

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

**КРАЕВОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«КРАСНОЯРСКИЙ КОЛЛЕДЖ ОТРАСЛЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА»**

РАССМОТРЕНО

методической комиссией
протокол № 10 от 19.06.2026

УТВЕРЖДЕНО

Директор КГАПОУ «ККОТиП»
_____/Н. В. Журова/
Приказ №_01-55-1п от 29.06.2026 г.

**ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ
КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ РАБОЧИХ, СЛУЖАЩИХ/**

**23.01.17 МАСТЕР ПО РЕМОНТУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ
АВТОМОБИЛЕЙ**

(на базе основного общего образования)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**ВЧ. 03 ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА И ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
ДЛЯ АВТОМЕХАНИКОВ**

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора по УР
_____/ И.В.Беспёрстова

Красноярск, 2026 г.

Организация-разработчик: КГАПОУ «Красноярский колледж отраслевых технологий и предпринимательства»

Разработчики:

1. Гимранов Радик Габдулахатович, преподаватель КГАПОУ «Красноярский колледж отраслевых технологий и предпринимательства»;
2. Лукьянова Оксана Владимировна, преподаватель КГАПОУ «Красноярский колледж отраслевых технологий и предпринимательства».

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
2. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
5. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1.ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания к проведению практических занятий и лабораторных работ по учебной дисциплине ВЧ. 03 Инженерная графика и техническая механика для автомехаников, предназначены для обучающихся СПО по профессии 23. 01. 17 Мастер по ремонту и обслуживанию автомобилей.

Уровень профессиональной подготовки по специальности 23. 01. 17 Мастер по ремонту и обслуживанию автомобилей, определяемый ФГОС СПО, предусматривает владение практическими навыками выбора материалов для профессиональной деятельности.

Формируемые компетенции, реализуемые в процессе выполнения практических занятий и лабораторных работ:

уметь	оформлять проектно-конструкторскую, технологическую и другую техническую документацию в соответствии с действующей нормативной базой; выполнять изображения, разрезы и сечения на чертежах; выполнять детализацию сборочного чертежа; решать графические задачи; определять объемы и подбирать комплектующие при выполнении ремонтных работ систем и частей автомобилей; определять способы и средства ремонта
знать	основные правила построения чертежей и схем; способы графического представления пространственных образов; возможности пакетов прикладных программ компьютерной графики в профессиональной деятельности; основные положения конструкторской, технологической документации, нормативных правовых актов; основы строительной графики; назначение и взаимодействие основных узлов ремонтируемых автомобилей; виды и методы ремонтных работ, способы восстановления деталей

Выполнение лабораторных работ формирует и развивает общие и профессиональные компетенции:

Код	Наименование общих компетенций
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 03	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по правовой и финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях
ОК 04	Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде
ОК 05	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста
ОК 07	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях

ОК 08	Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности
ОК 09	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках

Код	Наименование профессиональных компетенций
ВПД 1.	выполнение регламентных работ по поддержанию автотранспортных средств в исправном состоянии
ПК 1.1.	Проводить предпродажную подготовку автотранспортных средств в процессе оказания услуг по продаже автотранспортных средств потребителям.
ПК 1.2.	Осуществлять техническое обслуживание автотранспортных средств.
ВПД 2.	Ремонт механических систем и установка дополнительного оборудования на автотранспортные средства
ПК 2.1.	Выполнять монтажные, демонтажные, регулировочные и диагностические работы механических компонентов автотранспортных средств.
ПК 2.2.	Выполнять ремонт узлов, агрегатов и механических систем автотранспортных средств
ПК 2.3.	Выполнять установку дополнительного оборудования на автотранспортные средства.

2. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные (практические) работы выполняются обучающимися по графику, составленному в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины ВЧ. 03 Инженерная графика и техническая механика для автомехаников.

Учебная дисциплина ВЧ. 03 Инженерная графика и техническая механика для автомехаников зависит от содержания лабораторных (практических) работ, которые соответствуют более глубокому освоению дисциплины, закреплению теоретических знаний и прививают обучающимся практические навыки самостоятельной работы.

Задача лабораторных работ (практических занятий) – закрепить теоретические знания обучающихся.

Согласно учебного плана по специальности и программы учебной дисциплины на лабораторные (практические) занятия обучающихся выделено 56 академических часа, из них:

Наименование раздела, номер и тема практического занятия (лабораторной работы)	Количество часов
Раздел 1. Общие сведения о машинной графике	
Практическая работа №1 Изучение панели инструментов программы «КОМПАС – График V13»	2*
Практическая работа №2 Настройка интерфейса. Глобальные привязки	2*
Практическая работа №3 Создание документа. Задание формата чертежа	2*
Практическая работа №4 Оформление чертежа. Ввод технических требований	2*
Практическая работа №5 Основная надпись	2*
Практическая работа №6 Виды. Создание и работа в видах	2*
Практическая работа №7 Вычерчивание контуров деталей с делением окружности на равные части, построением сопряжений и уклоном и конусностью на персональном компьютере	2*
Практическая работа №8 Построение комплексных чертежей усеченных геометрических тел, нахождение действительной величины фигуры сечения. Развертка поверхности тел на персональном компьютере	4*
Практическая работа №9 Выполнение чертежей деталей с применением простых разрезов на ПК	4*
Практическая работа №10 Вычерчивание болтового, шпилечного, винтового соединений деталей по условным соотношениям и упрощенно персональном компьютере.	2*
Практическая работа №11 Выполнение рабочего чертежа детали персональном компьютере.	2*
Практическая работа №12 Выполнение сборочного чертежа изделия на персональном компьютере.	2*
Лабораторное занятие 1 Решение задач на проверку законов трения	2*
Лабораторное занятие 2 Испытание на растяжение образца из низкоуглеродистой стали	2*
Лабораторное занятие 3 Выполнение расчетов на срез и смятие	2*

Лабораторное занятие 4. Испытание образца на срез	2*
Лабораторное занятие 5 Расчет на прочность при изгибе.	2*
Лабораторное занятие 6 Изучение явления «Наклепа».	2*
Лабораторное занятие 7. Расчет на прочность цилиндрической фрикционной передачи	2*
Лабораторное занятие 8 Расчет передачи винт-гайка	2*
Лабораторное занятие 9 Расчет параметров зубчатых передач	2*
Лабораторное занятие 10 Расчет зубчатой передачи на контактную выносливость	2*
Лабораторное занятие 11 Выполнение расчета параметров червячной передачи, конструирование	2*
Лабораторное занятие 12 Расчет плоскоременной горизонтальной передачи	2*
Лабораторное занятие 13 Выполнение проверочного расчета валов передачи	2*
Лабораторное занятие 14 Расчет подшипника скольжения	2*
ИТОГО:	56*

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Целью практических занятий является приобретение практических навыков работы в программе «КОМПАС», отработка обучающимися практических навыков по оформлению чертежных работ, как на бумаге, так и в компьютерном виде.

Исходя, из поставленных целей в работе будут решаться следующие задачи:

Закрепление знаний по:

- ✓ Оформлению чертежных работ.
- ✓ Работе в программе «КОМПАС»

Ознакомиться:

- ✓ с правилами работы в программе «КОМПАС»
- ✓ с правилами работы в сети Интернет.

Научиться пользоваться:

- ✓ программой «КОМПАС»
- ✓ всемирной паутиной интернет.

Работа обучающегося по теме занятия делится на три этапа:

- самостоятельная подготовка к занятию;
- практическое выполнение задания (по заданию);
- оформление результатов работы и защита.

Целью лабораторных занятий является приобретение практических навыков по выполнению метрологических проверок средств измерений, применению систем обеспечения качества работ при техническом обслуживании и ремонте автомобильного транспорта и определения износа соединений.

Исходя, из поставленных целей в работе будут решаться следующие задачи: отработка обучающимися практических навыков по измерению, оцениванию погрешностей измерений; ознакомлению с системой допусков и посадок, требованиями к точности линейных и угловых параметров изделий, погрешностями изготовления изделий, способами и средствами измерения параметров и характеристик.

Ознакомиться: основные понятия и аксиомы теоретической механики, законы равновесия и перемещения тел, методики выполнения основных расчетов по теоретической механике, сопротивлению материалов и деталям машин, основы проектирования деталей и сборочных единиц, основы конструирования.

При выполнении лабораторной работы формируются навыки: производить расчет на растяжение и сжатие, смятие, кручение, изгиб, выбирать детали и узлы на основе анализа их свойств для конкретного применения.

Научиться пользоваться: учебной и справочной литературой; таблицами условных обозначений; формулами расчета на определение параметров; алгоритмом для определения.

4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Раздел 1. Общие сведения об инженерной компьютерной графике.

Практическое занятие №1-12.

Тема:

«Изучение панели инструментов программы «КОМПАС – График V16»». (2 часа)

«Настройка интерфейса. Глобальные привязки». (2 часа)

«Создание документа. Задание формата чертежа». (2 часа)

«Оформление чертежа. Ввод технических требований». (2 часа)

«Основная надпись». (2 часа)

«Виды. Создание и работа в видах». (2 часа)

«Слои. Создание и работа в слоях. Фрагменты». (2 часа)

«Спецификация. Способы создания». (2 часа)

«Выполнение упражнений по построению изображений геометрических образов». (2 часа)

«Вычерчивание контуров деталей с делением окружности на равные части, построением сопряжений и уклоном, и конусностью на персональном компьютере». (2 часа)

«Построение комплексных чертежей усеченных геометрических тел, нахождение действительной величины фигуры сечения. Развертка поверхности тел на персональном компьютере». (4 часа)

«Выполнение чертежей деталей с применением простых разрезов на ПК». (4 часа)

«Вычерчивание болтового, шпилечного, винтового соединений деталей по условным соотношениям и упрощенно персональном компьютере». (2 часа)

«Выполнение рабочего чертежа детали персональном компьютере». (2 часа)

«Выполнение сборочного чертежа изделия персональном компьютере». (2 часа)

«Заполнения спецификации сборочного чертежа изделия на ПК». (2 часа)

Цель занятия:

1. Формирование знаний по теме: «Изучение панели инструментов программы «КОМПАС – График V13»».
2. Формирование знаний по теме: «Настройка интерфейса. Глобальные привязки».
3. Формирование знаний по теме: «Создание документа. Задание формата чертежа».
4. Формирование знаний по теме: «Оформление чертежа. Ввод технических требований».
5. Формирование знаний по теме: «Основная надпись».
6. Формирование знаний по теме: «Виды. Создание и работа в видах».
7. Формирование знаний по теме: «Слои. Создание и работа в слоях. Фрагменты».
8. Формирование знаний по теме: «Спецификация. Способы создания».
9. Формирование знаний по теме: «Выполнение упражнений по построению изображений геометрических образов».
10. Формирование знаний по теме: «Вычерчивание контуров деталей с делением окружности на равные части, построением сопряжений и уклоном, и конусностью на персональном компьютере».
11. Формирование знаний по теме: «Построение комплексных чертежей усеченных геометрических тел, нахождение действительной величины фигуры сечения. Развертка поверхности тел на персональном компьютере».
12. Формирование знаний по теме: «Выполнение чертежей деталей с применением простых разрезов на ПК».

13. Формирование знаний по теме: «Вычерчивание болтового, шпилечного, винтового соединений деталей по условным соотношениям и упрощенно персональном компьютере».

14. Формирование знаний по теме: «Выполнение рабочего чертежа детали персональном компьютере».

15. Формирование знаний по теме: «Выполнение сборочного чертежа изделия персональном компьютере».

16. Формирование знаний по теме: «Заполнения спецификации сборочного чертежа изделия на ПК».

17. Развивать познавательные интересы.

18. Воспитывать внимание, дисциплинированность и самостоятельность в работе.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: компьютер с выходом в Интернет, чертежные инструменты, бумага.

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально.

Практические задания

Выполнить выше представленные задания в программе «Компас».

ОТЧЕТ

Сохраните документ: *Представить работы для оценивания преподавателю.*

Инструкционно-технологическая карта № 1

Тема: Введение. Основы компьютерной графики. Построение геометрических примитивов. Простановка размеров.

Цель: изучение интерфейса графического редактора, знакомство с рабочими панелями, изучение геометрических примитивов.

Знать: рабочие панели, возможности программы.

Уметь: рационально пользоваться ИКТ, оформлять чертежи в соответствии с требованиями ГОСТ.

Оснащение рабочего места: ИКТ, инструкционные карты, индивидуальные задания.

Литература: учебник Азбука Компас-График V-13 Строительная конфигурация.

Время работы: 6 часов

Теоретический материал.

Введение. Основы компьютерной графики.

1.1 Назначение графического редактора КОМПАС-ГРАФИК.

Графический редактор КОМПАС-ГРАФИК ориентирован на быстрое и удобное выполнение чертежей. КОМПАС весьма популярен среди пользователей. КОМПАС кроме графического редактора, включает в себя целый ряд программных продуктов, значительно повышающих эффективность и качество проектирования. Он одинаково удобен как для машиностроения, так для и приборостроения, строительства и архитектуры.

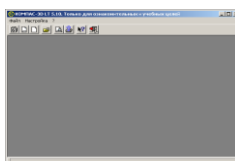
Задача КОМПАС-ГРАФИК - подготовка и выпуск чертежно-конструкторской документации.

Основные возможности КОМПАС-ГРАФИК:

- геометрические построения средствами "электронного кульмана";
- редактирование изображения (сдвиг, повтор, копирование, масштабирование, деформация, симметрия и т.д.);
- форматирование текстовых надписей;
- оформление технических требований и основных надписей;
- сохранение типовых фрагментов чертежа и их перенесение в другой чертеж;
- использование библиотек типовых параметрических изображений;
- создание сборочных чертежей и т.д.

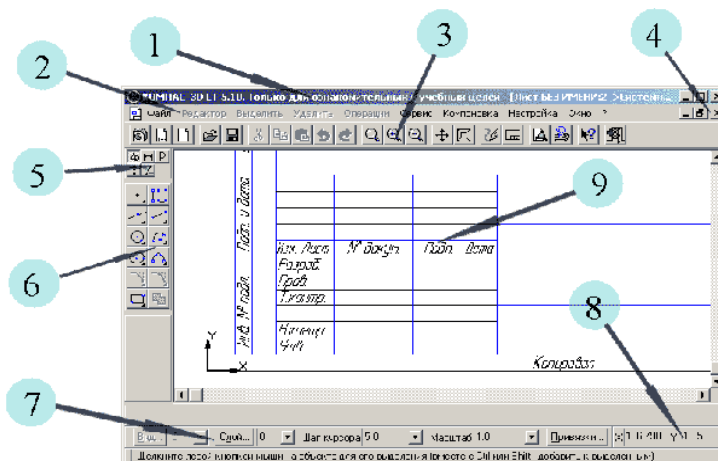
1.2 Запуск программы. Основные элементы рабочего окна программы КОМПАС-ГРАФИК.

1. Запустить программу КОМПАС-3D можно щелкнуть ЛК мыши на пиктограмме на рабочем столе Windows. Эта пиктограмма создается автоматически при установке системы на жесткий диск.
2. После запуска системы на экран появится главное окно системы, в котором пока нет ни одного открытого документа и присутствует минимальный набор командных кнопок.



3. Щелкните мышью (ЛК) в строке меню на слове Файл. Появится выпадающее меню, в первой строке которого будет команда **Создать**. Укажите на нее курсором мыши. Выберите **Чертеж (Файл >> Создать >> Чертеж)**. Возникнет изображение формата (М 1: 1) с основной надписью. Одновременно с этим в первой строке экрана появится извещение о присвоенном по умолчанию имени вновь созданного файла: *Лист БЕЗ ИМЕНИ: 1*.

Основные элементы указаны цифрами.



1. *Заголовок окна* - содержит название документа
2. *Строка меню* - в ней расположены все основные меню системы, в каждом меню хранятся связанные с ним команды.
3. *Панель управления* - в ней собраны команды, которые часто употребляются при работе с системой.
4. *Кнопки управления окнами:*
 -  Кнопка, закрывающая окно.
 -  Кнопка "Свернуть", щелчком по ней убирается окно с рабочего стола, при этом приложение продолжает выполняться.
 -  Кнопка "Развернуть" увеличивает окно до размера экрана.
 -  Кнопка "Восстановить" переводит окно в промежуточное состояние.
5. *Панель переключения* - производит переключение между панелями
6. *Панель инструментов* - состоит из нескольких отдельных страниц (панель геометрии, размеров, редактирования)
7. *Строка состояния* объекта - указывает параметры объекта
8. *Текущие координаты*
9. *Поле чертежа с рамкой* (формат А4)
10. Рассмотрим типы графических документов КОМПАС-ГРАФИК

Название документа	Содержание
Чертеж	Лист чертежа представляет собой чертеж объекта и его оформление: ○ чертежи (файлы .CDW) ○ задание формата листа бумаги; ○ типа основной надписи (штампа); ○ технические требования; ○ неуказанная шероховатость; ○ объекты связанной с листом спецификации.
Фрагмент	○ отличается от чертежа только отсутствием элементов оформления и предназначается для хранения типовых решений и конструкций для последующего использования (вставки) в других документах; ○ Фрагменты (файлы .FRW; ○ Фрагмент можно в любой момент времени поместить в чертеж и наоборот. ○ технические требования; ○ неуказанная шероховатость; ○ объекты связанной с листом спецификации.
Деталь	Предназначена для построения детали в трех проекциях.

Текстовый документ	Предназначена для работы с текстовым документом
Спецификация	Предназначена для работы с различными видами спецификации
Сборка	Предназначена для сборки деталей в формате 3D

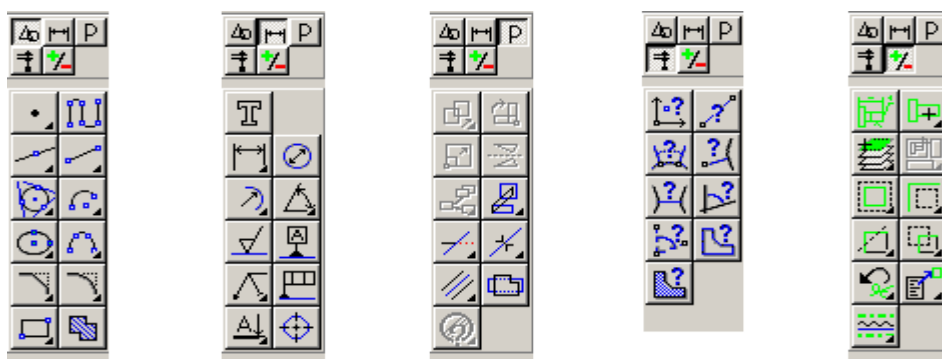
Для закрытия открытого документа достаточно щелкнуть по кнопке **Закрыть** 

- Для завершения работы можно открыть меню **Файл** >> **Выход** или использовать клавиатурную команду **[Alt]+[F4]**. Нажать кнопку 
- Если вы не вносили никаких изменений, то документ будет закрыт немедленно.

