10.2025
Владелец: **Коржикова Надежда Сергеевна**
Должность: **Директор**

Вязьма, 2023 г.

Программу составил(и):
канд.техн.наук доц. Соколов И.В.
ассистент Алекперов З. А.

Рабочая программа дисциплины (модуля)
"Механика"
разработана составлена на основании учебного плана, утвержденного ученым советом 25 мая 2023 г. протокол № 11 в соответствии
с ФГОС ВО Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств (приказ Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 730)

Руководитель ОПОП
канд. пед. наук, доц. Кузьмин К.А._____

Рабочая программа обсуждена на заседании обеспечивающей кафедры
Системной автоматизации и информационных технологий
Протокол от 19.05.2023 г. № 10
Зав. кафедрой Морозов Сергей Михайлович_____

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ И ОБЪЕМ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПО СЕМЕСТРАМ

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6. ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цели:

– получение знаний теоретических основ механики, являющихся базой для успешного изучения других курсов общепрофессиональных и специальных дисциплин;
– формирование у студентов умений и навыков в применении теоретических основ механики при исследовании, проектировании и эксплуатации механических устройств в объеме, необходимом для будущей профессиональной деятельности
– формирование у студентов научного мировоззрения на основе знания объективных законов, действующих в материальном мире

1.2. Задачи:

– изучение общих законов и методов исследования движения и взаимодействия материальных тел и механических систем;
– изучение методов исследования напряженно-деформированного состояния элементов конструкций, с целью обеспечения их работоспособности;
– получить представление о методах исследования и проектирования механических устройств, основных стадиях выполнения конструкторской разработки; первичные навыки практического применения знаний механики при проектировании типовых устройств технологического оборудования

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ И ОБЪЕМ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПО СЕМЕСТРАМ

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП и обязательна для освоения.

Распределение часов дисциплины

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**3 (2.1)**		**4 (2.2)**		Итого	
Недель	17		18 1/6			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16	32	32
Лабораторные	16	16	16	16	32	32
Практические	16	16	16	16	32	32
Итого ауд.	48	48	48	48	96	96
Контактная работа	48	48	48	48	96	96
Сам. работа	60	60	33	33	93	93
Часы на контроль			27	27	27	27
Итого	108	108	108	108	216	216

Вид промежуточной аттестации:

Зачёт 3 семестр

Экзамен 4 семестр

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их

ОПК-9:Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование;

ОПК-9.1: Знает передовой опыт в области автоматизации технологических процессов машиностроительной организации

ОПК-9.2: Умеет решать задачи развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности

ОПК-9.3: Владеет навыками решения задач развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименования разделов, тем, их краткое содержание и результаты освоения /вид занятия/	Семестр	Часов	Интеракт.	Прак. подг.	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
	Раздел 1.Механика						
1.1	**Тема 1. Статика** **Краткое содержание лекций:**	3	4	0	0	ОПК-9.1	Вид ОС: устный опрос

	Статика твердого тела **-Основные задачи статики** **-Основные понятия статики** **-Аксиомы статики** **-Связи и их реакции** **-Момент силы относительно точки** **-Момент силы относительно оси** **-Момент пары сил** **-Тождественное преобразование систем сил** **-Графический способ сложения сходящихся сил** **-Аналитический способ сложения сходящихся сил** **-Преобразование произвольной системы сил** **Условия равновесия систем сил** **-Равновесие системы сходящихся сил** **-Равновесие произвольной системы сил** **-Порядок решения задач статики** **Результаты освоения:** **Знает:** **– фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем;** **/Лек/**						
1.2	**Решение задач** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и**	3	4	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по практической работе

	профессиональные компетенции. /Пр/						
1.3	**Подготовка рефератов** **Знает:** **– фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем;** **– основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел;** **– основы устройства типовых механизмов и машин;** **– методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации.** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Ср/**	3	15	0	0	ОПК-9.1,ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: вопросы для самоподготовки, реферат
1.4	**Тема 2. Кинематика** **Краткое содержание лекций:** **Основные понятия кинематики** **Кинематика точки** **-Способы задания движения точки** **-Кинематические характеристики точки** **Кинематика твердого тела** **-Поступательное движение твердого тела** **-Вращательное движение твердого**	3	4	0	0	ОПК-9.1	Вид ОС: устный опрос

	тела вокруг неподвижной оси -Плоско - параллельное движение твердого тела Сложное движение точки Результаты освоения: Знает: – фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем; /Лек/						
1.5	**Решение задач Умеет: – использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности; – выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования; – подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. Владеет: – методами исследования и проектирования механических систем; – методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность; – знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования; – навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Пр/**	3	4	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по практической работе
1.6	**Подготовка рефератов Знает: – фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем; – основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел; – основы устройства типовых механизмов и машин; – методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации.**	3	15	0	0	ОПК-9.1,ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: вопросы для самоподготовки, реферат

	Умеет: **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции.** **/Ср/**						
1.7	**Тема 3. Динамика** **Краткое содержание лекций:** **Задачи динамики** **Основные понятия динамики** **Аксиомы динамики** **Дифференциальные уравнения динамики** **Общие теоремы динамики** **Принцип Даламбера** **Принцип возможных перемещений** **Общее уравнение динамики** **Результаты освоения:** **Знает:** **– фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем;** **/Лек/**	3	4	0	0	ОПК-9.1	Вид ОС: устный опрос
1.8	**Решение задач** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы**	3	4	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по практической работе

	производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. Владеет: – методами исследования и проектирования механических систем; – методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность; – знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования; – навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Пр/						
1.9	**Подготовка рефератов. Знает: – фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем; – основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел; – основы устройства типовых механизмов и машин; – методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации. Умеет: – использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности; – выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования; – подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. Владеет: – методами исследования и проектирования механических систем; – методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и**	3	15	0	0	ОПК-9.1,ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: вопросы для самоподготовки, реферат

	производительность; **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции.** **/Ср/**						
1.10	**Тема 4. Основные понятия сопротивления материалов** **Краткое содержание лекций:** **Основные понятия и определения** **Расчетная модель (схема)** **Составные части модели прочностной надежности** **Конструкционные материалы и их модели** **Модели формы** **Модели внешнего нагружения** **Модели разрушения** **Внутренние силовые факторы (ВСФ)** **Метод сечений** **Результаты освоения:** **Знает:** **– основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел;** **/Лек/**	3	4	0	0	ОПК-9.1	Вид ОС: устный опрос
1.11	**Решение задач** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;**	3	4	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по практической работе

	– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Пр/						
1.12	**Лабораторные работы** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Лаб/**	3	16	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по лабораторной работе
1.13	**Подготовка рефератов. Знает:** **– фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем;** **– основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел;** **– основы устройства типовых механизмов и машин;** **– методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации.** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для**	3	15	0	0	ОПК-9.1,ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: вопросы для самоподготовки, реферат

	технологической схемы производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. Владеет: – методами исследования и проектирования механических систем; – методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность; – знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования; – навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Ср/						
1.14	**Тема 5. Растяжение и сжатие, механические свойства материалов Краткое содержание лекций: Напряжение Типы деформаций и напряжений Механические характеристики материалов Диаграмма растяжения пластичного материала Коэффициент Пуассона Методики измерения твердости материалов Результаты освоения: Знает: – основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел; /Лек/**	4	2	0	0	ОПК-9.1	Вид ОС: устный опрос
1.15	**Решение задач Умеет: – использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности; – выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования; – подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. Владеет:**	4	2	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по практической работе

	– методами исследования и проектирования механических систем; – методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность; – знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования; – навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Пр/						
1.16	**Лабораторные работы Умеет: – использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности; – выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования; – подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. Владеет: – методами исследования и проектирования механических систем; – методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность; – знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования; – навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Лаб/**	4	4	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по лабораторной работе
1.17	**Подготовка рефератов. Знает: – фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем; – основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел; – основы устройства типовых механизмов и машин; – методы проектных и**	4	6	0	0	ОПК-9.1,ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: вопросы для самоподготовки, реферат

	проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации. Умеет: – использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности; – выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования; – подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. Владеет: – методами исследования и проектирования механических систем; – методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность; – знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования; – навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Ср/						
1.18	**Тема 6. Сдвиг и кручение, характеристики плоских сечений Краткое содержание лекций: Геометрические характеристики плоских сечений (ГХПС) Принцип расчета на прочность Расчеты на жесткость Построение эпюр внутренних силовых факторов, напряжений и перемещений Правила построения эпюр при кручении вала, нагруженного моментом Результаты освоения: Знает: – основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел; /Лек/**	4	2	0	0	ОПК-9.1	Вид ОС: устный опрос
1.19	**Решение задач Умеет: – использовать знания и понятия механики в профессиональной**	4	3	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по практической работе

	деятельности; – выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования; – подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. Владеет: – методами исследования и проектирования механических систем; – методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность; – знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования; – навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Пр/						
1.20	**Лабораторные работы Умеет: – использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности; – выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования; – подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. Владеет: – методами исследования и проектирования механических систем; – методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность; – знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования; – навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и**	4	4	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по лабораторной работе

	профессиональные компетенции. /Лаб/						
1.21	**Подготовка рефератов . Знает:** **– фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем;** **– основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел;** **– основы устройства типовых механизмов и машин;** **– методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации.** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Ср/**	4	6	0	0	ОПК-9.1,ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: вопросы для самоподготовки, реферат
1.22	**Тема 7. Изгиб, основные теории напряженного и деформированного состояния** **Краткое содержание лекций:** **Изгиб** **Дифференциальные зависимости при изгибе** **Устойчивость сжатых стержней** **Сложное напряженное состояние** **Теории (гипотезы) прочности** **Сложное сопротивление** **Ударные, инерционные нагрузки**	4	3	0	0	ОПК-9.1	Вид ОС: устный опрос

	Результаты освоения: **Знает:** **– основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел;** **/Лек/**						
1.23	**Решение задач** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Пр/**	4	3	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по практической работе
1.24	**Лабораторные работы** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования**	4	2	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по лабораторной работе

	при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность; – знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования; – навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Лаб/						
1.25	**Подготовка рефератов. Знает: – фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем; – основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел; – основы устройства типовых механизмов и машин; – методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации. Умеет: – использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности; – выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования; – подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. Владеет: – методами исследования и проектирования механических систем; – методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность; – знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования; – навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Ср/**	4	6	0	0	ОПК-9.1,ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: вопросы для самоподготовки, реферат

1.26	**Тема 8. Основные требования к машинам. Разборные и неразборные соединения** **Краткое содержание лекций:** **Основные понятия** **Основные критерии работоспособности машин** **Типы расчетных задач. Критерии прочности** **Виды нагрузок** **Методики выбора допускаемых напряжений** **Соединения. Неразъемные соединения** **Сварные соединения** **Заклепочные соединения** **Разъемные соединения** **Соединения типа «Вал-ступица»** **Резьбовые соединения** **Результаты освоения:** **Знает:** **– основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел;** **– основы устройства типовых механизмов и машин;** **– методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации.** **/Лек/**	4	3	0	0	ОПК-9.1	Вид ОС: устный опрос
1.27	**Решение задач** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;**	4	3	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по практической работе

	– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Пр/						
1.28	**Лабораторные работы** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Лаб/**	4	2	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по лабораторной работе
1.29	**Подготовка рефератов. Знает:** **– фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем;** **– основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел;** **– основы устройства типовых механизмов и машин;** **– методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации.** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для**	4	5	0	0	ОПК-9.1,ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: вопросы для самоподготовки, реферат

	технологической схемы производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. Владеет: – методами исследования и проектирования механических систем; – методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность; – знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования; – навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Ср/						
1.30	**Тема 9. Механические передачи Краткое содержание лекций: Кинематические и силовые соотношения в передачах Зубчатые передачи Прямозубые цилиндрические передачи Конические зубчатые передачи Червячные передачи Результаты освоения: Знает: – основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел; – основы устройства типовых механизмов и машин; – методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации. /Лек/**	4	3	0	0	ОПК-9.1	Вид ОС: устный опрос
1.31	**Решение задач Умеет: – использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности; – выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования; – подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении**	4	3	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по практической работе

	теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Пр/**						
1.32	**Лабораторные работы** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Лаб/**	4	2	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по лабораторной работе
1.33	**Подготовка рефератов. Знает:** **– фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем;** **– основные методы исследования**	4	5	0	0	ОПК-9.1,ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: вопросы для самоподготовки, реферат

	напряжённо-деформированного состояния тел; **– основы устройства типовых механизмов и машин;** **– методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации.** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции.** **/Ср/**						
1.34	**Тема 10. Валы и оси, подшипники, муфты** **Краткое содержание лекций:** **Валы и оси** **Типы валов по конструктивному исполнению** **расчеты валов и осей** **этапы расчета и проектирования валов передач** **Подшипники** **области применения подшипников скольжения** **Устройство и типы подшипников качения** **Результаты освоения:** **Знает:** **– основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел;**	4	3	0	0	ОПК-9.1	Вид ОС: устный опрос

	– основы устройства типовых механизмов и машин; – методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации. /Лек/						
1.35	**Решение задач Умеет: – использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности; – выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования; – подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. Владеет: – методами исследования и проектирования механических систем; – методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность; – знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования; – навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Пр/**	4	2	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по практической работе
1.36	**Лабораторные работы Умеет: – использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности; – выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования; – подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств; - участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам. Владеет: – методами исследования и проектирования механических систем;**	4	2	0	0	ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: отчет по лабораторной работе

	– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность; **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции. /Лаб/**						
1.37	**Подготовка рефератов. Знает:** **– фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем;** **– основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел;** **– основы устройства типовых механизмов и машин;** **– методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации.** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции.**	4	5	0	0	ОПК-9.1,ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: вопросы для самоподготовки, реферат

	/Ср/						
	Раздел 2.Контроль						
2.1	**Экзамен** **Знает:** **– фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем;** **– основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел;** **– основы устройства типовых механизмов и машин;** **– методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации.** **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции.** **/Экзамен/**	4	27	0	0	ОПК-9.1,ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: Вопросы к экзамену, итоговое тестирование,
2.2	**Зачет** **Знает:** **– фундаментальные законы механики, методы изучения движения и равновесия материальных тел и механических систем;** **– основные методы исследования напряжённо-деформированного состояния тел;** **– основы устройства типовых механизмов и машин;**	3	0	0	0	ОПК-9.1,ОПК-9.2,ОПК-9.3	Вид ОС: Вопросы е зачету, итоговое тестирование,

	– методы проектных и проверочных расчётов машин и их механизмов, основные стадии выполнения конструкторской разработки и оформления проектной документации. **Умеет:** **– использовать знания и понятия механики в профессиональной деятельности;** **– выполнять сравнительный анализ альтернативных вариантов технологического оборудования;** **– подбирать оборудование для технологической схемы производства продукции промышленных производств;** **- участвовать в проведении теоретических и экспериментальных исследований по стандартным и нестандартным методикам.** **Владеет:** **– методами исследования и проектирования механических систем;** **– методами выбора оборудования при разработке технологических процессов, обеспечивающих высокое качество и производительность;** **– знаниями о механическом взаимодействии тел, необходимыми для организации прогрессивной эксплуатации технологического оборудования;** **– навыками самостоятельно овладевать новыми знаниями и умениями, необходимыми в профессиональной деятельности, и профессиональные компетенции.** **/Зачёт/**						

Перечень применяемых активных и интерактивных образовательных технологий:
Информационные технологии

Личностно ориентированная технология, способ организации самостоятельной деятельности учащихся, направленный на решение задачи учебного проекта

Компьютерная технология обучения

Основана на использовании информационных технологий в учебном процессе. Реализация данной технологии осуществляется посредством компьютера и иных мультимедийных средств. Использование компьютерных технологий делает учебный процесс не только современным и познавательным, но интересным для обучающихся

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная (внеаудиторная) работа обучающегося (далее - СРС) – это планируемая учебная, практическая, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во
внеаудиторное время (свободное от аудиторных учебных занятий) по заданию и при методическом руководстве педагогического работника, отнесенного к профессорско-преподавательскому составу (далее – преподаватель) и (или) лиц, привлекаемых к реализации образовательных программ на иных условиях, но без их непосредственного участия.
СРС по заданию и при методическом руководстве преподавателя и (или) лиц, привлекаемых к реализации образовательных программ на иных условиях, реализуется во время групповых консультаций и (или) индивидуальной работы обучающихся с преподавателями Университета и (или) лиц, привлекаемых к реализации образовательных программ на иных условиях (в том числе индивидуальных консультаций), а также во время текущего контроля выполнения заданий, отнесенных к самостоятельной работе обучающихся.
Целью СРС является овладение формирование компетенций через овладение знаниями, умениями и навыками профессиональной деятельности по направлению подготовки (специальности). Самостоятельная работа является обязательной для каждого обучающегося.
Формы самостоятельной работы обучающихся определяются преподавателями кафедр Университета при разработке рабочих программ дисциплин (модулей), рабочих программ практик, НИР, программ государственной итоговой (итоговой)

аттестации, методических указаний по выполнению практических, лабораторных работ, написанию курсовых работ/проектов и ВКР в соответствии с их содержанием.
В университете оборудованы специальные помещения для самостоятельной работы обучающихся. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к информационно -телекоммуникационной сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

6.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования индикаторов их достижения в процессе освоения ОПОП

ОПК-9:Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование;

Недостаточный уровень:

Не знает передовой опыт в области автоматизации технологических процессов машиностроительной организации

Не умеет решать задачи развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности

Не владеет навыками решения задач развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности

Пороговый уровень:

Слабо знает передовой опыт в области автоматизации технологических процессов машиностроительной организации

Слабо умеет решать задачи развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности

Слабо владеет навыками решения задач развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности

Продвинутый уровень:

Частично знает передовой опыт в области автоматизации технологических процессов машиностроительной организации

Частично умеет решать задачи развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности

Частично владеет навыками решения задач развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности

Высокий уровень:

Знает передовой опыт в области автоматизации технологических процессов машиностроительной организации

Умеет решать задачи развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности

Владеет навыками решения задач развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности

6.2. Шкала оценивания в зависимости от уровня сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций

Характеристики индикаторов достижения компетенций	**1. Недостаточный: компетенции не сформированы.**	**2. Пороговый: компетенции сформированы.**	**3. Продвинутый: компетенции сформированы.**	**4. Высокий: компетенции сформированы.**
Знания:	Знания отсутствуют.	Сформированы базовые структуры знаний.	Знания обширные, системные.	Знания твердые, аргументированные, всесторонние.
Умения:	Умения не сформированы.	Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер.	Умения носят репродуктивный характер применяются к решению типовых заданий.	Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий.
Навыки:	Навыки не сформированы.	Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка.

