

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

*Приложение 2.24.1 к ОПОП по специальности
15.02.03 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт гидравлического
и пневматического оборудования (по отраслям)*

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»
Многопрофильный колледж

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОП.03 Техническая механика и основы теории машин и механизмов

для обучающихся по специальности

**по специальности 15.02.03 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт гидравлического и
пневматического оборудования (по отраслям)**

Магнитогорск 2025

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
1 ВВЕДЕНИЕ	3
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	4
Практическое занятие № 1.....	4
Практическое занятие № 2.....	7
Практическое занятие № 3.....	9
Практическое занятие № 4.....	12
Практическое занятие № 5.....	15
Практическое занятие № 6.....	17
Практическое занятие № 7.....	20
Практическое занятие № 8.....	23
Практическое занятие № 9.....	26
Практическое занятие № 10.....	29
Практическое занятие № 11.....	31
Практическое занятие № 12.....	34
Практическое занятие № 13.....	37
Практическое занятие 14	40
Практическое занятие 15.	45
Практическое занятие 16	46
Практические занятия 17	48
Практическое занятие 18	49
Практическое занятие 19	52
Практическое занятие 20	57
Практическое занятие 21	59
Практическое занятие 22	61
Лабораторное занятие № 1.....	64
Лабораторная работа №2	67

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений (умений решать задачи.), необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Техническая механика и основы теории машин и механизмов» предусмотрено проведение практических и/или лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Содержание практических работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

А также формированию **общих компетенций:**

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Выполнение обучающихся практических работ по учебной дисциплине «Техническая механика» направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил

Практическое занятие № 1

Расчёт реакций опор для плоской системы сходящихся сил

Цель:

- Знать способ разложения силы на составляющие,
- Изучить способы сложения сил, линии действия которых сходятся в одной точке,
- Знать геометрический и аналитический способы определения равнодействующей силы и уметь ими пользоваться.

Выполнив работу, Вы будете: уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

Оборудование: не используется

Задание:

Выполнить расчет равнодействующей системы сил

Порядок выполнения работы:

- 1 Рассмотреть теоретические положения
- 2 Изучить методику расчета равнодействующей системы сил
- 3 Выполнить расчет равнодействующей системы сил
- 4 Сделать вывод
- 5 Ответить на контрольные вопросы

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Пример 1. Груз (рисунок 1) подвешен на стержнях и канатах и находится в равновесии. Изобразить систему сил, действующих на шарнир

Решение

1. Реакции стержней направлены вдоль стержней, реакции гибких связей направлены вдоль нитей в сторону натяжения (рисунок 1, а).
2. Для определения точного направления усилий в стержнях мысленно убираем последовательно стержни 1 и 2. Анализируем возможные перемещения точки A . Неподвижный блок с действующими на него силами не рассматриваем.
3. Убираем стержень 1, точка A поднимается и отходит от стены, следовательно, реакция стержня 1 направлена к стене.
4. Убираем стержень 2, точка A поднимается и приближается к стене, следовательно, реакция стержня 2 направлена от стены вниз.
5. Канат тянет вправо.
6. Освобождаемся от связей (рисунок 1, б).



а) Силы, действующие на шарнир A .

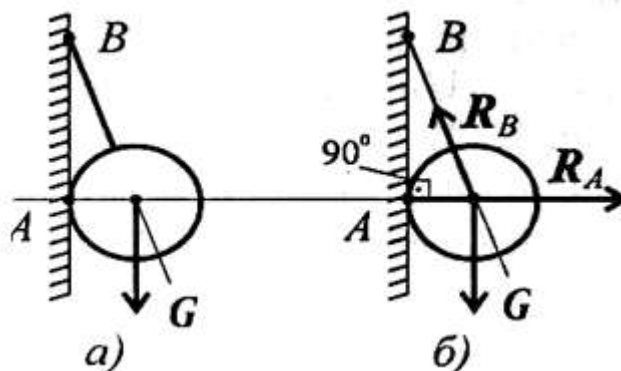
б) Система сходящихся сил.

Рисунок 1 – Груз, подвешенный на стержнях и канатах

Пример 2. Шар подвешен на нити и опирается на стену (рисунок 2, а). Определить реакции нити и гладкой опоры (стенки).

Решение

1. Реакция нити — вдоль нити к точке B вверх (рисунок 2, б).
2. Реакция гладкой опоры (стенки) — по нормали от поверхности опоры.



а) шар на нити;

б) реакции

Рисунок 2 - Определение реакции нити и гладкой опоры

Форма представления результата:

Оформленная задача в тетради для практических и лабораторных работ

Критерии оценки:

Оценка 3 – один из способов рассчитан верно.

Оценка 4 – оба способа посчитаны верно.

Оценка 5 – защита работы (по принятой преподавателем оси составить уравнение проекций).

Тема 1.3. Пара сил и момент силы относительно точки Плоская система произвольно расположенных сил

Практическое занятие № 2

Момент силы относительно точки.

Цель: в результате выполнения работы студент должен иметь представление о видах опор балочных систем и возникающих в них реакциях. Знать формы уравнений равновесия плоской системы произвольно расположенных сил уметь их использовать для определения неизвестных реакций в опорах. Уметь выполнять проверку правильности решения.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик.

Оборудование: не используется

Задание:

Определить величины реакций в жесткой заделке одноопорной балки. Провести проверку решения.

Порядок выполнения работы:

1 Оформить работу в тетрадь.

2 По алгоритму выполнить решение.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Брус АВ с левой шарнирно-подвижной опорой и правой шарнирно-неподвижной нагружен тремя парами сил, моменты которых $M_1 = 24$ кН-м, $M_2 = 36$ кН-м, $M_3 = -50$ кН-м. Определить реакции опор. (Рисунок 1)

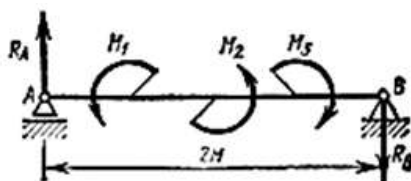


Рисунок 1

На брус действуют пары сил; следовательно, и уравновесить их можно только парой, т. е. в точках А и В со стороны опор на брус должны действовать реакции опор, образующие пару сил. В точке А у бруса шарнирно-подвижная опора, значит ее реакция направлена перпендикулярно опорной поверхности, т. е. в данном случае перпендикулярно брусу. Обозначим эту реакцию и направим ее вверх. Тогда в точке В со стороны шарнирно-неподвижной опоры действует также вертикальная сила R_B , но вниз.

2. Исходя из выбранного направления сил пары (R_A , R_B), её момент $M_0 = -R_A \cdot AB$ (или $M_0 = -R_B \cdot BA$).