1.3 Знакомство с основными панелями КОМПАС-ГРАФИК.

Инструментальная панель находится в левой части главного окна и состоит из двух частей. В верхней части расположены девять кнопок переключателей режимов работы, а в нижней части - панель того режима работы, переключатель которого находится в нажатом состоянии. Отдельные кнопки в правой нижней части имеют небольшой черный треугольник. При щелчке мышью на такой кнопке и удержании ее в нажатом состоянии некоторое время рядом с ней появляется новый ряд кнопок-пиктограмм с подкомандами. Каждая панель соответствующего режима работы содержит до двенадцати кнопок-пиктограмм для вызова конкретной команды.

Основные панели показаны на рисунке



- 1 Инструментальная панель **геометрии** обеспечивает возможность начертить любую линию или фигуру любым стандартным типом линии, а также выполнить штриховку любой области.
- 2 Инструментальная панель **размеров** и технологических обозначений. На этой панели расположены кнопки, позволяющие обратиться к командам простановки размеров и технологических обозначений. Для вызова какой-либо команды нажмите соответствующую кнопку панели.
- 3 Инструментальная панель **выделения**. На этой панели расположены кнопки, позволяющие обратиться к командам выделения графических объектов документа и

командам снятия выделения. Для вызова какой-либо команды нажмите соответствующую кнопку панели.

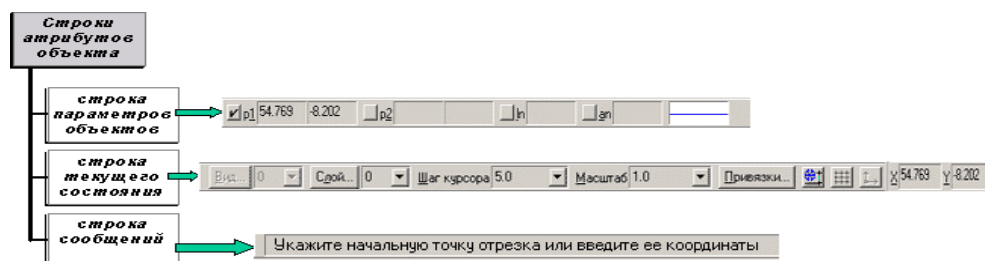
- 4 Инструментальная панель **измерений**. На ней расположены кнопки вызова команд, позволяющих измерить длину объекта, расстояние или угол между объектами, площади и массо-центровочные характеристики объектов.
- 5 Инструментальная панель **редактирования** содержит команды, позволяющие проводить редактирование элементов чертежа - копирование, масштабирование, поворот, сдвиг, зеркальное отображение, деформацию и многое другое.

1.4 Информация строки состояния объектов.

В главном окне расположены строки атрибутов объекта:

Строка параметров объектов	Строка параметров объектов содержит значения характерных параметров элемента, который в настоящий момент редактируется или создается на чертеже. Например, при рисовании отрезка на ней отображаются координаты начальной и конечной точек, длина отрезка и угол наклона, а также тип линии, которым этот отрезок будет вычерчен.
Строка текущего состояния	Строка текущего состояния отображает текущие параметры КОМПАС-ГРАФИК, а именно: вид (в чертеже), слой, масштаб отображения в окне, шаг курсора, координаты текущего положения курсора. Также там находятся кнопки управления объектными привязками, сеткой и локальными системами координат.
Строка сообщений	Строка сообщений подсказывает очередное действие для выполнения текущей команды или дает пояснения для элемента, на который в данный момент указывает курсор.

Ниже на рисунке приведены атрибуты объекта (при вводе отрезка).



1.5 Изменение размера изображения.



Для увеличения какой либо области документа используется кнопка Увеличить масштаб рамкой



Для плавного изменения масштаба используется кнопка Ближе/дальше



Перемещение изображения в окне документа без изменения масштаба достигается нажатием кнопки Сдвинуть изображение



Для отображения в окне всего документа служит кнопка Показать все



Для обновления изображения служит кнопка Обновить

1.6 Выбор формата чертежа и основной надписи.

Для изменения формата и вида штампа следует выбрать:

1. Меню *Сервис*
2. Команду *Менеджер документа*
3. Формат *A3*, ориентация *горизонтальная*, оформление *рабочие чертежи 03*.

Задание:

Упражнение №1. Выполнить построение отрезка по указанному алгоритму и проанализировать строку объекта.

Алгоритм построения отрезка.

1. Запустить программу КОМПАС  (ЛК мыши).
2. Щелкните мышью (ЛК) в строке меню на слове **Файл**. Появится выпадающее меню, в первой строке которого будет команда **Создать**. Укажите на нее курсором мыши. Выберите **Чертеж (Файл >> Создать >> Чертеж)**. Возникнет изображение формата (М 1: 1) с основной надписью. Одновременно с этим в первой строке экрана появится извещение о присвоенном по умолчанию имени вновь созданного файла: *Лист БЕЗ ИМЕНИ: 1*.
3. Включите кнопку *Геометрические построения*  на панели инструментов (ЛК мыши).
4. На панели управления  найдите кнопку *Показать все* (лупа с листком) и щелкните на ней (ЛК мыши). Появится целое изображение формата в уменьшенном виде.
5. Выберите кнопку-пиктограмму *Ввод отрезка*  на инструментальной панели геометрии и щелкните на ней кнопкой мыши. Появится строка параметров объекта при вводе отрезка.
6. Введите координаты X и Y первой точки t1 отрезка, а затем второй точки t2 (координаты вводятся с клавиатуры). Для этого следует дважды щелкнуть мышью в поле (окошечке) справа от надписи t1 параметра первой точки (на рисунке X1=50) и, не перемещая больше мыши, наберите на клавиатуре значение координаты X1 (например, 50).
7. Переместите указатель мыши, не выходя из строки параметров объекта, в следующее поле (на рисунке Y1=60) и, дважды щелкнув, наберите значение координаты Y1 (например, 60). Зафиксируйте значения первой точки отрезка нажатием клавиши Enter или щелчком на кнопке t1.
8. Таким же образом назначьте координаты второй точки отрезка (например, 80, 100). После нажатия Enter на чертеже появится изображение отрезка.

9. Система остается в режиме ожидания для проведения второго отрезка. Если в этом нет надобности, то необходимо прервать текущую команду. Для этого надо щелкнуть на кнопке со знаком *Stop* слева от рабочего экрана

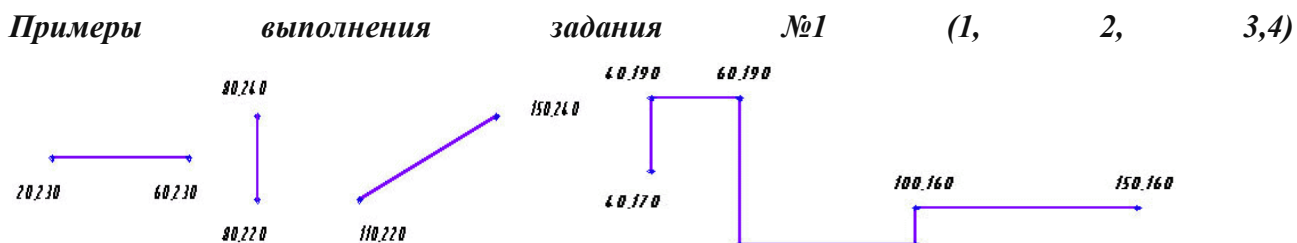
Упражнение №2 Выполнить удаление отрезка по указанному алгоритму и проанализировать строку объекта.

Алгоритм построения отрезка.

1. Укажите на построенный отрезок. Для этого нужно установить прицел перекрестия на отрезке и щелкнуть левой кнопкой мыши. Отрезок выделится (инвертируется) другим цветом, а на его концах появятся черные квадратики (маркеры), обозначающие границу выделения.
2. Нажмите клавишу Delete на клавиатуре. Отрезок будет удален.

Упражнение №3 Построение отрезков и замкнутых контуров по координатам.

1. Построить горизонтальный отрезок первая точка (20, 230) вторая точка (60, 230).
2. Построить вертикальный отрезок первая точка (80, 220) вторая точка (80, 240).
3. Построить отрезок (110, 220) и (150, 240)
4. Построить ломаную по координатам (40,170); (40, 190) ; (60, 190) ; (60, 150); (60, 150); (100, 150); (100, 160); (150, 160).
5. Построить ломаную по координатам (40,100); (60,120); (100,90); (150,85);
6. Построить замкнутый контур из отрезков (контур придумать самостоятельно) и написать алгоритм построения.



Построение геометрических примитивов.

1.1. Геометрические примитивы и работа с ними.

Кнопки, позволяющие вызвать дополнительную панель команд, помечены треугольником в правом нижнем углу. Если на экране нет кнопки, показанной в описании команды, следует нажать на кнопку для ввода аналогичного типа объекта и удерживать ее до появления дополнительной панели команд. После чего, не отпуская левой клавиши мыши, надо передвинуть курсор на нужную кнопку и отпустить клавишу. Каждый графический примитив может быть выполнен линиями определенных типа, толщины, цвета и расположен на определенном слое чертежа.

1.2. Команды ввод многоугольника и прямоугольника.

Для построения правильного многоугольника служит команда **Многоугольник** , а для ее вызова надо нажать одноименную кнопку на инструментальной панели *геометрии*.

В строке параметров объекта необходимо назначить число сторон будущего многоугольника. После чего указать курсором центр многоугольника и точку на описанной (вписанной) окружности, определяющей его размер. Способ построения многоугольника выбирается с помощью кнопки-переключателя, расположенной левее поля *Стиль линии* в строке параметров объекта. Многоугольник может рисоваться с осями и без. Наличие или отсутствие осей определяет кнопка-переключатель, расположенная справа от поля *Стиль линии*. При построении многоугольника можно задать координаты центра, радиуса окружности, координаты точки на этой окружности, а также угол наклона многоугольника в соответствующих полях строки параметров объекта.

Кроме построения правильного многоугольника в этой же группе команд присутствуют команды для построения прямоугольника. Прямоугольник может быть построен двумя способами - по любой диагонали либо по центру и углу.

Для вызова построения прямоугольника используются кнопки:



- кнопка Прямоугольник по диагональным точкам,



- кнопка Прямоугольник по центру и углу.

Параметры прямоугольника можно задать также его высотой и шириной в полях строки *параметров объекта*.

1.3. Команда ввод окружности.

Для вычерчивания окружности служит команда **Окружность** , для вызова которой нажмите одновременно кнопку на инструментальной панели геометрии.

Эта команда позволяет начертить окружность по двум точкам. Сначала запрашивается координата центра окружности, которую можно указать курсором, после чего на экране возникает фантом окружности. Затем надо указать курсором точку на окружности. Значения координат центра, точки на окружности и радиус можно задавать в полях строки параметров объекта. Там же можно указать наличие или отсутствие осей на вычерчиваемой окружности с помощью переключателя *Отрисовка осей*.

Для изменения стиля отрисовки окружностей следует щелкнуть мышью на *Поле стиля* и в появившемся диалоговом окне выбрать требуемый стиль.

Кроме окружности по координатам центра и точке на окружности, вычерчиваются окружности и с другими входными параметрами. Вызов команд для вычерчивания таких окружностей осуществляется кнопками с соответствующими названиями:

-  - кнопка Окружности по трем точкам;
-  - кнопка Окружность, касательная к кривой;
-  - кнопка Окружность, касательная к двум кривым;
-  - кнопка Окружность, касательная к трем кривым;
-  - кнопка Окружность по двум точкам.

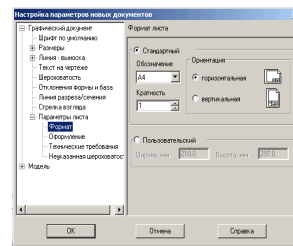
Задание:

Упражнение №1. Алгоритм выполнения практической работы "Линии чертежа".

Запустить программу КОМПАС-3DLT можно щелкнуть ЛК мыши на пиктограмме на рабочем столе Windows

1. Выберите **Чертеж (Файл >> Создать >> Чертеж)**.
2. Меню **Сервис > Параметры > Параметры первого листа**
3. В окне диалога "Параметры первого листа" выбрать **>> Формат** и установить параметры в Формате листа:

- Обозначения: А 4
- Ориентация: горизонтальная



4. Выбрать инструмент **отрезок**. 
5. Начертить горизонтальный отрезок по координатам
 - 1 точка (50;200) дважды щелкнуть мышью в поле (окошечке) справа от надписи p1 параметра первой точки
 - клавиша <Tab>
 - Ориентация: горизонтальная
 - 2 точка (200;200) нажать с клавиатуры [Alt +2]
6. Выполнить надпись линии – *Основная* Для этого необходимо сделать активной панель ЛКМ, Размеры и технологические обозначения.
7. Сделать активным инструмент ЛКМ **ввод текста**
8. Около начерченной линии щелкнуть ЛКМ и ввести надпись линии. Прервать команду можно нажав клавишу ESC
9. Щелкнуть ЛКМ на строке параметров объекта выбрать другой тип линии (тонкая)



Для завершения текущей команды ввода или редактирования нужно выполнить одно из следующих действий:

- нажать клавишу <Esc>
- отжать кнопку команды
- нажать кнопку любой другой команды

- нажать кнопку Прервать команду на панели специального управления

В окне диалога текущий стиль выбрать тип линии тонкая и нажать на кнопку выбрать ЛКМ.

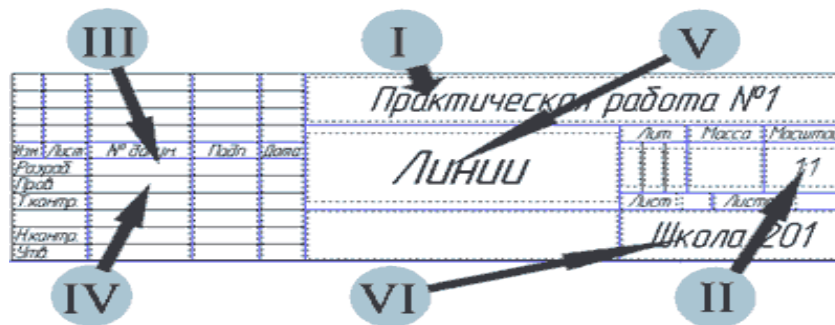
10. Заполните основную надпись - штамп. Активизируйте основную надпись двойным щелчком ЛКМ в любой точке штампа.

Перед заполнением штампа увеличьте его во весь экран с помощью команды **Сервис >> Изменить масштаб рамкой**. При заполнении ячеек система автоматически располагает по центру или выравнивает его по левой границе ячейки, подбирает необходимую высоту и ширину символов для равномерного заполнения ячеек. Начните заполнение ячеек штампа. Установите курсор на ячейке и зафиксируйте его положение нажатием ЛКМ и начните заполнение с клавиатуры:

- I. графа № Графическая работа № ____.
- II. графа "Масштаб" - 1:1;
- III. графа "Выполнил" введите - свою фамилию;
- IV. графа "Проверил" введите - фамилию преподавателя;
- V. графа "Тема" введите – Н.-р.: Линии;
- VI. графа организация – ГБПОУ БАТ С-204

11. Сохраните лист **Файл >> Сохранить** имя файла:

Линии_ фамилия_ № группы



Упражнение № 2. Построить прямые и выполнить надпись линии аналогично п.4-10

- Осева (50;160); (200;160)
- Штриховая (50;140); (200;140)
- Утолщенная (50;120) (200;120)
- Осева основная (500;100) (200;100)
- Штриховая основная (80;80) (200;80)

Линейные размеры могут располагаться параллельно линии, горизонтально или вертикально.

Вкладка **Параметры** служит для управления создаваемым размером (рис.3) и содержит следующие кнопки:

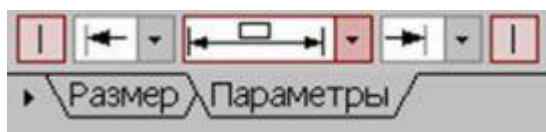


Рис. 3 Вкладка **Параметры**

	1) Переключатели, управляющие отрисовкой первой и второй выносными линиями размера.
	2) Список, позволяющий выбрать вид первой и второй стрелки размера;
	3) Список, позволяющий указать нужный способ размещения размерной надписи.

Диалог ввода размерной надписи  позволяет задать нужное значение размера и настроить его оформление. Щелчок мыши по этой кнопке открывает окно, изображенное на рис.4.

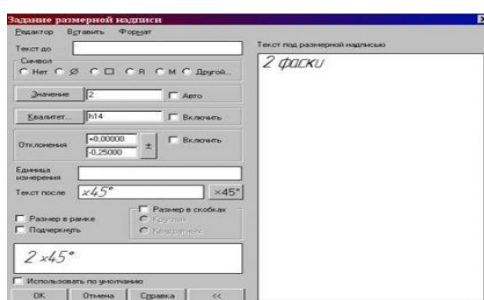


Рис.4 Задание размерной надписи

Кнопка **Авторазмер**  позволяет построить размер, тип которого автоматически определяется системой в зависимости от того, какие объекты указаны для простановки размера.

Порядок и способы указания геометрических объектов зависят от того, какой именно размер требуется проставить:

- ☐ Линейный;
- ☐ Линейный с обрывом;
- ☐ Линейный от отрезка до точки.

Для выхода из команды простановки размера нажмите кнопку  **Прервать команду** на Панели специального управления или клавишу <Esc>.

Диаметральный размер

Для проставления размеров окружностей используется кнопка  **Диаметральный размер**, расположенная на Инструментальной панели **Размеры** (рис.5).