Описание критериев оценивания

Обучающийся демонстрирует: - существенные пробелы в знаниях учебного материала; - допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы	Обучающийся демонстрирует: - знания теоретического материала; - неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное	Обучающийся демонстрирует: - знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - твердые знания	Обучающийся демонстрирует: - глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; - полное понимание сущности и взаимосвязи

билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; - непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета; - отсутствие умения выполнять практические задания, предусмотренные программой дисциплины; - отсутствие готовности (способности) к дискуссии и низкая степень контактности.	понимание сущности излагаемых вопросов; - неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы; - недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины; - умение без грубых ошибок решать практические задания, которые следует выполнить.	теоретического материала; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; - правильные и конкретные, без грубых ошибок ответы на поставленные вопросы; - умение решать практические задания, которые следует выполнить; - владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины; - наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам. Возможны незначительные оговорки и неточности в раскрытии отдельных положений вопросов билета, присутствует неуверенность в ответах на дополнительные вопросы.	рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий в рамках обсуждаемых заданий; - способность устанавливать и объяснять связь практики и теории; - логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора; - умение решать практические задания; - свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы.
Оценка «незачет», «неудовлетворительно»	**Оценка «зачтено/удовлетворительно», «удовлетворительно»**	**Оценка «зачтено/хорошо», «хорошо»**	**Оценка «зачтено/отлично», «отлично»**

Оценочные средства, обеспечивающие диагностику сформированности компетенций, заявленных в рабочей программе по дисциплине (молулю) для проведения промежуточной аттестации

ОЦЕНИВАНИЕ УРОВНЯ ЗНАНИЙ: Теоретический блок вопросов. Уровень освоения программного материала, логика и грамотность изложения, умение самостоятельно обобщать и излагать материал.
1. Недостаточный уровень
Не знает передовой опыт в области автоматизации технологических процессов машиностроительной организации
Не умеет решать задачи развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности
Не владеет навыками решения задач развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности
2. Пороговый уровень
Слабо знает передовой опыт в области автоматизации технологических процессов машиностроительной организации
Слабо умеет решать задачи развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности
Слабо владеет навыками решения задач развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности
3. Продвинутый уровень
Частично знает передовой опыт в области автоматизации технологических процессов машиностроительной организации
Частично умеет решать задачи развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности
Частично владеет навыками решения задач развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности
4. Высокий уровень
Знает передовой опыт в области автоматизации технологических процессов машиностроительной организации
Умеет решать задачи развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности
Владеет навыками решения задач развития науки, техники и технологии в области автоматизации технологических процессов с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности

6.3. Оценочные средства текущего контроля (примерные темы докладов, рефератов, эссе)
Вопросы для самоподготовки

Тема 1. Статика
1 Перечислите основные задачи статики
2 Перечислите основные понятия статики

3 Перечислите аксиомы статики
4 Что такое связи и их реакции
5 Чему равен момент силы относительно точки
6 Чему равен момент силы относительно оси
7 Чему равен момент пары сил
8 Что такое тождественное преобразование систем сил
9 Какие существуют графические способы сложения сходящихся сил
10 Каким образом осуществляется аналитический способ сложения сходящихся сил
11 Как преобразуются произвольные системы сил
12 Что такое равновесие системы сходящихся сил
13 Что такое равновесие произвольной системы сил

Тема 2. Кинематика
1 Перечислите основные понятия кинематики
2 Перечислите способы задания движения точки
3 Перечислите кинематические характеристики точки
4 Опишите поступательное движение твердого тела
5 Опишите вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси
6 Опишите плоско - параллельное движение твердого тела
7 Опишите сложное движение точки

Тема 3. Динамика
1 Назовите задачи динамики
2 Назовите основные понятия динамики
3 Назовите аксиомы динамики
4 Напишите дифференциальные уравнения динамики
5 Назовите общие теоремы динамики
6 Опишите принцип Даламбера
7 Опишите принцип возможных перемещений
8 Напишите общее уравнение динамики

Тема 4. Основные понятия сопротивления материалов
1 Назовите основные понятия и определения
2 Что такое расчетная модель (схема)
3 Что такое составные части модели прочностной надежности
4 Назовите конструкционные материалы и их модели
5 Назовите модели формы
6 Назовите модели внешнего нагружения
7 Назовите модели разрушения
8 Назовите внутренние силовые факторы (ВСФ)
9 Опишите метод сечений

Тема 5. Растяжение и сжатие, механические свойства материалов
1 Что такое механическое напряжение
2 Перечислите типы деформаций и напряжений
3 Перечислите механические характеристики материалов
4 Что такое диаграмма растяжения пластичного материала
5 Что такое коэффициент Пуассона
6 Опишите методики измерения твердости материалов

Тема 6. Сдвиг и кручение, характеристики плоских сечений
1 Какие используются геометрические характеристики плоских сечений (ГХПС)
2 Каков принцип расчета на прочность
3 Каковы расчеты на жесткость
4 Перечислите правила построение эпюр внутренних силовых факторов, напряжений и перемещений
5 Перечислите правила построения эпюр при кручении вала, нагруженного моментом

Тема 7. Изгиб, основные теории напряженного и деформированного состояния
1 Что такое деформация изгиба
2 Что такое дифференциальные зависимости при изгибе
3 Что такое устойчивость сжатых стержней
4 Что такое сложное напряженное состояние
5 Перечислите теории (гипотезы) прочности
6 Что такое сложное сопротивление
7 Что такое ударные, инерционные нагрузки

Тема 8. Основные требования к машинам. Разборные и неразборные соединения

1 Что такое основные критерии работоспособности машин

2 Что такое критерии прочности
3 Перечислите виды нагрузок
4 Назовите методики выбора допускаемых напряжений
5 Какие существуют виды соединения деталей
6 Чем характеризуются сварные соединения
7 Чем характеризуются заклепочные соединения
8 Чем характеризуются разъемные соединения
9 Чем характеризуются соединения типа «Вал-ступица»
10 Чем характеризуются резьбовые соединения

Тема 9. Механические передачи
1 Назовите кинематические и силовые соотношения в передачах
2 Характеристики зубчатых передач
3 Характеристики прямозубых цилиндрических передач
4 Характеристики конических зубчатые передачи
5 Характеристики червячных передач

Тема 10. Валы и оси, подшипники, муфты
1 Чем валы отличаются от осей
2 Назовите типы валов по конструктивному исполнению
3 Какие существуют методы расчетов валов и осей
4 Перечислите этапы расчета и проектирования валов
5 Назовите виды подшипников
6 Перечислите области применения подшипников скольжения
7 Назовите устройство и типы подшипников качения

Примерные темы рефератов:
Тема 1. Статика
Статика твердого тела
1 Основные задачи статики
2 Основные понятия статики
3 Аксиомы статики
4 Связи и их реакции
5 Момент силы относительно точки
6 Момент силы относительно оси
7 Момент пары сил
8 Тождественное преобразование систем сил
9 Графический способ сложения сходящихся сил
10 Аналитический способ сложения сходящихся сил
11 Преобразование произвольной системы сил
Условия равновесия систем сил
12 Равновесие системы сходящихся сил
13 Равновесие произвольной системы сил
14 Порядок решения задач статики

Тема 2. Кинематика
1 Основные понятия кинематики
Кинематика точки
2 Способы задания движения точки
3 Кинематические характеристики точки
Кинематика твердого тела
4 Поступательное движение твердого тела
5 Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси
6 Плоско - параллельное движение твердого тела
7 Сложное движение точки

Тема 3. Динамика
1 Задачи динамики
2 Основные понятия динамики
3 Аксиомы динамики
4 Дифференциальные уравнения динамики
5 Общие теоремы динамики
6 Принцип Даламбера
7 Принцип возможных перемещений
8 Общее уравнение динамики

Тема 4. Основные понятия сопротивления материалов
1 Основные понятия и определения
2 Расчетная модель (схема)

3 Составные части модели прочностной надежности
4 Конструкционные материалы и их модели
5 Модели формы
6 Модели внешнего нагружения
7 Модели разрушения
8 Внутренние силовые факторы (ВСФ)
9 Метод сечений

Тема 5. Растяжение и сжатие, механические свойства материалов
1 Напряжение
2 Типы деформаций и напряжений
3 Механические характеристики материалов
4 Диаграмма растяжения пластичного материала
5 Коэффициент Пуассона
6 Методики измерения твердости материалов

Тема 6. Сдвиг и кручение, характеристики плоских сечений
1 Геометрические характеристики плоских сечений (ГХПС)
2 Принцип расчета на прочность
3 Расчеты на жесткость
4 Построение эпюр внутренних силовых факторов, напряжений и перемещений
5 Правила построения эпюр при кручении вала, нагруженного моментом

Тема 7. Изгиб, основные теории напряженного и деформированного состояния
1 Изгиб
2 Дифференциальные зависимости при изгибе
3 Устойчивость сжатых стержней
4 Сложное напряженное состояние
5 Теории (гипотезы) прочности
6 Сложное сопротивление
7 Ударные, инерционные нагрузки

Тема 8. Основные требования к машинам. Разборные и неразборные соединения
1 Основные понятия
2 Основные критерии работоспособности машин
3 Типы расчетных задач. Критерии прочности
4 Виды нагрузок
5 Методики выбора допускаемых напряжений
6 Соединения. Неразъемные соединения
7 Сварные соединения
8 Заклепочные соединения
9 Разъемные соединения
10 Соединения типа «Вал-ступица»
11 Резьбовые соединения

Тема 9. Механические передачи
1 Кинематические и силовые соотношения в передачах
2 Зубчатые передачи
3 Прямозубые цилиндрические передачи
4 Конические зубчатые передачи
5 Червячные передачи

Тема 10. Валы и оси, подшипники, муфты
1 Валы и оси
2 Типы валов по конструктивному исполнению
3 Расчеты валов и осей
4 Этапы расчета и проектирования валов передач
5 Подшипники
6 Области применения подшипников скольжения
7 Устройство и типы подшипников качения

Методические указания по практическим и лабораторным занятиям приведены в приложениях

6.4. Оценочные средства промежуточной аттестации.
ОПК 9
Вопросы к зачету
Вопросы для проверки уровня обученности "Знать"

1. Дайте определение абсолютно твердого тела.
2. Дайте определение материальной точки.
3. Дайте определение силы
4. Что называется моментом силы.
5. Дайте определение системы пары сил.
6. Перечислите основные типы связей.
7. Назовите условия равновесия плоской системы сходящихся сил.
8. Назовите условия равновесия плоской системы произвольно расположенных сил.
9. Назовите условия равновесия пространственной системы произвольно расположенных сил.
10. Дайте определение поступательного движения тела.
11. Дайте определение вращательного движения тела вокруг неподвижной оси,
12. Дайте понятие силы инерции
13. Дайте понятие работы силы.
14. Дайте понятие кинетической энергии
15. Дайте понятие количества движения

Вопросы для проверки уровня обученности "Уметь"
1. Сформулируйте аксиомы статики.
2. Проанализируйте в каком случае момент силы относительно данной точки равен нулю?
3. Сформулируйте принцип освобождаемости от связей?
4. Проанализируйте реакции основных типов связей.
5. Проанализируйте уравнения условия равновесия плоской системы сходящихся сил.
6. Проанализируйте уравнения условия равновесия плоской системы произвольно расположенных сил.
7. Проанализируйте в каком случае момент силы относительно оси равен нулю?
8. Проанализируйте уравнения условия равновесия пространственной системы произвольно расположенных сил.
9. Сформулируйте основные задачи динамики.
10. Сформулируйте общие теоремы динамики.
11. Сформулируйте принцип Даламбера.
12. Проанализируйте основное уравнение динамики для поступательного движения
13. Проанализируйте основное уравнение динамики для вращательного движения движения
14. Сформулируйте понятие момента инерции
15. Проанализируйте и сравните расчет моментов инерции сплошного и полого цилиндров.

Вопросы для проверки уровня обученности "Владеть"
1. Определите проекцию силы 10кН на ось OX, расположенную под углом 30 градусов совпадающую с направлением оси
2. Определите проекцию силы 10кН на ось OY, расположенную под углом 30 градусов совпадающую с направлением оси
3. Определите проекцию силы 20кН на ось OX, расположенную под углом 60 градусов направленную противоположно оси
4.Определите проекцию силы 20кН на ось OY, расположенную под углом 60 градусов направленную противоположно оси
5. Определите момент силы 15 кН относительно точки О, находящейся на расстоянии 0,5 м перпендикулярно оси балки направленной вниз справа от от точки крепления
6. Определите момент силы 15 кН относительно точки О, находящейся на расстоянии 0,5 м параллельно оси балки
7. Определите момент силы 15 кН относительно точки О, находящейся на расстоянии 0,5 м под углом 45 градусов к оси балки направленной вниз слева от от точки крепления
8. По уравнению поступательного движения S=4+3t-2tt. определить начальный путь и начальную скорость тела
9. По уравнению поступательного движения S=2t-4tt. определить конечную скорость и ускорения тела
10. Определить угловую скорость тела вращающегося с частотой 1000 об/мин.
11. Определить угловую и линейную скорость колеса диаметром 60 см, вращающегося с частотой 300 об/мин
12.Тело вращалось равноускоренно из состояния покоя сделало 360 об/мин за 2 мин. Определить угловое ускорение.
13. Под действием постоянной силы материальная точка массой 5 кг приобрела скорость 12 м/с за 6 с. Определить силу, действующую на точку.
14. Определить момент инерции сплошного цилиндра массой 700 кг и радиусом 0,5 м.
15. Определить момент инерции тонкостенного цилиндра массой 80 кг и радиусом 0,6 м.

Вопросы к экзамену
Вопросы для проверки уровня обученности "Знать"
1. Дайте определение понятия прочности.
2. Дайте определение понятия жесткости.
3. Дайте определение понятия устойчивости.
4. Перечислите внутренние силовые факторы при растяжении и сжатии.
5. Дайте определение допустимых напряжений при растяжении и сжатии.
6. Назовите формулу закона Гука.
7. Перечисли виды геометрических характеристик плоских сечений.
8. Назовите внутренние силовые факторы при кручении.
9. Назовите принцип рационального расположения колес при кручении.
10. Перечисли виды изгиба.
11. Назовите внутренние силовые факторы при изгибе.
12. Дайте определение механической передачи.
13. Перечислите виды механических передач.
14. Назовите кинематические характеристики механических передач.
15. Перечислите силовые характеристики механических передачпередач

1. Сформулируйте основные задачи сопротивления материалов.
2. Проанализируйте метод сечений для определения внутренних силовых факторов.
3. Сформулируйте принципы построения эпюр продольных сил при растяжении и сжатии.
4. Сформулируйте принципы построения эпюр нормальных напряжений при растяжении и сжатии.
5. Сформулируйте условие прочности при растяжении и сжатии.
6. Проанализируйте диаграммы растяжения пластичных и хрупких материалов.
7. Сформулируйте принципы построения эпюр крутящих моментов.
8. Сформулируйте условие прочности при кручении.
9. Сформулируйте условие жесткости при кручении.
10. Сформулируйте принципы построения эпюр поперечных сил при изгибе.
11. Сформулируйте принципы построения эпюр изгибающих моментов.
12. Проанализируйте достоинства фрикционных передач.
13. Проанализируйте достоинства зубчатых передач.
14. Проанализируйте достоинства ременных передач.
15. Проанализируйте достоинства цепных передач.

Вопросы для проверки уровня обученности "Владеть"
1. Определите по какой характеристике рассчитывается допускаемое напряжение для пластичных материалов σт, σпц, σу, σв.
2. Проверьте прочность материала, если расчетное напряжение 320Мпа, σпц= 720Мпа, σт, = 800Мпа, σв.= 1000Мпа.
3. Определить предел текучести конструкционного материала, если известно что Fпц=12 кН, Fт=14 кН, Fmax=20 кН. А=50 мм2.
4. Определите во сколько раз, увеличатся осевые моменты инерции сплошного вала, если его диаметр увеличить в 2 раза.
5. Рассчитайте полярный момент инерции сечения, если осевые моменты равны 2,5 мм2 и 6,5 мм2.
6. Определите, как изменится максимальное напряжение в сечении при кручении, если диаметр бруса уменьшится в 3 раза.
7. Рассчитайте касательное напряжение, при котором образец диаметром 40 мм, разрушился при крутящем моменте 230Нм.
8. Рассчитайте передаточное число механической передачи, если диаметр делительной окружности звездочек 145 мм и 406 мм соответственно, число зубьев звездочки на ведущем валу 23, на ведомом 70.
9. Определить момент на ведущем валу цилиндрической передачи, если мощность на выходе передачи 6,6 кВт, скорость на входе и выходе 60 и 15 рад/с соответственно, КПД передачи 0,96.
10. Рассчитайте момент на ведомом валу цилиндрической зубчатой передачи, если мощность на входе 6 кВт, угловая скорость ведомого вала 20 рад/с, КПД передачи 0,97, передаточное число 2,5.
11. Определите модуль зуба колеса, если окружной шаг 12,56 мм.
12. Рассчитайте нормальную силу в зацеплении зубьев зубчатого колеса, если диаметр делительной окружности 0,06 м, мощность на валу зубчатой передачи 7кВт при скорости 65 рад/с.
13. Рассчитайте коэффициет скольжения в ременной передаче, если диаметр ведущего шкива 60 мм, диаметр ведомого шкива 150 мм, частота вращения ведущего вала 1000 об\мин, ведомого 390 об/мин.
14. Определите угловую скорость на быстроходном валу, если угловая скорость на тихоходном валу редуктора Ц»Ш-160-10 составляет 12 рад/с.
15. Определите вращающий момент на входе редуктора Ц-160-4, если вращающий момент на тихоходном валу редуктора 560Нм, КПД подшипников каждого вала 0,99, КПД цилиндрического зацепления 0,98.

Итоговое тестирование
ОПК 9
задания для зачета
1. Что называется связью?
~ограничение движения тела
~поступательное движение
~любое движение тела
~взаимодействие тела
~вращение тела

2. Что называется реакцией связи?
~внешняя сила
~момент силы
~сила, с которой связь действует на тело
~пара сил
~уравновешенная сила

3. Система сил, линии действия которых пересекаются в одной точке, называется:
~осевая
~сходящаяся
~произвольная

4. Какую способность силы характеризует момент?
~вращающую способность силы;
~способность силы совершать поступательное движение;
~способность силы быть перемещенной по линии ее действия.

~по касательной

7. Тангенциальное ускорение направлено:
~под острым углом к траектории
~по касательной к траектории
~по радиусу

8. Момент инерции это:
~мера вращающего действия
~мера инерционности вращательного движения
~произведение силы на радиус траектории

9. Угловая скорость точки тела, совершающего вращательное движение определить по формуле:
~v =ω R
~ω = πn/30
~v = v0+at

10. Как определить скорость точки тела, совершающего плоскопараллельное движение?
~Как геометрическую сумму скоростей точки А принятой за полюс вращения и скорости рассматриваемой точки при вращении вокруг точки А;
~Аналогично определению вектора скорости при вращательном движении;
~Как сумма проекций скоростей двух точек, принадлежащих рассматриваемому телу.

11. Что такое переносное движение точки?
~Движение точки совершаемое относительно подвижной системы отсчета;
~Движение совершаемое подвижной системой отсчета (и связанными с ней точками) относительно неподвижной системы отсчета;
~Движение точки совершаемое по отношению к неподвижной системе отсчета;}

12. Второй закон Ньютона:
~F=ma
~P=mv
~F=-F
~M=rF

13. Количество (вектор) движения материальной точки?
~Q= ma
~q=mV
~F=ma
~a=dv /dt

14.Кинетическая энергия материальной точки?
~ T= mV2/4
~T= mV2/2
~ T= mV3/2
~ J= mR2/2
15. Момент инерции сплошного цилиндра относительно оси Z находится по формуле:
~ Jz = mR2
~ Jz = mR2/2
~ Jz = mR

Задания для экзамена
1.Деформирование – изменение формы и размеров элементов конструкции под действием внешних сил:
~нет;
~да;
~способность тела сохранять упругие свойства.

2.Допускаемые напряжения и деформации в конструкции:
~ всегда меньше максимальных напряжений и деформаций в конструкции;
~ равны максимальным напряжениям и деформациям в конструкции;
~ всегда меньше предельных напряжений и деформаций в конструкции.

3.Коэффициент запаса:
~всегда меньше единицы;
~всегда больше единицы;
~зависит от скорости приложения нагрузки.

4.Цель испытания материалов:
~получение характеристик механической прочности и пластичности материалов;
~изучение влияния скорости деформирования

~определение плотности материала

5.Что называется прочностью?
~ это способность детали сопротивляться изменению формы и размеров под действием нагрузок
~ способность детали сопротивляться действующим нагрузкам без разрушения или пластического деформирования
~ способность сохранять форму и размеры поверхности трения в течении срока эксплуатации

6.Что называется жесткостью?
~ это способность детали сопротивляться изменению формы и размеров под действием нагрузок в пределах допуска
~ способность детали сопротивляться действующим нагрузкам без разрушения или пластического деформирования
~ способность сохранять форму и размеры поверхности трения в течении срока эксплуатации.