3. Составим уравнение равновесия пар сил:

$$\sum M_k = M_1 + M_2 + M_3 + M_0 = 0.$$

Подставив в это уравнение значения моментов, получим

$24 + 36 - 50 - R_A \cdot 2 = 0$. Отсюда $R_A = 5$ кН. Так как силы R_A и R_B образуют пару, то $R_B = R_A = 5$ кН.¹

Форма представления результата:

Оформленная задача в тетради для практических и лабораторных работ

Критерии оценки:

Оценка 3 – две реакции рассчитаны верно.

Оценка 4 – все реакции посчитаны верно.

Оценка 5 – защита работы (составить уравнение моментов относительно точки С).

¹ Студопения. https://studopedia.ru/1_94922_reshenie.html (дата обращения: 30.03.2022)

Тема 1.3. Пара сил и момент силы относительно точки Плоская система произвольно расположенных сил

Практическое занятие № 3

Определение реакций в 2х опорной балке.

Цель: иметь представление о видах опор балочных систем и возникающих в них реакциях. Знать формы уравнений равновесия плоской системы произвольно расположенных сил и уметь их использовать для определения реакций для балки с шарнирными опорами

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Определить величины реакций в шарнирах двух опорной балки. Провести проверку решения

Порядок выполнения работы:

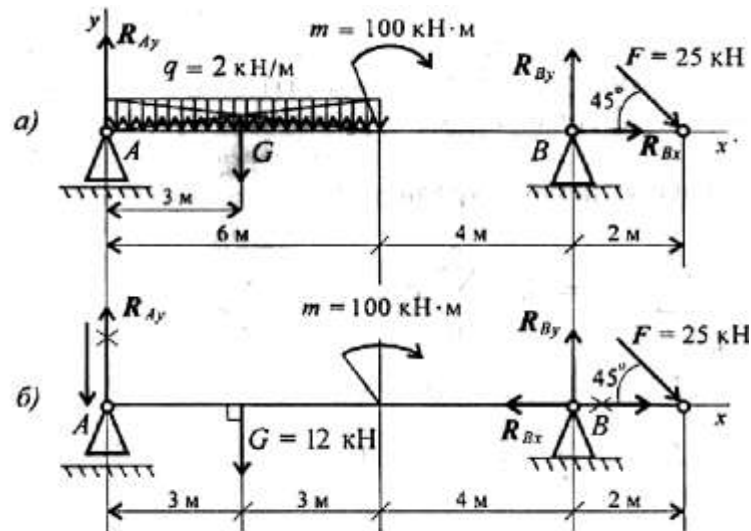
1 Оформить работу в тетрадь.

2 По алгоритму выполнить решение.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Пример. Двухопорная балка с шарнирными опорами A и B нагружена сосредоточенной силой F , распределенной нагрузкой с интенсивностью q и парой сил с моментом m (рисунок 1). Определить реакции опор.



- а) с распределенной нагрузкой;
- б) с заменой распределенной нагрузки на сосредоточенную

Рисунок 1 - Реакции опор в двухопорной балке

Решение

1. Левая опора (точка A) — подвижный шарнир, здесь реакция направлена перпендикулярно опорной поверхности. Правая опора (точка B) — неподвижный шарнир, здесь наносим две составляющие реакции вдоль осей координат. Ось Ox совмещаем с продольной осью балки.

2. Поскольку на схеме возникнут две неизвестные вертикальные реакции, использовать первую форму уравнений равновесия нецелесообразно.

3. Заменяем распределенную нагрузку сосредоточенной:

$$G = ql; G = 2 \times 6 = 12 \text{ кН.}$$

Сосредоточенную силу помещаем в середине пролета, далее задача решается с сосредоточенными силами (рис. 1, б).

4. Наносим возможные реакции в опорах (направление произвольное).

5. Для решения выбираем уравнение равновесия в виде

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{k=0}^n m_{kA} = 0; \\ \sum_{k=0}^n m_{kB} = 0; \\ \sum_{k=0}^n F_{kx} = 0. \end{array} \right. \quad \text{Проверка:} \quad \sum_{k=0}^n F_{ky} = 0.$$

6. Составляем уравнения моментов относительно точек крепления:

$$\sum_0^n m_{kA} = G \cdot 3 + m - R_{By} \cdot 10 + F \cdot 12 \cdot \sin 45^\circ = 0.$$

$$R_{By} \cdot 10 = G \cdot 3 + m + F \cdot 12 \cdot \sin 45^\circ;$$

$$R_{By} \cdot 10 = 12 \cdot 3 + 100 + 25 \cdot 12 \cdot 0,7; \quad R_{By} = \frac{346}{10} = 34,6 \text{ кН.}$$

Реакция направлена

верно.

$$\sum_0^n m_{kB} = R_{Ay} \cdot 10 - G \cdot 7 + m + F \cdot 2 \cdot \sin 45^\circ = 0.$$

$$R_{Ay} \cdot 10 = G \cdot 7 - m - F \cdot 2 \cdot \sin 45^\circ;$$

$$R_{Ay} \cdot 10 = 12 \cdot 7 - 100 - 50 \cdot 0,7; \quad R_{Ay} = -\frac{51}{10} = -5,1 \text{ кН.}$$

Реакция отрицательная, следовательно, R_{Ay} нужно направить в противоположную сторону.

7. Используя уравнение проекций, получим $R_{Bx} = -25 \cdot \cos 45^\circ = -17,5 \text{ кН}$

$$\sum_0^n F_{kx} = R_{Bx} + F \cos 45^\circ = 0; \quad R_{Bx} = -F \cos 45^\circ; \quad R_{Bx} = -17,5 \text{ кН;}$$

R_{Bx} — горизонтальная реакция в опоре В.

Реакция отрицательна, следовательно, на схеме ее направление будет противоположно выбранному.

8. Проверка правильности решения. Для этого используем четвертое уравнение равновесия

$$\sum_0^n F_{ky} = 0:$$

$$-R_{Ay} - G + R_{By} - F \cos 45^\circ = 0.$$

Подставим полученные значения реакций. Если условие выполнено, решение верно:

$$-5,1 - 12 + 34,6 - 25 \cdot 0,7 = 0.$$

Форма представления результата:

Оформленная задача в тетради для практических и лабораторных работ

Критерии оценки:

Оценка 3 — две реакции рассчитаны верно.

Оценка 4 — все реакции посчитаны верно.

Оценка 5 — защита работы (составить уравнение моментов относительно точки С).

Тема 1.3. Пара сил и момент силы относительно точки Плоская система произвольно расположенных сил

Практическое занятие № 4

Определение реакций в жёсткой заделке.

Цель: иметь представление о видах опор балочных систем и возникающих в них реакциях. Знать формы уравнений равновесия плоской системы произвольно расположенных сил и уметь их использовать для определения реакций для балки с шарнирными опорами

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Определить величины реакций в шарнирах двух опорной балки. Провести проверку решения

Порядок выполнения работы:

- 1 Рассмотреть теоретические положения
- 2 Изучить методику расчета опорных реакций консольных балок
- 3 Выполнить расчет
- 4 Сделать вывод
- 5 Ответить на контрольные вопросы

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Пример 1. Одноопорная (защемленная) балка нагружена сосредоточенными силами и парой сил (рисунок 1). Определить реакции заделки.