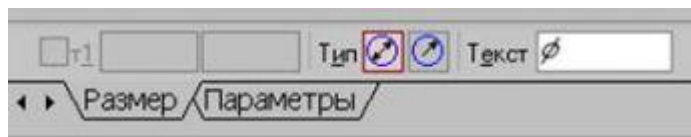
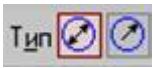


Рис.5 Вкладка с элементами управления диаметральный размером

Переключатель  **Тип** позволяет указать тип размерной линии диаметра: полная или с обрывом. Для выбора нужного варианта нажмите нужную кнопку в группе **Тип** на вкладке **Размер** Панели свойств (рис.5).

Кнопка  **Текст** служит для ввода размерной надписи, ее окно аналогично окну линейного размера.

Вкладка **Параметры** служит для управления создаваемым размером.

Радиальный размер

Для нанесения размеров дуг используется кнопка  **Радиальный размер**, расположенная на Инструментальной панели **Размеры**. На панели управления (рис.6) можно выбрать **Тип** размерной линии радиального размера: от центра или не от центра, ввести текст размерной надписи. Вкладка **Параметры** служит для управления создаваемым размером.



Рис.6 Вкладка управления радиальным размером

Задание:

Упражнение № 1: Чертеж крышки

1. Создать формат А4, заполнить основную надпись.
2. Включить **Привязки** - Середина, Пересечение, Выравнивание, Точка на кривой

3. Построить правильный квадрат с описанной окружностью радиусом 50 (рис1) используя кнопку **Многоугольник**

4. Из середин сторон квадрата, как из центров, построить дуги радиусом R20.

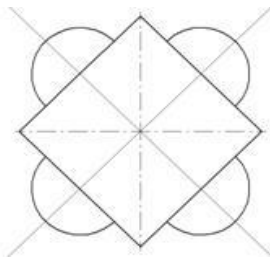


Рис1

5. Построить вспомогательные линии через центры дуг и центр квадрата.

6. Прочертить осевые линии для дуг (рис.2) поверх вспомогательных линий, используя привязку **Точка на кривой**. Стереть вспомогательные линии.

7. Стереть части сторон квадрата между концами дуг, используя кнопку **усечь кривую**

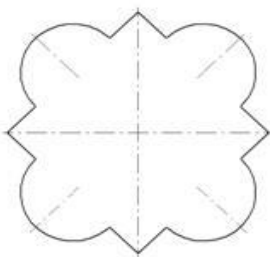


Рис. 2

8. Построить окружность радиусом 30 мм осевой линией (рис.3), разделить ее на шесть частей. Из полученных точек как из центров построить шесть окружностей R5.

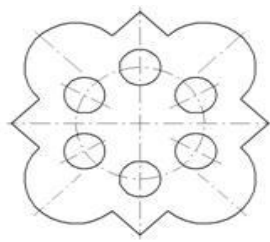


Рис. 3

9. Прочертить осевые линии для окружностей, используя вспомогательные линии и привязку **Точка на кривой**.

10. Нанести все указанные размеры.

5. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Тема: Лабораторное занятие 1. Решение задач на проверку законов трения (2 часа)

Цель занятия: формирование умения определять направление и значение сил трения

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортир

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Практические задания:

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме:

Как трение, так и сцепление являются следствием шероховатости поверхности и сервовитной пленки, возникающей в зоне контакта.

Чтобы снизить трение необходимо уменьшить взаимодействие тел в зоне контакта на молекулярном уровне. Для снижения коэффициента трения используют смазки, а также подбираются материалы с низким коэффициентом трения.

Сервовитная пленка — защитная металлическая пленка, в которой протекает диффузионно-вакансионный механизм сдвига. Возникает в начальной стадии трения в результате избирательного растворения анодных компонентов поверхностного слоя металла или сплава.

Законы трения:

- 1) сила трения направлена противоположно скорости и параллельно плоскости;
- 2) модуль силы трения равен произведению реакции опоры на коэффициент трения;
- 3) сила трения постоянна, а сила сцепления возрастает от 0 до максимального значения, пока тело не придет в движение;
- 4) сила трения не зависит от удельной поверхности трущихся тел.

При качении реакция опоры смещается, так как происходит продавливание.

При действии сдвигающей силы, приложенной к катку, покоящемуся на шероховатой поверхности, возникает сила, противодействующая возможному смещению тела из равновесного положения или его действительному перемещению при его движении и пара сил, момент которой препятствует повороту катка. Возникновение пары сил, препятствующей качению, связана с деформацией опорной плоскости, в результате которой равнодействующая нормальных реактивных сил по площадке контакта смещена от линии действия силы тяжести в сторону возможного или действительного движения.

Пример решения:

Определить силу F , необходимую для равномерного перемещения бруса по горизонтальной шероховатой поверхности.

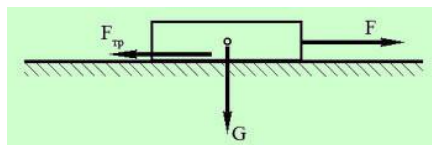


Рис. 1

Исходные данные:

Коэффициент трения между брусом и поверхностью $f = 0,6$;

Масса бруса $m = 12$ кг;

Ускорение свободного падения g принять равным 10 м/сек².

Решение:

Эта задача решается с использованием законов движения тел под действием сил трения скольжения.

Для того, чтобы тело равномерно перемещалось по поверхности без ускорения, сила трения должна быть равна силе тяги (т. е. искомой силе F): $F = F_{\text{тр}}$.

Поскольку поверхность горизонтальная, сила трения равна весу тела, умноженному на коэффициент трения:

$$F_{\text{тр}} = f \cdot G,$$

где: $G = mg$ - вес тела.

$$F = F_{\text{тр}} = f \cdot G = 0,6 \times 12 \times 10 = 72 \text{ Н.}$$

Задача решена.

Данные для выполнения лабораторного занятия

Задача 1

В результате полученного толчка кирпич начал скользить вниз по неподвижной ленте конвейера, расположенной под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонтальной плоскости.

Определите модуль и направление ускорения кирпича, если коэффициент трения скольжения кирпича о ленту конвейера $\mu = 0,6$.

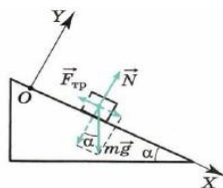


Рис. 3.26

Рис. 2

Задача 2

В кузове автомобиля лежит ящик массой 30 кг. Определите, с каким максимальным ускорением может двигаться автомобиль, начинающий движение, чтобы ящик не сдвинулся. Коэффициент трения ящика о пол кузова равен $\mu = 0,3$.

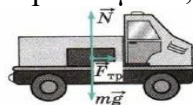


Рис. 3.27

Рис. 3

Задача 3

По наклонной плоскости тянут равноускоренно за канат ящик массой 50 кг. Угол у основания наклонной плоскости 30° , коэффициент трения 0,2. Ящик поднимают на высоту 20 м за 5 с. Определите силу натяжения каната.

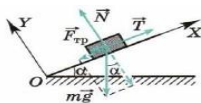


Рис. 3.28

Рис.4

Задача 4

Девочка тянет равномерно по снегу нагруженные санки массой 40 кг. Коэффициент трения санок о снег 0,04. Определите, под каким углом должна быть расположена верёвка, чтобы её натяжение было минимально.

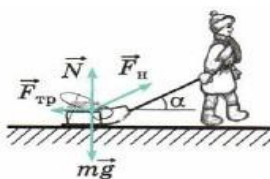


Рис. 3.29

Рис.5

Задача 5

Определить силу P , необходимую для равномерного качения цилиндрического катка диаметра 60 см и веса 300 Н по горизонтальной плоскости, если коэффициент трения качения $k=0,5$ см, а угол, составляемый силой P с горизонтальной плоскостью, равен $\alpha=30^\circ$.

Обеспечение занятий: калькулятор, решение заданий оформляется в тетрадях для практических работ, раздаточный материал.

Содержание отчета:

1. Наименование занятия
2. Цели работы
3. Выполнение расчетов.
4. Ответы на контрольные вопросы
5. Вывод о проделанной работе

Контрольные вопросы

1. Что такое трение?
2. От чего зависит коэффициент трения?
3. Положительное и отрицательное действие трения.
4. Что называется трением качения?
5. От чего зависит сила трения?
6. Формула нахождения силы трения

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если ученик дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся, допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Тема: Лабораторное занятие 2. Испытание на растяжение образца из низкоуглеродистой стали (2 часа)

Цель занятия: выполнение расчетов элементов конструкций, испытывающих деформацию растяжения (сжатия).

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортир

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Практические задания:

Задание: Для заданного двухступенчатого стального бруса, нагруженного двумя силами F_1 и F_2 , построить эпюры продольных сил (N_z). Определить площади поперечных сечений и диаметр каждой ступени бруса из условия прочности; построить эпюры нормальных напряжений; определить удлинение (укорочение) каждой ступени и найти перемещение свободного конца бруса.

При расчетах принять $[\sigma]=150\text{МПа}$; $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$. Исходные данные выбрать из таблицы.

Задания к практической работе

Вариант 1, 11, 21	Вариант 2, 12, 22	Вариант 3, 13, 23	Вариант 4, 14, 24	Вариант 5, 15, 25
Вариант 6, 16, 26	Вариант 7, 17, 27	Вариант 8, 18, 28	Вариант 9, 19, 29	Вариант 10, 20, 30

Порядок выполнения работы

1. Изобразить расчетную схему в соответствии с вариантом.
2. Выписать исходные данные из таблицы.
3. Разделить брус на участки, границы которых определяются сечениями, где изменяются площадь поперечного сечения или приложены внешние нагрузки. Пронумеровать участки.
4. Определить внутренние силовые факторы на каждом участке для чего применить метод сечения.

5. Построить эпюру N_z .

6. Из условия прочности при растяжении.

$$\sigma_{max} = \frac{N_z}{A} \leq [\sigma]$$

Найти площадь поперечных сечений бруса на каждом участке.

$$A \geq \frac{N_{zi}}{[\sigma]} \quad (\text{мм}^2)$$

Определить диаметр каждого из сечений:

$$d \geq \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (\text{мм})$$

Округлить диаметр до стандартного из ряда чисел $R40$.

7. Уточнить площади поперечных сечений: $A'_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$ $A'_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$

8. Определить напряжения на каждом из участков.

$$\sigma_{ucm} = \frac{N_z}{A'} \quad (\text{МПа})$$

9. Построить эпюру нормальных напряжений по длине бруса.

10. Определить деформацию каждого участка.

$$\Delta l_i = \frac{N_{zi} l_i}{A_i \cdot E} = \frac{\sigma_i l_i}{E} \quad (\text{мм})$$

11. Определить перемещение свободного конца бруса.

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2$$

12. Выводы по выполненной работе.

Контрольные вопросы

1. Как нагрузить прямой стержень, чтобы он испытывал только растяжение?
2. Что такое продольная и поперечная деформации бруса при растяжении (сжатии)? Какова зависимость между ними?
3. Сформулируйте закон Гука.
4. Какие поперечные сечения бруса называют опасными?
5. Какая величина в формуле Гука характеризует жесткость материала?
6. Зависит ли нормальное напряжение от формы поперечного сечения?
7. Во сколько раз изменится удлинение бруса, если при прочих равных условиях:
а) увеличить длину бруса в 2 раза;
б) увеличить диаметр бруса в 2 раза. Как отразятся подобные изменения на прочности бруса?

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если ученик дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся, допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Тема: Лабораторное занятие 3 Выполнение расчетов на срез и смятие (2 часа)

Цель занятия: формирование умения осуществлять расчеты на срез и смятие

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортир

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме

Сдвиг – вид деформации, при котором в поперечных сечениях стержня возникает только поперечная сила Q , а остальные внутренние силовые факторы равны нулю.

Заклёпочные соединения относятся к неразъёмным соединениям, так как для их разборки необходимо разрушить соединительные элементы – заклёпки.

Срез – разрушение соединения в результате перерезывания заклёпок по плоскости соприкосновения деталей.

Односрезными называются соединения, у которых при разрушении заклёпок срез каждой из них происходит по одному поперечному сечению.

Двухсрезными называются соединения, у которых при разрушении заклёпок срез каждой из них происходит по двум поперечным сечениям.

Смятие – местное деформирование деталей в зоне их контакта.

Практические расчёты на срез и смятие базируются на следующих допущениях:

1. Предполагается, что в поперечных сечениях стержня *возникает только* один внутренний силовой фактор - поперечная сила Q ;
2. Предполагается, что касательные напряжения, возникающие в поперечном сечении, распределены по его площади равномерно.
3. Предполагается, что если соединение осуществлено несколькими одинаковыми деталями (заклёпками), то все они нагружены одинаково.

Условие прочности на срез:

$$\tau_{ср} = Q/A_{ср} \leq [\tau_{ср}],$$

где $\tau_{ср}$ – расчетное напряжение среза, возникающее в поперечном сечении детали (заклёпки);

Q – поперечная сила;

$A_{ср}$ – площадь среза одной заклёпки;

$[\tau_{ср}]$ - допускаемое напряжение на срез.

При нескольких одинаковых соединительных деталях:

$$Q = F/i,$$

где F – сила, общая нагрузка соединения;

i – число заклёпок.

Условие прочности на смятие:

$$\sigma_{см} = F/(iA_{см}) \leq [\sigma_{см}],$$

где $\sigma_{см}$ - расчётное напряжение смятия;

F - сила, общая нагрузка соединения;

i - число заклёпок;

$A_{см}$ - расчётная площадь смятия;

$[\sigma_{см}]$ - допускаемое напряжение на смятие.

Условие прочности при растяжении (сжатии):

$$\sigma_{max} = F/A \leq [\sigma],$$

где σ_{max} - максимальные напряжения, возникающие в листах;

F - сила, общая нагрузка соединения;

A – площадь сечения листа;

$[\sigma]$ - допускаемое напряжение на растяжение; (для стали $[\sigma]=160$ МПа);

Пример расчета:

Проверить прочность на срез и смятие заклепочное соединение (рис.1) и прочность листа по ослабленному сечению при растяжении силами P по следующим исходным данным:

$P = 40 \text{ кН}$, $b = 80 \text{ мм}$; $d = 8 \text{ мм}$; $[\sigma_p] = 14 \text{ см} \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$; $[\tau_{cp}] = 10 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$; $[\sigma_{cm}] = 24 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$; $b = b_1 = 1,0 \text{ мм}$.

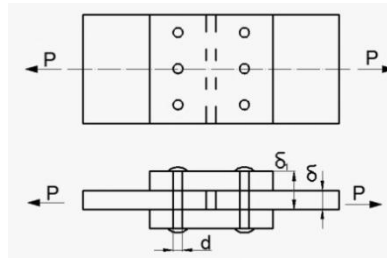


Рис. 1

Решение:

Проверить прочность на срез:

$$\tau_{cp} = \frac{P}{2 \cdot 3 \cdot 50,24} \leq [\tau_{cp}],$$

где $n=2$ при двухсрезном соединении;

i – число заклепок по одну сторону от стыка. $i=3$;

F_{cp} – площадь сечения заклепки.

$$F_{cp} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$F_{cp} = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} = 50,24$$

$$\tau_{cp} = \frac{40}{2 \cdot 3 \cdot 50,24} = 0,13 \leq [10],$$

Из расчета видно, что прочность заклепочного соединения не нарушается.

Прочность заклепочного соединения на срез достигается.

2. Проверка прочности на смятие:

$$\sigma_{cm} = \frac{P}{i \cdot F_{cm}} \leq [\sigma_{cm}]$$

Так как в соединении $2 \delta_1 > \delta$, то принимаем в расчете меньшую площадь смятия:

$$F_{cm} = d \cdot \delta$$

$$F_{cm} = 1 \cdot 1 = 1,0 \text{ см}^2$$

$$\sigma_{cm} = \frac{40}{3} < [24]$$

$$13 < [24].$$

Прочность заклепочного соединения на смятие достигается.

Данные для выполнения лабораторного занятия

Задание 1

Проверьте прочность заклепочного соединения на срез и смятие.

Нагрузка на соединение F (кН), $[\tau_{cp}] = 100 \text{ МПа}$; $[\sigma_{cm}] = 24 \text{ МПа}$.

Значение нагрузки F (кН) и диаметра заклепки d (мм) возьмите из таблицы согласно своего варианта.

Порядок выполнения задания №1

1. Определите площадь сдвига каждой заклепки (рис.2)

$$A_c = 2\pi \cdot R^2$$

2. Вычислите площадь смятия боковой поверхности.

$$A_{cm} = d \cdot \delta_{\min},$$

где $\delta_{\min} = 5 \text{ мм}$.

3. Проверьте прочность соединения на сдвиг и смятие

$$\tau_{cp} = \frac{F}{Z \cdot A_c};$$

$$\tau_{cp} \leq [\tau_{cp}]$$

$$\sigma_{сМ} = \frac{F}{Z \cdot A_{сМ}} ;$$

$$\sigma_{сМ} \leq [\sigma_{сМ}] ,$$

где Z- количество заклепок. Z=3.

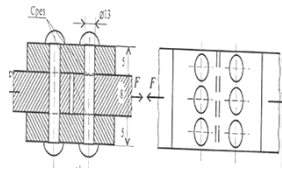


Рис. 2

Задание 2

Проверьте прочность сварного соединения угловыми швами с накладкой. Действующая нагрузка F(кН), допускаемое напряжение металла шва на сдвиг 80 МПа. Значение нагрузки F (кН) возьмите из таблицы согласно своего варианта.

Порядок выполнения задания №2

1.Вычислите расчетную площадь среза шва (рис.3).

$$A_c = 2 \cdot 0,7Kb$$

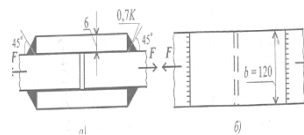
где Kb-катет шва, равен толщине накладки. Kb =6мм.

2.Проверьте прочность сварного соединения на срез:

$$\tau_{ср} = \frac{F}{A_c} \quad \tau_{ср} \leq [\tau_{ср}]$$

Рис.3

Таблица



Вариант	Нагрузка F(кН)	Диаметр заклепки d (мм)
1	65	10
2	88	15
3	92	25
4	59	8
5	78	35
6	68	44
7	90	19
8	110	20

Обеспечение занятий: раздаточный материал, микрокалькулятор, тетрадь для практических работ

Содержание отчета:

- 1.Наименование занятия
- 2.Цели работы.
- 3.Выполнение расчетов.
- 4.Ответы на контрольные вопросы.
- 5.Вывод о проделанной работе.