7.Устойчивость - способность элемента конструкции сопротивляться отклонениям от упругого равновесного состояния при малых возмущающих воздействиях:
~нет;
~да;
~способность конструкции сопротивляться опрокидыванию

8.Как называется расчет, определяющий фактические характеристики главного критерия работоспособности детали?
~ Проектировочный расчет;
~ Проверочный расчет
~ Аналитический расчет

9.Механизм, который преобразует параметры движения двигателя при передаче исполнительным органам машины, называют...
~механической передачей
~электрической передачей
~гидравлической передачей
~пневматической передачей

10.Нагрузки, характеризующиеся очень кратким во времени действием, но способные быть значительными по величине, называются
~статическими
~акустическими
~ударными (динамическими)
~распределенными

11. Деталью машины является …
~ременная передача
~гайка
~угловой сварной шов
~электродвигатель

12.Из перечисленных деталей назовите детали, которые относятся к группе “разъемные детали соединения”:
~ Муфты
~ Подшипники
~ Шпонки
~ Валы
~ Заклепки

13.Изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций называется
~ деталью
~ узлом
~ кинематической парой
~ соединением

14.Деталью называется …
~одно или несколько жестко соединенных твердых тел, входящих в состав механизма
~ тело, расстояние между двумя любыми точками которого всегда остается постоянным
~ изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций
~комплекс совместно работающих тел, объединенных общим назначением и по конструкции представляющих собой обособленную единицу

15.Деталью специального назначения является …
~болт
~вал

6.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)
Учебным планом не предусмотрено

6.6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Методические рекомендации по работе с конспектом лекций

Просмотрите конспект сразу после занятий. Пометьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю. Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.
Работа с рекомендованной литературой:
При работе с основной и дополнительной литературой целесообразно придерживаться такой последовательности. Сначала прочитать весь заданный текст в быстром темпе. Цель такого чтения заключается в том, чтобы создать общее представление об изучаемом материале, понять общий смысл прочитанного. Затем прочитать вторично, более медленно, чтобы в ходе чтения понять и запомнить смысл каждой фразы, каждого положения и вопроса в целом. Чтение приносит пользу и становится продуктивным, когда сопровождается записями. Это может быть составление плана прочитанного текста, тезисы или выписки, конспектирование и др. Выбор вида записи зависит от характера изучаемого материала и целей работы с ним. Если содержание материала несложное, легко усваиваемое, можно ограничиться составлением плана. Если материал содержит новую и трудно усваиваемую информацию, целесообразно его законспектировать. План – это схема прочитанного материала, перечень вопросов, отражающих структуру и последовательность материала. Конспект – это систематизированное, логичное изложение материала источника. Различаются четыре типа конспектов: - план-конспект – это развернутый детализированный план, в котором по наиболее сложным вопросам даются подробные пояснения, - текстуальный конспект – это воспроизведение наиболее важных положений и фактов источника, - свободный конспект – это четко и кратко изложенные основные положения в результате глубокого изучения материала, могут присутствовать выписки, цитаты, тезисы; часть материала может быть представлена планом, - тематический конспект – составляется на основе изучения ряда источников и дает ответ по изучаемому вопросу. В процессе изучения материала источника и составления конспекта нужно обязательно применять различные выделения, подзаголовки, создавая блочную структуру конспекта. Это делает конспект легко воспринимаемым и удобным для работы.

Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Практические занятия представляют особую форму сочетания теории и практики. Их назначение – углубление проработки теоретического материала предмета путем регулярной и планомерной самостоятельной работы студентов на протяжении всего курса. Процесс подготовки к практическим занятиям включает изучение нормативных документов, обязательной и дополнительной литературы по рассматриваемому вопросу. Непосредственное проведение практического занятия предполагает, например: индивидуальные выступления студентов с сообщениями по какому-либо вопросу изучаемой темы; фронтальное обсуждение рассматриваемой проблемы, обобщения и выводы; решение задач и упражнений по образцу; решение вариантных задач и упражнений; решение ситуационных производственных (профессиональных) задач; проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности. выполнение контрольных работ; работу с тестами. При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется: внимательно ознакомиться с тематикой практического занятия; прочесть конспект лекции по теме, изучить рекомендованную литературу; составить краткий план ответа на каждый вопрос практического занятия; проверить свои знания, отвечая на вопросы для самопроверки; если встретятся незнакомые термины, обязательно обратиться к словарю и зафиксировать их в тетради. Все письменные задания выполнять в рабочей тетради. Практические занятия развивают у студентов навыки самостоятельной работы по решению конкретных задач.

Методические рекомендации по подготовке к лабораторным работам

Лабораторные работы представляют одну из форм освоения теоретического материала с одновременным формированием практических навыков в изучаемой дисциплине. Их назначение – углубление проработки теоретического материала, формирование практических навыков путем регулярной и планомерной самостоятельной работы студентов на протяжении всего курса. Процесс подготовки к лабораторным работам включает изучение нормативных документов, обязательной и дополнительной литературы по рассматриваемому вопросу. Непосредственное проведение лабораторной работы предполагает: изучение теоретического материала по теме лабораторной работы (по вопросам изучаемой темы); выполнение необходимых расчетов и экспериментов; оформление отчета с заполнением необходимых таблиц, построением графиков, подготовкой выводов по проделанным экспериментам и теоретическим расчетам; по каждой лабораторной работе проводится контроль: проверяется содержание отчета, проверяется усвоение теоретического материала. Контроль усвоения теоретического материала является индивидуальным.

Методические указания по выполнению отчёта к лабораторным работам

Основным требованием по выполнению лабораторных и практических работ является полное исчерпывающее описание всей проделанной работы, позволяющее судить о полученных результатах, степени выполнения и профессиональной подготовки студентов.
Методические указания обеспечивают комплексный подход в учебной работе студентов, единство и преемственность требований к оформлению результатов работы на разных этапах обучения. С единых позиций приведены основные требования по структуре, оформлению и содержанию отчета по лабораторным и практическим работам.
Структура отчёта:
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;

- ход выполнения работы;
- выводы.
Дополнительными элементы:
- приложения;
- библиографический список.
Требования к содержанию отчёта:
1. Титульный лист
В верхнем поле листа указывают полное наименование учебного заведения.
В среднем поле указывается вид работы, в данном случае лабораторная или практическая работа с указанием курса, по которому она выполнена, и ниже ее название. Название работы приводится без слова тема и в кавычки не заключается.
Далее ближе к правому краю титульного листа указывают фамилию, инициалы и группу учащегося, выполнившего работу, а также фамилию, инициалы преподавателя, принявшего работу.
В нижнем поле листа указывается место выполнения работы и год ее написания (без слова год).
2. Цель работы должна отражать тему работы, а также конкретные задачи, поставленные студенту на период выполнения работы. По объему цель работы в зависимости от сложности и многозадачности работы составляет от нескольких строк до 0,5 страницы.
3. Краткие теоретические сведения. В этом разделе излагается краткое теоретическое описание изучаемой в работе темы. Материал раздела не должен копировать содержание методического пособия или учебника по данной теме, а ограничивается изложением основных понятий, требующихся для дальнейшей обработки полученных результатов. Объем литературного обзора не должен превышать 1/3 части всего отчета.
4. Ход выполнения работы. В данном разделе подробно излагается методика выполнения работы, процесс получения данных и способ их обработки. Если используются стандартные пакеты компьютерных программ для обработки экспериментальных результатов, то необходимо обосновать возможность и целесообразность их применения, а также подробности обработки данных с их помощью.
5. Выводы по работе - кратко излагаются результаты работы, полученные в результате выполнения работы, а также краткий анализ полученных результатов.
Отчет по лабораторной работе оформляется на листе формата А4. Допускается оформление отчета по лабораторной работе в электронном виде средствами Microsoft Office. Текст работы должен быть напечатан через полтора интервала шрифтом Times New Roman, кегль – 12. Поля должны оставаться по всем четырем сторонам печатного листа: левое – не менее 30 мм, правое – не менее 10, нижнее – не менее 20 и верхнее – не 15 мм.
Для защиты лабораторной работы студент должен подготовить отчет, провести самостоятельную работу, иметь отметку о проверенном отчете.
Результаты определяются по пятибалльной системе оценок.

Методические рекомендации по выполнению реферата

Реферат – письменная работа объемом 8–10 страниц. Это краткое и точное изложение сущности какого-либо вопроса, темы. Тему реферата студент выбирает из предложенных преподавателем или может предложить свой вариант. В реферате нужны развернутые аргументы, рассуждения, сравнения. Содержание темы излагается объективно от имени автора. Функции реферата. Информативная, поисковая, справочная, сигнальная, коммуникативная. Степень выполнения этих функций зависит от содержательных и формальных качеств реферата и для каких целей их использует. Требования к языку реферата. Должен отличаться точностью, краткостью, ясностью и простотой.
Структура реферата:
1. Титульный лист
2. Оглавление (на отдельной странице). Указываются названия всех разделов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие начало этих разделов в тексте реферата.
3. Введение. Аргументируется актуальность исследования, т.е. выявляется практическое и теоретическое значение данного исследования. Далее констатируется, что сделано в данной области предшественниками, перечисляются положения, которые должны быть обоснованы. Обязательно формулируются цель и задачи реферата.
4. Основная часть. Подчиняется собственному плану, что отражается в разделении текста на главы, параграфы, пункты. План основной части может быть составлен с использованием различных методов группировки материала. В случае если используется чья-либо неординарная мысль, идея, то обязательно нужно сделать ссылку на того автора, у кого взят данный материал.
5. Заключение. Последняя часть научного текста. В краткой и сжатой форме излагаются полученные результаты, представляющие собой ответ на главный вопрос исследования.
6. Приложение. Может включать графики, таблицы, расчеты.
7. Библиография (список литературы). Указывается реально использованная для написания реферата литература. Названия книг располагаются по алфавиту с указанием их выходных данных. Общие требования к построению, содержанию и оформлению».
При проверке реферата оцениваются:
- знание фактического материала, усвоение общих представлений, понятий, идей;
- характеристика реализации цели и задач исследования;
- степень обоснованности аргументов и обобщений;
- качество и ценность полученных результатов;
- использование литературных источников;
- культура письменного изложения материала;
- культура оформления материалов работы.
Правила написания научных текстов (реферат, дипломная работа):
Здесь приводятся рекомендации по консультированию студентов относительно

данного вида самостоятельной работы. Во время консультаций руководителю следует предложить к обсуждению следующие вопросы.
• Какова истинная цель Вашего научного текста – это поможет Вам разумно распределить свои силы и время.
• Важно разобраться, кто будет «читателем» Вашей работы.
• Начинать писать серьезную работу следует не раньше, чем возникнет ощущение, что по работе с источниками появились идеи, которыми можно поделиться.
• Должна быть идея, а для этого нужно научиться либо относиться к разным явлениям и фактам несколько критически (своя идея – как иная точка зрения), либо научиться увлекаться какими-то известными идеями, которые нуждаются в доработке (идея – как оптимистическая позиция и направленность на дальнейшее совершенствование уже известного).
• Писать следует ясно и понятно, стараясь основные положения формулировать четко и недвусмысленно, а также стремясь структурировать свой текст.
• Объем текста и различные оформительские требования во многом зависят от принятых в конкретном учебном заведении порядков.

Методические рекомендации по выполнению контрольных работ

Контрольная работа выполняется по вариантам. На бланке указывается факультет, курс, группа, ФИО студента. Вопросы строятся на основе тестовых и ситуативных заданий. В тестовых заданиях, выбирается правильный(ые) ответ(ы). При решении ситуативных заданий выбирается правильная последовательность действий в рассматриваемой ситуации. Проверка контрольной работы позволяет выявить и исправить допущенные студентами ошибки, указать, какие вопросы дисциплины ими недостаточно усвоены и требуют доработки. Студент должен внимательно ознакомиться с письменными замечаниями преподавателя и приступить к их исправлению, для чего еще раз повторить соответствующий материал.

Методические рекомендации по подготовке к коллоквиуму

Коллоквиумом называется собеседование преподавателя и студента по заранее определенным контрольным вопросам. Целью коллоквиума является формирование у студента навыков анализа теоретических проблем на основе самостоятельного изучения учебной и научной литературы. На коллоквиум выносятся крупные, проблемные, нередко спорные теоретические вопросы. Упор делается на монографические работы профессора-автора данного спецкурса. От студента требуется:
- владение изученным в ходе учебного процесса материалом, относящимся к рассматриваемой проблеме;
- знание разных точек зрения, высказанных в научной литературе по соответствующей проблеме, умение сопоставлять их между собой;
- наличие собственного мнения по обсуждаемым вопросам и умение его аргументировать.
Коллоквиум - это не только форма контроля, но и метод углубления, закрепления знаний студентов, так как в ходе собеседования преподаватель разъясняет сложные вопросы, возникающие у студента в процессе изучения данного источника. Однако коллоквиум не консультация и не экзамен. Его задача добиться глубокого изучения отобранного материала, пробудить у студента стремление к чтению дополнительной социологической литературы. Подготовка к коллоквиуму начинается с установочной консультации преподавателя, на которой он разъясняет развернутую тематику проблемы, рекомендует литературу для изучения и объясняет процедуру проведения коллоквиума. Как правило, на самостоятельную подготовку к коллоквиуму студенту отводится 3-4 недели. Методические указания состоят из рекомендаций по изучению источников и литературы, вопросов для самопроверки и кратких конспектов ответа с перечислением основных фактов и событий, относящихся к пунктам плана каждой темы. Это должно помочь студентам целенаправленно организовать работу по овладению материалом и его запоминанию. При подготовке к коллоквиуму следует, прежде всего, просмотреть конспекты лекций и практических занятий и отметить в них имеющиеся вопросы коллоквиума. Если какие-то вопросы вынесены преподавателем на самостоятельное изучение, следует обратиться к учебной литературе, рекомендованной преподавателем в качестве источника сведений.
Коллоквиум проводится в форме индивидуальной беседы преподавателя с каждым студентом или беседы в небольших группах (2-3 человека). Обычно преподаватель задает несколько кратких конкретных вопросов, позволяющих выяснить степень добросовестности работы с литературой, проверяет конспект. Далее более подробно обсуждается какая-либо сторона проблемы, что позволяет оценить уровень понимания. По итогам коллоквиума выставляется дифференцированная оценка по пятибалльной системе.

Методические рекомендации по устному опросу/самоподготовке

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных сигналов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств. В случае необходимости следует рекомендовать еще раз внимательно разобраться в материале. Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала – умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако преподавателю следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям

Одним из видов внеаудиторной самостоятельной работы является подготовка к семинарским занятиям. Семинар – форма учебно-практических занятий, при которой студенты обсуждают сообщения, доклады и рефераты, выполненные ими по результатам учебных или научных исследований под руководством преподавателя. Преподаватель в этом случае является координатором обсуждений темы семинара, подготовка к которому является обязательной. Поэтому тема семинара и основные источники обсуждения предъявляются до обсуждения для детального ознакомления, изучения. Цели обсуждений направлены на формирование навыков профессиональной полемики и закрепление обсуждаемого материала. Семинар – это такая форма организации обучения, при которой на этапе подготовки доминирует самостоятельная работа учащихся с учебной литературой и другими дидактическими средствами над серией вопросов, проблем и задач, а в процессе семинара идут активное обсуждение, дискуссии и выступления учащихся, где они под руководством преподавателя делают обобщающие выводы и заключения. Семинар предназначен для углубленного изучения дисциплины, овладения методологией научного познания, то главная цель семинарских занятий – обеспечить студентам возможность овладеть навыками и умениями использования теоретического знания применительно к особенностям изучаемой отрасли.

Методические рекомендации по подготовке к эссе

Одним из видов самостоятельной работы студентов является написание творческой работы по заданной либо согласованной с преподавателем теме. Творческая работа (эссе) представляет собой оригинальное произведение объемом 500-700 слов, посвященное какой-либо значимой классической либо современной проблеме в определенной теоретической и практической области. Творческая работа не является рефератом и не должна носить описательный характер, большое место в ней должно быть уделено аргументированному представлению своей точки зрения студентами, критической оценке рассматриваемого материала и проблематики, что должно способствовать раскрытию творческих и аналитических способностей. Цели написания эссе – научиться логически верно и аргументировано строить устную и письменную речь; работать над углублением и систематизацией своих философских знаний; овладеть способностью использовать основы знаний для формирования мировоззренческой позиции. Приступая к написанию эссе, изложите в одном предложении, что именно вы будете утверждать и доказывать (свой тезис).

Методические рекомендации по подготовке к докладу

Для подготовки доклада необходимо выбрать актуальную тему. Желательно, чтобы тема была интересна докладчику и вызывала желание качественно подготовить материалы. Подготовка доклада предполагает: определение цели доклада; подбор необходимого материала, определяющего содержание доклада; составление плана доклада, распределение собранного материала в необходимой логической последовательности.
Композиция доклада имеет вступление, основную часть и заключение.
Вступление должно содержать: название доклада; сообщение основной идеи; современную оценку предмета изложения; краткое перечисление рассматриваемых вопросов; интересную для слушателей форму изложения. Основная часть, в которой необходимо раскрыть суть темы, обычно строится по принципу отчёта. Задача основной части: представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой.
Заключение – чёткое обобщение и краткие выводы по излагаемой теме.

Методические рекомендации по подготовке к собеседованию

Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.
Цель собеседования: проверка усвоения знаний; умений применять знания; сформированности профессионально значимых личностных качеств.
Подготовка к собеседованию предполагает повторение пройденного материала и приобретение навыка свободного владения терминологией и фактическими данными по определенному разделу дисциплины.

Методические рекомендации по подготовке к тестированию/ итоговому тестированию

Тестирование/итоговое тестирование – это система стандартизированных заданий, определенного содержания и упорядоченных в рамках определенной стратегии предъявления, позволяющая качественно оценить структуру и эффективно измерить уровень знаний, умений и навыков по учебной дисциплине (разделу). Тестирование позволяет оценить у студентов уровень знаний фактического материала, умения логически мыслить, способности к рефлексии и творческому подходу к решению поставленной задачи на каждом этапе их обучения.
При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:
- четко выяснить все условия тестирования заранее (сколько тестов будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов);
- проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;
- проработать информационный материал по разделу дисциплине;
- конспективно выписать из соответствующих разделов учебной дисциплины основные понятия, ключевые идеи, теоретические концепции и подходы;
- повторить теоретический материал лекций, самостоятельно изученной учебной и научной литературы, семинарских занятий.

При выполнении тестовых заданий рекомендуется:
- внимательно полностью прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные из них (их может быть несколько);
- при затруднении при ответе на сложный для студента вопрос целесообразно переходить к другим вопросам теста. По завершению ответов на все последующие вопросы теста необходимо вернуться к трудному вопросу и дать на него продуманный ответ;
- по окончании тестирования следует проверить правильность данных ответов на вопросы теста, чтобы избежать механических ошибок.