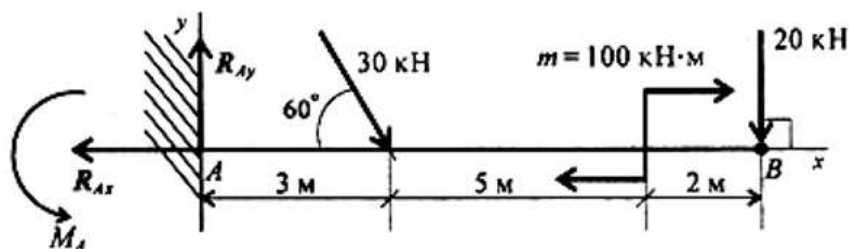


Рисунок 1 – Балка с защемленным концом

Решение

1. В заделке может возникнуть реакция, представляемая двум: составляющими (R_{Ay} , R_{Ax}), и реактивный момент M_A . Наносим на схему балки возможные направления реакций.

Замечание. Если направления выбраны неверно, при расчетах получим отрицательные значения реакций. В этом случае реакции на схеме следует направить в противоположную сторону, не повторяя расчета.

В силу малой высоты считают, что все точки балки находятся на одной прямой; все три неизвестные реакции приложены в одной точке. Для решения удобно использовать систему уравнений равновесия в первой форме. Каждое уравнение будет содержать одну неизвестную.

2. Используем систему уравнений:

$$\sum_0^n F_{kx} = 0; \quad \sum_0^n F_{ky} = 0; \quad \sum_0^n m_{kA} = 0.$$

$$\sum_0^n F_{kx} = -R_{Ax} + 30 \cdot \cos 60^\circ + 20 \cdot \cos 90^\circ = 0.$$

$$R_{Ax} = 30 \cdot \cos 60^\circ + 20 \cdot \cos 90^\circ = 15 \text{ кН.}$$

$$\sum_0^n F_{ky} = R_{Ay} - 30 \cdot \cos 30^\circ - 20 \cdot \cos 0^\circ = 0.$$

$$R_{Ay} = 30 \cdot 0,866 + 20 \cdot 1 = 45,98 \text{ кН.}$$

$$\sum_0^n m_{kA} = -M_A + 30 \cdot 3 \cdot \sin 60^\circ + 100 + 20 \cdot 10 = 0.$$

$$M_A = 377,94 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Знаки полученных реакций (+), следовательно, направления реакций выбраны верно.

3. Для проверки правильности решения составляем уравнение моментов относительно точки В.

$$\sum m_{kB} = -M_A + R_{Ay} \cdot 10 - 30 \cdot 7 \cdot \sin 60^\circ + 100 = 0.$$

Подставляем значения полученных реакций:

$$-377,94 + 45,98 \cdot 10 - 210 \cdot 0,866 + 100 = 0;$$

$$-559,8 + 559,8 = 0.$$

Решение выполнено верно.

Форма представления результата: защита практической работы

Критерии оценки:

Оценка 3 – две реакции рассчитаны верно.

Оценка 4 – все реакции посчитаны верно.

Оценка 5 – защита работы (составить уравнение моментов относительно точки С).

Тема 1.4. Центр тяжести

Практическое занятие № 5

Определение центра тяжести сложной фигуры.

Цель: в результате выполнения работы студент должен знать методы определения центра тяжести тела и формулы для определения положения центра тяжести плоских фигур. Уметь определять положение центра тяжести сложных геометрических фигур и фигур, составленных из стандартных профилей

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Определить центр тяжести сложной фигуры

Порядок выполнения работы:

1 Оформить работу в тетрадь.

2 По алгоритму выполнить решение.

Краткие теоретические сведения:

Центром тяжести тела называется точка приложения его силы тяжести. Силы тяжести элементов тела представляют собой систему сходящихся сил, линии действия которых пересекаются в центре Земли. Однако углы между этими линиями настолько малы, что в технических расчетах ими пренебрегают. Поэтому центр тяжести тела можно рассматривать как центр системы параллельных сил, образуемых силами тяжести его элементов.

Порядок определения координат центров тяжести однородных тел.

Для нахождения положения центров тяжести однородных тел способом разбиения следует:

1. Разбить фигуру на части, положения центров тяжести C_k ($k=1, \dots, n$) которых, известны.
2. Ввести декартову систему координат.
3. Определить центры масс, а так же величины l_k , S_k или V_k каждой из частей.
4. Вычислить координаты центра тяжести искомой фигуры. 2

Форма представления результата:

Оформленная задача в тетради для практических и лабораторных работ

Критерии оценки:

Оценка 3 – заполнено верно две строки в таблице.

Оценка 4 – верно рассчитаны координаты общего центра тяжести.

Оценка 5 – защита работы (определить координаты указанной преподавателем на схеме точки).

² Методические указания для практических и самостоятельных работ по разделам дисциплин "Теоретическая механика", "Техническая механика", "Прикладная механика"/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: О.В.Емельянова, С.Ф.Яцун, О.Г. Локтионова. Курск, 2021. https://swsu.ru/sveden/files/MU_Opredelenie_centra_tyaghesti_ploskix_figur.pdf (дата обращения: 30.09.2022)

Тема 1.4. Центр тяжести

Практическое занятие № 6

Определение центра тяжести фигуры составленной из прокатных профилей.

Цель: в результате выполнения работы студент должен знать методы определения центра тяжести тела и формулы для определения положения центра тяжести плоских фигур. Уметь определять положение центра тяжести сложных геометрических фигур и фигур, составленных из стандартных профилей

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Определить положение центра тяжести сечения, составленного из стандартных профилей.

Краткие теоретические сведения:

Пример 1. Определить координаты центра тяжести составного сечения. Сечение состоит из листа и прокатных профилей.

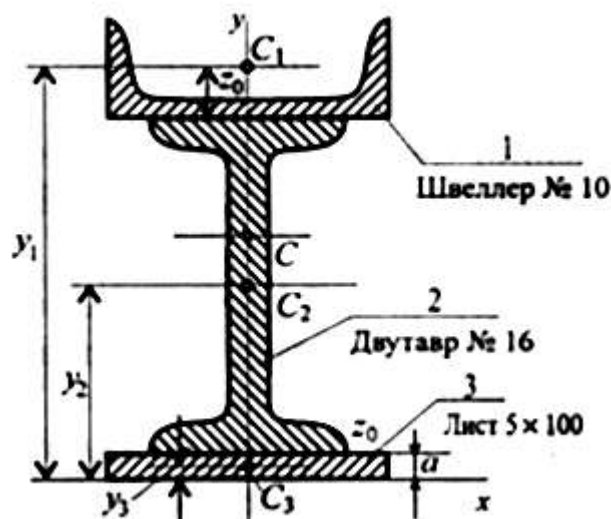


Рисунок 1 – Составное сечение из листа и прокатных профилей

Примечание. Часто рамы сваривают из разных профилей, создавая необходимую конструкцию. Таким образом, уменьшается расход металла и образуется конструкция высокой прочности.