Контрольные вопросы

- 1.Какие напряжения возникают при срезе и смятии?
- 2.Укажите единицы измерения напряжений среза и смятия.
- 3.Запишите условия прочности на срез и смятие.
- 4.Какая часть детали испытывает деформацию среза, смятия?

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Тема: Лабораторное занятие 4. Испытание образца на срез (2 часа)

Цель занятия: изучить характер разрушения стальных образцов при срезе и определить предел прочности малоуглеродистой стали при срезе.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортир

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Практические задания:

1. Изучить порядок проведения испытания. Испытания проводятся на универсальной испытательной машине УММ-20 с использованием нескольких образцов круглого сечения различного диаметра d .

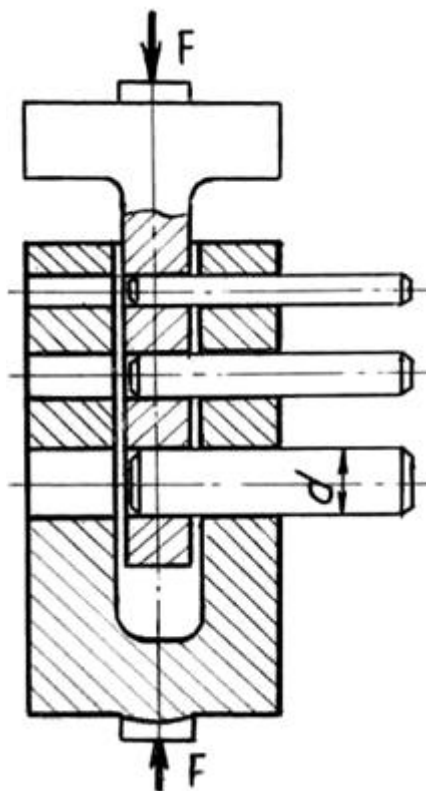


Рис. Схема приспособления для испытания образцов на срез

2. Стержень обмеряется и закладывается в отверстие проушины, причем диаметр его выбирается так, чтобы обеспечить плотное касание к стенкам отверстий. После разрушения образца силой $F_{ср}$ определяется его прочность на срез по удвоенной площади поперечного сечения $2A$.

$$\tau_{пч} = \frac{F_{ср}}{2A} = \frac{2F_{ср}}{\pi d^2}.$$

3. После установки приспособления, закладки в него образца, его разрушения и внешнего осмотра для каждого образца подсчитывается $\tau_{пч}$. Затем определяются средние значения $\tau_{пч ср}$ по результатам испытания нескольких образцов, и находится опытное отношение $\tau_{пч ср} / \sigma_{пч}$. Полученное отношение есть смысл сравнить с 0,6 - 0,8, если образцы на срез были изготовлены из того же материала, что и на растяжение.

4. Оформление результатов работы с показом эскизов до испытаний и после испытания.

5. Сформулировать выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение деформациям среза и смятия.
2. Что такое расчетное сопротивление на срез и смятие?
3. Каковы условия прочности при расчете на срез и смятие?

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если ученик дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся, допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Тема: Лабораторное занятие 5. Расчет на прочность при изгибе (2 часа)

Цель занятия: определение внутренних силовых факторов методом сечений; построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортир

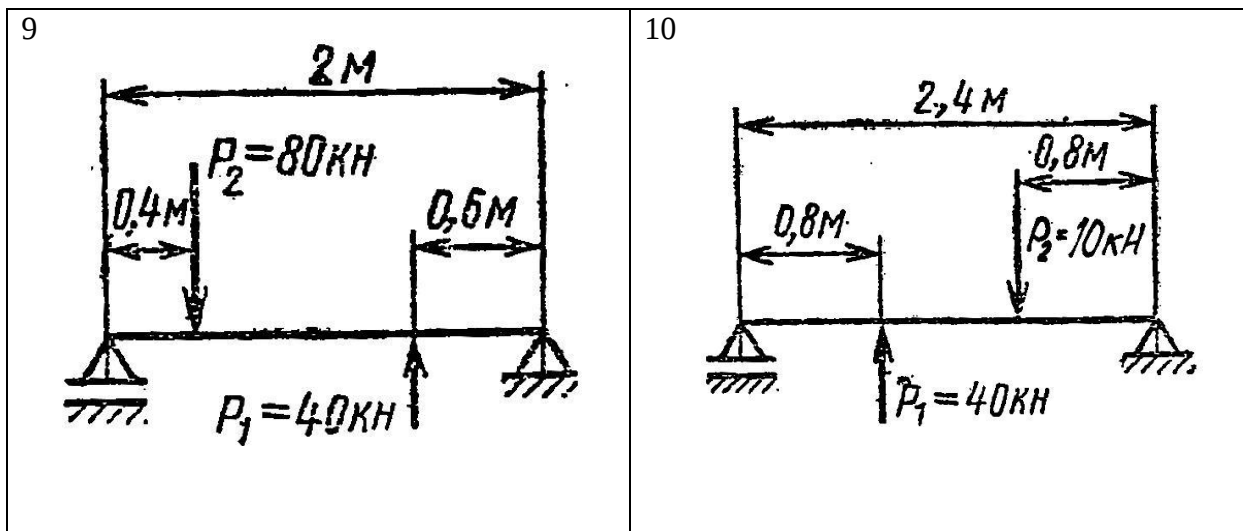
Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Практические задания:

Задание: Для заданной расчетной схемы оси определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, подобрать диаметр оси из условия прочности при изгибе. Номер варианта принять согласно номеру студента в списке по журналу. Для расчетов принять: материал оси — сталь 40, допускаемое напряжение на изгиб $[\sigma_u] = 100 \text{ МПа}$

Задания к лабораторному занятию

1 $P_1 = 70 \text{ kN}$ $P = 50 \text{ kN}$ $0,3 \text{ m}$ $0,6 \text{ m}$ $0,2 \text{ m}$	2 $P_1 = 20 \text{ kN}$ $P_2 = 30 \text{ kN}$ $0,2 \text{ m}$ $1,2 \text{ m}$ $0,4 \text{ m}$
3 $1,6 \text{ m}$ $0,2 \text{ m}$ $0,4 \text{ m}$ $P_1 = 50 \text{ kN}$ $P_2 = 80 \text{ kN}$	4 2 m $0,8 \text{ m}$ 1 m $P_1 = 40 \text{ kN}$ $P_2 = 80 \text{ kN}$
5 $2,4 \text{ m}$ $P_1 = 50 \text{ kN}$ $0,5 \text{ m}$ $0,5 \text{ m}$ $P_2 = 25 \text{ kN}$	6 $P_2 = 40 \text{ kN}$ $P_1 = 80 \text{ kN}$ $0,5 \text{ m}$ $0,4 \text{ m}$ $1,4 \text{ m}$
7 $P_1 = 80 \text{ kN}$ $0,2 \text{ m}$ $0,6 \text{ m}$ $1,6 \text{ m}$ $P_2 = 40 \text{ kN}$	8 3 m $0,6 \text{ m}$ $0,6 \text{ m}$ $P_1 = 20 \text{ kN}$ $P_2 = 30 \text{ kN}$



Порядок выполнения

1. Изобразить расчетную схему.
2. Выписать исходные данные из таблицы.
3. Заменить действие опор на балку силами реакций.
4. Составить уравнение равновесия для плоской системы параллельных сил:

$$\sum MA = 0; \quad \sum MB = 0.$$

5. Найти из уравнений равновесия неизвестные силы реакций.
6. Определить поперечную силу в каждом из характерных сечений, как сумму внешних сил, приложенных по одну сторону от сечения.
7. Построить эпюру поперечных сил.
8. Определить величину изгибающего момента для каждого характерного сечения, как сумму моментов внешних сил, приложенных по одну сторону от сечения, относительно центра тяжести этого сечения.
9. Построить эпюру изгибающих моментов.
10. Выбрать наиболее нагруженное сечение, где $M_{u} = \max$.
11. Записать уравнение условия прочности при изгибе:

$$\sigma_{u\max} = \frac{M_{u\max}}{W_x} \leq [\sigma_u]$$

12. Найти требуемую величину осевого сопротивления сечения:

$$W_x \geq \frac{M_{u\max}}{[\sigma_u]}; \quad \text{из выражения; } W_x = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1d^3.$$

13. Определить диаметр наиболее нагруженного поперечного сечения оси:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{10W_x}$$

14. Округлить диаметр до ближайшего стандартного значения из ряда R40 по таблице 2
15. Выводы по выполненной работе.

Контрольные вопросы

1. Дайте понятие деформации изгиба.
2. Чем отличается прямой изгиб от косого?
3. Какие внутренние силовые факторы возникают при изгибе балок? Как их определяют?
4. Какие виды опор вы знаете, и какие усилия в них возникают?

5. Какие зависимости существуют между поперечной силой, изгибающим моментом и интенсивностью распределенной нагрузки?

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если ученик дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся, допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Тема: Лабораторное занятие 6. Изучение явления «Наклепа» (2 часа)

Цель занятия: ознакомление с методикой усталостных испытаний при деформации чистого изгиба и определить предел выносливости материала при напряжениях, переменных во времени

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортер

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Практические задания:

Испытание на усталость проводится на специальной машине МУИ-6000, которая позволяет создавать деформацию чистого изгиба с максимальным моментом 50 Н·м. Схема нагружения образца представлена на рис.1. Постоянная нагрузка Q вызывает во вращающемся образце симметричный цикл напряжений, наиболее опасный для детали.

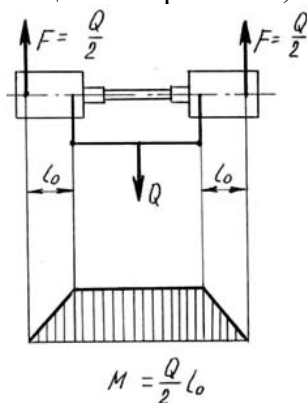


Рис. 1. Схема нагружения образца при испытании на выносливость

При испытании на выносливость используются стандартные цилиндрические образцы по ГОСТ 25.502-79 диаметром 5-10 мм, при этом для получения достоверных результатов требуется испытать 6-12 одинаковых образцов.

Первый образец испытывают при наибольшем напряжении цикла для сталей $\sigma_{\max} = 0,6 \cdot \sigma_{\text{пч}}$, для сплавов и цветных металлов $\sigma_{\max} = 0,4 \cdot \sigma_{\text{пч}}$, фиксируя число циклов N , при котором образец был разрушен.

Для каждого последующего образца наибольшие напряжения уменьшают на 20 ... 40 МПа, при этом число циклов, необходимое для разрушения, увеличивается. В итоге находят так называемый предел выносливости – наибольшее напряжение, которое образец выдерживает без разрушения в течение заданного числа циклов, называемого базой испытаний (для сталей база испытаний равна $10 \cdot 10^6$ циклов, для цветных металлов – $100 \cdot 10^6$ циклов).

Диаграмма, представленная в координатах $\sigma_{\max}$ - $N_{\text{ц}}$, называется кривой усталости (кривая Вёлера) и позволяет определить предел выносливости материала при симметричном цикле нагружения σ_{-1} (рис. 2).

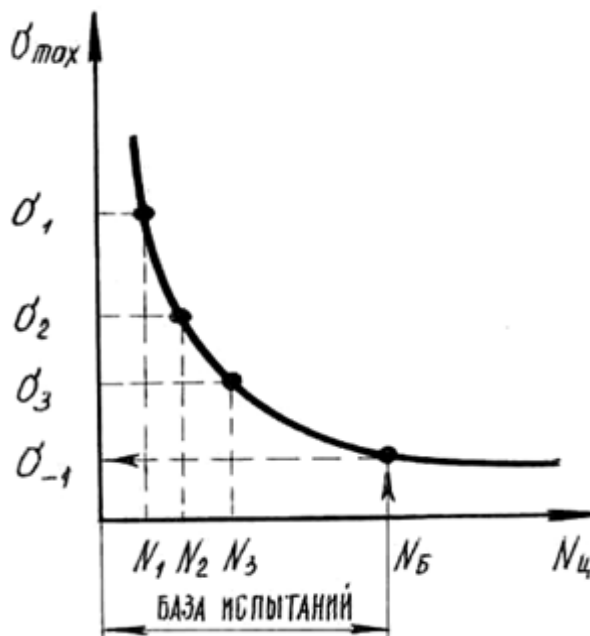


Рис. 2. Кривая усталости (кривая Вёлера)

Испытания на выносливость – очень длительные испытания и при проведении учебной лабораторной работы не всегда удастся получить предел выносливости. Обычно ограничиваются определением разрушающего напряжения двух-трех образцов.

При тщательно проведенных испытаниях можно убедиться, что чем меньше $\sigma_{\max}$, тем большее число циклов нагружения выдерживает образец.

Порядок выполнения

Подсчет напряжений, вызвавших разрушение образца, производится по формуле

$$\sigma_{i \max} = M_i / W_x$$

где $M_i = Q_i l_0 / 2$ – изгибающий момент на среднем участке образца;

$W_x = \pi d^3 / 32$ – момент сопротивления среднего участка образца.

Для стали ожидаемое значение предела усталости подсчитывается в одной из следующих зависимостей:

$$\sigma_{-1} = 0,27 \cdot \sigma_{\text{пч}} + 1850 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2;$$

$$\sigma_{-1} = 0,24 \cdot \sigma_{\text{т}} + 2750 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2.$$

Порядок проведения испытания следующий:

1. Измеряются размеры образца, и подсчитывается первичная нагрузка Q .
2. Образец закрепляется в шпиндельных головках испытательной машины, устанавливается индикатор, сбрасывается показание счетчика образцов и запускается двигатель.
3. После поломки образца определяется по счетчику образцов число циклов до разрушения.
4. Принимается очередная ступень нагрузки и испытание повторяется.

5. Обработка результатов.
6. Оформление отчета по лабораторной работе.
7. Анализ результатов испытаний. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы обуславливают разрушение деталей при относительно небольших переменных напряжениях?
2. Как строится и для чего кривая усталости для симметричного цикла?
3. Дайте определение предела выносливости.
4. Приведите примеры динамических и повторно-переменных нагрузок.
5. В чем заключается приближенный расчет на удар?

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если ученик дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся, допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Тема: Лабораторное занятие 7. Расчет на прочность цилиндрической фрикционной передачи (2 часа)

Цель занятия: формирование умения осуществлять расчеты фрикционных передач

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортир

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Практические задания:

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме

Передачи, в которых движение от одного вала к другому передается за счет трения между рабочими поверхностями вращающихся катков (дисков), называют фрикционными.

Фрикционная передача состоит из двух колес (катков) — ведущего и ведомого, которые прижаты друг к другу с заданной силой. При вращении одного из катков, например, ведущего приходит в движение ведомый, благодаря возникающей силе трения.

Условие работоспособности передачи по формуле:

$$T_{\text{тр}} \geq F,$$

где F — передаточное окружное усилие;

$T_{\text{тр}}$ — сила трения в месте контакта.

Примечание. Окружное усилие — сила, которая вращает шкив, коленчатый вал, маховик и т. д., направленная по касательной к окружности, по которой движется точка приложения этой силы.

Определяют окружное усилие по формуле:

$$F = M/r,$$

где M — вращающий момент;

r — расстояние от точки приложения окружного усилия до оси вращения.

Если это условие нарушается, то возникает буксование, то есть ведомый каток не вращается, а ведущий скользит по нему.

Передаточное число фрикционной передачи — отношение угловых скоростей ведущего и ведомого валов — не может быть строго постоянным, так как всегда существует относительное проскальзывание катков, изменяющееся в зависимости от нагрузки.

Различают фрикционные передачи с условно постоянным передаточным числом между валами с параллельными пересекающимися осями и передачи с переменным передаточным числом (вариаторы) без промежуточного звена и с промежуточным звеном.

В зависимости от условий работы фрикционные передачи подразделяют на открытые, работающие всухую, и закрытые, работающие в масле. Коэффициент трения в открытых фрикционных передачах выше, а прижимное усилие катков меньше. В закрытых фрикционных передачах масляная ванна делает скольжение менее опасным, кроме того, обеспечивается отвод тепла и увеличивается долговечность передачи.

Фрикционные передачи обладают рядом достоинств, основными из которых являются: простота и бесшумность работы; равномерность вращения колес; возможность регулирования скорости (без остановки передачи); небольшая стоимость колес (катков).

К недостаткам фрикционных передач относятся значительные нагрузки на валы и подшипники, непостоянство передаточного числа, сравнительно низкий КПД, неравномерный износ рабочих поверхностей колес.

Фрикционные передачи широко используются в различных отраслях промышленности. Их часто применяют в приводах конвейеров, в сварочных и литейных машинах, в металлорежущих станках и др.

Для колес применяют следующие сочетания износостойких материалов с высоким коэффициентом трения и модулем упругости: закаленная сталь по закаленной стали (такое сочетание обеспечивает высокий КПД, не требует изготовления передачи с высоким классом шероховатости поверхности); чугун по стали или чугуну (в этом случае рабочим поверхностям придают большую твердость, для чего отбеливают поверхность чугунных колес).

Типы фрикционных передач

Цилиндрическая фрикционная передача. На ведущем 2 (рис. 1) и ведомом 1 валах насажены на шпонках два катка. Подшипники вала 1 установлены неподвижно, а подшипники вала 2 позволяют перемещаться валу по направлению линии центров передачи. Если привести во вращение ведущий вал 2, то вместе с ним будет вращаться и ведущий диск. Ведомый диск не будет вращаться до тех пор, пока не будет преодолено полезное сопротивление на валу 1 — вращающий момент и сопротивление трения в подшипниках. Но так как подшипники ведущего вала выполнены плавающими и находятся под действием пружины сжатия, то этим самым обеспечивается прижимное усилие T , а следовательно, и вращение ведомого вала.

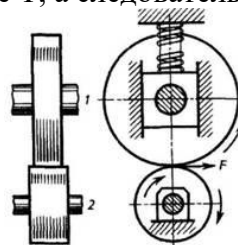


Рис. 1

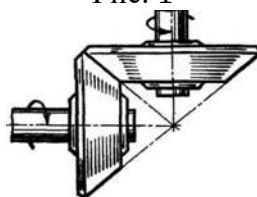


Рис. 2

Коническая фрикционная передача. Катки передачи (рис. 2) представляют собой усеченные конусы, которые соприкасаются по общей образующей. При осевом сжатии конусов на их образующих в месте контакта возникает сила трения, которая и увлекает во вращение ведомый каток и вал. Для правильной работы передачи необходимо, чтобы конусы имели общую вершину, являющуюся точкой пересечения осей катков.