Методические рекомендации по подготовке к экзамену

Изучение многих общепрофессиональных и специальных дисциплин завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине. Экзаменационная сессия – это серия экзаменов, установленных учебным планом. Между экзаменами интервал 2-4 дня, в течение студент систематизирует уже имеющиеся знания. На консультации перед экзаменом студенты должны быть ознакомлены с основными требованиями и получить ответы на возникающие в процессе подготовки вопросы. Необходимо ориентировать студентов на систематическую подготовку к занятиям в течение семестра, что позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Методические рекомендации по подготовке к зачету/ зачету с оценкой

В ходе подготовки к зачету/зачету с оценкой студент, в первую очередь, должен систематизировать знания, полученные в ходе изучения дисциплины. К зачету/зачету с оценкой необходимо готовиться целенаправленно, регулярно, систематически и с первых дней обучения по данной дисциплине. В самом начале учебного курса познакомьтесь со следующей учебно-методической документацией:
- программой дисциплины;
- перечнем знаний, умений и навыков, которыми студент должен владеть;
- тематическими планами лекций, семинарских занятий;
- учебниками, учебными пособиями по дисциплине, а также электронными ресурсами;
- перечнем вопросов к зачету/зачету с оценкой.
После этого у обучающихся должно сформироваться четкое представление об объеме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть по дисциплине. Систематическое выполнение учебной работы на лекциях и лабораторных занятиях позволит успешно освоить дисциплину и создать хорошую базу для сдачи зачета/зачета с оценкой.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература	
7.1.1. Основная литература	
Л.1.1	Лободенко Е. И., Кутрунова З. С., Куриленко Е. Ю. Основы статики и сопротивления материалов [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 224 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/139271
Л.1.2	Савельев И. В. Механика [Электронный ресурс]:учебное пособие для вузов. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 340 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/153686
7.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение в том числе отечественного производства	
7.2.1	Microsoft Windows 10
7.2.2	Microsoft Office 2013 Standard
7.3. Перечень профессиональных баз данных, информационных справочных систем и ресурсов сети Интернет	
7.3.1	Электронно-библиотечная система "Лань". Режим доступа: https://e.lanbook.com/
7.3.2	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека онлайн". Режим доступа: https://biblioclub.ru/
7.3.3	Электронно-библиотечная система "BOOK.ru". Режим доступа: https://book.ru/
7.3.4	ПЛАТФОРМА ОНЛАЙН-ОБРАЗОВАНИЯ «РАЗУМ». Режим доступа: https://razoom.mgutm.ru/

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Адрес: 215119, Смоленская область, Вяземский район, город. Вязьма, ул. Ленина, д. 79: аудитория 19-2201 - Лаборатория. Учебная аудитория для занятий лабораторного и практического типа; для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); для проведения групповых и индивидуальных консультаций; для текущего контроля и промежуточной аттестации : Рабочие места обучающихся; Рабочее место преподавателя; Классная доска; Лабораторные установки "Конденсатор переменной емкости"; Телеграфный аппарат; Катушка для демонстрации магнитного поля тока; Радиометр; Спектроскоп двухтрубный; Трубка с двумя электродами; Щит приборный; Макет двигателя внутреннего сгорания; Математический маятник; Амперметр; Вольтметр; Лабораторный макет передачи винтовыми шестернями; Лабораторный макет червячного редуктора; Лабораторный макет конический реверсивной фрикционного механизма; Лабораторный макет механизма ременной передачи; Механизм из 3-х передач: червячной, винтовой, реечной; Модель бесступенчатого привода вариатора; Маятник Обербека; Модель электрического звонка; Насос Комовского; Прибор для измерения термического сопротивления проволоки; Планетарный редуктор; Электрометр; Модель звонка; Магазин сопротивлений; Учебно-наглядные пособия.
8.2	Адрес: 215119, Смоленская область, Вяземский район, город. Вязьма, ул. Ленина, д. 79: аудитория 19-2204 - Лаборатория Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, лабораторных и практических занятий; занятий семинарского типа; для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); для проведения групповых и индивидуальных консультаций; для текущего контроля и промежуточной аттестации : Рабочие места обучающихся; Рабочее место преподавателя; Доска; Учебные наборы электроизмерительных приборов; Милливольтметр-гальванометр; Вискозиметр; Генератор звуковой; Источник питания постоянного тока; Вольтметр; Температурный преобразователь (термопара); Термосопротивление; Измеритель мощности дозы (рентгенметр); Генератор сигналов высокочастотный; Измерительный мост; Измеритель универсальный; Мост переменного тока; Вольтамперметр; Источник питания; Частотомер; Осциллографы; Учебно-наглядные пособия

9. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Организация образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями осуществляется в соответствии с «Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса» Министерства образования и науки РФ от 08.04.2014г. № АК-44/05вн. В образовательном процессе используются социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Студенты с ограниченными возможностями здоровья, в отличие от остальных студентов, имеют свои специфические особенности восприятия, переработки материала. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом индивидуальных особенностей. Предусмотрена возможность обучения по индивидуальному графику, при составлении которого возможны различные варианты проведения занятий: в академической группе и индивидуально, на дому с использованием дистанционных образовательных технологий.

Актуализация с учетом развития науки, техники, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы
Руководитель ОПОП
канд. пед. наук, доц. Кузьмин К.А._____

Рабочая программа актуализирована, обсуждена и одобрена на заседании обеспечивающей кафедры
Системной автоматизации и информационных технологий
Протокол от __ _____ 2024 г. № __
Зав. кафедрой Морозов Сергей Михайлович_____

Рабочая программа согласована на заседании выпускающей кафедры
Системной автоматизации и информационных технологий
Протокол от __ _____ 2024 г. № __
Зав. кафедрой Морозов Сергей Михайлович _____

==========

Актуализация с учетом развития науки, техники, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы
Руководитель ОПОП
канд. пед. наук, доц. Кузьмин К.А.____ _____

Рабочая программа актуализирована, обсуждена и одобрена на заседании обеспечивающей кафедры
Системной автоматизации и информационных технологий
Протокол от __ _____ 2025 г. № __
Зав. кафедрой Морозов Сергей Михайлович_____

Рабочая программа согласована на заседании выпускающей кафедры
Системной автоматизации и информационных технологий
Протокол от __ _____ 2025 г. № __
Зав. кафедрой Морозов Сергей Михайлович _____

==========

Актуализация с учетом развития науки, техники, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы
Руководитель ОПОП
канд. пед. наук, доц. Кузьмин К.А._____

Рабочая программа актуализирована, обсуждена и одобрена на заседании обеспечивающей кафедры
Системной автоматизации и информационных технологий
Протокол от __ _____ 2026 г. № __
Зав. кафедрой Морозов Сергей Михайлович_____

Рабочая программа согласована на заседании выпускающей кафедры
Системной автоматизации и информационных технологий
Протокол от __ _____ 2026 г. № __
Зав. кафедрой Морозов Сергей Михайлович _____

==========

Актуализация с учетом развития науки, техники, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы
Руководитель ОПОП
канд. пед. наук, доц. Кузьмин К.А._____

Рабочая программа актуализирована, обсуждена и одобрена на заседании обеспечивающей кафедры
Системной автоматизации и информационных технологий
Протокол от __ _____ 2027 г. № __
Зав. кафедрой Морозов Сергей Михайлович_____

Рабочая программа согласована на заседании выпускающей кафедры
Системной автоматизации и информационных технологий
Протокол от __ _____ 2027 г. № __
Зав. кафедрой Морозов Сергей Михайлович _____

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ
имени К.Г. Разумовского (ПКУ)

Кафедра Системы автоматизированного управления

Лабораторный практикум
по дисциплине

Механика

Москва – 2020

УДК 621.81

Содержание

Введение……4
Тематический план лабораторных занятий……5
Матрица компетенций……..6
Лабораторная работа №1…… ……7
Лабораторная работа №2. ……..……..14
Лабораторная работа №3……... ……17
Лабораторная работа №4.....24
Литература……...29
Приложения……30

ВВЕДЕНИЕ

При изучении курса «Механика» особую роль играют лабораторные работы.

Целью лабораторных работ является:

1. Овладение методами экспериментальных исследований по изучению механических характеристик материалов, изучение испытательной оснастки, измерительных приборов.
2. Проверка адекватности расчетных моделей по определению напряжений и деформаций, созданных на основе упрощающих допущений и гипотез и фактическими экспериментально измеренными величинами.
3. Овладение методами экспериментального определения напряжений и деформаций для сложных элементов конструкций, когда определение этих величин теоретическим способом затруднено.
4. Овладение методами обработки результатов эксперимента и их обобщение на основе полученных данных.

Успешные результаты лабораторных работ предопределяются умением обоснованно поставить эксперимент, обработать его результаты, сделать выводы.

Перед лабораторными работами студенты должны самостоятельно проработать необходимый теоретический материал и настоящее пособие.

Перед началом лабораторной работы производится проверка знаний студента по контрольным вопросам по теме лабораторной работы (входной тестовый контроль знаний). Все это способствует формированию нижеследующих компетенций, приведенных в матрице компетенций.

В помещении лаборатории производится инструктаж по техники безопасности.

По окончании лабораторной работы оформляется отчет по установленной форме, формулируется вывод на основе полученных результатов, отчет представляется преподавателю. После собеседования и ответа студента на вопросы выходного контроля знаний лабораторная работа считается зачтенной.

Лабораторная работа №1

Испытание образца на растяжение

Цель работы: изучение процесса растяжения образца из малоуглеродистой стали вплоть до его разрушения (разрыва), изучение диаграммы растяжения, определение механических характеристик.

Рекомендуемая литература: [3]. Раздел 2. Глава 2. Растяжение и сжатие, с. 167-170.

Теория работы

Испытание при осевом статическом растяжении образца является наиболее распространенным способом механических испытаний материала, что объясняется следующими преимуществами.

При одноосном растяжении в образце возникает однородное напряженное состояние. Во всех точках поперечного сечения рабочей части образца напряжения одинаковы и независимо от того, деформируется образец упруго или пластически, вычисляются по одной и той же формуле:

$$\sigma = F/A,$$

где F – осевая сила, A – площадь поперечного сечения образца.

Механические характеристики материалов, определяемые при испытании на растяжение, считаются основными.

Испытание на статическое растяжение производится путем плавного непрерывного возрастающего нагружения образца круглого или прямоугольного сечения на испытательной машине. При этом процесс деформирования развивается обычно в такой последовательности: упругая деформация, упруго-пластическая деформация и разрушение.

Упругими деформациями тела называются такие, которые исчезают после снятия нагрузки, **пластическими** или остаточными – деформации, остающиеся после снятия ее.

В зависимости от поведения при статическом растяжении в условиях нормальной температуры материалы делят на пластичные и хрупкие. Пластичные материалы разрушаются лишь после значительной остаточной деформации. Такое деление в известной мере условно, так как, во-первых, не существует резкой границы между пластичными и хрупкими материалами; во-вторых, пластические свойства материала изменяются в зависимости от ряда условий (температура, скорость нагружения, вид напряженного состояния и др.).

При проведении испытания на растяжение записывается диаграмма растяжения образца, график зависимости удлинения образца от нагрузки F.

Различают два типа диаграмм (рис.1.1):

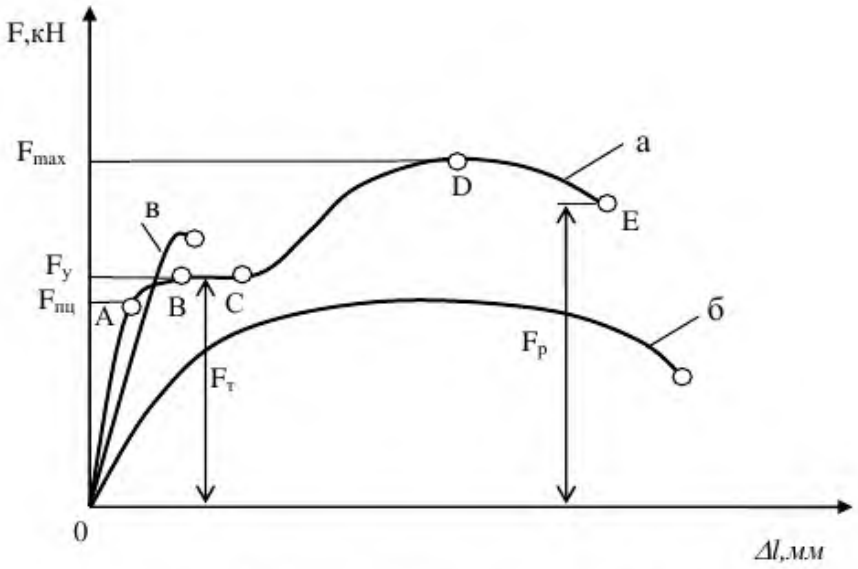


Рис. 1.1. Диаграммы растяжения образцов

а) Диаграмма растяжения пластичных материалов, имеющих резкий переход из упругой области деформирования в пластическую. На диаграмме этот переход отражается появлением «площадки» или «зуба» текучести. Такой тип диаграммы характерен лишь для некоторых металлических сплавов (малоуглеродистые стали, некоторые латуни, отожженные марганцовистые и алюминиевые бронзы). Для этих сплавов существует физический предел текучести.

б) Диаграмма растяжения пластичных материалов, имеющих плавный переход из упругой области деформации в пластическую, свойственна большинству чистых металлов и металлических сплавов. Для них можно определить лишь условный предел текучести по заданному допуску на остаточную деформацию ($\varepsilon_{ост} \approx 0{,}2\%$).

в) Диаграмма растяжения хрупких материалов (серые и белые чугуны, закаленные и не отпущенные стали, литые алюминиевые и цинковые сплавы, а также многие неметаллы: камень, кирпич, бетон, некоторые пластмассы и др.). Диаграмма таких материалов весьма коротка в направлении удлиннений, что иллюстрирует их хрупкость (малую пластичность).

Диаграмма растяжения дает наглядное представление о свойствах образца при растяжении. По диаграмме можно определить следующие механические характеристики материалов:

Характеристики прочности

1. Предел пропорциональности $\sigma_{пц}$ - наибольшее напряжение, до которого деформации пропорциональны нагрузке (выполняется закон Гука)

$$\sigma_{пц} = F_{пц} / A_o ,$$

где $F_{пц}$ - нагрузка, соответствующая пределу пропорциональности;

A_o - начальная площадь поперечного сечения образца, $A_o = \pi d_o^2 / 4$.

Значение $F_{пц}$ определяется по диаграмме как ордината точки A рис.1.1., расположенной в конце прямолинейного участка кривой деформаций. Приближение этой точки на диаграмме находится с помощью линейки, прикладываемой к начальному участку кривой растяжения.

2. Предел упругости σ_y - наибольшее напряжение, до которого материал не получает остаточных деформаций

$$\sigma_y = F_y / A_o .$$

3. Предел текучести σ_T - напряжение, при котором образец деформируется без увеличения нагрузки.

$$\sigma_T = F_T / A_o ,$$

где F_T - нагрузка, соответствующая площадке текучести ВС.

Для металлов, не имеющих площадки текучести, определяют условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ - напряжение, при котором остаточная деформация (относительное удлинение) достигает 0,2%.

$$\sigma_{0,2} = F_{0,2} / A_0 ,$$

где $F_{0,2}$ - нагрузка, при которой остаточная деформация

$$\varepsilon_{0,2} = \Delta l / l_0 * 100\% = 0{,}2\%$$

(соответственно обозначается $\varepsilon_{0,2}$, $\Delta l_{0,2}$).

Здесь l_0 - первоначальная длина расчетной части образца; $\Delta l = l_p - l_o$ – абсолютное удлинение, т.е. разность конечной и начальной длин образца.

4. Временное сопротивление или предел прочности $\sigma_в$ - условное напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке F_{max}, предшествующей разрушению образца.

$$\sigma_в = F_{max} / A_0 ,$$

где F_{max} - максимальная нагрузка, которую выдерживают образец (ордината точки D).

Напряжение $\sigma_в$ считается условным потому, что оно вычисляется по отношению к начальной площади поперечного сечения образца A_0, которая в действительности уменьшается при деформировании. Для $\sigma_{пц}$, σ_y и $\sigma_т$ это уменьшение незначительно, поэтому условность этих характеристик обычно не оговаривается.

5. Истинное сопротивление разрушению или истинный предел прочности $\sigma_{ир}$ - напряжение, определяемое как отношение нагрузки в момент разрыва к площади поперечного сечения образца в месте разрыва (площади шейки).

$$\sigma_{ир} = F_р / A_р ,$$

где $F_р$ - нагрузка при разрыве образца (ордината точки Е рис.1.1);

$A_р$ - площадь поперечного сечения (шейки) разрушенного образца в месте разрыва, $A_р = \pi d_ш^2 / 4$.

У пластичных материалов всегда $\sigma_{ир} > \sigma_в$, а у хрупких $\sigma_{ир} \approx \sigma_в$.

Характеристики пластичности

1.Относительное остаточное удлинение

$$\delta = (l_р - l_0) / l_0 * 100\% ,$$

где $l_р$ - конечная длина расчетной части разрушенного образца.

2. Относительное сужение

$$\psi = (A_0 - A_р) / A_0 * 100\% .$$

Величины δ и ψ характеризуют пластичность материала при растяжении, т.е. его способность получать остаточные деформации до разрушения. При больших значениях δ и ψ материал считается пластичным, при малых (обычно $\delta < 1\%$) – хрупким.

Величина δ вычисляется путем непосредственных замеров на образце, так как диаграммным аппаратом испытательной машины или ЭВМ по оси абсцисс диаграммы фиксируется удлинение всего образца, а не только его расчетной части.

По полученной диаграмме растяжения легко строят диаграмму условных напряжений в координатах: $\sigma = \sigma(\varepsilon)$,

где $\sigma = F/A_0$ - напряжение; ε - деформация (относительное удлинение), $\varepsilon = \Delta l/l_0$ (рис.1.2).

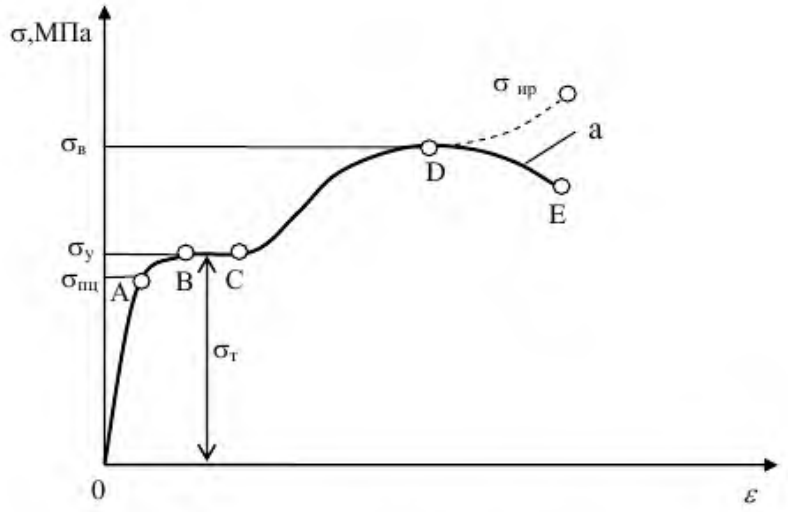


Рис. 1.2. Диаграмма напряжений материала образца

Диаграмма условных напряжений полностью подобна диаграмме растяжения, но характеризует процесс деформирования не образца данных размеров, а материала. На ней имеются те же характерные точки. A, B, C, D и E, что и на диаграмме растяжения.

В практических инженерных расчетах используются обычно условные характеристики $\sigma_{пц} \approx \sigma_y$, σ_T, $\sigma_в$.

В целях сравнимости результатов испытаний техника и условия испытаний на растяжение, а также форма и размеры образцов стандартизированы (ГОСТ 1497-73). Образцы могут быть круглого или (для листового материала) прямоугольного поперечного сечения:

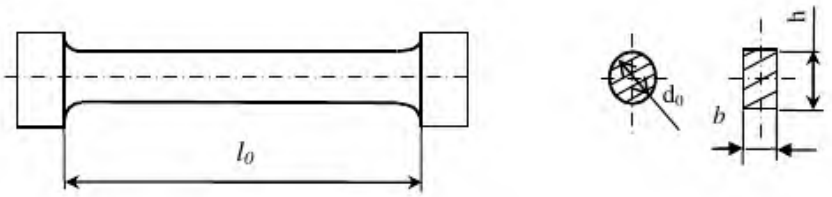


Рис. 1.3. Образцы для испытаний круглого и прямоугольного поперечных сечений

Площади поперечных сечений образцов вычисляют по известным формулам: $A_0 = \pi d_0^2 / 4$; $A_0 = bh$.

ГОСТом установлены следующие соотношения для образцов:

1. $l_0 = 10d$ - для десятикратных образцов (для плоских образцов $l_0 = 11{,}3\sqrt{A_0}$);

2. $l_0 = 5d$ - для пятикратных образцов (для плоских образцов $l_0 = 5{,}65\sqrt{A_0}$).

Диаметр круглых образцов d назначается обычно в пределах 5 и более миллиметров; толщина плоских образцов – в пределах от 0,5 и более миллиметров.