Для стандартных прокатных профилей собственные геометрические характеристики известны. Они приводятся в соответствующих стандартах.

Решение

1. Обозначим фигуры номерами и выпишем из таблиц необходимые данные:

1) – швеллер № 10 (ГОСТ 8240-89); высота $h = 100$ мм; ширина полки $b = 46$ мм; площадь сечения $A_1 = 10,9$ см²;

2) – двутавр № 16 (ГОСТ 8239-89); высота 160 мм; ширина полки 81 мм; площадь сечения $A_2 = 20,2$ см²;

3) – лист 5x100; толщина 5 мм; ширина 100 мм; площадь сечения $A_3 = 0,5 \times 10 = 5$ см².

2. Координаты центров тяжести каждой фигуры можно определить по чертежу.

Составное сечение симметрично, поэтому центр тяжести находится на оси симметрии и координата $x_C = 0$.

Швеллер 1: $y_1 = a + h_2 + z_0$; $y_1 = 0,5 + 16 + 1,44 = 17,54$ см.

Двутавр 2: $y_2 = a + \frac{h_2}{2}$; $y_2 = 0,5 + 16/2 = 8,5$ см.

Лист 3: $y_3 = a/2 = 0,25$ см.

3. Определение центра тяжести составного сечения:

$$y_C = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3}{A_1 + A_2 + A_3},$$

$$y_C = \frac{10,9 \cdot 17,54 + 20,2 \cdot 8,5 + 5 \cdot 0,25}{10,9 + 20,2 + 5} = 10 \text{ см.}$$

Порядок выполнения работы:

1 Рассмотреть теоретические положения

- 2 Изучить методику определения центра тяжести прокатных профилей
- 3 Выполнить расчет
- 4 Сделать вывод
- 5 Ответить на контрольные вопросы

Ход работы:

Форма представления результата: защита практической работы

Критерии оценки:

Оценка 3 – заполнено верно две строки в таблице.

Оценка 4 – верно рассчитаны координаты общего центра тяжести.

Оценка 5 – защита работы (определить координаты указанной преподавателем на схеме точки).

Тема 4.2. Растяжение и сжатие

Практическое занятие № 7

Расчёт на прочность при растяжении и сжатии.

Цель: в результате выполнения работы студент должен уметь с помощью метода сечений проводить конструирование бруса с учетом полученных значений из условия прочности.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, инструкция по выполнению работы, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Рассчитать конструкцию на прочность.

Порядок выполнения работы:

1 Рассмотреть теоретические положения

2 Изучить методику расчета на прочность при растяжении и сжатии

3 Выполнить расчет (по вариантам)

4 Сделать вывод

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Необходимые формулы.

Нормальное напряжение

$$\sigma = \frac{N}{A},$$

где N — продольная сила; A — площадь поперечного сечения.

Удлинение (укорочение) бруса

$$\Delta l = \frac{Nl}{AE} \quad \text{или} \quad \Delta l = \frac{\sigma l}{E},$$

E — модуль упругости; l — начальная длина стержня.

Допускаемое напряжение

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{[s]},$$

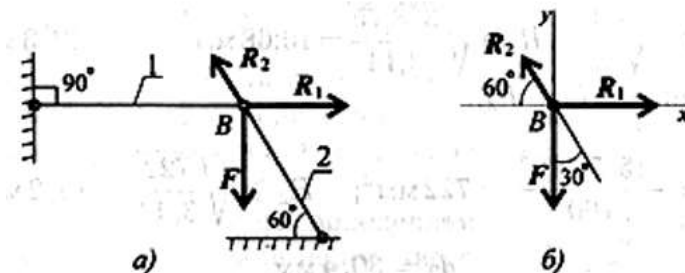
$[s]$ — допускаемый запас прочности.

Условие прочности при растяжении и сжатии:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma].$$

Примеры расчетов на прочность и жесткость

Пример 1. Груз закреплен на стержнях и находится в равновесии (рисунок 1). Материал стержней — сталь, допускаемое напряжение 160 МПа. Вес груза 100 кН. Длина стержней: первого — 2 м, второго — 1 м. Определить размеры поперечного сечения и удлинение стержней. Форма поперечного сечения — круг.



а) с реакцией связи; б) без реакций связи

Рисунок 1 – Груз на стержне

Решение

Определить нагрузку на стержни. Рассмотрим равновесие точки B , определим реакции стержней. По пятой аксиоме статистики (закону действия и противодействия) реакция стержня численно равна нагрузке на стержень. Наносим реакции связей, действующих в точке B . Освобождаем точку B от связей (рисунок 1, а). Выбираем систему координат так, чтобы одна из осей координат совпала с неизвестной силой (рисунок 1, б). Составим систему уравнений равновесия для точки B :

$$\begin{aligned} \sum F_x &= -R_2 \cos 60^\circ + R_1 = 0; \\ \sum F_y &= R_2 \cos 30^\circ - F = 0. \end{aligned}$$

Решаем систему уравнений и определяем реакции стержней.

$$R_2 = \frac{F}{\cos 30^\circ}; \quad R_2 = \frac{100}{0,866} = 115,5 \text{ кН.}$$

$$R_1 = R_2 \cos 60^\circ; \quad R_1 = 115,5 \cdot 0,5 = 57,4 \text{ кН.}$$

Направление реакций выбрано верно. Оба стержня сжаты. Нагрузки на стержни: $F_1 = 57,4 \text{ кН}$; $F_2 = 115,5 \text{ кН}$. Определяем потребную площадь поперечного сечения стержней из условий прочности. Условие прочности на сжатие:

$$\sigma = N/A \leq [\sigma],$$

Откуда

$$A \geq \frac{N}{[\sigma]}.$$

Стержень 1 ($N_1 = F_1$):

$$A_1 \geq \frac{57,4 \cdot 10^3}{160} = 358,75 \text{ мм}^2.$$

Для круга

$$A = \pi R^2; \quad R = \sqrt{\frac{A}{\pi}}; \quad R_1 \geq \sqrt{\frac{358,75}{3,14}} = 10,68 \text{ мм}; \quad d_1 = 21,3 \text{ мм}.$$

Стержень 2 ($N_2 = F_2$):

$$A_2 \geq \frac{115,5 \cdot 10^3}{160} = 722 \text{ мм}^2; \quad R_2 \geq \sqrt{\frac{722}{3,14}} = 15,2 \text{ мм};$$

$$d_2 = 30,4 \text{ мм}.$$

Полученные диаметры округляем: $d_1 = 25 \text{ мм}$, $d_2 = 32 \text{ мм}$.