Задание: Рассчитайте на прочность открытую цилиндрическую фрикционную передачу.

Дано: мощность ведущего вала ($P_1=4,6$), угловая скорость на ведущем катке ($\omega_1=143$), передаточное число ($u=4$), материал катков - текстолит по коже, допускаемая удельная нагрузка [$q=45$], коэффициент запаса сцепления ($K_c=1,25$), коэффициент ширины катка ($\psi_a=0,35$) и коэффициент трения ($f=0,36$).

Пример решения:

1. Определите вращательный момент на ведущем валу:

$$M_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{4,6}{143} = 0,03$$

2. Вычислите по формуле межосевое расстояние:

$$a_w = \sqrt{\frac{M_1 \times K_c \times (1+u)}{[q] \times f \times \psi_a}} = \sqrt{\frac{0,03 \times 1,25 \times (1+4)}{45 \times 0,36 \times 0,35}} = \sqrt{\frac{0,1875}{5,67}} = 0,17$$

3. Определите геометрические размеры катков:

-диаметр ведущего катка:

$$D_1 = \frac{2 \times a_w}{1+u} = \frac{2 \times 0,17}{1+4} = 0,06$$

-диаметр ведомого катка:

$$D_2 = D_1 \times u = 0,06 \times 4 = 0,24$$

-ширину обода катков:

$$b = a_w \times \psi_a = 0,17 \times 0,35 = 0,05$$

4. Вычислите силу прижатия катков:

$$Q = K_c \frac{M_1 (1+u)}{f \times a_w} = 1,25 \frac{0,03(1+4)}{0,35 \times 0,17} = 3,75$$

5. Проверьте передачу по окружной скорости ($V \leq V_{\max}$), для этого определите окружную скорость передачи (V) и сравните её с максимальной окружной скоростью ($V_{\max}$):

$$V = V_1 = V_2 = \frac{\omega_1 \times D_1}{2} = \frac{143 \times 0,06}{2} = 4,29$$

где $V_{\max}$ = от 7 до 10 (м/с).

6. Сделайте вывод по окружной скорости.

7. Проверочный расчет передачи на прочность выполните по формуле:

$$q = \frac{Q}{B} \leq [q]$$

$$q = \frac{3,75}{0,05} \leq [45]$$

При этом следует иметь в виду, что допускается недогрузка передачи до 10% и перегрузка до 5% которая определяется по формулам:

$$\frac{[45] - 3,75}{[45]} \times 100\% \text{ или } \frac{3,75 - [45]}{[45]} \times 100\% .$$

Данные для выполнения лабораторного занятия

Рассчитайте на прочность открытую цилиндрическую фрикционную передачу.

Порядок выполнения работы

1. Из таблицы, для своего варианта, выпишите значения: мощности ведущего вала (P_1), угловой скорости на ведущем катке (ω_1), передаточного числа (u), материал катков, допускаемую удельную нагрузку [q], коэффициент запаса сцепления (K_c), коэффициент ширины катка (ψ_a) и коэффициент трения (f).

2. Определите вращательный момент на ведущем валу:

$$M_1 = \frac{P_1}{\omega_1}$$

3. Вычислите по формуле межосевое расстояние:

$$a_w = \sqrt{\frac{M_1 \times K_c \times (1 + u)}{[g] \times f \times \psi a}}$$

4. Определите геометрические размеры катков:

-диаметр ведущего катка:

$$D_1 = \frac{2 \times a_w}{1 + u}$$

-диаметр ведомого катка:

$$D_2 = D_1 \times u$$

-ширину обода катков:

$$b = a_w \times \psi a$$

5. Вычислите силу прижатия катков:

$$Q = K_c \frac{M_1 (1+u)}{f \times a_w}$$

6. Проверьте передачу по окружной скорости ($V \leq V_{\max}$), для этого определите окружную скорость передачи (V) и сравните её с максимальной окружной скоростью ($V_{\max}$):

$$V = V_1 = V_2 = \frac{\omega_1 \times D_1}{2}$$

где $V_{\max}$ = от 7 до 10(м/с). Сделайте вывод по окружной скорости.

7. Проверочный расчет передачи на прочность выполните по формуле:

$$q = \frac{Q}{B} \leq [q]$$

При этом следует иметь в виду, что допускается недогрузка передачи до 10% и перегрузка до 5% которая определяется по формулам:

$$\frac{[q] - q}{[q]} \times 100\% \text{ или } \frac{q - [q]}{[q]} \times 100\%$$

Вариант	Мощность ведущего вала, P_1 кВт	Угловая скорость на ведущем катке, ω_1 рад/с	Передаточное число, u	Коэффициент запаса сцепления, K_c	Материал катков	Коэффициент трения, f	Допускаемая удельная нагрузка, $[q]$ Н/мм	Коэффициент ширины катка, ψa
1	6	100	4	1,25	сталь по чугуну	0,04	35	0,2
2	5,4	150	3	1,25	сталь по коже	0,2	45	0,25
3	4	189	2	1,25	текстолит по коже	0,02	25	0,3
4	2	120	3,15	1,25	сталь по чугуну	0,23	30	0,4
5	2,5	65	5	1,25	чугун по коже	0,2	40	0,2
6	3	105	4	1,25	сталь по коже	0,13	45	0,3
7	6	78	2	1,25	чугун по коже	0,24	25	0,4
8	7	85	5	1,25	сталь по чугуну	0,15	30	0,25
9	4,6	143	4	1,25	текстолит по коже	0,36	45	0,35
10	6,1	102	2	1,25	сталь по коже	0,17	50	0,4

11	4,3	83	6	1,25	сталь по стали	0,19	35	0,2
12	3,5	80	4	1,25	чугун по коже	0,20	25	0,3
13	6	100	3	1,25	сталь по чугуну	0,21	40	0,35
14	5	64	2	1,25	сталь по стали	0,22	55	0,4
15	4,1	200	2	1,25	текстолит по коже	0,23	50	0,2
16	3,8	56	3	1,25	сталь по чугуну	0,24	45	0,35
17	4,1	80	4	1,25	текстолит по резине	0,25	40	0,33
18	2	105	5	1,25	текстолит по коже	0,125	55	0,25
19	6	90	2	1,25	сталь по чугуну	0,126	35	0,4
20		120	5	1,25	текстолит по коже	0,25	25	0,3
21	3	70	6	1,25	сталь по чугуну	0,24	30	0,2
22	4,2	75	4	1,25	сталь по стали	0,23	35	0,26
23	6,1	45	2	1,25	чугун по коже	0,22	45	0,36
24	1,8	79	3	1,25	сталь по чугуну	0,21	40	0,35

Обеспечение занятий: раздаточный материал, микрокалькулятор, решение заданий оформляется в тетрадях для практических работ

Содержание отчета

- 1.Наименование занятия
- 2.Цели работы
- 3.Выполнение расчетов.
- 4.Ответы на контрольные вопросы
- 5.Вывод о проделанной работе

Контрольные вопросы

- 1.Расскажите о достоинствах фрикционных передач
- 2.Расскажите о недостатках фрикционных передач.
- 3.Перечислите основные характеристики фрикционной передачи.
- 4.Назовите виды разрушений фрикционной передачи.
- 5.Назовите критерии работоспособности фрикционной передачи.
- 6.Перечислите классификацию фрикционных передач
- 7.Назначение фрикционных передач.

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если ученик дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся, допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Тема: Лабораторное занятие 8. Расчет передачи винт-гайка (2 часа)

Цель занятия: формирование умения осуществлять расчеты резьбовых соединений.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортир

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Практические задания:

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме

Винтовые передачи рассчитываются в соответствии с методами изученными в курсе деталей машин.

Резьба винтов и гаек может быть прямоугольной, трапецеидальной и упорной, а также подразделяемой по направлению – правой и левой.

По числу заходов резьбы могут быть одно- и многозаходные.

В качестве материала для винтов используются стали 45, 50, 65Г, 40Х, 18ХГТ.

Гайки изготавливают из бронзы, а при малых скоростях – из антифрикционного чугуна.

Основная причина выхода из строя гаек и винтов – износ, поэтому средний диаметр резьбы d_2 определяется с учетом допускаемого удельного давления.

$$d_2 = \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \psi_H \cdot [q] \cdot \psi_h}}$$

где F – осевая сила;

ψ_H – коэффициент высоты гайки, принимаемый от 1,2 до 2,5;

$[q]$ – допускаемое удельное давление;

ψ_h – коэффициент высоты резьбы, принимаемый:

$\psi_h = 0,5$ – для прямоугольной резьбы;

$\psi_h = 0,65$ – для трапецеидальной;

$\psi_h = 0,75$ – для упорной.

Таблица 2 Допускаемое удельное давление между витками винта и гайки

Материал	$[q]$, МПа
Сталь по чугуну	5-6
Сталь по антифрикционному чугуну	10-13
Сталь по стали	7-13
Сталь по бронзе	7-13

По среднему диаметру d_2 принимают стандартную резьбу трапецеидальную (ГОСТ 9484-81) или упорную (ГОСТ 10177-82).

Размеры прямоугольной резьбы определяются по формулам:

высота профиля

$$h = 0,1 \cdot d_2$$

наружный диаметр

$$d = d_2 + h$$

внутренний диаметр

$$d_1 = d_2 - h$$

шаг резьбы

$$p = 2 \cdot h$$

Для многозаходной резьбы определяется по формуле:

$$p_n = p \cdot n$$

где n – число заходов.

Винт проверяется на прочность при совместном действии осевой силы F и крутящего момента T по эквивалентному напряжению по формуле:

$$\delta = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_1^2}\right) + \left(\frac{T}{0,2 \cdot d_1^2}\right)^2} \leq [\delta]$$

где $[\sigma_p] = [\sigma_{сж}]$ – допускаемое напряжение растяжения-сжатия для материала винта (см.табл. 3.).

Таблица 3 Допускаемые напряжения в материалах

Марка стали	Допускаемые напряжения, МПа													
	при растяжении $[\sigma_p]$			при изгибе $[\sigma_{из}]$			при кручении $[\tau_{кр}]$			при срезе $[\tau_{ср}]$			при смятии $[\sigma_{см}]$	
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
Ст2	115	80	60	140	100	80	85	65	50	70	50	40	175	120
Ст3	125	90	70	150	110	85	95	65	50	75	50	40	190	135
Ст4	140	95	75	170	120	95	105	75	60	85	65	50	210	145
Ст5	165	115	90	200	140	110	125	80	70	100	65	55	250	175
Ст6	195	140	110	230	170	135	145	105	80	115	85	65	290	210

Задание: Рассчитать основные параметры ручного домкрата, грузоподъемностью $Q=50\text{Кн}$. Длина винта $l_0 = 500\text{мм}$, его материал — сталь 45, материал гайки — серый чугун СЧ18. Резьба трапецеидальная.

Пример решения

Расчет винта

Для обеспечения самоторможения принимаем однозаходную резьбу. По условию износостойкости резьбы определяем ее средний диаметр d_2 , приняв $\psi_n = 2,5$; $\psi_h = 0,5$. допускаемое давление в резьбе $[p_u] = 6 \text{ МПа}$.

$$d_2 = \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot \psi_n \cdot \psi_h \cdot [p_u]}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 2,5 \cdot 0,5 \cdot 6}} = 0,046 \text{ м} = 46 \text{ мм}$$

Принимаем стандартную резьбу винта с параметрами: наружный диаметр $d = 50 \text{ мм}$, внутренний диаметр $d_1 = 41 \text{ мм}$, средний диаметр $d_2 = 46 \text{ мм}$, шаг резьбы $p = 8 \text{ мм}$. Определяем угол φ , приняв коэффициент трения $f = 0,1$ (угол трения $\varphi' = 6^\circ$).

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{p}{\pi \cdot d_2} = \frac{8}{3,14 \cdot 46} = 0,0546. \psi \approx 3^\circ.$$

Условие самоторможения соблюдено, так как $\varphi' > \psi$.

Проверка винта на прочность

Принимаем допускаемое напряжение на растяжение: $[\sigma_p] = 90 \text{ МПа}$.

$$\delta_{\text{экв}} = \frac{4 \cdot 1,3 \cdot Q}{\pi \cdot d_1^2} = \frac{4 \cdot 1,3 \cdot 50 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 41^2} = 48,6 \text{ МПа}.$$

$$48,6 < 90$$

Прочность винта обеспечена.

Проверка винта на устойчивость

Расчетная длина винта l при высоте гайки по формулам:

$$H_r = \psi_n \cdot d_2 = 2,5 \cdot 46 = 115 \text{ мм}.$$

$$l = \frac{l_0 - H_r}{2} = \frac{500 - 115}{2} = 192,5 \text{ мм}$$

Тогда гибкость винта (при $\mu = 2$) по формуле:

$$i = \frac{d_1}{4} = \frac{41}{4} = 10,25 \text{ мм}$$

По таблице, известной из сопротивления материалов, в зависимости от материала и гибкости находим коэффициент продольного изгиба $\varphi = 0,6$.

Тогда, приняв по формуле:

$$[\delta_{сж}] = \frac{\delta_{\tau}}{[\sigma]} = \frac{360}{3} = 120 \text{ МПа}$$

$$\delta_{сж} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_1^2} = \frac{4 \cdot 50 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 41^2} = 37,4 \text{ МПа}$$

$$37,4 \text{ МПа} < 0,6 \cdot 120 = 72 \text{ МПа}$$

$$37,4 \text{ МПа} < 72 \text{ МПа}$$

Устойчивость винта обеспечена.

Расчет гайки

Высота гайки определена ранее.

Определим ее наружный диаметр D , приняв $[\sigma_p] = 45$ МПа, тогда по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot Q}{(\pi \cdot [\delta_p] + d^2)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 50 \cdot 10^3}{(3,14 \cdot 45 \cdot 10^6 + 50^2 \cdot 10^6)}} = 0,066 \text{ м} = 66 \text{ мм}$$

Принимаем $D = 70$ мм.

Данные для выполнения практической работы

Задание:

Рассчитайте основные параметры ручного домкрата грузоподъемностью Q . Длина винта ℓ_0 , его материал – сталь 45, материал гайки – серый чугун СЧ18. Резьба трапецеидальная. Данные грузоподъемности и длины винта выбираем в таблице вариантов.

Порядок выполнения работы

I. Расчет винта

1. Для обеспечения самоторможения принимаем однозаходную резьбу.

По условию износостойкости резьбы определите её средний диаметр d_2 , приняв $\psi_H = 2,5$; $\psi_h = 0,5$; допускаемое давление в резьбе для пары сталь-чугун $[p_H] = 5 \dots 9$ МПа:

$$d_2 = \sqrt{\frac{Q}{(\pi \cdot \psi_H \cdot \psi_h \cdot [p_H])}}$$

Принимаем стандартную резьбу винта с параметрами: $d = 50$ мм, $d_1 = 41$ мм, $d_2 = 46$ мм, шаг резьбы $p = 8$ мм.

2. Определяем угол $\psi = 2,5$ подъема резьбы на среднем диаметре и проверяем наличие самоторможения, приняв коэффициент трения $f = 0,1$ (угол трения $\varphi = 6^\circ$)

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{p}{(\pi \cdot d_2)}$$

Условие самоторможения будет выполняться если $\varphi > \psi$.

3. Проверьте винт на прочность по условию $\sigma_{пр} \leq [\sigma_p]$.

Принимаем допускаемое напряжение на растяжение $[\sigma_p] = 90$ МПа:

$$\sigma_{пр} = \frac{4 \cdot 1,3 \cdot Q}{\pi \cdot d_1^2}$$

если условие на прочность выполняется, прочность винта обеспечена.

4. Проверьте винт на устойчивость.

Расчетная длина винта ℓ равна по формуле:

$$\ell = \frac{\ell_0 - H_r}{2}$$

где ℓ – расчетная длина гайки

Высота рассчитывается по формуле:

$$H_r = \psi_H \cdot d_2$$

5. Допускаемое напряжение на сжатие определяется по формуле:

$$[\delta_{сж}] = \frac{\delta_T}{[S]}$$

если $\sigma_T = 360$ МПа. $[S] = 3$.

6. Расчетное напряжение на сжатие рассчитайте по формуле:

$$\delta_{сж} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_1^2}$$

Устойчивость винта обеспечена, если $\sigma_{сж} \leq [\sigma_{сж}]$

II. Расчет гайки

Высота гайки определена ранее. Определите ее наружный диаметр, приняв: $[\sigma_p] = 45$ МПа

$$D = 1,5 \cdot d$$

Таблица Данные грузоподъемности и длины винта

Вариант	Грузоподъемность домкрата, Q кН.	Длина винта ℓ_0 , мм
---------	------------------------------------	---------------------------

1	50	500
2	65	458
3	100	399
4	45	600
5	38	689
6	85	300
7	67	255
8	93	755
9	79	800
10	55	400
11	50	500
12	65	458
13	100	399
14	45	600
15	38	689
16	85	300
17	67	255
18	93	755
19	79	800
20	55	400
21	100	300
22	45	260
23	30	280
24	94	680

Обеспечение занятий: раздаточный материал, микрокалькулятор, решение заданий оформляется в тетрадях для практических работ

Содержание отчета:

- 1.Наименование занятия
- 2.Цели работы
- 3.Выполнение расчетов.
- 4.Ответы на контрольные вопросы
- 5.Вывод о проделанной работе

Контрольные вопросы:

- 1.Назначение передачи винт - гайка
- 2.Перечислите достоинства и недостатки передачи винт-гайка.
- 3.Перечислите недостатки передачи винт-гайка
- 4.Расскажите о классификации резьбовых соединений.

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если ученик дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся, допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Тема: Лабораторное занятие 9. Расчет параметров зубчатых передач (2 часа)

Цель занятия: формирование умения осуществлять расчеты параметров зубчатых передач.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортир

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Практические задания:

Основные параметры зубчатого колеса (рис.1):

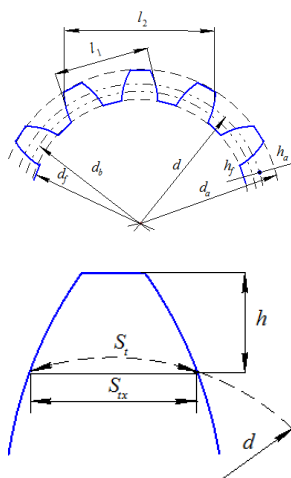


Рис. 1. Параметры зубчатого колеса

z – число зубьев;

m_t – модуль зацепления;

d – диаметр делительной окружности;

d_b – диаметр основной окружности;

α – угол зацепления;

P_t – шаг зацепления;

d_a – диаметр окружности выступов (головок);

d_f – диаметр окружности впадин (ножек);

S_t – толщина зуба по дуге делительной окружности;

S_{tx} – толщина зуба по хорде делительной окружности;

h_a – высота головки зуба;

h_f – высота ножки зуба.