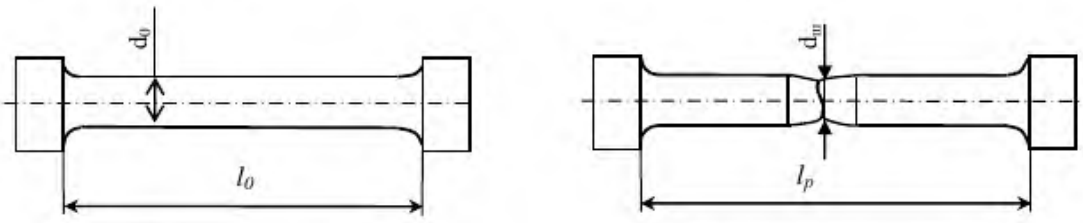
Выбор формы и размеров образца обуславливается возможностями изготовления, а также мощностью и конструкцией применяемой испытательной машины.

Вопросы входного контроля

1) Что называется прочностью материала?
2) Дайте определение упругости пластичности.
3) Какие деформации называются упругими?
4) Какие деформации называются пластичными?
5) Что называется напряжением?
6) Каковы единицы измерения напряжений?
7) Как формулируется закон Гука?
8) Что называется образцом материала?

Оборудование, приборы, принадлежности

1. Универсальный учебный комплекс для статических испытаний материалов КСИМ-40.
2. ПЭВМ типа IBM PC.
3. Испытуемый образец.
4. Штангенциркуль.



а) до испытаний б) после испытаний

Рис.1.4. Эскизы образца

Основные задачи исследования

Изучить процесс растяжения образца из малоуглеродистой стали вплоть до его разрушения (разрыва), изучить диаграммы растяжения, определить механические характеристики.

Последовательность выполнения работы

- Замерить диаметр образца d_0 и длину его рабочей части l_0.
- Установить образец и захваты испытательной машины и настроить ПЭВМ для записи диаграммы растяжения образца.
- Произвести нагружение образца вплоть до его разрыва.
- Произвести замеры образца после разрыва: длины l_p и диаметра шейки $d_ш$.
- Обработать диаграмму растяжения и вычислить:
  - предел пропорциональности $\sigma_{пц}$;
  - предел упругости σ_y;
  - предел текучести σ_T;
  - предел прочности (временное сопротивление) $\sigma_в$;
  - определить истинное напряжение разрыва $\sigma_{ир}$.
- Определить остаточное удлинение образца и сужение шейки образца.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Оборудование, приборы, принадлежности.
3. Эскизы образцов до и после испытаний.
5. Диаграммы растяжения и условных напряжений.
6. Характеристики механической прочности и пластичности материала образца.
7. Выводы.

Вопросы зачетного контроля

1. Перечислить характеристики механической прочности материала.
2. Какие показатели характеризуют пластичность материала?
3. Что называется пределом пропорциональности материала? Его связь с законом Гука?

4. Что называется пределом упругости?
5. Что называется пределом текучести?
6. Что называется пределом прочности (временным сопротивлением материала)?
7. По величинам, каких показателей можно судить о пластичности материалов?
8. Какие материалы называются хрупкими?
9. В какой части диаграммы растяжения начинаются остаточные деформации?
10. Что называется условным пределом текучести?
11. Что называется истинным напряжением разрыва?

Лабораторная работа №2

Определение модуля продольной упругости и коэффициента поперечной деформации

Цель работы: определить экспериментально модуль продольной упругости (модуль Юнга) и коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона).

Рекомендуемая литература: [3]. Раздел 2. Глава 2. Растяжение и сжатие, с. 167-170.

Краткие теоретические сведения

Закон Гука устанавливает пропорциональную зависимость между напряжениями и деформациями тела. Для осевого растяжения или сжатия (линейное напряжение состояние) этот записывается в виде

$$\sigma = \mathrm{E}\varepsilon,$$

где σ - нормальное напряжение в поперечном сечении; ε - относительное удлинение или укорочение; E - коэффициент пропорциональности между напряжением и деформацией, называемый модулем упругости 1 рода.

Закон Гука справедлив лишь в области упругих деформаций (см. рис.1.1.). На диаграмме растяжения это иллюстрируется наличием начального, прямолинейного участка ОА. Только некоторые материалы (латунь, медь, камень, бетон и др.) обнаруживают заметные отклонения от закона Гука и их диаграммы растяжения не имеют прямолинейного участка.

Модуль упругости E на диаграмме растяжения представляется тангенсом угла наклона прямой пропорциональности к абсцисс (удлинений) $tg\varphi = \mathrm{E}$. Чем больше угол наклона, тем меньше деформации при одинаковых

напряжениях. Следовательно, модуль упругости характеризует жесткость материала при растяжении.

При одноосном растяжении – сжатии коэффициент поперечной деформации или **коэффициент Пуассона** ν это абсолютная величина отношения относительной поперечной деформации ε' к относительной продольной деформации ε:

$$\nu = \left|\varepsilon'/\varepsilon\right|, \qquad \varepsilon = \Delta l/l_0, \qquad \varepsilon' = \Delta b/b_0,$$

где l и b_0 - соответственно, первоначальные продольный и поперечный размеры образца, на которых измеряются удлинение Δl и сужение Δb.

Модуль продольной упругости E и коэффициент Пуассона ν наряду с модулем упругости при сдвиге G являются характеристиками упругих свойств материала. Для изотропных материалов, обладающих одинаковыми свойствами по всем направлениям, эти характеристики связаны между собой соотношением

$$G = \mathrm{E}/(2(1+\nu));$$

в частности, для стали $G \approx 0{,}4\mathrm{E}$.

Таким образом, из трех упругих характеристик материала E, ν и G независимыми и подлежащими определению из опыта являются только две, а третью можно вычислить аналитически.

У анизотропных материалов число независимых упругих характеристик больше двух.

Упругие характеристики относятся к числу наиболее стабильных, сравнительно слабо зависящих от внешних факторов (температуры, скорости деформации, наклепа и др.), поэтому они условно называются упругими постоянными константами материала.

Значение модуля упругости и коэффициента Пуассона могут быть получены из опыта как при испытании на растяжение, так и при испытании на сжатие.

В данной работе эти характеристики определяются на образце прямоугольного поперечного сечения при сжатии. Такой образец удобен для установки тензодатчиков (тензорезисторов) (рис.2.1).

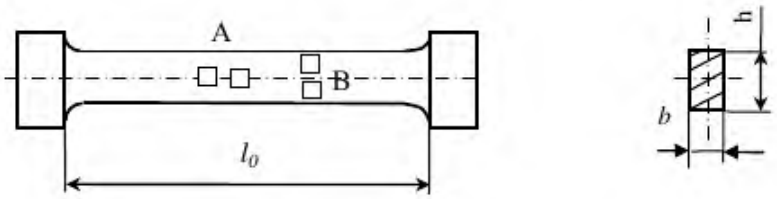


Рис. 2.1. Схема образца с тензорезисторами

Тензорезисторами А измеряют продольную деформацию (удлинение), тензорезисторами В – поперечную (сужение).

Вопросы входного контроля

1. Как формулируется закон Гука при растяжении-сжатии?
2. Как выражается закон Гука через напряжения и деформации?
3. Что называется коэффициентом Пуассона?
4. В каких пределах находится коэффициент Пуассона?
5. Значение коэффициента Пуассона для металлов.
6. Почему берется абсолютная величина коэффициента Пуассона?
7. Теоретическая взаимосвязь между коэффициентом Пуассона и модулями упругости, продольным и сдвиговым?

Оборудование, приборы, принадлежности

1. Универсальный учебный комплекс по сопротивлению материалов СМ1.
2. Плоский образец.
3. Прибор для измерения усилий (БИУ).
4. Прибор для измерения деформаций (ИД) модели ИТЦ-01.
5. Тензорезисторы проволочного типа.
6. Штангенциркуль.

Основные задачи исследования

Определить экспериментально модуль продольной упругости и коэффициент поперечной деформации.

Последовательность выполнения работы

1) Выполнить наладку учебного комплекса СМ1 согласно ее схемы и описания, приведенных в приложении (рис. П1).
2) Установите стержень, зафиксируйте штифтами и произведите предварительное нагружение стержня для устроения зазоров в шарнирах нагруженной 0,5 кН и снимите показания с табло ИД для четырех тензорезисторов.
3) Нагружайте образец последовательно силой 1,5 кН, 2,5 кН, 3,5 кН, 4,5 кН, контролируя значение силы по табло блока измерения усилий. На каждом уровне силы снимайте показания ИД для четырех тензорезисторов.
4) Подсчитайте среднюю разность показаний табло ИД (Δn_x , $\Delta n'_{z)}$ для ступени нагрузки ΔF=1кН.
5) Определите приращение продольной и поперечной деформаций $\Delta\varepsilon_{x.}$

$\Delta\varepsilon_z$, соответствующие приращению силы ΔF=1кН по формуле:

$$\Delta\varepsilon_{x=Kg*}\Delta n_x, \quad \Delta\varepsilon_z = K_g * \Delta n_z,$$

где K_g - цена единицы дискретности ИД.

6) Вычислите модуль нормальной упругости по формуле:

$$E = F/(A \cdot \varepsilon_x),$$

заменив силу и деформацию значениями их приращений.

Здесь F - усилие, растягивающее стержень, Н; A - площадь поперечного сечения стержня, мм^2; ε_x - продольная деформация.

7) Вычислить коэффициент Пуассона по формуле:

$$\nu = \varepsilon_z / \varepsilon_x,$$

где ε_z - поперечная деформация; ε_x - продольная деформация.

8) Сравните результаты с табличными данными.

Вопросы зачетного контроля

1. Как располагаются тензорезисторы при деформировании образца?
2. Опишите схему наладки установки для данной работы.
3. Как графически выражается закон Гука?
4. Что такое жесткость образца и как ее определить по диаграмме?
5. Почему в данной лабораторной работе используется плоский образец прямоугольного сечения?
6. Каков порядок выполнения работы?
7. Как найти величину модуля сдвига?

Лабораторная работа №3

Изучение конструкции и определение основных технических характеристик цилиндрического зубчатого редуктора

Цель работы: получить представление об устройстве, правилах и нормах проектирования и конструирования автономных узлов машин (редукторов); получить навыки в измерении основных параметров зубчатых передач.

Рекомендуемая литература: [1], Раздел второй. Механические передачи, с. 111-113, Глава 8. Зубчатые передачи, с. 113-149.

Краткие теоретические сведения

Редуктором называют механизм, служащий для уменьшения угловой скорости выходного вала по сравнению с входным и соответствующего

увеличения вращающего момента. В корпусе размещены одна или несколько передач зацеплением с постоянным передаточным отношением.

Редукторы широко применяют в различных отраслях машиностроения, поэтому число разновидностей их велико (рис. 3.1.).

Чтобы уменьшить габариты привода и уменьшить его внешний вид, в машиностроении широко применяют мотор редукторы, в которых объединены электродвигатель и редуктор в один моноблок.

Различают редукторы общемашиностроительного и специального применения. *Редуктор общемашиностроительного применения* – редуктор, выполненный в виде самостоятельного агрегата, предназначенный для привода различных машин и механизмов и удовлетворяющий комплексу технических требований, общему для большинства случаев применения без учета каких-либо специфических требований, характерных для отдельных областей применения.

В соответствии с ГОСТ 29067-91 редукторы и мотор – редукторы общемашиностроительного применения классифицируют в зависимости от:



Рис.3.1. Классификация редукторов

• вида выполняемых задач, числа ступеней и взаимного расположения осей входного и выходного валов (параллельное, соосное, пересекающееся, скрещивающееся);

• взаимного расположения геометрических осей входного и выходного валов в пространстве (горизонтальное, вертикальное);

• способа крепления редуктора (на приставных лапах или на плите, фланец со стороны входного выходного вала насадкой);

• расположение оси выходного вала относительно плоскости основания и оси входного вала (боковое, нижнее, верхнее) и числа входных и выходных концов валов.

Условное цифровое обозначение по ГОСТ 20373-94 варианта сборки редуктора и мотор редуктора характеризует взаимное расположение выходных концов валов, их количество и должно входить в условное обозначение изделия.

Общие технические условия регламентированы: для редукторов общемашиностроительного применения – ГОСТ Р 50891-96; для мотор редукторов – ГОСТ Р 50968-96.

Важнейший характеристический размер, в основном определяющий нагрузочную способность, габариты, массу редуктора, называют главным параметром редуктора. Главным параметром цилиндрических, червячных и глобоидных редукторов – *межосевое расстояние* a_w тихоходной ступени, конических – *номинальный внешний делительный диаметр* d_{e2} колеса.

Реальный диапазон передаточных отношений (чисел) редукторов – от 1 до 1000. Значения передаточных отношений должны соответствовать ряду R 20 предпочтительных чисел (ГОСТ 8032-84).

Критерием технического уровня редуктора служит относительная масса. *Относительная масса редуктора* или редукторной части мотор редуктора – есть частное от деления массы m в килограммах на номинальный вращающий момент $T_{вых}$ на выходном валу в Ньютон метрах.

$$\gamma = m / T_{вых}$$

При значении γ = 0,1…0,2 – средний уровень; при γ = 0,06…0,1 – высокий уровень.

Определение массы и значения γ производят по специальным методикам и графикам.

Вопросы входного контроля

1.Как обозначают на кинематических схемах цилиндрические зубчатые передачи (прямозубые, косозубые, шевронные), валы, подшипники качения и скольжения?

2.Что такое модуль зацепления и как его можно определить?

3. Укажите отличие между нормальным и торцевым модулями в косозубом зацеплении (обосновать ответ и привести расчетные формулы)? Который из этих модулей стандартизирован?

4. Что такое передаточное число и как его можно определить всеми известными способами?

5. Как определяют общее передаточное число многоступенчатого редуктора?

6. Дайте определение начального и делительного диаметров зубчатых колес. В каком случае они совпадают?

7. Как определяют главный параметр зубчатой цилиндрической передачи – межосевое расстояние (геометрический расчет)?

8. Дайте определение термину «Редуктор». В какой механизм можно его преобразовать, не меняя конструкции?

9. Какими основными параметрами характеризуют редуктор?

10. Назовите основные разновидности цилиндрических зубчатых редукторов по кинематическим схемам и вариантам сборки.

Оборудование, приборы и принадлежности

Цилиндрический одно- или двухступенчатый (предпочтительно стандартный) редуктор с прямо- косозубыми колесами; набор гаечных ключей, отвертки, масштабную линейку, штангенциркуль, штангензубомер, угломер универсальный, кронциркуль, транспортир школьный, сборочный чертеж редуктора, таблицы основных параметров стандартных редукторов.

Основные задачи исследования

На примере цилиндрического редуктора ознакомиться с назначением деталей, принципом их действия, нормами их конструирования; схемой установки и способом смазывания подшипников; измерить параметры зубчатых колес и составить их сводную таблицу, получить навыки регулировки подшипниковых узлов.

Последовательность выполнения работы

1. Произвести внешний осмотр редуктора, сверить соответствие редуктора и сборочного чертежа.
2. Изучить конструкцию корпуса, наметить план разборки редуктора.
3. Редуктор цилиндрический разбирать в следующем порядке: отвинтив соединительные болты, снять крышку редуктора и крышки подшипниковых узлов.
4. Ознакомиться с внутренним устройством редуктора и назначением деталей (с наименованием деталей ознакомиться по спецификации

чертежа), обратить внимание на способ смазывания зацепления и подшипников.

5. Снять входной и выходной валы редуктора с деталями и подшипниками, установленными на них;
6. Замерить угол наклона зубьев непосредственно по диаметру выступов с помощью универсального угломера или по отпечаткам зубьев на бумаге, предварительно нанеся на них тонкий слой краски посредством школьного транспортира. Разумеется, такое измерение даст ориентировочное значение угла наклона зубьев.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Название и тип исследуемого редуктора.
3. Кинематическая схема редуктора (выполненная в масштабе согласно с требованием ГОСТ 2.402-68).
4. Эскиз одного из элементов зацепления (шестерня или колесо).
5. Характеристика конструкции редуктора (перечень основных деталей; конструкция колес, способ соединения их с валами и способы осевой фиксации их на валах; конструкция подшипниковых узлов, схема их установки и способ смазки, наблюдение за состоянием редуктора и др.) уплотнения на выступающих концах валов редуктора.
6. Таблица основных параметров редуктора (см. табл. 3.1.);
7. Сравнительная характеристика данного редуктора с другими однотипными, стандартными конструкциями.
8. После выполнения всех замеров, необходимых для заполнения таблицы 3.1., эскизов и кинематической схемы редуктора, собрать редуктор до рабочего состояния.

Вопросы зачетного контроля

1. Конструкция и принцип работы универсального угломера. Как измеряют угол наклона линии зуба?
2. Какие предельные значения угла наклона для косозубых и шевронных колес? Какие положительные свойства придает этот угол характеристике зубчатого зацепления?
3. Дайте характеристику одного из узлов (быстроходного, промежуточного или тихоходного валов) редуктора; охарактеризуйте конструкцию тихоходного колеса, способ его соединения с валом и фиксирование вдоль оси вала.
4. Какой способ смазывания предусмотрен для подшипников редуктора?
5. Какая цель применения, и какая конструкция уплотнений на выступающих концах валов?

6. Как определить передаточное число редуктора?
7. Почему диаметр выступающего конца выходного вала больше диаметра конца быстроходного вала?
8. В каких случаях выполняют вал заодно с шестерней?
9. По какой схеме установлены подшипники на валах редуктора?
10. С какой целью применяют отдушину? Где ее устанавливают?
11. Исследуемый редуктор с врезными крышками подшипниковых узлов или привертными? Дайте оценку этим типам крышек.
12. Приведите сравнительную характеристику конструкции исследуемого редуктора с другими однотипными конструкциями.

Таблица 3.1.

Основные геометрические, кинематические и силовые параметры исследуемого редуктора

Наименование параметра и его единица	Обозначение	Способ определения	Результаты измерений и вычислений	
			Быстроходная ступень	Тихоходная ступень
1	2	3	4	5
Число зубьев шестерни	z_1	Сосчитать		
Число зубьев колеса	z_2	>>		
Передаточное число ступени	u_1 u_2	$u_1 = z_2 / z_1$ $u_2 = z_4 / z_3$		
Общее передаточное число редуктора	$u_{общ}$	$u_{общ} = u_1 \bullet u_2$		
Межосевое расстояние	a_ω	Измерить		
Угол наклона зуба по вершинам, град	β_a	Измерить		
Угол наклона по делительному диаметру, град	β	$\beta = arctg \frac{z_1}{z_1 + 2} tg\beta_a$		

Модуль нормальный, мм	m_n	$m_n = \frac{2a_\omega}{z_1 + z_2}\cos\beta$		
Модуль торцевой, мм	m_t	$m_t = m_n / \cos\beta$		
Делительный диаметр, мм	d_1 d_2	$d_1 = m_t z_1$ $d_2 = m_t z_2$		
Диаметры вершин зубьев, мм	d_{a1} d_{a2}	$d_{a1} = d_1 + 2m$ $d_{a2} = d_2 + 2m$		
1	2	3	4	5
Ширина венцов колес, мм	b_1 b_2	Измерить		
КПД	η	$\eta = \eta_n \eta_з$		
Крутящий момент на ведомом валу	T_T	$T_T = P_T / \omega_T$		
Мощность и частота вращения ведущего вала	P_1 ω_1	Задается >>		
Силы в зацеплении				
Окружная	F_t	$F_t = 2T_1 / d_1$		
Радиальная	F_r	$F_r = F_t \bullet tg\alpha$		
Осевая	F_a	$F_a = F_t \bullet tg\beta$		

Примечания: 1. Межосевое расстояние сравнить со стандартным для данного типа редуктора.

2. Модуль зацепления округлить до ближайшего стандартного значения.

3. Если редуктор одноступенчатый, то $U_{общ} = U_1$.

4. Кинематическая схема исследуемого редуктора (выполнить на обороте листа).

5. Эскиз вал шестерни или колеса (выполнить на обороте листа).

6. Анализ сравнительной характеристики исследуемого редуктора со стандартными параметрами.