3. Определяем удлинение стержней

$$\Delta l = \frac{Nl}{AE}$$

Укорочение стержня 1:

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}; \quad A_2 = \frac{3,14 \cdot 25^2}{4} = 490 \text{ мм}^2;$$

$$\Delta l_1 = \frac{57,4 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 490} = 1,17 \text{ мм}.$$

Укорочение стержня 2:

$$A_2 = \frac{3,14 \cdot 32^2}{4} = 804 \text{ мм}^2; \quad \Delta l_2 = \frac{115,5 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 804} = 0,72 \text{ мм}.$$

Форма представления результата:

Оформленная задача в тетради для практических и лабораторных работ

Критерии оценки:

Оценка 3 – верно посчитаны площади.

Оценка 4 – верно посчитаны удлинения

стержня. Оценка 5 – устная защита работы по

конспекту.

Тема 4.2. Растяжение и сжатие

Практическое занятие № 8

Расчёт рационального сечения бруса.

Цель: в результате выполнения работы студент должен уметь с помощью метода сечений проводить конструирование бруса с учетом полученных значений из условия прочности.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, инструкция по выполнению работы, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

По методу сечений построить эпюры. Определить опасное сечение. Подобрать рациональное сечение.

Порядок выполнения работы:

- 1 Рассмотреть теоретические положения.
- 2 Изучить методику расчета рационального сечения балки.
- 3 Выполнить расчет.

Ход работы

Краткие теоретические сведения:

Определим рациональные сечения при изгибе, для этого сравним моменты сопротивления простейших сечений.

Осевой момент инерции прямоугольника (рис. 1, вывод формулы в лекции 25) равен

$$J_x = \frac{bh^3}{12}.$$

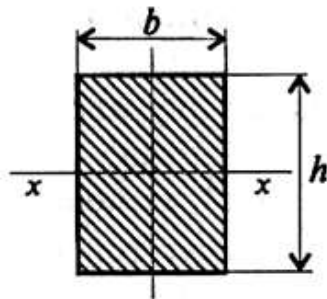


Рисунок 1 - Прямоугольник

Осевой момент сопротивления прямоугольника

$$W_x = \frac{J_x}{h/2} = \frac{bh^2}{6}.$$

Сравним сопротивление изгибу двух прямоугольных сечений (рис. 2).

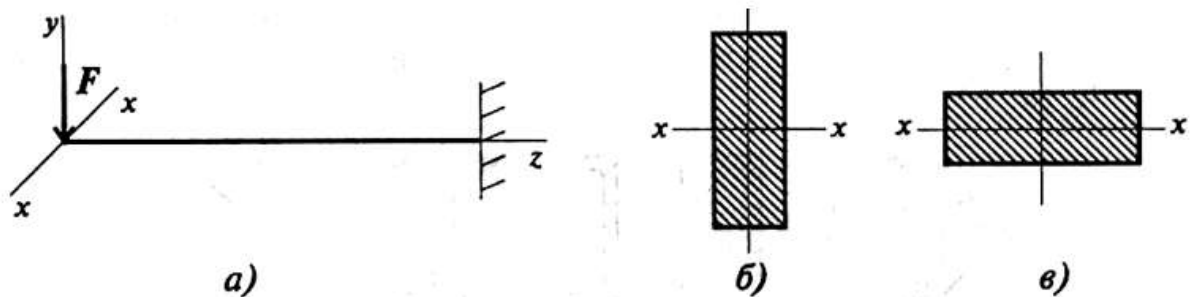


Рисунок 2 – Сравнение сопротивления изгибу двух прямоугольных сечений

Вариант на рис. 2, б обладает большим сопротивлением изгибу при прочих равных условиях.

Осевой момент инерции круга (рис. 3) равен

$$J_x = \frac{\pi d^4}{64}.$$

Осевой момент сопротивления круга

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32}.$$

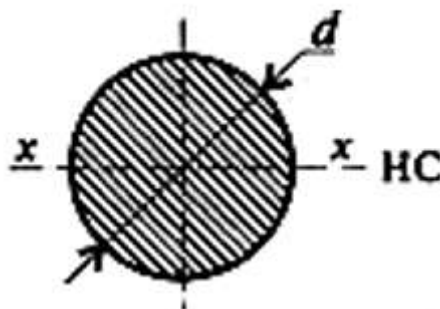


Рисунок 3 - Круг

Все необходимые расчетные данные (площади, моменты инерции и сопротивления) стандартных сечений приводятся в таблицах стандартов.

Для материалов, одинаково работающих на растяжение и сжатие, выбирают сечения, симметричные относительно оси, вокруг которой совершается изгиб (рис. 4).

Пример

Сравним моменты сопротивления двух сечений одинаковой площади: двутавра (рис. 4, г) и круга (рис. 4, а).

Двутавр № 10 имеет площадь 12 см^2 , осевой момент инерции 198 см^4 , момент сопротивления $39,7 \text{ см}^3$.

Круг той же площади имеет диаметр $d = \sqrt{4A/\pi} = 4 \text{ см}$, осевой момент инерции $J_x = 25,12 \text{ см}^4$, момент сопротивления $W_x = 6,2 \text{ см}^3$.

$$\frac{W_{x1}}{W_{x2}} = \frac{39,7}{6,2} \approx 6.$$

Сопротивление изгибу у двутавровой балки в шесть раз выше, чем у балки круглого сечения.

Из этого примера можно сделать вывод: сечения прямоугольные, квадратные, круглые и ромбовидные нерациональны (рис. 4 а, б).

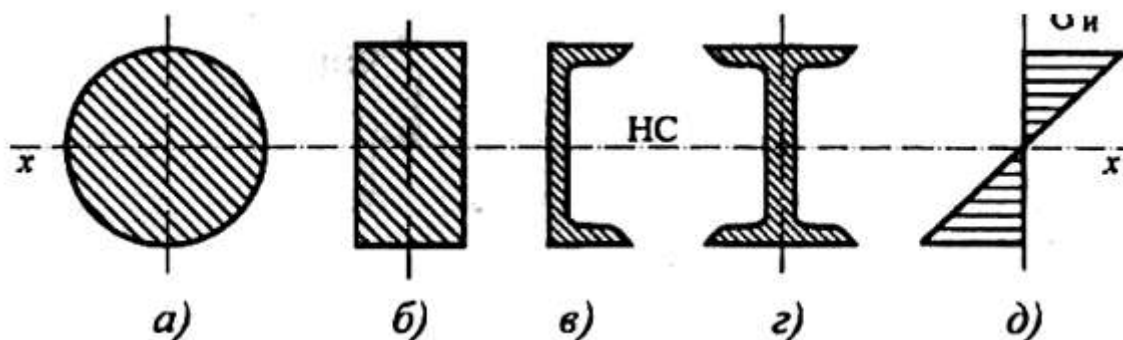


Рисунок 4 - Профили

Для материалов, обладающих разной прочностью при растяжении и сжатии (хрупкие материалы обладают значительно большей прочностью на сжатие, чем на растяжение), выбирают асимметричные сечения тавр, рельс и др.