Модуль зацепления колеса с эвольвентным профилем зуба может быть определен на основании следующего свойства эвольвентного зацепления: «Нормаль, проведенная в любой точке соприкасающихся эвольвентных профилей, является касательной к основной окружности». Если измерить расстояние между зубьями по нормали, то это будет шаг зацепления P_{bt} по основной окружности. Для этого необходимо штангенциркулем измерить расстояние l_1 и l_2 . При этом, чтобы измерение происходило по нормали, число зубьев n для l_1 должно соответствовать значению табл. 5.1, в зависимости от общего числа зубьев z .

Модуль зацепления колеса с эвольвентным профилем зуба может быть определен на основании следующего свойства эвольвентного зацепления: «Нормаль, проведенная в любой точке соприкасающихся эвольвентных профилей, является касательной к основной окружности». Если измерить расстояние между зубьями по нормали, то это будет шаг зацепления P_t^b по основной окружности. Для этого необходимо штангенциркулем измерить расстояние l_1 и l_2 . При этом, чтобы

измерение происходило по нормали, число зубьев n для l_1 должно соответствовать значению табл. 1, в зависимости от общего числа зубьев z .

Таблица 1

z	12-18	19-27	28-36	37-45	46-54	55-63	64-72
n	2	2	4	5	6	7	8

При измерении l_2 штангенциркулем охватывается на один зуб больше: $n+1$

Шаг зацепления по основной окружности:

$$P_t^b = l_2 - l_1$$

Модуль зацепления определяется по формуле:

$$m_t = \frac{P_t^b}{\pi \cdot \cos \alpha}, \text{ мм}$$

где α – угол зацепления. $\alpha = 20^\circ$.

Полученное значение модуля необходимо уточнить, округляя до ближайшего стандартного значения (табл. 2)

Таблица 2. Стандарт нормальных модулей по ГОСТ 1597

Величина модуля, мм	Интервал, мм
от 0,3 до 0,8	0,1
от 1,0 до 4,5	0,25
от 4,5 до 7,0	0,5
от 7,0 до 16,0	1,0
от 18 до 30	2,0
от 33 до 45	3,0
от 45 и выше	5,0

Правильность определения модуля проверяется формулой:

$$m_t = \frac{d_a}{Z + 2}, \text{ мм},$$

где d_a – диаметр окружности выступов, который измеряется штангенциркулем непосредственно при четном числе z или косвенно при нечетном числе z .

При несовпадении значений модуля, полученных по формулам, необходимо повторить замеры. Для колес, нарезанных с нулевым сдвигом, основные параметры определяются по следующим формулам:

-диаметр делительной окружности:

$$d = m_t \cdot z;$$

-диаметр основной окружности:

$$d_b = d \cdot \cos \alpha;$$

-диаметр окружности выступов (головок):

$$d_a = m_t(z + 2);$$

-диаметр окружности впадин (ножек):

$$d_f = m_t(z - 2,5);$$

-высота головки зуба:

$$h_a = \frac{d_a - d}{2};$$

-высота ножки зуба:

$$h_f = \frac{d - d_f}{2};$$

-шаг зацепления:

$$P_t = \pi \cdot m_t;$$

-толщина зуба по дуге делительной окружности:

$$S_t = \frac{P_t}{2} = \frac{\pi \cdot m_t}{2};$$

-толщина зуба по хорде делительной окружности:

$$S_{tx} = d \cdot \sin \frac{S_t \cdot 57,3}{d}.$$

Величину S_{tx} можно непосредственно измерить штангенциркулем (рис. 2). Для этого предварительно вычисляют величину:

$$h = \frac{d_a - d \cos \frac{S_t \cdot 57,3}{d}}{2}.$$

Данные для выполнения лабораторного занятия

Задача №1

Прямозубая цилиндрическая зубчатая передача имеет число зубьев на шестерне 25 и колесе 100, угловая скорость ведущего вала 88рад/с, шаг зацепления 30мм.

Определить: передаточное число передачи, межосевое расстояние, ширину зубчатого венца шестерни и колеса, диаметры вершин зубьев колеса и шестерни и делительные диаметры шестерни и колеса, а так же окружную скорость зубчатых колес.

Задача №2

Прямозубая цилиндрическая зубчатая передача имеет число зубьев на шестерне 17 и колесе 80, угловая скорость ведущего вала 120рад/с, модуль зацепления 3мм.

Определить: передаточное число передачи, межосевое расстояние, ширину зубчатого венца шестерни и колеса, диаметры впадин зубьев колеса и шестерни и делительные диаметры шестерни и колеса, а так же окружную скорость зубчатых колес.

Задача №3

Прямозубая цилиндрическая зубчатая передача имеет число зубьев на шестерне 30, угловая скорость ведомого вала 31рад/с, передаточное число 4, делительный диаметр шестерни 75мм.

Определить: число зубьев на колесе, шаг зацепления, межосевое расстояние, ширину зубчатого венца шестерни и колеса, диаметры вершин зубьев колеса и шестерни и делительный диаметр колеса, а так же окружную скорость зубчатых колес.

Задача №4

Прямозубая цилиндрическая зубчатая передача имеет число зубьев на колесе 100, угловая скорость ведущего вала 110рад/с, модуль зацепления 6мм, частота вращения шестерни 1040об/мин, а колеса 300об/мин.

Определить: передаточное число передачи, межосевое расстояние, ширину зубчатого венца шестерни и колеса, диаметры вершин зубьев колеса и шестерни и делительные диаметры шестерни и колеса, число зубьев на шестерне, а так же окружную скорость зубчатых колес.

Задача №5

Прямозубая цилиндрическая зубчатая передача имеет число зубьев на шестерне 22 и колесе 80, угловая скорость ведомого вала 25рад/с, модуль зацепления 5мм.

Определить: передаточное число передачи, шаг зацепления, межосевое расстояние, ширину зубчатого венца шестерни и колеса, диаметры вершин зубьев колеса и шестерни и делительные диаметры шестерни и колеса, а так же окружную скорость зубчатых колес.

Задача №6

Прямозубая цилиндрическая зубчатая передача имеет число зубьев на шестерне 28 и колесе 90, угловая скорость ведущего вала 100рад/с, модуль зацепления 4мм.

Определить: передаточное число передачи, межосевое расстояние, шаг зацепления, ширину зубчатого венца шестерни и колеса, диаметры вершин зубьев колеса и шестерни и делительные диаметры шестерни и колеса, а так же окружную скорость зубчатых колес.

Задача №7

Прямозубая цилиндрическая зубчатая передача имеет число зубьев на шестерне 25, угловая скорость ведущего вала 85рад/с, шаг зацепления 15мм, межосевое расстояние 250мм, передаточное число передачи 3.

Определить: ширину зубчатого венца шестерни и колеса, число зубьев на колесе, диаметр впадины колеса, угловую скорость ведомого вала, диаметры вершин зубьев колеса и шестерни и делительные диаметры шестерни и колеса, а так же окружную скорость зубчатых колес.

Задача №8

Прямозубая цилиндрическая зубчатая передача имеет число зубьев на шестерне 25 и колесе 60, угловая скорость ведущего вала 98рад/с, модуль зацепления 4мм.

Определить: передаточное число передачи, межосевое расстояние, ширину зубчатого венца шестерни и колеса, диаметры вершин и впадин зубьев колеса и шестерни и делительные диаметры шестерни и колеса, а так же окружную скорость зубчатых колес и шаг зацепления.

Задача №9

Прямозубая цилиндрическая зубчатая передача имеет число зубьев на колесе 100, угловая скорость ведущего вала 59 рад/с, модуль зацепления 3 мм, передаточное число передачи 4. Определить: межосевое расстояние, число зубьев на шестерне, ширину зубчатого венца шестерни и колеса, диаметры вершин зубьев колеса и шестерни и делительные диаметры шестерни и колеса, а так же окружную скорость зубчатых колес.

Задача №10

Прямозубая цилиндрическая зубчатая передача имеет число зубьев на шестерне 40, угловая скорость ведущего вала 85 рад/с и ведомого вала 28 рад/с, шаг зацепления 25 мм. Определить: передаточное число передачи, межосевое расстояние, число зубьев на колесе, ширину зубчатого венца шестерни и колеса, диаметры впадин зубьев колеса и шестерни и делительные диаметры шестерни и колеса, а так же окружную скорость зубчатых колес.

Обеспечение занятий: раздаточный материал, микрокалькулятор, решение заданий оформляется в тетрадях для практических работ

Содержание отчета:

1. Наименование занятия
2. Цели работы
3. Выполнение расчетов.
4. Ответы на контрольные вопросы
5. Вывод о проделанной работе

Контрольные вопросы:

1. Определение основной окружности?
2. Что такое модуль зубчатого колеса?
3. Каким образом определить модуль по зубчатому колесу?
4. По которой из окружностей зубчатого колеса определяется модуль?
5. Как рассчитать модуль, зная диаметр окружности выступов?
6. Что такое угол зацепления?
7. Как, зная модуль и число зубьев колеса, рассчитать диаметр окружности впадин и выступов?
8. Как, зная модуль и число зубьев колеса, рассчитать диаметр делительной окружности?
9. Как влияет на профиль зуба увеличение угла зацепления?
10. Как измерить шаг зубчатого колеса?

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если ученик дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся, допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Тема: Лабораторное занятие 10. Расчет зубчатой передачи на контактную выносливость (2 часа)

Цель занятия: формирование умения осуществлять расчеты зубчатых передач.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортир

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Практические задания:

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме

При работе зубья испытывают сложнапряженное состояние, при этом наибольшие напряжения возникают у корня зуба в месте перехода эвольвентного профиля в галтель. В этом же месте возникает и концентрация напряжений.

При расчете можно принять следующие допущения:

1. Вся нагрузка в зацеплении воспринимается одним зубом и приложена к его вершине.
2. Зуб рассматривается как консольная балка, для расчета которой справедливы методы сопротивления материалов.

Задание

Рассчитайте основные параметры и размеры открытой цилиндрической прямозубой зубчатой передачи. А так же провести расчет на контактную выносливость.

Порядок выполнения практической работы

1. Из таблицы, для своего варианта, выпишите значения: мощности ведущего вала (P_1), угловой скорости на шестерне (ω_1), передаточного числа (u), коэффициента нагрузки (K_H) и коэффициента ширины зубчатого венца (ψ_{ba}), допускаемое контактное напряжение $[\sigma_H]$.
2. Определите вращающий момент на валу шестерни по формуле:

$$M_1 = P_1 / \omega_1$$

3. Определите вращающий момент на валу колеса по формуле:

$$M_2 = M_1 \cdot u$$

4. Вычислите межосевое расстояние по условию контактной выносливости поверхности зубьев по формуле:

$$a_w = (u-1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{310}{[\sigma_H] \cdot u}\right)} \cdot \frac{M_2 \cdot K_H}{\psi_{ba}}$$

5. Вычислите окружной модуль зубьев по формуле:

$$m = (0,01 \dots 0,02) \cdot a_w$$

Из полученных значений определить окружной модуль из стандартного ряда (по СТ СЭВ 310-76): 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 60; 80.

6. Определите по формулам число зубьев на шестерне и колесе по формуле:

$$Z_1 = \frac{2 \cdot a_w}{(u+1) \cdot m}$$

$$Z_2 = u \cdot Z_1$$

7. Вычислите геометрические размеры зубчатой передачи:

- делительные диаметры шестерни и колеса по формулам:

$$d_1 = m \cdot Z_1$$

$$d_2 = m \cdot Z_2$$

- диаметры вершин зубьев шестерни и колеса по формулам:

$$d_{a1} = m(Z_1 + 2)$$

$$d_{a2} = m(Z_2 + 2)$$

- диаметры впадин зубьев шестерни и колеса по формулам:

$$d_{f1} = m(Z_1 - 2,5)$$

$$d_{f2} = m(Z_2 - 2,5)$$

- ширину зубчатого венца шестерни и колеса по формулам:

$$b_2 = a_w \cdot \psi_{ba}$$

$$b_1 = b_2 + 5$$

8. Проверьте контактное напряжение по формуле:

$$\sigma_H \leq [\sigma_H]$$

9. Для этого вычислим расчетное контактное напряжение по формуле:

$$\delta_H = \frac{310}{a_w} \cdot \sqrt{\frac{K_H \cdot M_2 \cdot (u+1)}{b_2 \cdot u^2}}$$

10. После сравнения двух величин по формуле:

$$\sigma_H \leq [\sigma_H]$$

11. Сделайте вывод.

Данные для выполнения лабораторного занятия

Таблица вариантов к заданию

Вариант	Мощность ведущего вала, Р ₁ кВт	Угловая скорость на шестерне, ω ₁ рад/с	Передаточное число, u	Коэффициент нагрузки, К _н	Коэффициент ширины зубчатого венца, ψ _{ва}	Допускаемое контактное напряжение, [σ _н] МПа
1	6	100	4	1,1	0,125	945
2	5,4	150	3	1,2	0,2	589
3	4	189	2	1,3	0,2	1045
4	2	120	3,15	1,4	0,23	800
5	2,5	65	5	1,5	0,2	750
6	3	105	4	1,6	0,13	699
7	6	78	2	1,7	0,14	688
8	7	85	5	1,55	0,15	1025
9	4,6	143	4	1,25	0,16	900
10	6,1	102	2	1,34	0,17	872
11	5,2	55	1,15	1,2	0,18	756
12	4,3	83	6	1,65	0,19	655
13	3,5	100	4	1,1	0,2	500
14	6	64	3	1,26	0,21	450
15	5	200	2	1,7	0,22	1245
16	4,1	56	5	1,62	0,23	600
17	3,8	80	4	1,43	0,24	760
18	4,1	105	2	1,3	0,25	800
19	2	90	3	1,2	0,2	700
20	6	120	5	1,5	0,24	550
21	3	70	6	1,36	0,22	436
22	4,2	75	4	1,22	0,125	732
23	6,1	45	2	1,5	0,24	633
24	1,8	79	3	1,6	0,126	2333

Обеспечение занятий: раздаточный материал, микрокалькулятор, решение заданий оформляется в тетрадях для практических работ

Содержание отчета:

1. Наименование занятия
2. Цели работы
3. Выполнение расчетов.
4. Ответы на контрольные вопросы
5. Вывод о проделанной работе

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается метод эквивалентного зацепления при расчете конической передачи?
2. Является ли модуль зацепления в коническом колесе однозначным?
3. Какой параметр в коническом зацеплении является аналогом межосевого расстояния обычного прямозубого зацепления?
4. Какие силы учитываются в расчете конического колеса на контактную выносливость?

5. В чем заключается расчет прочности на изгиб зуба?
6. Каковы приемлемые диапазоны модулей для конических зацеплений?
7. Что такое удельная динамическая сила?
8. Что такое удельная нагрузка?
9. Какое напряжение учитывается при расчете прочности зуба на изгиб?
10. Какое напряжение учитывается при определении контактной выносливости?

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если ученик дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся, допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Тема: Лабораторное занятие 11. Выполнение расчета параметров червячной передачи, конструирование (2 часа)

Цель занятия: формирование умения осуществлять расчеты параметров червячной передачи.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортир

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Практические задания:

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме

Червячные передачи применяют для передачи вращательного движения между валами, у которых угол скрещивания осей обычно составляет $0 - 90^\circ$ (рис.1).

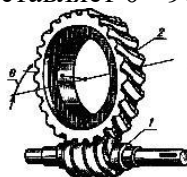


Рис. 1. Червячная передача: 1 — червяк; 2 — венец червячного колеса.

В большинстве случаев ведущим является червяк, т. е. короткий винт с трапецидальной или близкой к ней резьбой. Для облегчения тела червяка венец червячного колеса имеет зубья дугοобразной формы, что увеличивает длину контактных линий в зоне зацепления. Червячная передача — это зубчато-винтовая передача, движение в которой осуществляется по принципу винтовой пары.

Область применения червячных передач

Червячные передачи применяют при небольших и средних мощностях, обычно не превышающих 100 кВт. Применение передач при больших мощностях неэкономично из-за сравнительно низкого к. п. д. и требует специальных мер для охлаждения передачи во избежание сильного нагрева. Червячные передачи широко применяют в подъемно-

транспортных машинах, троллейбусах и особенно там, где требуется высокая кинематическая точность (делительные устройства станков, механизмы наводки и т. д.). Червячные передачи во избежание их перегрева предпочтительно использовать в приводах периодического (а не непрерывного) действия.

Достоинства червячной передачи

- 1) Плавность и бесшумность работы.
- 2) Компактность и сравнительно небольшая масса конструкции.
- 3) Возможность большого редуцирования, т. е. получения больших передаточных чисел (в отдельных случаях в не силовых передачах до 1000).
- 4) Возможность получения самотормозящей передачи, т. е. допускающей передачу движения только от червяка к колесу. Самоторможение червячной передачи позволяет выполнить механизм без тормозного устройства, препятствующего обратному вращению колеса.
- 5) Высокая кинематическая точность.

Недостатки червячной передачи

- 1) Сравнительно низкий к. п. д. вследствие скольжения витков червяка по зубьям колеса.
- 2) Значительное выделение теплоты в зоне зацепления червяка с колесом.
- 3) Необходимость применения для венцов червячных колес дефицитных антифрикционных материалов.
- 4) Повышенное изнашивание и склонность к заеданию.

Классификация червячных передач

В зависимости от формы внешней поверхности червяка (рис.2) передачи бывают с цилиндрическим (а) или с глобоидным (б) червяком.

Глобоидная передача имеет повышенный к.п.д., более высокую несущую способность, но сложна в изготовлении и очень чувствительна к осевому смещению червяка, вызванному изнашиванием подшипников.

1. В зависимости от направления линии витка червяка червячные передачи бывают с правым и левым направлением линии витка.
2. В зависимости от числа витков (заходов резьбы) червяка передачи бывают с одновитковым или многовитковым червяком.