Лабораторная работа №4

Изучение конструкции и определение технических характеристик червячного редуктора с цилиндрическим червяком

Цель работы: получить представление о правилах и нормах проектирования и конструирования автономных узлов машин (редукторов). Получить навыки в измерении параметров червячной передачи, регулировке ее зацепления и подшипников.

Рекомендуемая литература: [1], Раздел второй. Механические передачи, Глава 9. Червячные передачи, с. 198-212.

Краткие теоретические сведения

Общие сведения о редукторах приведены в работе №3. Червячные передачи отличаются от зубчатых своим происхождением: они содержат в себе свойства передачи «винт-гайка» и зубчатых. Это определяет условия их работы и выдвигает требования к конструктивно-технологическим решениям. Надежность работы червячной передачи зависит от равномерности контакта зацепления, т.е. от точности взаимного расположения червяка и колеса; трения, которое зависит от свойств материалов венца колеса и винтиков червяка, шероховатости их рабочих элементов и качества смазки.

Одноступенчатые передачи применяют при необходимости редуцирования угловой скорости между перекрещивающимися валами в диапазоне передаточных отношений u = 8…63. Вследствие сравнительно низкого значения КПД червячные редукторы применяются для передачи мощности, как правило, до 50 кВт.

Вопросы входного контроля

1. Как обозначают на кинематических схемах червячные передачи, валы, подшипники?
2. Пояснить суть параметра «число витков червяка». Какие значения этого параметра регламентированы стандартом?
3. Дайте определение и поясните суть параметра «коэффициент диаметра червяка»; при определении каких параметров используют его значения?
4. Как влияет число витков червяка на значение КПД червячной передачи?

Оборудование, приборы и принадлежности

Для выполнения данной работы необходимо иметь: червячный редуктор (предпочтительно стандартный), набор гаечных ключей и отверток, штангенрейсмас, штангенциркуль, масштабную линейку, графитную краску для проверки пятна контакта, набор регулировочных прокладок, сборочный чертеж редуктора, справочные таблицы параметров червячных передач.

Основные задачи исследования

На примере заданного редуктора ознакомиться с его устройством, конструкцией и взаимодействием деталей, нормами их проектирования. Измерить параметры зубчатого колеса и червяка, определить заданные в таблице 4.2. параметры и занести их в таблицу отчета, выполнить кинематическую схему и эскиз червяка (колеса).

Последовательность выполнения работы

- Осмотреть редуктор и наметить план его разработки.
- Замерить 2-3 раза расстояние между осями валов и округлить его до ближайшего стандартного по ГОСТу, если оно лежит в пределах последнего. Значения a_w занести в таблицу 4.2. отчета.
- Отвинтить крепежные элементы крышки корпуса и крышек подшипниковых узлов, снять крышки и ознакомиться с внутренним устройством редуктора. Особое внимание обратить на способ регулировки подшипников и правильность зацепления червячной пары.
- Вынуть червячное колесо редуктора вместе с валом, а также червяк с деталями на нем (детали и подшипники с валов не снимать).
- Ознакомиться с конструкцией колеса и червяка. Путем замера, осмотра и расчета определить их размеры и параметры. Результаты занести в таблицу 3.2. отчета.
- Параметры червячной пары, регламентируемые стандартом, сверить с ГОСТ 2144-93.
- Выполнить кинематическую схему редуктора и эскизы элементов зацепления (червяка и колеса) в соответствии со СТ СЭВ 859-78.
- Собрать редуктор в последовательности, обратной разборке.

Вопросы зачетного контроля

1. Как измеряются межосевое расстояние a_w и осевой шаг червяка p_x?
2. Как определяют количество витков Z_1 реального червяка?

3. Дайте характеристику одного из узлов (червяка или вала червячного колеса) рассмотренного редуктора; поясните конструкцию червяка и колеса, способ крепления на валу, тип подшипников и т.д.
4. В редуктор заливают определенное количество масла. Почему необходимо контролировать уровень масла в процессе эксплуатации редуктора? Как определяют уровень масла? Как обеспечивают поддержание рабочих качеств масла на стадии проектирования?
5. Почему подшипники червяка редуктора преимущественно монтируют в стаканах?
6. Как осуществляют смазывание подшипников червяка при верхнем и нижнем его расположении?
7. Какие конструктивные решения применяют для улучшения теплового режима работы червячных редукторов?
8. Выполните возможные схемы установки подшипников на валах червяка и червячного колеса.
9. Как обеспечивают точность монтажа червячной пары, и на что она влияет?
10. Какие факторы влияют на КПД червячного редуктора?
11. Назовите отличительные особенности червячной передачи по сравнению с зубчатой конической.

Содержание отчета

Отчет о работе оформить в виде таблицы 4.2., кинематической схемы исследуемого редуктора и эскиза одного из элементов кинематической пары (червяка или колеса). Для определения КПД значения угла трения ρ' приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

Зависимость угла трения ρ' от скорости скольжения υ_s

υ_s м/с	ρ'	υ_s м/с	ρ'	υ_s м/с	ρ'
0,1	4°30′...5°10′	1,5	2°20′...2°50′	3	1°30′...2°00′
0,5	3°10′...3°40′	2	2°00′...2°30′	4	1°30′...1°40′
1,0	2°30′...3°10′	2,5	1°40′...2°20′	7	1°00′...1°30′

Примечание: Меньшее значение ρ' относится к передачам с венцом колеса из оловянной бронзы, большее значение ρ' - к передачам с венцом колеса из безоловянной бронзы, латуни или чугуна.

Таблица 4.2.

Таблица основных геометрических, кинематических и силовых параметров исследуемого червячного редуктора

Наименование параметра и его единица	Обозначение	Способ определения	Результаты измерений и вычислений
Червяк			
Число витков (заходов)	z_1	Сосчитать	
Шаг осевой, мм	p^1	Измерить	
Модуль расчетный*	m^1	$m^1 = p/\pi$	
Диаметр вершин витков, мм	d_{a1}	Измерить	
Делительный диаметр, мм	d_1	$d_1 = d_{a1} - 2m$	
Диаметр впадин витков, мм	d_{f1}	$d_{f1} = d_1 - 2{,}4m$	
Коэффициент диаметра червяка*	q_1	$q_1 = d_1/m$	
Угол подъема витка винтовой линии, град	γ	$tg\gamma = z_1/q$	
Длина нарезной части, мм	b_1	Измерить	
Колесо			
Число зубьев	z_2	Сосчитать	
Диаметр вершин зубьев, мм	d_{a2}	Измерить	
Делительный диаметр, мм	d_2	$d_2 = z_2 m$	
Диаметр впадин зубьев, мм	d_{f2}	$d_{f2} = d_2 - 2{,}4m$	
Наибольший диаметр колеса, мм	d_{am2}	Измерить	
Ширина венца, мм	b_2	Измерить	
Редуктор			
Межосевое расстояние, мм	a_w	Измерить	
Передаточное отношение	U	$U = z_2/z_1$	
Расчетное значение КПД	η	$\eta = tg\gamma/(tg(\gamma+\rho^1))$	
Мощность на ведущем валу, кВт	P_1	Задается	
Частота вращения ведущего вала, мин$^{-1}$	n_1	Задается	
Вращающий момент на ведущем валу, Н • м	T_2	$T_2 = P_2/w_2$	
Силы в зацеплении, Н			
Окружная	F_t	$F_t = 2T_1/d_1$	
Радиальная	F_r	$F_r = F_t \bullet tg\alpha$	
Осевая	F_a	$F_a = F_t \bullet tg\beta$	

Примечания:

1. Значения модуля m^1 и коэффициента диаметра червяка q_1 принять по ГОСТ 2144-93 и уточнить все расчеты, связанные с этими параметрами.
2. Значение угла трения ρ^1 приведены в таблице 4.1.
3. Параметры передачи, относящиеся к ведущим звеньям, отмечены индексом 1, а ведомым – 2.

Литература

Основная:

1. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин. - М.: Высшая школа, 2007.
2. Вагнер В.А.,Звездаков В.П., Тюняев А.В. и др. Детали машин. - М.: Машиностроение, 2007.
3. Аркуша А.И. Техническая механика. - М.: Высшая школа, 2008.
4. Чернилевский Д.В. Детали машин и основы конструирования. М.: Машиностроение, 2006.
5. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Машиностроение, 2006.
6. Куклин Н.С., Куклина Г.С., Житков В.К. Детали машин. - М.: Высшая школа, 2007.
7. Вереина Л.И. Техническая механика: Изд-во Академия. 2008.

Дополнительная:

1. Детали машин. Учебно-практическое пособие для студентов
2. Дунаев П.Ф., Леликова О.П. Детали машин. Курсовое проектирование. М.: Высшая школа, 2006. 399 с.
3. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин. М.: Высшая школа, 2006. 432 с.

Решение тренировочных заданий.

Пример 4.1

Определить реакции связей балки, показанной на рисунке. В точке *A* балка имеет неподвижную шарнирную опору, в точке *B* – подвижную шарнирную опору на катках. На балку действует силы P=5 кН; пара сил с моментом M = 2 кНм, равномерно распределена нагрузка интенсивностью q = 1 кН/м. Все действующие силы и размеры показаны на рисунке 4.1

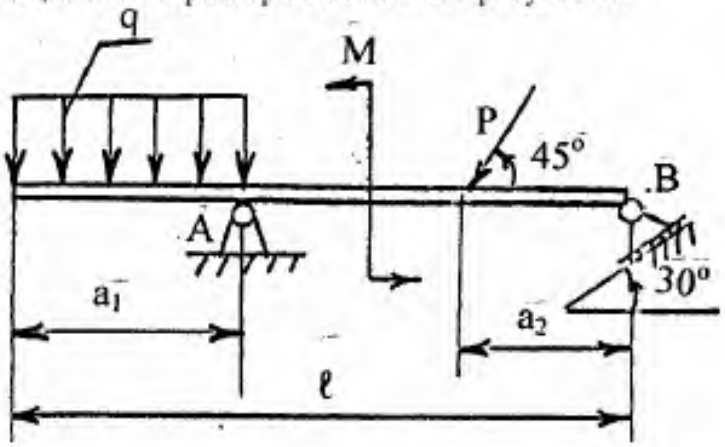


Рис.4.1

Решение

1. Объектом равновесия является балка *AB*. На нее действует плоская система сил, поэтому выбираем плоскую систему отсчета, прямоугольные оси координат *XAY*.

2. На балку действуют: сосредоточенная сила *P*, пара сил с моментом *M*, распределенная нагрузка q. Заменим распределенную нагрузку равнодействующей сосредоточенной силой:

$$Q = q^{*}a_1 = 1H$$

Эта сила приложена в середине участка *ДА*.

3. На балку наложены связи: в точке А шарнирно- неподвижная опора, в точке В- шарнирно- подвижная опора.

Отбрасываем связи и заменяем их реактивными силами. Реакция шарнирно- неподвижной опоры в точке А лежит в плоскости ⊥ оси шарнира (в плоскости чертежа), направление ее зависит от направления и величины активных сил, поэтому раскладываем ее на составляющие по координатным осям Ах и Ау –R_A- (X_A, Y_A). Реакция опоры в точке В направлена по нормалям к опорной поверхности. Силы, направленные под углом к осям

координат, разложим на составляющие, параллельные осям:

$$P = P\cos 45^o + P\sin 45^o;$$

$$F_B = F_B\cos 30^o + F_B\sin 30^o$$

Расчетная схема приведена на рис.4.2.

Таким образом, балка находится под действием плоской системы сил.

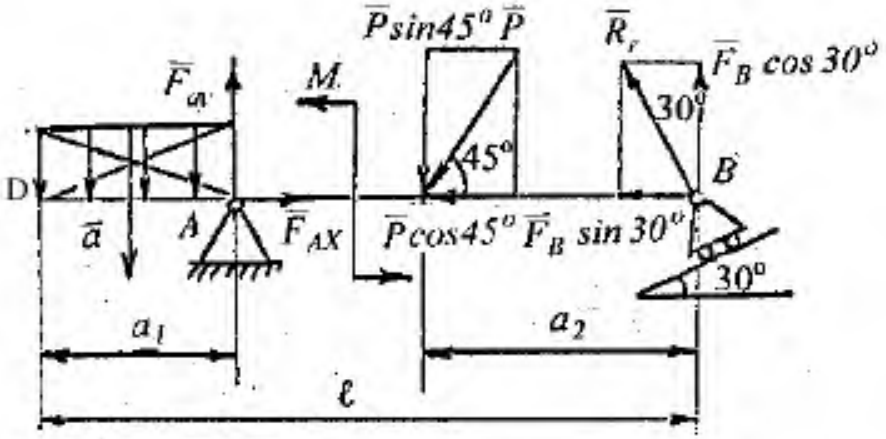


Рис.4.2

4. Для плоской системы сил можно составить три не зависимых уравнения равновесия, в задаче три неизвестных силы X_A, Y_A, R_B- задача статически определима.

5. Уравнения равновесия:

$$\Sigma Fix = 0; \qquad X_A - P\cos 45° - R_B\sin 30° = 0 \qquad (1)$$

$$\Sigma Fiy = 0; \qquad Y_A - Q - P\sin 45° + R_B\cos 30° = 0 \qquad (2)$$

$$\Sigma M_A(Fi) = 0; \quad Q\cdot\frac{a_1}{2} + M - P\sin 45^o(\ell - a_1 - a_2) + R_B\cos 30^o(\ell - a_1) = 0 \qquad (3)$$

из уравнения (3):

$$R_B = \frac{P\cdot\sin 45^o(\ell - a_1 - a_2) - Q\frac{a_1}{2} - M}{h_2} = \frac{5\cdot 0{,}707(10 - 1 - 2) - 1\cdot 0{,}5 - 2}{7{,}8} = 2{,}85\ кН$$

из уравнения (1):

$$X_A = P\cdot\cos 45° + R_B\cdot\sin 30° = 5\frac{\sqrt{2}}{2} + 2{,}85\frac{1}{2} = 4{,}97\ кН$$

из уравнения (2):

$$Y_A = Q + P\cdot\sin 45° - R_B\cdot\cos 30° = 2 + 5\frac{\sqrt{2}}{2} - 2{,}85\frac{\sqrt{3}}{2} = 2 + 3{,}54 - 2{,}47 = 3{,}07\ кН$$

$$R_A = \sqrt{x_A{}^2 + y_A{}^2} = \sqrt{4{,}97^2 + 3{,}07^2} = 5{,}87\ кН$$

Направление вектора R_A определим по направляющим косинусам:

$$\cos\left(\hat{x}\,\overline{R}_A\right) = \frac{4{,}97}{5{,}87} = 0{,}8516;\ угол\left(\hat{x}\,\overline{R}_A\right) = 31{,}6°$$

Если в значении реактивной силы получаем знак “минус”, это значит, что реактивная сила направлена в сторону противоположную принятой по схеме.

Ответы: R_A = 5,87 кН, R_B = 2,85 кН

Пример 4.2

Даны уравнения движения точки в плоскости XY:

$$X = -2\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) + 3,\ Y = 2\sin\left(\frac{\pi}{8}t\right) - 1$$

(X, Y - в см, t – в с).

Определить:

- ✓ уравнение траектории точки;
- ✓ скорость и ускорение точки, а также ее касательное и нормальное ускорения и радиус кривизны траектории при t=1 с.

Решение:

1. Для определения уравнения траектории точки y=f(x) необходимо исключить из заданных уравнений движения время t. Поскольку t входит в аргументы тригонометрических функций, где один аргумент вдвое больше другого, используем формулу:

$$\cos 2\alpha = 1 - 2\sin^2\alpha \quad \text{или} \quad \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) = 1 - 2\sin^2\left(\frac{\pi}{8}t\right), \qquad (1)$$

Из уравнений движения находим выражения функций:

$$\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) = \frac{3-x}{2}, \qquad \sin\left(\frac{\pi}{8}t\right) = \frac{y+1}{2}$$

Полученные значения функций подставляем в равенства (1).

$$\frac{3-x}{2} = 1 - 2\frac{(y+1)^2}{4}$$

Окончательно находим следующее уравнение траектории точки (рис.4.3)

$$X = (y+1)^2 + 1$$

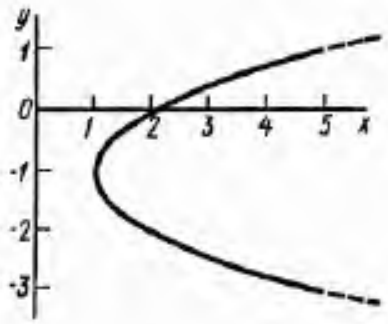


Рис.4.3

2. Скорость точки найдем по ее проекциям на координатные оси:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{\pi}{2}\sin\left(\frac{\pi}{4}t\right);$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{\pi}{4}\cos\left(\frac{\pi}{8}t\right)$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

при t_1=1 с: v_{1x}=1,11 см/с, v_{1y}=0,73 см/с, v_1=1,33 см/с

3. Аналогично найдем полное ускорение точки

$$a_x = \frac{dV_x}{dt} = \frac{\pi^2}{8}\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right); a_y = \frac{dV_y}{dt} = -\frac{\pi^2}{32}\sin\left(\frac{\pi}{8}t\right); a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}\,.$$

и при t_1=1 с:

$$a_{1x} = 0{,}87 см/с^2,\ a_{1y} = -0{,}12 см/с^2;\ a_1 = 0{,}88 см/с^2$$

4.Касательное ускорение a_τ найдем, дифференцируя по времени равенство $V^2=V_x^2+V_y^2$. Получим:

$$2V\frac{dV}{dt} = 2V_x\frac{dV_x}{dt} + 2V_y\frac{dV_y}{dt} \quad \text{и} \quad a_\tau = \frac{dV}{dt} = \frac{V_x a_x + V_y a_y}{V}.$$

Числовые значения величин V_x, V_y, a_x, a_y, входящих в правую часть выражения, определены выше. Подставив эти значения, найдем, что при t_1=1 с $a_{1\tau} = 0{,}66 см/с^2$.

5.Нормальное ускорение точки найдем из равенства $a^2 = a_n^2 + a_\tau^2$, откуда $a_n = \sqrt{a^2 - a_\tau^2}$. Подставляя найденные числовые значения a_1 и $a_{1\tau}$, получим, что при t_1=1 с, a_{1n}=0,58 см/с^2.

6. Радиус кривизны траектории определим из выражения $a_n = \frac{V^2}{\rho}$,

или $\rho = V^2 / a_n$. Подставляя числовые значения V_1 и a_{1n}, найдем, что при t_1=1 с, ρ_1=3,05 см.

Ответ: V_1=1,33 см/с, a_1=0,88 см/с^2, $a_{1\tau} = 0{,}66 см/с^2$
a_{1n}=0,58 см/с^2, ρ_1=3,05 см.

Пример 4.3

Определить скорость, касательное, нормальное и полное ускорение точки М механизма, показанного на рисунке 4.4 в момент времени t =10. Груз 1 опускается по закону S=0,4(t^3 +2t) м, R_1=0,1 м; R_2=0,15 м; R_3=0,3 м; R_4=0,6м.