Форма представления результата:

защита практической работы

Критерии оценки:

Оценка 3 – верно посчитаны площади.

Оценка 4 – верно посчитаны удлинения

стержня. Оценка 5 – устная защита работы по конспекту.

Тема 4.2. Растяжение и сжатие

Практическое занятие № 9

Определение перемещения свободного края бруса.

Цель: в результате выполнения работы студент должен знать правила построения эпюр крутящих моментов и касательных напряжений в поперечном сечении бруса, уметь с помощью метода сечений строить эпюры крутящих моментов и касательных напряжений. Проводить конструирование бруса с учетом полученных значений из условия прочности.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Рассчитать конструкцию на прочность и жесткость.

Порядок выполнения работы:

1 Рассмотреть теоретические положения.

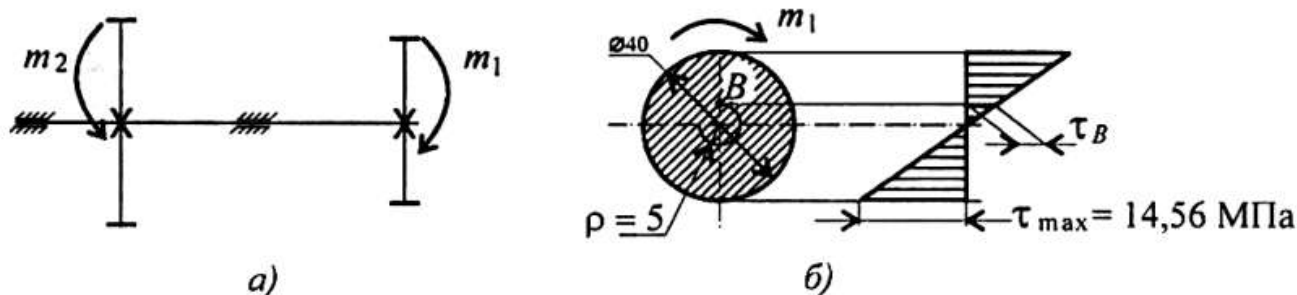
2 Изучить методику расчета на прочность при растяжении и сжатии.

3 Ответить на контрольные вопросы.

4 Сделать вывод.

Краткие теоретические сведения:

Пример. Стальной вал диаметром 40 мм передает мощность 15 кВт при угловой скорости 80 рад/с (рисунок 1); проверить прочность и жесткость вала, если допускаемое напряжение кручения 20 МПа. Модуль упругости при сдвиге $0,8 \cdot 10^5$ МПа. Допускаемый угол закручивания $[\varphi_0] = 0,6$ град/м. Построить эпюру касательных напряжений и определить значение касательного напряжения в точке, удаленной на 5 мм от оси вала.



а) стальной вал; б) эпюра касательных напряжений

Рисунок 1 – Схема вала

Решение

Определяем вращающий момент на валу:

$$M_{вр} = \frac{P}{\omega}; \quad M_{вр} = \frac{15 \cdot 1000}{80} = 187,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Проверка прочности вала. Из условия равновесия

$$m_1 + m_2 = 0; \quad m_1 = m_2 = M_k.$$

Условие прочности:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau_k],$$

где τ_k — расчетное напряжение в сечении; M_k — крутящий момент в сечении; W_p — момент сопротивления; $[\tau_k]$ — допускаемое напряжение кручения.

$$3. \quad \tau_k = \frac{187,5 \cdot 10^3}{12800} = 14,65 \text{ МПа}.$$

$$W_p = 0,2d^3 = 0,2 \cdot 40^3 = 12800 \text{ мм}^3.$$

Прочность обеспечена. Максимальное касательное напряжение в сечении

$$14,65 \text{ МПа} < 20 \text{ МПа}.$$

Проверка жесткости. Условие жесткости:

$$\varphi_0 = \frac{M_k}{GJ_p} \leq [\varphi_0],$$

где φ_0 — относительный угол закручивания; J_v — полярный момент инерции при кручении; $[\varphi_0]$ — допускаемый угол закручивания.

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1d^4.$$

$$J_p = 0,1 \cdot 40^4 = 256 \cdot 10^3 \text{ мм}^4.$$

$$\varphi_0 = \frac{187,5 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 10^5 \cdot 256 \cdot 10^3} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ рад/мм}.$$

Угол закручивания участка

$$\varphi_0 = 9 \cdot 10^{-6} \text{ рад/мм} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ рад/м}.$$

$$[\varphi_0] = 0,6 \text{ град/м} \approx 0,01 \text{ рад/м} > 0,009 \text{ рад/м}.$$

Жесткость обеспечена.

6. Построим эпюру касательных напряжений в поперечном сечении (рисунок 1, б). Определим напряжение в точке, удаленной на 5 мм от оси вала.

$$r/\rho = \tau_{\max}/\tau_B.$$

$$\tau_{\max} = 14,65 \text{ МПа.}$$

$$\frac{20}{5} = \frac{14,65}{\tau_B}; \quad \tau_B = \frac{14,65 \cdot 5}{20} \cong 3,66 \text{ МПа.}$$

Контрольные вопросы и задания

1. Определите крутящий момент в сечении 2-2 (рисунок 2).

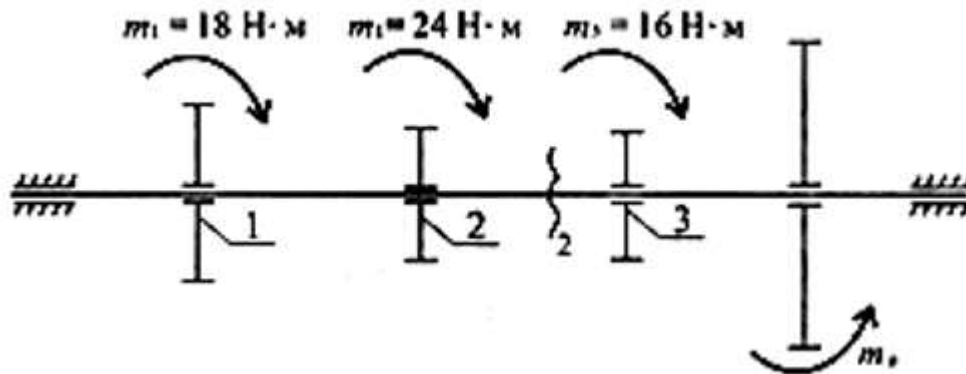


Рисунок 2 – Схема вала

2. В каком порядке рациональнее расположить шкивы, чтобы получить минимальную нагрузку на вал? Использовать схему рисунок 2.
3. Как изменится напряжение в сечении, если диаметр вала уменьшить в два раза?
4. Проведены расчеты вала на прочность и жесткость. Получено: диаметр вала из расчета на прочность 65 мм, диаметр вала из расчета на жесткость 70 мм. Каким должен быть вал?
5. Как изменится угол закручивания вала, если крутящий момент увеличить в 4 раза, а диаметр уменьшить в 2 раза?
6. Напишите условия прочности и жесткости при кручении.