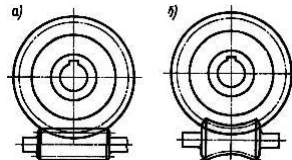


Рисунок 2. Схемы червячных передач

3. В зависимости от расположения червяка относительно колеса (рис. 3) передачи бывают: с нижним (а), боковым (б) и верхним (в) червяками. Чаще всего расположение червяка диктуется условиями компоновки изделия. Нижний червяк обычно применяют при окружной скорости червяка 4...5 м/с во избежание потерь на перемешивание и разбрызгивание масла.
4. В зависимости от формы винтовой поверхности резьбы цилиндрического червяка передачи бывают: с архимедовым, конволютными и эвольвентным червяками.

Каждый из них требует особого способа нарезания.

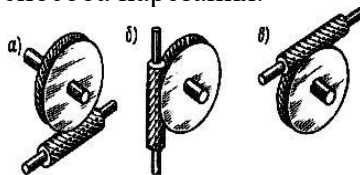


Рисунок 3 Виды расположения червяка

Эвольвентным червяк представляет собой цилиндрическое косозубое колесо эвольвентным профилем и с числом зубьев, равным числу витков червяка.

Практика показала, что при одинаковом качестве изготовления форма профиля нарезки червяка мало влияет на работоспособность передачи. Выбор профиля нарезки червяка зависит

от способа изготовления и связан также с формой инструмента для нарезания червячного колеса.

Наибольшее распространение получили архимедовы червяки рис.4.

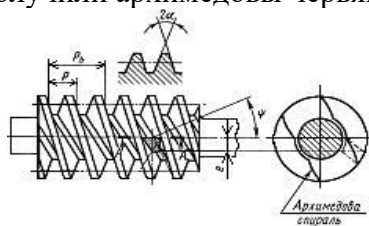


Рисунок 2.5.4 Архимедов червяк

Задание

Рассчитайте основные параметры и размеры червячной передачи. А так же провести расчет на контактную усталость.

Порядок выполнения практической работы

1. Из таблицы, для своего варианта, выпишите значения: число зубьев червячного колеса (z_2), мощности ведущего вала (P_1), угловой скорости на ведущем валу (ω_1), передаточного числа (u), ориентировочное значение к.п.д. редуктора ($\eta=0,85$), коэффициент диаметра червяка (q), число заходов червяка (z_1), коэффициента нагрузки (K) и допускаемое контактное напряжение $[\sigma_H]$.

2. Определите вращающий момент на ведущем валу:

$$M_1 = \frac{P_1}{\omega_1}$$

где P_1 - мощность ведущего вала, кВт;

ω_1 - угловая скорость на ведущем валу, рад/с.

3. Определите вращающий момент на ведомом валу:

$$M_2 = M_1 \cdot u \cdot \eta.$$

где M_1 - вращающий момент на ведущем валу;

u - передаточное число;

η - ориентировочное значение к.п.д. редуктора. $\eta = 0,85$

4. Вычислите межосевое расстояние по формуле:

$$a_\omega = 6100 \sqrt[3]{\frac{KM_2}{[\sigma_H]^2}}$$

где K - коэффициента нагрузки;

$[\sigma_H]$ - допускаемое контактное напряжение, МПа.

Округлите до числа из стандартного ряда принятого по таблице П.5 (страница 181), учебник В.П.Олофинская «Детали машин».

Рекомендуется межцентровое расстояние выбирать из ряда: 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500.

5. Вычислите осевой модуль зацепления по формуле:

$$m = \frac{2 \cdot a_\omega}{q + z_2}$$

где a_ω - межосевое расстояние,

z_2 - число зубьев червячного колеса;

q - коэффициент диаметра червяка.

Таблица - Рекомендуемые сочетания по ГОСТ 2144-76

m , мм	2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0
q	8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0

Округлите до числа из стандартного ряда принятого по таблице П.3 (страница 180), учебник В.П.Олофинская «Детали машин»

6. Вычислите основные параметры червячной передачи:

— делительный диаметр червяка по формуле:

$$d_1 = q \cdot m$$

—диаметр делительной окружности колеса по формуле:

$$d_2 = m \cdot z_2$$

7. Проверьте контактное напряжение по формуле:

$$\sigma_H \leq [\sigma_H]$$

8.Вычислим расчетное контактное напряжение по формуле:

$$\sigma_H = \frac{170000}{z_2/q} \sqrt{\left(\frac{1 + z_2/q}{a}\right)^3} K \cdot M_2$$

9. После сравнения двух величин по формуле:

$$\sigma_H \leq [\sigma_H]$$

10.Сделайте вывод.

Таблица вариантов к заданию

Вариант	Мощность ведущего вала, P_1 кВт	Угловая скорость на ведущем валу, ω_1 рад/с	Передаточное число, u	Коэффициент нагрузки, K	Число зубьев червячного колеса (z_2)	Допускаемое контактное напряжение, $[\sigma_H]$ МПа	Коэффициент диаметра червяка (q)	Число заходов червяка (z_1)
1	6	100	14	1,1	35	945	8	2
2	5,4	150	32	1,2	42	589	10	3
3	4	189	21	1,3	52	1045	12,5	4
4	2	120	31	1,4	30	800	8	1
5	2,5	65	50	1,5	32	750	8	2
6	3	105	42	1,3	63	699	20	3
7	6	78	25	1,1	74	688	25	3
8	7	85	55	1,5	65	1025	20	2
9	4,6	143	46	1,25	60	900	20	1
10	6,1	102	23	1,34	70	872	25	2
11	5,2	55	15	1,2	38	756	14	3
12	4,3	83	60	1,5	39	655	18	4
13	3,5	100	48	1,1	42	500	20	1
14	6	64	35	1,26	32	450	8	3
15	5	200	26	1,4	52	1245	25	2
16	4,1	56	55	1,2	33	600	10	2
17	3,8	80	48	1,43	40	760	12,5	3
18	4,1	105	21	1,3	50	800	16	4
19	2	90	34	1,2	72	700	25	1
20	6	120	51	1,5	44	550	16	3
21	3	70	60	1,36	72	436	20	1
22	4,2	75	44	1,22	25	732	8	4
23	6,1	45	29	1,5	24	633	8	3
24	1,8	79	33	1,3	26	2333	10	2

Обеспечение занятий: раздаточный материал, микрокалькулятор.

Решение заданий оформляется в тетрадях для практических работ

Содержание отчета:

1.Наименование занятия

2.Цели работы

- 3.Выполнение расчетов.
- 4.Ответы на контрольные вопросы
- 5.Вывод о проделанной работе

Контрольные вопросы:

- 1.Область применения червячной передачи
- 2.Перечислить достоинства червячных передач
- 3.Перечислить недостатки червячных передач.
- 4.Классификация червячных передач.
- 5.Рассказать в каких случаях и почему целесообразно применять червячную передачу?
- 6.Рассказать каковы основные виды разрушений червячной передачи

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если ученик дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся, допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Тема: Лабораторное занятие 12. Расчет плоскоременной горизонтальной передачи (2 часа)

Цель занятия: формирование умения осуществлять расчеты ременных передач.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортир

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Практические задания:

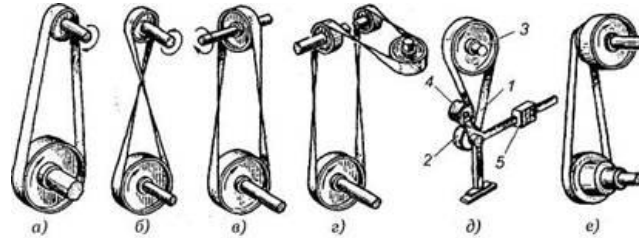
Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме

Плоскоременная передача служит для передачи крутящего момента между валами механизмов и машин посредством гибкой связи – плоского ремня. Классическая компоновка плоскоременной передачи - два шкива (ведущий и ведомый) и охватывающий их плоский ремень. Ведущий шкив за счет силы трения между своей рабочей поверхностью и ремнем приводит последний в движение. Ремень в свою очередь передает вращение ведомому шкиву. Валы могут быть с параллельными, пересекающимися или скрещивающимися осями.

В качестве основных преимуществ плоскоременной передачи можно выделить простоту конструкции, невысокую стоимость, плавность хода, низкие шумовые характеристики, высокую точность синхронного вращения, возможность работы с большими угловыми скоростями, а также передачу крутящего момента между валами, находящимися на значительном расстоянии друг от друга (до 15 метров).

Кроме того, плоскоременная передача требует минимального технического обслуживания в эксплуатации, а ее коэффициент полезного действия достигает 98%.

Сегодня ремни плоские приводные применяются в механизмах прессов для изготовления кузовов грузового автотранспорта, в качестве приводов пилорам, в деревообрабатывающих, ткацких, прядильных, текстильных, токарных и прочих станках, в генераторах, вентиляционных установках, а также центробежных и пневматических насосах, в сельскохозяйственном машиностроении и т.д.



На практике встречаются самые различные конструкции передач, с плоским ремнем. Рассмотрим наиболее типичные:

- *открытая* (см. рис. 1, а) — самая простая, надежная и удобная в работе передача; ее применяют при параллельных осях;
- *перекрестная* (см. рис.1, б) — используется при необходимости вращения шкивов в противоположных направлениях и параллельных осях. Имеет повышенное изнашивание кромки ремня. Эта передача не находит широкого применения;
- *полуперекрестная* (см. рис.1, в) — передача для перекрещивающихся осей;

Задание

Рассчитайте основные параметры и размеры открытой плоскоременной горизонтальной передачи от электродвигателя к редуктору привода ленточного транспортера.

Передаваемая мощность P_1 , частота вращения ведущего вала n_1 , передаточное число u . Нагрузка с умеренными колебаниями, работа односменная.

Необходимые данные возьмите из таблицы вариантов.

Порядок выполнения лабораторного занятия

Выберите плоский приводной резинотканевый ремень с прокладками из комбинированных (полиэфирных и хлопчатобумажных) нитей в основе с номинальной прочностью прокладки 55Н/мм и приведенной рабочей нагрузкой $q=3$ Н/мм (в стандарте она называется максимальной допускаемой рабочей нагрузкой)

Определите минимальный диаметр малого шкива по формуле М.А.Саверина, учитывая, по формуле:

$$D_{min} = \left(0,052 \dots 0,061 \sqrt[3]{\frac{P_1}{\omega_1}} \right)$$

из полученных значений принимаем стандартное значение диаметра D_1 из стандартного ряда, (мм): 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200...

Тогда выполним расчет по формуле:

$$D_2 = u \cdot D_1$$

Определите окружную скорость ремня по формуле:

$$v = \omega_1 \cdot D_1 / 2, \text{ (м/с).}$$

Определите межосевое расстояние по формуле:

$$a = 2(D_1 + D_2)$$

Вычислите расчетную длину ремня (м) по формуле:

$$L_p = \frac{2a + \pi(D_1 + D_2)}{2} + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a}$$

Проверьте число пробегов ремня по формуле:

$$\Pi = v / L_p \quad (\Pi < [\Pi]; [\Pi] = 5 \text{с}^{-1})$$

Найдите окружную силу по формуле:

$$F_t = P_1 / v$$

Определите допускаемую рабочую нагрузку по формуле:

$$[q] = q \cdot C_0 \cdot C_\alpha \cdot C_v / C_p,$$

где C_0 -передача открытая горизонтальная. $C_0=1$. $C_\alpha=0,95$. $C_v=0,94$. $C_p=1,2$

Данные для выполнения лабораторного занятия

Таблица вариантов к заданию

Вариант	Передаваемая мощность, P_1 кВт	Частота вращения ведущего вала, n_1 об/мин	Передаточное число, u
1	6	1000	4
2	5,4	250	3
3	4	589	2
4	2	1200	3,15
5	2,5	655	5
6	3	1050	4
7	6	782	2
8	7	852	5
9	4,6	643	4
10	6,1	1020	2
11	5,2	555	1,15
12	4,3	833	6
13	3,5	400	4
14	6	364	3
15	5	300	2
16	4,1	561	5
17	3,8	800	4
18	4,1	1005	2
19	2	900	3
20	6	1200	5
21	3	700	6
22	4,2	750	4
23	6,1	455	2
24	1,8	799	3

Обеспечение занятий: раздаточный материал, микрокалькулятор.

Решение заданий оформляется в тетрадях для практических работ

Содержание отчета

- 1.Наименование занятия
- 2.Цели работы
- 3.Выполнение расчетов.
- 4.Ответы на контрольные вопросы
- 5.Вывод о проделанной работе

Контрольные вопросы:

- 1.Перечислите достоинства и недостатки ременных передач.
- 2.Расскажите о классификации ременных передач.
- 3.Перечислите материал ремней

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если ученик дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся, допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Тема: Лабораторное занятие 13. Выполнение проверочного расчета валов передачи (2 часа)

Цель занятия: формирование умения осуществлять расчеты валов при совместном действии изгиба и кручения

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортир

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Практические задания:

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме

Элементы конструкции валов и используемые материалы

В конструкции ступенчатого вала условно выделяют следующие элементы: концевые участки; участки перехода от одной ступени к другой; места посадки подшипников, уплотнений и деталей, передающих момент вращения. Каждый элемент имеет свое название (рисунок 1).

Цапфа (Ц) – участок вала (оси), которым он опирается на подшипник.

Шипом называется цапфа, расположенная на конце вала (оси) и предназначенная для восприятия, в основном, радиальной нагрузки.

Пятой называется цапфа, расположенная на конце вала (оси) и предназначенная для восприятия, в основном, осевой нагрузки.

Шейкой называется промежуточная цапфа, расположенная в средней части вала (оси).

Запечик (З) – переходная торцевая поверхность от одного сечения вала (оси) к другому, предназначенная для упора деталей, установленных на валу или оси.

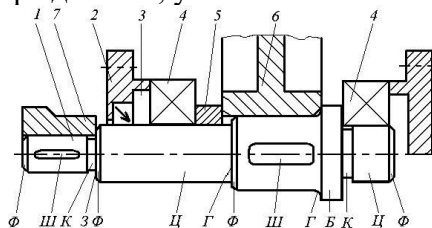


Рисунок 1. Элементы вала

Буртик (Б) – кольцевые утолщения вала (оси), составляющее одно целое с валом (осью).

Канавка (К) – углубление на поверхности меньшего диаметра между соседними ступенями валов: предназначена для плотного прилегания насаживаемой детали к запечнику (буртику), выхода шлифовального круга, при обработке поверхности меньшего диаметра, выхода резбонарезного инструмента. Эти канавки повышают концентрацию напряжений.

Галтель (Г) – криволинейная поверхность плавного перехода от меньшего сечения вала (оси), к плоской части запечника или буртика.

Фаска (Ф) – скошенная часть боковой поверхности вала (оси) у торца вала (оси), запечника, буртика. Служит для облегчения сборки и предотвращения травмирования рук.

Радиусы закруглений галтелей, размеры фасок принимают по ГОСТ 12080-66 в зависимости от диаметра вала.

Шпоночный паз (Ш) – углубление в валах для установки шпонок. Выполняют на участках крепления деталей, передающих вращающий момент.

Данные для выполнения лабораторного занятия

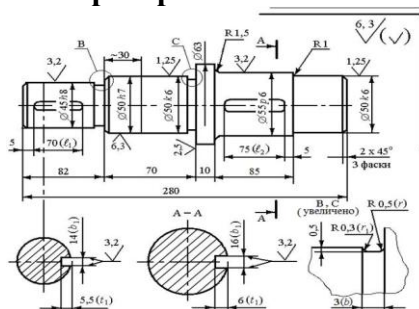


Рисунок 2 Вал

Задание

По заданному крутящему моменту провести проектировочный расчет вала, выполнить эскиз вала. Построить расчетную схему вала. Определить усилие в зацеплении, рассчитать реакции на опорах, построить эпюры изгибающих и крутящего момента. Провести проверку на прочность по сопротивлению усталости в сечении, где установлен подшипник.

Материал – сталь. Обработка – чистовая обточка без поверхностного упрочнения.

d - выходной конец вала для установки муфт и зубчатых колес, рассчитан только на кручение.

$$d_1 \cong d - 2t$$

d_1 - диаметр вала под установку под подшипников, принимается кратным 5 или 10.

$$d_2 = d_1 + 2t$$

d_2 - диаметр вала под установку зубчатого колеса.

$$l_{ст} = (1,0 \dots 1,2)d$$

$l_{ст}$ - ширина ступицы колеса.

$$l = 1,5d$$

l - длина выходного участка вала.

$$l_1 = (1,0 \div 1,5)d_1$$

l_1 - длина участка вала под установку подшипника и уплотнения.

l_2 -длина участка вала под установку колеса и втулки.

$$l_3 = b + 2 \dots 4 \text{ мм}$$

$$l_{шип} \cong l_2 - 5 \text{ мм}$$

$l_{шип}$ - длина шпоночного паза. Размеры шпоночного паза выбирается по рассчитанному диаметру вала (см. приложение, таблицы П40 и П41, В.П.Олофинская. Детали машин)

f - фаска на ступице колеса.

t - заплечик вала. $t > 2r$.

r - радиус галтели вала .

Для изготовления валов и осей используется качественные углеродистые и легированные стали марок 35, 45, 40Х, 40ХН и другие.

Таблица 2

d	20.....28	32....45	50....70	80.....90
r	1,6	2,0	2,5	3,0
f	2,0	2,5	3,0	4,0

Расчет валов

1.Проектируемый расчет

Расчет проводится по крутящему моменту при сниженных величинах допускаемых напряжений.

$$[\tau] = 20 \dots 30 \text{ МПа}$$

Таблица 1

Материалы

$[\tau]$, МПа

Сталь 35	20
Сталь 40	25
Сталь 45	30

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 [\tau]}}$$

где Т- крутящий момент на валу, Н·мм

2.Проверочный расчет вала на сопротивление усталости

$$F_{t1} = \frac{2T}{D_1}$$

$$F_{t2} = \frac{2T}{D_2}$$

$$F_{r1} = F_{t1} \times \operatorname{tg} \alpha$$

$$F_{r2} = F_{t2} \times \operatorname{tg} \alpha$$

где F_t - окружная сила

F_r - радиальная сила в зацеплении. $\alpha = 20^\circ$ - угол зацепления.

Вал изображается в виде прямого бруса, нагрузки условно прикладываем посередине ступицы. Строим эпюры изгибающих моментов в двух плоскостях и крутящего момента.