Дано: $S=0,4(t^3+2t)$

$R_1=0,1$м

$R_2=0,15$м

$R_3=0,3$м

$R_4=0,6$м

Определить $\overline{V}_M, \overline{a}_M^n, \overline{a}_M^\varepsilon, \overline{a}_M$

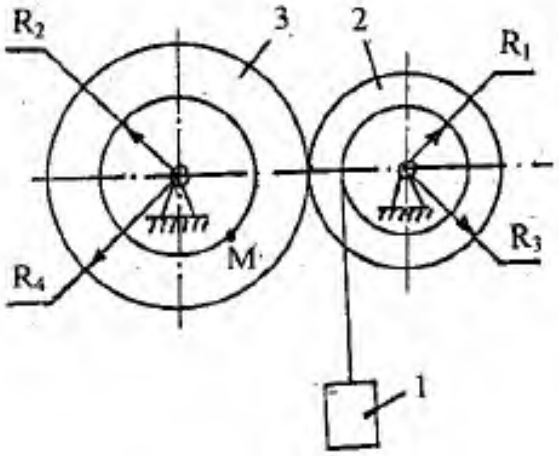


Рис.4.4

Решение

1. Скорость точки В нити (скорость точки В колеса) равна:

$$V_B=\frac{ds}{dt}=\frac{d}{ds}\left(0,4t^3-0,8t\right)=1,2t^2-0,8$$

2. Угловая скорость ступенчатого колеса 2

$$\omega_2=\frac{V_B}{R_1}=\frac{12t^2-8}{0,1}=1,2t^2-8$$

3. Скорость точки А

$$V_A=\omega_2\cdot R_3=\left(12t^2-8\right)\cdot 0,3=3,6t^2-2,4$$

4. Угловая скорость колеса 3

$$\omega=\frac{V_A}{R_4}=\frac{3,6t^2-2,4}{0,6}=6t^2-4$$

5. Угловое ускорение колеса 3

$$\varepsilon_3=\frac{d\omega_3}{dt}=12t\ E_3=\frac{d\omega_3}{dt}=12t$$

6. Скорость точки М

$$V_M=\omega_3\cdot R_2=\left(6t^2-4\right)0,15\ V_M=\omega_3\cdot R_2=\left(6t^2-4\right)0,15$$

При t=2с: V_M=(6*2^2-4)0,15=3 м/с

7. Нормальное ускорение точки М (рис. 4.5)

$$a_м^n=\omega_3{}^2\cdot R_2=\left(6\cdot t^2-4\right)^2\cdot 0,15$$

При t=2с; $a_м^n=\left(6\cdot 2^2-4\right)^2\cdot 0,15=60м/с^2$

8. Тангенциальное ускорение точки М

$$a_м^\tau=E_3R_2=12\cdot t\cdot 0,15$$

При t=2с: $a_м^\tau=12\cdot 2\cdot 0,15=3,6м/с^2$

9. Полное ускорение точки М

$$a_м = \sqrt{\left(a_м^n\right)^2 + \left(a_м^\tau\right)^2} = \sqrt{60^2 + 3{,}6^2} = 60{,}1 м/с^2$$

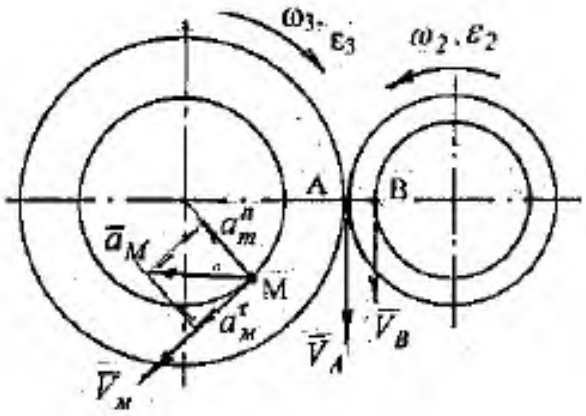


Рис. 4.5

Ответы: V_M=3 м/с; a_M^τ =3.6 м/с^2; a_M^τ =60 м/с^2; $a_м$ =60.1 м/с^2

Пример 4.4

В механической системе (Рис.4.6) определить скорость груза 2, в момент времени, когда груз 1 переместится на величину S_1=1м, если m_1= 4кг, m_2=2кг, m_3=3кг, радиусы ступенчатого шкива R_3=20см, r_3=10см. Сила F, приложенная к грузу 1 изменяется по закону F=70 (1+S) (Н), коэффициент трения скольжения груза 1- f_1=0,12. Масса шкива равномерно распределена по его объему.

Дано:

m_1=4; m_2=2 кг; m_3=3 кг; R_3=20 см; r_3=10 см ; F=70 (1+S) (н); f_1=0,12; S_1=1 м.

Определить V_2

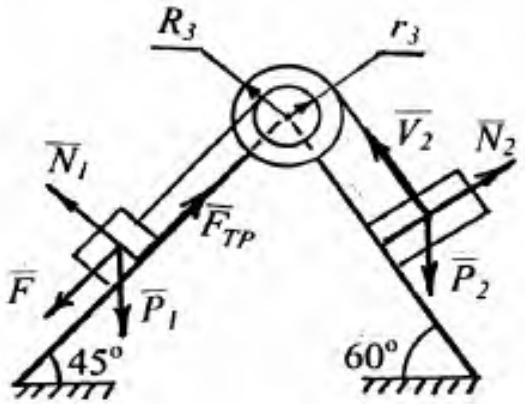


Рис.4.6

Решение

1. Для решения задачи применим теорему об изменении кинетической энергии системы

$$T - T_0 = \Sigma A = 0, \qquad (1)$$

В начальный момент система находилась в покое - $T_O = 0$.

Уравнение (1) принимает вид: $T = \Sigma A$

2. *Определим T_1*

T – кинетическая энергия системы в момент времени, соответствующий перемещению груза 1- на S_1

$$T = T_1 + T_2 + T_3$$

T_1- кинетическая энергия груза 1, перемещающегося поступательно.

$$T_1 = \frac{m_1 V_1^2}{2}$$

Выразим V_1 через скорость груза 2.

$$V_1 = \frac{V_2}{R_3} \cdot r_3 = \frac{V_2}{2}; \quad T_1 = \frac{m_1 V_2^2}{8}$$

T_2 - кинетическая энергия груза 2, перемещающегося поступательно.

$$T_1^{(2)} = \frac{m_1 v_2^2}{2}$$

T_3- кинетическая энергия шкива 3, вращающегося вокруг неподвижной оси 0.

$T_3 = J_o \frac{\omega_3^2}{2}$; J_o- момент инерции шкива относительно оси вращения.

$$J_o = \frac{1}{2} m_3 R_3^2$$

Выразим угловую скорость ω_3 через скорость груза 2.

$$\omega_3 = \frac{V_2}{R_3}; \quad T_3 = \frac{1}{2} m_3 R_3^2 \cdot \frac{V_2^2}{R_3^2 2} = \frac{1}{4} m_3 V_2^2$$

Окончательно имеем:

$$T = \frac{m_1 V_2^2}{8} + \frac{m_2 V_2^2}{2} + \frac{m_3 V_2^2}{4} = \left(\frac{m_1}{2} + \frac{m_2}{2} + \frac{m_3}{4} \right) \cdot V_2^2 = (0{,}5 + 1 + 0{,}75) \cdot V_2^2 = 2{,}25 V_2^2. \qquad (2)$$

Определим сумму работ всех внешних сил, действующих в системе на перемещениях, соответствующих S_1. Выразим все перемещения через S_1.

Покажем на схеме все внешние силы системы – $\overline{P}_1, \overline{P}_2, \overline{P}_3$ – силы тяжести элементов; $\overline{F}_{TP}$ – сила трения груза 1; $\overline{N}_1, \overline{N}_2$, –нормальные реакции опорных поверхностей, $\overline{F}$ – движущаяся сила.

$$\Sigma A \frac{e}{i} = A_{p1} + A_{p2} + A_{p3} + A_{F_{TP}} + A_F + A_{N1} + A_{N2}$$

Работа силы тяжести $\overline{P}_1 - A_{P1}$

$$A_{P1} = P_1 \cdot h_1 = P_1 \cdot S_1 \cdot \sin 45^o = m_1 \cdot g \cdot S_1 \cdot \sin 45^o = 28{,}3 \text{ Дж}$$

g =10 м/с^2 - принимаем для всех расчетов.

Работа силы тяжести P_2-A_{P2}

$$A_{P2} = -P_2 h_2 = -m_2 g 2 s_1 \cdot \sin 60^o = -2 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = -34{,}6\ Дж$$

$$h_2 = S_2 \cdot \sin 60^o = S_1 \cdot \frac{R_2}{r_3} \cdot \sin 60^o = 2 S_1 \cdot \sin 60^o$$

Работа силы тяжести P_3- $A_{p3} = 0$, т.к. точка приложения этой силы неподвижна.

Работа силы $\overline{F} - A_F$ $\overline{F} - A_F$

$$A_F = \int_0^{S_1} 70(1+S)ds = 70 S_1 + \frac{S_1^{\,2}}{2} \cdot 70 = 70 + 35 = 105\ Дж$$

Работа силы трения $F_{TP} - A_{FTP}$

$$A_{FTP} = -F_{TP} \cdot S_1 = -N_1 \cdot f_1 \cdot S_1 = -m_1 g \cdot \cos 45^o \cdot f_1 \cdot S_1 = -4 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 0{,}12 \cdot 1 = -3{,}4$$

Работы реакций, $A_{N_1} = A_{N_2} = 0$, так как эти силы перпендикулярны перемещениям.

Окончательно: $\sum A_i^e$ =28,3-34,6+105-3,4=95,3 *Дж* , (3)

4. Выражения (2) и (3) подставляем в уравнение (1)

$$2{,}25 V_2^{\,2} = 95{,}3\,, \qquad V_2 = 6{,}5 \text{ м/с}$$

Ответ: Скорость груза 2 в момент времени, соответствующий перемещению S_1

$$V_2 = 6{,}5 \text{ м/с}$$

Пример 4.5

Груз массой m, получив в точке A начальную скорость V_0, движется в изогнутой трубе ABC, расположенной в вертикальной плоскости. На участке AB на груз кроме силы тяжести действуют сила $\overline{Q}$ и сила сопротивления среды $\overline{R}$. С достигнутой на участке AB скоростью груз в точке B переходит на движение по участку BC. На этом участке на груз кроме силы тяжести действует сила F, направленная по линии движения груза (ось X) и сила трения скольжения. Коэффициент трения f. Найти закон движения груза на участке BC (рис. 4.7).

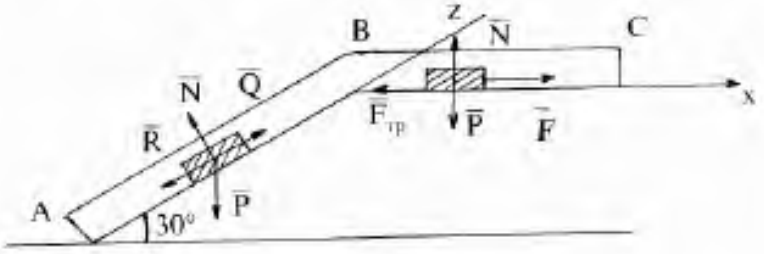


Рис.4.7

Дано: m=1,6 кг, V_0=18 м/с, Q=4 Н, R=0,4V Н,
t_1=2 с, f=0,2, F=4cos (4t) Н

Определить: закон движения на участке ВС, т.е. x=f(t)

Решение

1.Рассмотрим движение груза на участке АВ, считая его материальной точкой. На груз действует: $\bar{p} = m\bar{g}$ - сила тяжести, $\overline{N}$ - реакция опоры, силы $\overline{Q}$ и R.

Проведем ось AZ по направлению движения груза и составим дифференциальное уравнение в проекциях на эту ось.

$$m\frac{dV_z}{dt} = \Sigma F_{kz}$$

$$m\frac{dV_z}{dt} = Q - R - P\sin 30^\circ$$

$$m\frac{dV_z}{dt} = Q - 0{,}4V_z - mg\sin 30^\circ, \qquad (1)$$

Решим полученное дифференциальное уравнение методом разделения переменных, предварительно выполнив необходимые преобразования.

$$\frac{dV_z}{dt} = -\frac{0{,}4}{m}V_z - g\sin 30^\circ + \frac{Q}{m} = -\frac{0{,}4}{m}\left(V_z + \frac{m}{0{,}4}g\sin 30^\circ - \frac{Q}{0{,}4}\right)$$

Для сокращения записи подставим числовые значения:

$$\frac{dV_z}{dt} = -\frac{0{,}4}{1{,}6}\left(V_z + \frac{1{,}6}{0{,}4}10\sin 30^\circ - \frac{4}{0{,}4}\right) = -0{,}25(V_z + 10)$$

Разделим переменные и проинтегрируем:

$$\frac{dV_z}{V_z + 10} = -0{,}25dt; \qquad \ell_n|V_z + 10| = -0.25t + C_1 \qquad (2)$$

Определим постоянную интегрирования C_1 по начальным условиям:

$$t = 0,\ V_{z0} = 18 \text{ м/с}.$$

Подставим эти значения переменных в уравнение (2):

$$\ell n|18 + 10| = 0 + C_1, C_1 = \ell n28$$

Уравнение (2) примет вид:

$$\ell n|V_z + 10| = -0{,}25t + \ell n28$$

Преобразуем уравнение:

$$\ell n|V_z + 10| - \ell n28 = -0{,}25t$$

$$\ell n\frac{|V_z + 10|}{28} = -0{,}25t; \ell n\frac{|V_z + 10|}{28} = -0{,}25t * \ell ne$$

$$\ell n\frac{|V_z + 10|}{28} = \ell ne^{-0{,}25t}$$

Из равенства логарифмов

$$\frac{V_z + 10}{28} = e^{-0{,}25t}; V_z = 28e^{-0{,}25t} - 10$$

Скорость в точке В, для которой t=2с, получим:

$$V_B = 28e^{-0{,}25*2} - 10 = 6{,}95 \text{м/с}$$

$V_B = 2{,}8$ $\quad$ $10 = 6{,}95$ м/с

2. Рассмотрим движение груза на участке ВС. На груз действует сила: $\overline{P}$ - сила тяжести, $\overline{F}_{тр}$ - сила трения, $\overline{N}$ - реакция опоры и заданная сила $\overline{F}$.

Покажем действующие на тело силы на схеме, при этом учтем, что сила трения направлена противоположно движению тела.

Составим дифференциальное уравнение движения груза в проекциях на ось X:

$$m\frac{dV_X}{dt} = \Sigma F_{KX}$$

$$m\frac{dV_X}{dt} = F - F_{тр} = 4\cos(4t) - F_{тр}, \qquad (3)$$

Определим силу трения:

$$F_{тр} = fN$$

Для определения силы N запишем дифференциальное уравнение движения груза в проекциях на ось Y $(Y \perp X)$.

$$m\frac{dV_Y}{dt} = \Sigma F_{KY}$$

Так как при движении тела вдоль оси X координата Y не изменяется (т.е. Y=const), то $\frac{dV_Y}{dt} = 0$ и, следовательно, $\Sigma F_{KY} = 0$.

Запишем это равенство в соответствии со схемой сил

N-P=0, откуда N=P=mg; $F_{тр}$=fmg.

Уравнение (3) примет вид

$$m\frac{dV_X}{dt} = 4\cos(4t) - fmg$$

$$\frac{dV_X}{dt} = \frac{4}{m}\cos(4t) - fg$$

$$\frac{dV_X}{dt} = \frac{4}{1{,}6}\cos(4t) - 0{,}2 * 10 = 2{,}5\cos(4t) - 2$$

Разделим переменные и проинтегрируем:

$$dV_X = 2{,}5\cos(4t)dt - 2dt \qquad V_X = \frac{2{,}5}{4}\sin(4t) - 2t + C_2, \qquad (4)$$

Начальные условия для участка ВС: t=0, $V_X = V_B = 6{,}95$ *м/с.*

Подставим начальные условия в уравнение (4) $6{,}95 = C_2$

Учитывая, что $V_X = \frac{dx}{dt}$ и C_2=6,95, уравнение (4) примет вид:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{2{,}5}{4}\sin(4t) - 2t + 6{,}95; dx = 0{,}625\sin(4t)dt - 2tdt + 6{,}95dt$$

$$X = -0{,}156\cos(4t) - t^2 + 6{,}95t + C_3, \qquad (5)$$

Определяем C_3 из начальных условий: t=0, X_0=0

$0 = -0{,}156 + C_3$; $C_3 = 0{,}156$

Окончательно уравнение примет вид

$$X = -0{,}156\cos(4t) - t^2 + 6{,}95t + 0{,}156$$

Ответ: Закон движения груза на участке ВС

$$X = -t^2 + 6{,}95t - 0{,}156\cos(4t) + 0{,}156$$

Пример 4.7

Для заданной схемы нагружения стержня постоянного сечения (*рис.4.9*)при F=5,0 кН

1) – построить эпюры внутренних сил;
- построить в общем виде эпюры напряжений;
- определить опасный участок;
- из условия прочности ($\sigma_{max} = [\sigma]$) = 120 МПа определить размер сечения;
- определить напряжения на участках стержня и построить эпюры напряжений стержня.

2) определить размеры равнопрочного стержня и экономию материала при равнопрочном стержне.

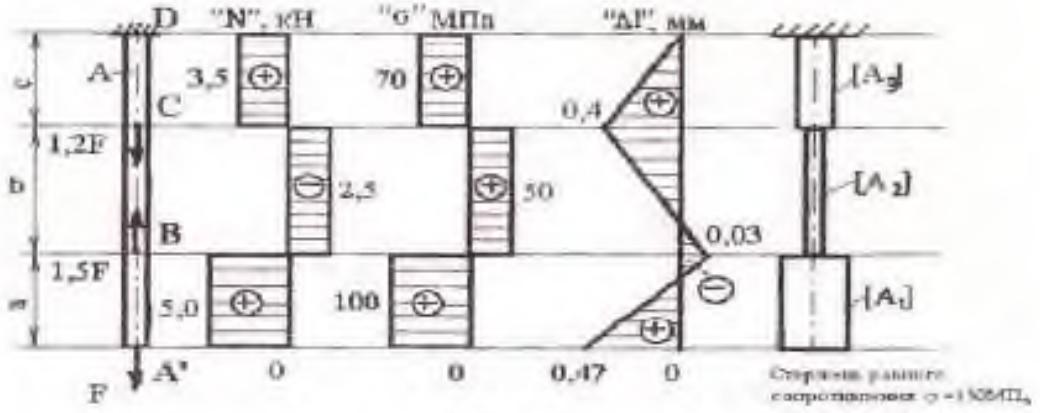


Рис.4.9

Решение.

1. Разбиваем стержень на три участка: A'B, BC, CD.
2. Определяем внутренние силы на каждом участке стержня.

$$N_1 = N_{(AB)} = F = 5,0\ kH$$
$$N_2 = N_{(BC)} = F\text{-}1,5F = -2,5\ kH$$
$$N_3 = N_{(CD)} = F\text{-}1,5F+1,2F = 0,7F = 3,5kH$$

3. Определяем напряжения на каждом участке.

$$\sigma_{(I)} = \frac{N_1}{A} = \frac{F}{A}$$
$$\sigma_{(II)} = \frac{N_2}{A} = -\frac{0,5F}{A}$$
$$\sigma_{(III)} = \frac{N_3}{A} = \frac{0,7F}{A}$$

4. Определяем опасный участок.

Опасный участок AB, где действует сила $N_1 = N_{max} = F = 5,0\ kH$

5. Из условия прочности определим площадь сечения.

$$A \geq \frac{|N|\max}{[\sigma]} = \frac{5,0 \cdot 10^3}{120} = 41,6 мм^2$$

Принимаем A= 50 $мм^2$

6. Определяем численные значения напряжений

$$\sigma_{(1)} = F/A = \frac{5,0 \cdot 10^3}{50} = 100 МПа$$

$$\sigma_{(II)} = \frac{N_2}{A} = -\frac{0,5F}{A}$$

$$\sigma_{(III)} = \frac{N_3}{A} = \frac{0,7F}{A}$$

4. Определяем опасный участок.

Опасный участок АВ, где действует сила $N_1=N_{max}=F=5,0\ kH$

5. Из условия прочности определим площадь сечения.

$$A \geq \frac{|N|\max}{[\sigma]} = \frac{5,0 \cdot 10^3}{120} = 41,6 мм^2$$

Принимаем А= 50 $мм^2$

6. Определяем численные значения напряжений

$$\sigma_{(1)} = F/A = \frac{5,0 \cdot 10^3}{50} = 100 МПа$$

$$\sigma_{(2)} = \left|-0,5 F/A\right| = \left|-\frac{2,5 \cdot 10^3}{50}\right| = 20 МПа$$

$$\sigma_{(3)} = 0,7 F/A = \frac{0,7 \cdot 5,0 \cdot 10^3}{50} = 70 МПа$$

По полученным данным строим эпюру напряжений

7. Определяем перемещения на участках стержня

Е- модуль продольной упругости, Е= $2 \cdot 10^5$ МПа (для стали)

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 a}{EA} = \frac{5,0 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 50} = \frac{5 \cdot 10^6}{10^7} = 5 \cdot 10^{-1} мм = 0,5 мм$$

$$\Delta l_2 = \frac{N_2 \cdot l}{EA} = -\frac{2,5 \cdot 10^3 \cdot 1,8 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 50} - \frac{4,5 \cdot 10_6}{10^7} - 0,45 мм$$

$$\Delta l_3 = \frac{N_3 c}{EA} = \frac{3,5 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 50} = 0,42 мм$$

По полученным данным строим эпюру перемещений.