Форма представления результата: защита практической работы

Критерии оценки:

- Оценка 3 – верно определены моменты сопротивления.
 Оценка 4 – верно определены диаметры и угол закручивания. Оценка 5 – устная защита работы по конспекту.

Тема 4.4. Кручение . Изгиб

Практическое занятие № 10

Расчёт на прочность и жёсткость при кручении.

Цель: иметь представление о видах изгиба и внутренних силовых факторах в сечении при изгибе. Знать методы определения внутренних силовых факторов и уметь ими пользоваться. Знать основные правила и порядок построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Уметь строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Из условия прочности подобрать рациональное сечение вала при кручении.

Порядок выполнения работы:

1. Построить эпюру крутящих моментов по длине вала для предложенной в задании схемы.
2. Определить потребные диаметры вала круглого сечения им расчета на прочность и жесткость и выбрать наибольшее из полученных значений, округлив величину диаметра.
3. Сравнить затраты металла для случая круглого и кольцевого сечений. Сравнение провести по площадям поперечных сечений валов.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения

Условие прочности при кручении

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau_k]; \quad W_p = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2d^3 \quad (\text{круг}),$$

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} (1 - c^4) \quad (\text{кольцо}),$$

M_k — крутящий момент в сечении, Н-м, Н-мм;
 W_p — момент сопротивления при кручении, м³, мм³;
 $[\tau_k]$ — допускаемое напряжение при кручении, Н/м², Н/мм².

Проектировочный расчет, определение размеров поперечного сечения

Сечение — круг:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2[\tau_k]}}$$

Сечение — кольцо:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2(1-c^4)[\tau_k]}}$$

где d — наружный диаметр круглого сечения;

$d_{вн}$ — внутренний диаметр кольцевого сечения; $c = d_{вн}/d$.

Условие жесткости при кручении

$$\varphi_0 = \frac{M_k}{GJ_p} \leq [\varphi_0]; \quad G \approx 0,4E,$$

G — модуль упругости при сдвиге, Н/м², Н/мм²;
 E — модуль упругости при растяжении, Н/м², Н/мм².
 $[\varphi_0]$ — допускаемый угол закручивания, $[\varphi_0] \cong 0,5 \div 1$ град/м;
 J_p — полярный момент инерции в сечении, м⁴, мм⁴.

Проектировочный расчет, определение наружного диаметра сечения

$$J_p \geq \frac{M_k}{G[\varphi_0]}; \quad J_p = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1d^4 \quad (\text{круг}); \quad d \geq \sqrt[4]{\frac{32J_p}{\pi}}$$

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32}(1-c^4) \quad (\text{кольцо}); \quad d \geq \sqrt[4]{\frac{32J_p}{\pi(1-c^4)}}$$

Форма представления результата: защита практической работы

Критерии оценки:

- Оценка 3 — верно определены поперечные силы участков.
- Оценка 4 — верно определены моменты изгибов.
- Оценка 5 — устная защита работы по конспекту.

Тема 4.4. Кручение и изгиб

Практическое занятие № 11

Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

Цель: иметь представление о видах изгиба и внутренних силовых факторах в сечении при изгибе. Знать методы определения внутренних силовых факторов и уметь ими пользоваться. Знать основные правила и порядок построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Уметь строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, инструкция по выполнению работы, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

По методу сечений построить эпюры изгибающих моментов и поперечной силы. Определить опасное сечение.

Порядок выполнения работы:

По алгоритму выполнить решение.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Пример. На двух опорную балку действуют сосредоточенные силы и моменты (рисунок 1). Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

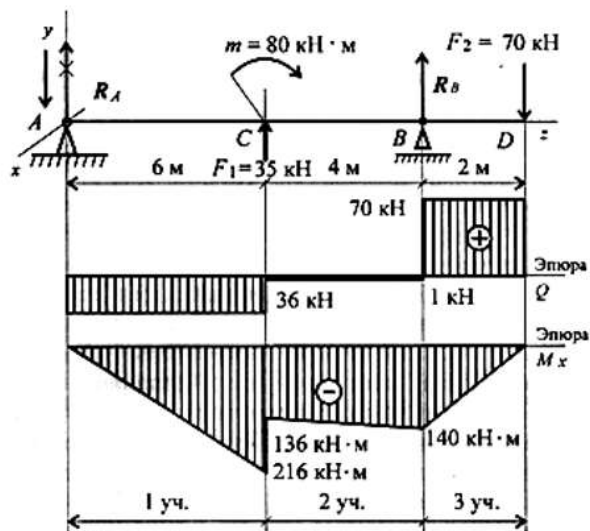


Рисунок 1 – Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов 2-х опорной балки

Для двух опорной балки построение эпюр начинают с определения опорных реакций балки. Для их определения используем систему уравнений равновесия, составляем два уравнения моментов относительно шарнирных опор. Затем проводим проверку правильности решения по уравнению

$$\sum_0^n F_{ky} = 0$$

Решение

Определение реакций в опорах.

Уравнения равновесия:

$$\begin{aligned} \sum m_A = 0; & -F_1 \cdot 6 + m - R_B \cdot 10 + F_2 \cdot 12 = 0; \\ & -35 \cdot 6 + 80 - R_B \cdot 10 + 70 \cdot 12 = 0; \\ & R_B \cdot 10 = -210 + 80 + 840; \\ & R_B = 71 \text{ кН.} \\ \sum m_B = 0; & R_A \cdot 10 + F_1 \cdot 4 + m + F_2 \cdot 2 = 0; \\ & R_A \cdot 10 + 80 + 35 \cdot 4 + 70 \cdot 2 = 0; \\ & R_A \cdot 10 = -80 - 140 - 140 = -360; \\ & R_A = -36 \text{ кН.} \end{aligned}$$

Реакция в опоре направлена в обратную сторону.

Проверка: $\sum F_y = 0;$

$$-R_A + F_1 + R_B - F_2 = 0; \quad -36 + 35 + 71 - 70 = 0.$$

Реакции определены верно.

Для упрощения расчетов при построении эпюр поперечных сил и изгибающих моментов можно провести расчет по *характерным точкам* без составления уравнений.

Для этого используют известные связи между поперечной силой и изгибающим моментом и правила построения эпюр.

Участок 1 (от точки A до точки C).

В точке A приложена реакция R_A , направленная вниз. Поперечная сила на участке постоянна: $Q_1 = R_A = -36 \text{ кН}$.

Момент в точке A равен нулю.