2.1 Определение реакций в опорах

1.Горизонтальная плоскость, действуют силы F_{t1} и F_{t2} :

$$\sum m_A^H = 0; \quad R_{XB}(c+b) + F_{t1} \times c - F_{t2}(a+b+c) = 0$$

$$R_{XB} = \frac{F_{t2}(a+b+c) - F_{t1} \times c}{c+b}$$

$$\sum m_B^H = 0; \quad -R_{XA}(c+b) + F_{t1} \times b - F_{t2} \times a = 0$$

$$R_{XA} = \frac{F_{t1} \times b + F_{t2} \times a}{c+b}$$

2.Вертикальная плоскость, действуют силы F_{r1} и F_{r2} :

$$\sum m_A^V = 0; \quad -R_{YA}(c+b) - F_{r1} \times b + F_{r2} \times a = 0$$

$$R_{YA} = \frac{F_{r2} \times a - F_{r1} \times b}{c+b}$$

$$\sum m_B^V = 0; \quad F_{r1} \times c - R_{YB}(c+b) + F_{r2}(a+b+c) = 0$$

$$R_{YB} = \frac{F_{r1} \times c + F_{r2}(a+b+c)}{c+b}$$

2.2 Построение эпюр изгибающих и крутящего момента

Горизонтальная плоскость:

$$M_{IC}^H = R_{XA} \times c$$

$$M_{IB}^H = F_{t2} \times a$$

Вертикальная плоскость:

$$M_{IC}^V = R_{YA} \times c$$

$$M_{IB}^V = F_{r2} \times a$$

Суммарные изгибающие моменты в точках С и В:

$$M_{IB}^{\varepsilon} = \sqrt{(M_{IB}^V)^2 + (M_{IB}^H)^2}$$

$$M_{IC}^{\varepsilon} = \sqrt{(M_{IC}^V)^2 + (M_{IC}^H)^2}$$

Крутящий момент Т=М передается от колеса к муфте или поворотному колесу.

Обычно на прочность проверяется сечение вала С, где установлено зубчатое колесо на шпонке, и сечение В, где установлен подшипник.

2.3 Проверочный расчет на выносливость

Расчет выполняется на совместное действие изгиба и кручения.

Цель расчета определить коэффициенты запаса прочности в опасных сечениях вала и сравнивать их с допускаемыми.

Расчет проводят по нормальным и касательным напряжениям и определяется общий запас прочности.

Проверка проводится по формулам:

$$S_{\delta} = \frac{\delta_{-1}}{K_{\delta D} \times \delta_a}$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \times \tau_a}$$

$$S = \frac{S_{\delta} \times S_{\tau}}{\sqrt{S_{\delta}^2 + S_{\tau}^2}}$$

где S_{δ} – запас прочности вала по нормальным напряжениям;

S_{τ} – запас прочности по касательным напряжениям.

$$\delta_a = \frac{M_{\text{и}}^{\varepsilon}}{W_{\text{ос}}}$$

$$W_{\text{ос}} \cong 0,1d$$

где δ_a – амплитуда цикла изменениями изгиба.

$$\tau_a = \frac{M_{\text{кр}}}{W_p}$$

$$W_p \cong 0,2d$$

где δ_{-1} – предел выносливости при расчете на изгиб;

τ_{-1} – предел выносливости при расчете на кручении (приложение, таб. П.14 В.П.Олофинская. Детали машин).

$$k_{\delta D} = \left(\frac{k_{\delta}}{k_d} + \frac{1}{k_F} - 1 \right) \frac{1}{k_v}$$

$$k_{\tau D} = \left(\frac{k_{\tau}}{k_d} + \frac{1}{k_F} - 1 \right) \frac{1}{k_v}$$

где $k_{\delta D}$ – общий коэффициент концентрации напряжений при изгибе;

$k_{\tau D}$ – общий коэффициент концентрации напряжений при кручении;

k_{δ}, k_{τ} – коэффициенты снижения предела выносливости за счет местных концентраций (таб. П20 В.П.Олофинская. Детали машин);

k_d – коэффициент влияния абсолютных размеров (таб. П17.В.П.Олофинская. Детали машин);

k_F – коэффициент влияния обработки поверхности (таб. П18. В.П.Олофинская. Детали машин);

k_v – коэффициент упрочнения поверхности (таб. П19.В.П.Олофинская. Детали машин). Минимально допустимое значение коэффициента запаса прочности:

$$[S] = 1,6 - 2,5$$

3. Упрощенный проверочный расчет

Условие сопротивление усталости имеет вид:

$$\delta_{\text{экв}} = \frac{M_{\text{экв}}}{0,1 d^3} \leq [\delta_{-1}]$$

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{(M_{\text{и}}^{\varepsilon})^2 + (M_{\text{к}})^2}$$

где $M_{\text{и}}^{\varepsilon}, M_{\text{к}}$ – изгибающий и крутящий моменты в опасном сечении.

$[\delta_{-1}]$ – допускаемый предел выносливости при симметричном цикле нагружения (таб. П15 В.П.Олофинская. Детали машин).

Таблица вариантов

вариант	Крутящий момент, Т, Нм	Окружная сила, F_{t1} , Н	Окружная сила F_{t2} , Н	Радиальная сила F_{r1} , Н	Радиальная сила F_{r2} , Н	Марка стали
1	8	750	1500	170	550	35
2	10	350	2200	163	640	35
3	12	450	2000	460	640	35
4	14	1250	4110	1080	1480	35
5	16	2000	6050	1650	2180	40
6	18	2500	9800	2300	3530	40

7	20	3000	1500	170	550	40
8	22	3500	2200	163	640	40
9	24	4000	2000	460	1480	40XH
10	26	4500	4110	1080	2180	40XH
11	28	5000	6050	1650	3530	40X
12	30	5500	9800	2300	550	40X
13	32	6000	1500	170	640	45
14	34	6450	2200	163	640	45
15	36	750	4110	1080	1480	45
16	38	350	6050	1650	2180	45
17	40	450	9800	2300	3530	35
18	42	1250	9800	460	550	35
19	44	2000	6050	2300	640	40
20	46	2500	4110	1650	2180	40
21	48	3000	2000	1080	3530	40XH
22	50	3500	1500	460	1480	40X
23	52	4000	2200	163	550	45
24	54	4500	1500	170	640	45

Обеспечение занятий: раздаточный материал, микрокалькулятор, решение заданий оформляется в тетрадях для практических работ

Содержание отчета

1. Наименование занятия
2. Цели работы
3. Выполнение расчетов.
4. Ответы на контрольные вопросы
5. Вывод о проделанной работе

Контрольные вопросы: ответы на вопросы

1. Какая разница между валом и осью?
2. Что называют цапфой, шипом, шейкой и пятой?
3. Каковы основные критерии работоспособности валов и осей и какими параметрами их оценивают?
4. Почему валы рассчитывают в два этапа: первый — проектировочный расчет, второй — проверочный расчет?
5. Какова цель проектировочного расчета, какой обычно диаметр вала определяют и почему?
6. Какова цель проверочного расчета?
7. Какой параметр при этом определяют?
8. Каковы конструктивные и технологические способы повышения сопротивления усталости валов?

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если ученик дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся, допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Тема: Лабораторное занятие 14. Расчет подшипника скольжения (2 часа)

Цель занятия: формирование умения осуществлять расчеты подшипников скольжения на давление между цапфой и вкладышем, а так же на нагрев и отсутствие заедания.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

Материально - техническое оснащение

Оборудование: линейка, карандаш, транспортир

Характер выполнения работы: обучающиеся выполняют работу индивидуально

Лабораторные задания:

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме

Подшипник – изделие, являющееся частью опоры или упора, которое поддерживает вал, ось или иную подвижную конструкцию с заданной жёсткостью. Фиксирует положение в пространстве, обеспечивает вращение, качение или линейное перемещение (для линейных подшипников) с наименьшим сопротивлением, воспринимает и передаёт нагрузку от подвижного узла на другие части конструкции.

Силы, нагружающие подшипник, подразделяют на: радиальную, действующую в направлении, перпендикулярном оси подшипника; осевую, действующую в направлении, параллельном оси подшипника.

Опора с упорным подшипником называется подпятником.

Подшипник скольжения – опора или направляющая механизма или машины, в которой трение происходит при скольжении сопряжённых поверхностей.

Радиальный подшипник скольжения представляет собой корпус, имеющий цилиндрическое отверстие, в которое вставляется рабочий элемент – вкладыш, или втулка из антифрикционного материала и смазывающее устройство. Между валом и отверстием втулки подшипника имеется зазор, заполненный смазочным материалом, который позволяет свободно вращаться валу

В зависимости от конструкции, окружной скорости цапфы, условий эксплуатации трение скольжения бывает сухим, граничным, жидкостным и газодинамическим. Однако даже подшипники с жидкостным трением при пуске проходят этап с граничным трением.

Смазка является одним из основных условий надёжной работы подшипника и *обеспечивает*: низкое трение; разделение подвижных частей; теплоотвод; защиту от вредного воздействия окружающей среды.

Смазка бывает: жидкой (минеральные и синтетические масла, вода для неметаллических подшипников); пластичной (на основе литиевого мыла и кальция сульфоната и др.); твёрдой (графит, дисульфид молибдена и др.); газообразной (различные инертные газы, азот и др.).

Наилучшие эксплуатационные свойства демонстрируют пористые самосмазывающиеся подшипники, изготовленные методом порошковой металлургии. При работе пористый самосмазывающийся подшипник, пропитанный маслом, нагревается и выделяет смазку из пор на рабочую скользящую поверхность, а в состоянии покоя остывает и впитывает смазку обратно в поры.

Антифрикционные материалы подшипников изготавливают из твёрдых сплавов (карбид вольфрама или карбид хрома методом порошковой металлургии либо высокоскоростным газопламенным напылением), баббитов и бронз, полимерных материалов, керамики, твёрдых пород дерева (железное дерево)

Подшипники скольжения разделяют:

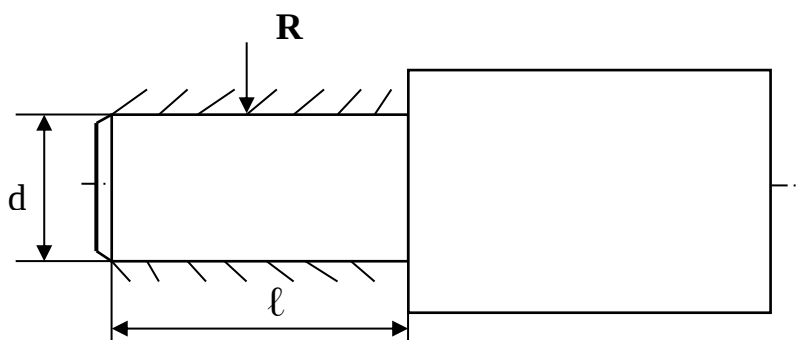
- в зависимости от формы подшипникового отверстия: одно- или многоповерхностные; со смещением поверхностей (по направлению вращения) или без (для сохранения возможности обратного вращения); со смещением или без смещения центра (для конечной установки валов после монтажа);
- по направлению восприятия нагрузки: радиальные; осевые (упорные, подпятники); радиально-упорные;
- по конструкции: неразъёмные (втулочные); разъёмные (состоящие из корпуса и крышки); встроенные (рамовые, составляющие одно целое с картером, рамой или станиной машины);
- по количеству масляных клапанов: с одним клапаном; с несколькими клапанами;
- по возможности регулирования: нерегулируемые; регулируемые.

Задание

Рассчитайте подшипник скольжения на давление между цапфой и вкладышем, а так же на нагрев и отсутствие заедания.

Порядок выполнения работы

1. Из таблицы, для своего варианта, выпишите значения: силы реакции в опоре **R** (кН), диаметр цапфы **d** (мм), длину цапфы **ℓ** (мм), допускаемое давление на поверхности трения **[p]** (Н/мм²), допускаемое значение критерия **[pv]** (Н·м/мм²·с), угловую скорость вращения вала **ω** (р).
- 2.



2. Вычислите окружную скорость вращения вала в (м/с) по формуле:

$$V = \omega \cdot d / 2$$

где ω - угловая скорость вращения вала, рад/с

d- диаметр цапфы, мм

3. Проверьте давление между цапфой и вкладышем по формуле:

$$p = R / d \cdot \ell.$$

где R- сила реакции в опоре, кН

d- диаметр цапфы, мм

ℓ- длина цапфы, мм

4. Проверьте подшипник на нагрев и отсутствие заедания по формуле:

$$pv \leq [pv],$$

где [pv] - допускаемое значение критерия, Н·м/мм²·с.

- 5.Сделайте вывод.

Данные для выполнения практической работы

Таблица вариантов к заданию

Вариант	Сила реакции в опоре R (кН)	Угловая скорость вращения вала, ω (рад/с)	Диаметр цапфы d (мм)	Длина цапфы ℓ (мм)	Допускаемое давление на поверхности трения [p] (Н/мм ²)	Допускаемое значение критерия [pv] (Н·м/мм ² ·с)
1	26	100	54	51	2	4,5
2	54	150	63	32	2	9
3	45	109	25	83	3	10
4	20	120	35	54	2,3	8

5	25	65	50	35	3,2	7,5
6	35	105	45	96	13	6,9
7	62	78	26	47	14	8,8
8	27	85	53	55	5	25
9	46	143	49	25	16	9
10	61	102	28	34	17	8,2
11	52	55	15	12	18	5,6
12	43	83	62	65	19	655
13	35	100	40	11	2	5
14	36	64	33	26	20	4,5
15	51	20	25	17	19	12
16	41	56	55	62	3	6
17	38	80	47	43	4	7,6
18	41	105	23	13	5	8
19	29	90	30	12	20	7
20	36	120	50	15	20	5,5
21	31	70	60	36	2	4,6
22	42	75	40	22	5	7,3
23	61	45	25	15	4	6,3
24	18	79	35	16	12	23

Обеспечение занятий: раздаточный материал, микрокалькулятор, решение заданий оформляется в тетрадях для практических работ

Содержание отчета:

1. Наименование занятия
2. Цели работы
3. Выполнение расчетов.
4. Ответы на контрольные вопросы
5. Вывод о проделанной работе

Контрольные вопросы: ответы на вопросы

1. Дайте понятие подшипника?
2. Что обеспечивает смазка?
3. Подшипники скольжения разделяются?
4. Радиальный подшипник скольжения представляет?

Студент представляет отчет о выполнении лабораторного занятия и иные требования к отчету в виде письменного отчета

Критерии оценивания отчета:

Оценка «5» ставится, если обучающийся полно излагает изученный материал, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно

Оценка «4» ставится, если ученик дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1—2 ошибки, которые сам же исправляет

Оценка «3» ставится, если обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий

Оценка «2» ставится, если обучающийся, допускает серьезные ошибки в формулировке определений и понятий или не выполнение задания

Основные источники:

1. Вереина Л.И. Техническая механика. Издательство «Академия» 2021

Дополнительные источники:

1. Чекмарев, А. А. Черчение: учебник для СПО / А. А. Чекмарев. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство: Юрайт, 2019. — 275 с. — Серия: Профессиональное образование.
2. [Березина Н. А.](#), "Инженерная графика. Учебное пособие", [Кнорус](#), 2018 г.
3. [Исаев И. А.](#), "Инженерная графика. Рабочая тетрадь. Часть I-II", [ИНФРА-М](#), 2019 г
4. Боголюбов С.К. Инженерная графика. – М.: «Машиностроение», 2009.
5. Исаев И.А. Инженерная графика. – М.: «Форум Инфра-М», 2011.
6. Бродский А.М., Фазлулин Э.М., Халдинов В.А. Практикум по инженерной графике. – М.: «Academia», 2007
7. Лагерь А.И. Инженерная графика. – М.: «Высшая школа», 2004.
8. Фазлулин Э.М., Халдинов В.А. Инженерная графика. – М.: «Академия», 2006.
9. Чекмарев А.А. Справочник по машиностроительной графике. – М.: «Высшая школа», 1994.
10. Чекмарев А.А., Осипов В.Н. Справочник по машиностроительному черчению. – М.: «Высшая школа», 2000.
11. Инженерная и компьютерная графика:2000. учеб. для средних спец. учеб. заведений /Б. Г. Миронов. - М.: Высшая школа, 2004.
12. В.А.Федоренко, А.И. Шошин. Справочник по машиностроительному черчению. – Л., Машиностроение, 1981.
13. ГОСТ «Единая система конструкторской документации» (ЕСКД). Общие правила выполнения чертежей.
14. ГОСТ 2.701-84*ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
15. ГОСТ 21.101-97 СПДС Основные требования к проектной и рабочей документации.
16. ГОСТ 21.501-93 СПДС Правила выполнения архитектурно-строительных чертежей.
17. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
18. ГОСТ 21.508-93 СПДС Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов.
19. ГОСТ 21.204-93 СПДС Условные графические изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта.
20. КОМПАС-3DV9 Руководство пользователя. Часть 1 - ЗАО АСКОН, 2007.
21. КОМПАС-3DV9 Руководство пользователя. Часть 3 - ЗАО АСКОН, 2007.
22. VISIO – Руководство пользователя
23. Полихов М.В. Техническое обслуживание автомобилей; Учебник для студентов учреждений СПО, Академия 2017г.
24. Асадулина Е.Ю. Техническая механика: сопротивление материалов, 2-е издание. Учебник и практикум для СПО, "Лань-трейд", 2019г.
25. Туревский И.С. Техническое обслуживание автомобиле зарубежного производства; Учебное пособие. "Лань-трейд", 2019г.
26. .Светлов М.В., Светлова И.А. "Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта. Дипломное проектирование", "Лань-трейд", 2019г.

Интернет-ресурсы:

1. <http://graph.power.nstu.ru/wolchin/umm/PKG/ИКТ> Портал Интернет-ресурсы Инженерная и прикладная компьютерная графика.
2. <http://www.twirpx.com/files/machinery/nig> Видео-уроки по начертательной геометрии и инженерной графике.

3. http://www.pomoshvuchebe.ru/index/test_po_discipline_quot_inzhenernaja_grafika_quot Сайт помощи студентам - Тесты по дисциплине "Инженерная графика".
4. [.http://mechanichelp.ru/texmex.html](http://mechanichelp.ru/texmex.html) Задачи по технической механике
5. 2.<http://www.teoretmech.ru/lect.html> Лекции по технической механике