8. По полученным данным определяем размеры сечений равнопрочного стержня, у которого напряжения на каждом участке $\sigma_i=[\sigma]$, i = 1,2,3.

$$[A_1] = \frac{N_1}{[\sigma]} = \frac{5,0 \cdot 10^3}{120} = 41,2 мм^2$$

$$[A_2] = \frac{N_2}{[\sigma]} = \frac{|-2,5| \cdot 10^3}{120} = 20,5 мм^2$$

$$[A_3] = \frac{N_3}{[\sigma]} = \frac{3,5 \cdot 10^3}{120} = 29,2 мм^2$$

9. Определяем экономию материала в равнопрочном стержне.

Вес стержня с постоянным сечением, γ - удельный вес.

$$G = (a + в + c) A \cdot \gamma$$

Вес равнопрочного стержня.

$$[G] = \{a[A_1] + b[A_2] + c[A_3]\} \cdot \gamma$$

$$\Delta = \frac{G - [G]}{G} \cdot 100\% = \left\{1 - \frac{1 \cdot 41,2 + 1,2 \cdot 20,5 + 0,8 \cdot 29,2}{(1 + 1,2 + 0,8) \cdot 50}\right\} 100\% = \left\{1 - \frac{89,3}{100}\right\} \cdot 100\% = 10,7\%$$

Пример 4.8

Для заданной схемы нагружения вала (рис.4.10):

- построить эпюры крутящих моментов;
- найти опасные сечения ;
- определить диаметр вала из условия прочности;
- определить углы закручивания на участках вала, построить эпюру углов закручивания ;
- проверить вал на жесткость, если $[\theta]=1 \frac{град}{м}$

M=50 кНм, [τ]=80МПа, a=1,0 м

Решение

1. Разбиваем вал на участки: 1-й – АВ, 2-й – ВС, 3-й – СД.

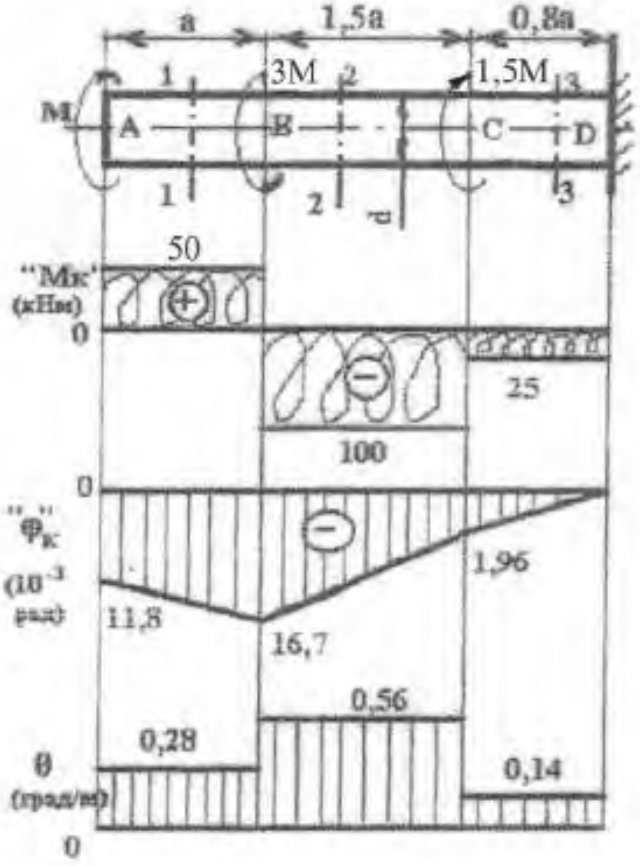
Рассмотрим 1-й участок АВ

Проводим сечение 1-1 и рассмотрим равновесие отсеченной части и определяем крутящий момент в сечении 1-1

$$M_{k1} = M$$

Проводим сечение 2-2 и определяем крутящий момент в сечении 2-2

$$M_{k2}=M-3M=-2M$$



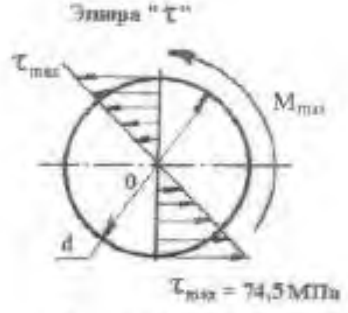


Рис.4.10

Крутящий момент в сечении 3-3

$$M_{k3}=M-3M+1,5M=-0,5M$$

По полученным данным строим эпюру "M_k"

2. Определяем опасное сечение. Опасными сечениями являются все сечения участка 2, где M_{max}= [M_k] = 2M=100 $kHм$

3. Определяем диаметр вала из условия прочности

$$\tau_{max} = \frac{[M_{k\,max}]}{W\rho} \le [\tau]$$

Откуда полярный момент сопротивления

$$W_\rho \ge \frac{[M_k]}{[\tau]}$$

$$W_\rho = \frac{\pi d^3}{16}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16[M_k]_{max}}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 100 \cdot 10^6}{\pi \cdot 80}} = 185мм$$

Принимаем d=190 мм

$$W_\rho = \frac{\pi d^3}{16} = \frac{\pi \cdot 190^3}{16} = 13{,}5 \cdot 10^3 мм^3 \quad ; \qquad \tau_{max} = \frac{100 \cdot 10^6}{13{,}5 \cdot 10^5} = 74{,}5МПа$$

4. Определяем углы закручивания на участках вала

$$\varphi = \frac{M_k \cdot l_i}{GJ_\rho}, \text{ где:}$$

l_i – длина участка : a; 1,5a; 0,8a

G – модуль упругости при сдвиге

G= 0,8 · 10^5 МПа

J_ρ - полярный момент инерции вала

J_ρ =

угол закручивания на участке 3:

$$\varphi_3 = \frac{M_{k3} \cdot 0{,}8a}{GJ_\rho} = \frac{-0{,}5 \cdot 50 \cdot 0{,}8 \cdot 10^9}{1{,}023 \cdot 10^{13}} = -1{,}96 \cdot 10^{-3} рад$$

угол закручивания на 2-ом участке:

$$\varphi_2 = \frac{M_{k2} \cdot 1{,}5a}{GJ_\rho} = -14{,}7 \cdot 10^{-3} рад$$

угол закручивания на 1-ом участке:

$$\varphi_1 = \frac{M_{k1} \cdot a}{GJ_\rho} = 4{,}89 \cdot 10^{-3} рад$$

5. Определяем относительные углы закручивания

$$\Theta_1 = \frac{\varphi_1}{a} = \frac{4{,}89 \cdot 10^{-3}}{1{,}0} = 4{,}89 \cdot 10^{-3} \frac{рад}{м} = 0{,}28 \frac{^\circ рад}{м}$$

$\Theta_1 < [\Theta]$; 0,28<1

$$\Theta_2 = \frac{|\varphi_2|}{1{,}5a} = \frac{14{,}7}{1{,}5} = 9{,}8 \cdot 10^{-3} \frac{рад}{м} = 0{,}561 \frac{^\circ рад}{м}$$

$$\Theta_3 = \frac{|\varphi_3|}{0{,}8a} = \frac{1{,}96 \cdot 10^{-3}}{0{,}8} = 2{,}45 \cdot 10^{-3} \frac{рад}{м} = 0{,}140 \frac{^\circ рад}{м}$$

$\Theta_3 < [\Theta] \Rightarrow$ условие жесткости выполняется

6. Определим диаметр вала из условия прочности

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32M_k}{\pi \cdot G \cdot [\Theta]}} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 20 \cdot 10^6}{3{,}14 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 9{,}8 \cdot 10^{-6}}} = \sqrt[4]{\frac{200 \cdot 10^6}{8 \cdot 9{,}8 \cdot 10^{-2}}} = 10^2 \sqrt[4]{2{,}55} = 126{,}3 мм$$

Округляем диаметр d = 130 мм.

Применяем диаметр вала d=190мм,удовлетворяющий условиям прочности и жесткости

Пример 4.9

При заданной схеме нагружения стальной балки двутаврового сечения (*рис.4.11*)

- построить эпюры Q(x) и M(x)
- определить величины заданных внешних нагрузок q, F и M.

Дано: $\frac{F}{q \cdot a} = 2{,}5$; $\frac{M}{q \cdot a} = 0{,}3$; $[\sigma] = 150$ МПа; $a = 1{,}0$ м; двутавр *№18*

Решение:

1. Определяем опорные реакции

$$\sum M_A = 0; \quad -q \cdot 2a \cdot a + M + F \cdot 2a + R_B \cdot 3a = 0; \qquad R_B = \frac{q \cdot 2a^2 - M + F \cdot 2a}{3a} = -1{,}1q$$

$$\sum M_B = 0; \quad -Fa + M + q \cdot 2a \cdot 2a - R_A \cdot 3a; \quad R_A = \frac{q \cdot 4a^2 - 2{,}5qa^2 - 0{,}3q \cdot a^2}{3a} = 0{,}6qa$$

$R_A = 0{,}6qa = 0{,}6a$

$\sum y_i = 0; \quad R_A - q \cdot 2a + F + R_B = 0;$ 0,6q-2q+2,5q-1,1q=0; $0 = 0$.

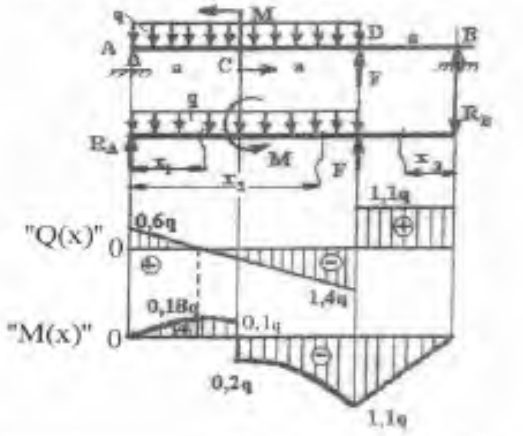


Рис.4.11

2. Разбиваем балку О на 3 участка (AC; CD; DB)

Участок AC($0 \leq x_1 \leq a$)

$Q_{(x1)} = R_A - q \cdot x_1$; $M(x_1) = R_A \cdot x_1 - q \cdot x_1 \frac{x_1}{2}$;

$x_1=0$; $Q(0) = R_A = 0{,}6q$ $x_1=0$; $M(0) = 0$

$x_1=a$; $Q(\text{a}) = R_A - qa = 0{,}6q - q = -0{,}4q$ $x_1=a$; $M(\text{a}) = 0{,}6q \cdot 1 - q\frac{1{,}0^2}{2} = 0{,}1q$

Находим M_{max} $R_A - q x_1' = 0$;

$x_1' = R_A / q = 0.6$

$M(x_1)_{max} = 0{,}6q \cdot 0{,}6 - \frac{q \cdot 0{,}36}{2} = 0{,}18q$

Участок CD ($a \le x_2 \le 2a$)

$Q(x_2) = R_A - q \cdot x_2 + F$ $M(x_2) = R_A \cdot x_2' - q\frac{x_2^2}{2} - M$

$Q(a) = -0{,}4q$ $M(a) = 0{,}6q \cdot a - q\frac{a^2}{2} - 0{,}3q \cdot a^2 = 0{,}7q$

$Q(2a) = R_A - 2qa + F = 0{,}6q - 2q =$ $M(2a) = 0{,}5q \cdot 2a - M - \frac{qa^2}{2} =$

$= -1{,}4q$ $0{,}6q \cdot 2 - 2q - 0{,}3q = -1{,}1q$

Участок DB ($0 \le x_3 \le a$)

$Q(x_3) = R_B$; $Q(0) = -1{,}1q$; $M(x_3) = R_B \cdot x_3$ $M(0) = 0$

$Q(a) = -1{,}1q$ $M(a) = -1{,}0q \cdot 1{,}0 = -1{,}1q$

По полученным результатам строим эпюры Q и M. В точке d эпюры изгибающих моментов.

$M_d = M_{MAX} = 1{,}1q$, $Q_a = 1{,}4q$ - это опасное сечение (при а=1м).

По заданной величине допустимого напряжения [σ] = 150 МПа определяем величины предельных нагрузок.

Для двутавра №18 $W_x = 143 см^3 = 143 \cdot 10^3 мм^3$ (по таблицам сортамента)

$M_{MAX} = [M] = [\sigma] \cdot W_x = 150 \cdot 143 \cdot 10^3 = 21{,}45 \cdot 10^6 = 21{,}45$ kH·м

$[q] = \frac{[M]}{1{,}11} = \frac{21{,}45}{1{,}11} = 19{,}5\frac{kH}{м}$

$[F] = 2{,}5 \cdot q \cdot a = 2{,}5 \cdot 19{,}5 \cdot 1{,}1 = 48{,}75 kH$

$[M] = 0{,}3q \cdot a = 0{,}3 \cdot 19{,}5 \cdot 1{,}0^2 = 5{,}85 kHм$

Пример 4.10

Для заданной схемы нагружения стержня, у которого:

$l = 6м$; $F = 700kH$; $[\sigma] = 160МПа$; *(рис.4.12)*

Найти: a, $F_{кр}$

Решение:

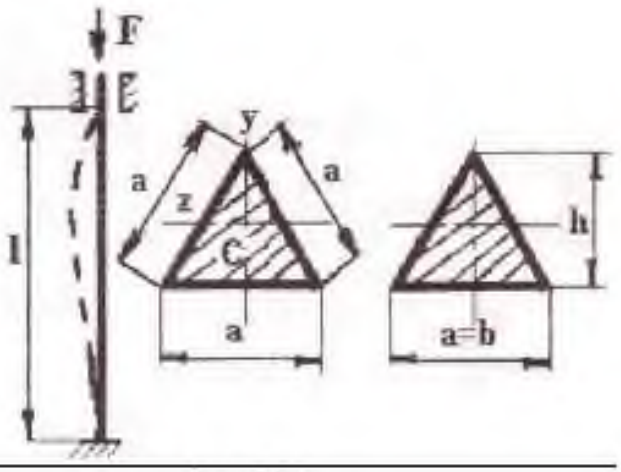


Рис.4.12

1. Определяем осевые моменты инерции:

$$J_z = \frac{bh^3}{36}; \quad b = a; \quad h = \sqrt{a^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot a$$

$$J_z = \frac{a \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot a\right)^3}{36} = \frac{\sqrt{3}}{96} \cdot a^4; \qquad J_y = \frac{hb^3}{48} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot a \cdot a^3}{48} = \frac{\sqrt{3}}{96} \cdot a^4$$

$$J_z = J_y$$

2.Определяем радиус инерции сечения: $i_{z(y)} = \sqrt{\frac{J_{z(y)}}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{\sqrt{3}}{96} \cdot a^4}{\frac{1}{2} \cdot a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} a}} = \frac{a\sqrt{6}}{12}$

Площадь сечения $A = \frac{1}{2} a \cdot h = \frac{1}{2} a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} a = \frac{\sqrt{3}}{4} a^2 = 0{,}433a^2$

$$i_z = i_y = \frac{a\sqrt{6}}{12} = 0{,}204a$$

3.Определяем размер сечения из условий устойчивости:

- Первое приближение: принимаем $\varphi_0 = 0{,}5$

Площадь сечения $A \geq \frac{F}{\varphi \cdot [\sigma]} = \frac{700 \cdot 10^3}{0{,}5 \cdot 160} = 8750 мм^2$

Сторона сечения $a = 142{,}2 мм; \quad a = \sqrt{\frac{4A}{\sqrt{3}}} = 1{,}52\sqrt{A}$

Радиус инерции сечения: $i_z = i_y = \frac{a\sqrt{6}}{12} = 29{,}3 мм$

Гибкость стержня:

$$\lambda = \frac{\mu l}{i} = \frac{ml}{\frac{a\sqrt{6}}{12}} = \frac{2\sqrt{6} \cdot l}{a} = 2{,}45\frac{l}{a};$$

μ- коэффициент приведенной длины стержня; $\mu = 1/2 = 0,5$

$$\lambda = \frac{2,45 \cdot 6000}{142,2} = 103,4$$

По *таблице 1.13*, Дарков и Шпиро, "Сопротивление материалов"
- $\varphi = f(\lambda)$; $\varphi_1 = 0,58$

- Второе приближение: $\varphi_2 = \frac{\varphi_0 + \varphi_1}{2} = \frac{0,5 + 0,57}{2} = 0,54$

$$A \geq \frac{F}{\varphi_2 [\sigma]} = \frac{700 \cdot 10^3}{0,53 \cdot 160} = 8102 мм^2; \quad a = 1,52\sqrt{8102} = 136 мм$$

$$\lambda = 2,45\frac{l}{a} = 2,45\frac{6000}{136} = 108; \quad \varphi_2' = 0,54$$

Следовательно, при а=136 мм стержень удовлетворяет условию устойчивости.

$$A = \frac{\sqrt{3}}{4}a^2 = 8102 мм^2$$

- Определяем критическую силу:

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 E J_{min}}{(\mu \cdot l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{96} \cdot 136^4}{(0,5 \cdot 6000)^2} = 740 kH$$

Определяем коэффициент запаса по устойчивости: $n_y = \frac{740}{700} = 1,06 > 1.$

Пример 4.11

Определить длину l сварного соединения в нахлестку двух стальных листов толщиной δ= 5,0 мм и шириной а = 100 мм, растягиваем силами F = 25 кН.

Решение

При расчете предполагаем, что распределение срезывающих сварку напряжений равномерное: $\tau = \frac{F}{S}$, S – площадь сечения среза.

Площадь сечения среза при наличии лобового фланговых швов

$$S = S_л + S_ф$$

Условие прочности сварочного соединения $\tau = \frac{F}{S_л + S_ф} \leq [\tau]$,

где $S_л$ – площадь среза лобового шва

$S_л = 2а \cdot 0,7\delta$,

а – длина шва

$S_Ф$ – площадь среза фланговых швов

$S_Ф = 2х \cdot 0,7\delta$,

х – длина флангового шва

$$\frac{F}{2a \cdot 0,7\delta + 2x \cdot 0,7\delta} \leq [\tau], \qquad x \geq \frac{F}{1,4\delta[\tau]} - a$$

$$x \geq \frac{25 \cdot 10^3}{1,4 \cdot 5 \cdot 30} - 100 = 19 мм, \quad \text{где} \quad [\tau] = 0,5[\sigma] = 0,5 \cdot 60 = 30 МПа$$

Принимаем x = 20 мм

l = a + x = 100 +20 = 120 мм.

Пример 4.12

Две стальных листа соединены заклепками. Определить число заклепок, на срез [τ] = 80 МПа, диаметр заклепки $d_з$ = 8,0 мм, сила сдвига Q = 35 кН. Проверить прочность заклепки смятие, если толщина листа h = 7,0 мм.

Решение

1. Из условия прочности на срез определяем поверхность среза

$$\tau = \frac{Q}{S_{ср}} \le [\tau] \qquad S_{ср} \ge Q/[\tau] \qquad S_{ср} \ge 35 \cdot 10^3 / 80$$

2. Определяем число заклепок n

$$S_{ср} = n \cdot \frac{\pi d_з^2}{4} \qquad n \ge \frac{4S_{ср}}{\pi d_{ср}^2} = \frac{4 \cdot 437{,}5}{\pi \cdot 8^2} = 8{,}7$$

Принимаем n = 9 заклепок.

3. Проверяем прочность заклепки на смятие

$$\sigma_{см} = \frac{Q}{n \cdot S_{см}} \le [\sigma_{см}] \qquad S_{см} = nh_з d_з$$

$$\sigma_{см} = \frac{35 \cdot 10^3}{9 \cdot 7 \cdot 8} = 69 МПа \qquad 69 \text{ МПа} < 160 \text{ МПа}$$

Условие прочности на смятие выполняется.