Точка C (слева). Приложена внешняя сила $F_1 = 35 \text{ кН}$, направленная вверх, — здесь возникнет скачок вверх на величину 35 кН. Момент в точке C (слева) может быть рассчитан по известной зависимости

$$M_C^{\text{слева}} = -R_A \cdot 6; M_C^{\text{слева}} = -36 \cdot 6 = -216 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Участок 2 (от точки C справа до точки B).

Поперечная сила в точке C (справа) равна $Q_C^{\text{справа}} = -R_A + F_1$;

$$Q_C^{\text{справа}} = -36 + 35 = -1 \text{ кН}.$$

В точке C приложена внешняя пара сил с моментом 80 кН·м, следовательно, здесь проявляется скачок на величину приложенного момента:

$$M_C^{\text{справа}} = M_C^{\text{слева}} + m; M_C^{\text{справа}} = -216 + 80 = -136 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Поперечная сила на втором участке постоянна: $Q_2 = Q_C^{\text{справа}}$.

Момент в точке B определяется по зависимости $M_B = -R_A \cdot 10 + F_1 \cdot 4 + m$; $M_B = -36 \cdot 10 + 35 \cdot 4 + 80 = -140 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Справа и слева от точки B момент имеет одинаковые значения.

Участок 3 (от точки B (справа) до точки D).

В точке B приложена внешняя сила R_B . Здесь появляется скачок на величину 71 кН,

$$Q_B = -1 + 71 = 70 \text{ кН}.$$

Дальше по участку поперечная сила не изменяется. Момент в точке D равен нулю, т. к. здесь не приложена внешняя пара сил: $M_D = 0$.

Рассмотрение поперечных сил и изгибающих моментов можно было провести слева направо или справа налево.

По полученным значениям сил и моментов строим эпюры (эпюры под схемой вала, рисунок 1).

Форма представления результата: защита практической работы

Критерии оценки:

Оценка 3 – верно определены поперечные силы участков. Оценка 4 – верно определены моменты изгибов.

Оценка 5 – устная защита работы по конспекту.

Тема 4.4. Кручение. Изгиб

Практическое занятие № 12

Расчёт на прочность при изгибе.

Цель: иметь представление о видах изгиба и внутренних силовых факторах в сечении при изгибе. Знать методы определения внутренних силовых факторов и уметь ими пользоваться. Знать основные правила и порядок построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Уметь строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Проверить прочность балки с жёсткой заделкой, если $[G]=120 \text{ н/мм}^2$

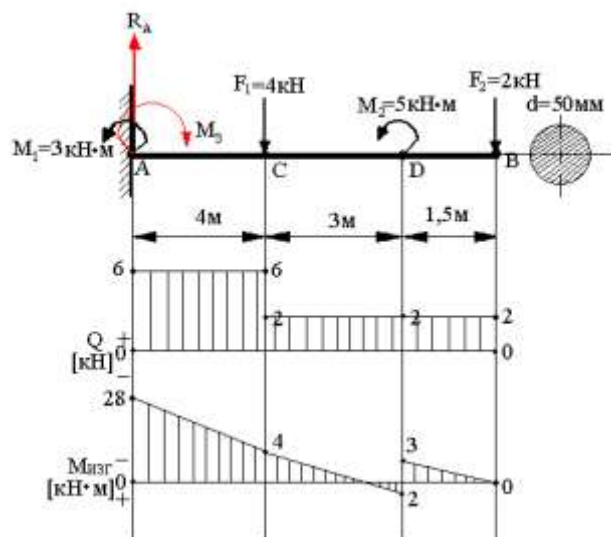
Порядок выполнения работы:

1 Оформить работу в тетрадь.

2 По алгоритму выполнить решение.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:



Решение:

1. Разбиваем балку на участки.

2. В опорах показываем R_A и $M_{изг}$ и определяем их:

2.1. $\sum M_A(F_i) = 0;$

2.2. $-M_3 - M_1 + F_1 \cdot 4 - M_2 + F_2 \cdot 8,5 = 0;$

$$M_3 = M_1 - F_1 \cdot 4 + M_2 - F_2 \cdot 8,5 = 3 - 4 \cdot 4 + 5 - 2 \cdot 8,5 = -25 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

2.3. $\sum M_B(F_i) = 0;$

$$-M_2 - F_1 \cdot 4,5 + M_3 - M_1 + R_A \cdot 8,5 = 0;$$

$$R_A = \frac{M_2 + F_1 \cdot 4,5 - M_3 + M_1}{8,5} = \frac{5 + 4 \cdot 4,5 + 25 + 3}{8,5} = 6 \text{ кН};$$

3. Проверка:

3.1. $\sum F_i = 0;$

3.2. $R_A - F_1 + F_2 = 0;$

$$6 - 4 - 2 = 0;$$

$$\underline{\underline{0 = 0!}}$$

4. По правилу гимнаста строим эпюру Q.

5. Ставим характерные точки. Определяем $M_{изг}$ в каждой точке:

5.1. $M_A^П = M_3 - M_1 = -25 - 3 = -28 \text{ кН} \cdot \text{м};$

5.2. $M_C^Л = M_3 - M_1 + R_A \cdot 4 = -25 - 3 + 6 \cdot 4 = -4 \text{ кН} \cdot \text{м};$

5.3. $M_C^П = M_2 - F_2 \cdot 4,5 = 5 - 2 \cdot 4,5 = -4 \text{ кН} \cdot \text{м};$

5.4. $M_D^Л = M_2 - F_2 \cdot 1,5 = 5 - 2 \cdot 1,5 = -2 \text{ кН} \cdot \text{м};$

5.5. $M_D^П = -F_2 \cdot 1,5 = -2 \cdot 1,5 = -3 \text{ кН} \cdot \text{м};$

5.6. $M_B^Л = 0 \text{ кН} \cdot \text{м};$

6. Определяем осевой момент сопротивления для данного вала:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \approx 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 50^3 = 12500 \text{ мм}^3;$$

7. В точке А опасное сечение – поэтому определяем максимальное нормальное напряжение для данного вала:

$$\sigma_{\max} = \frac{-M_{\text{изг.А}}}{W_x} = \frac{-28 \cdot 10^6}{12500} = -2240 \text{ кН;;}$$

8. Определяем прочность вала:

$$S = \frac{[G] - |G_{\max}|}{[G]} \cdot 100\% = \frac{120 - 2240}{120} \cdot 100\% = -1767\%.$$

Вывод: Брус не прочный, не рациональный, так как перегружен, к эксплуатации не пригоден.

Предлагаю: Увеличить диаметр балки.

Форма представления результата:

Защита практической работы

Критерии оценки:

Оценка 3 – верно определены поперечные силы участков. Оценка 4 – верно определены моменты изгибов.

Оценка 5 – устная защита работы по конспекту.

Тема 5.2. Общие сведения о передачах Зубчатые передачи Фрикционные передачи и вариаторы

Практическое занятие № 13

Расчет основных кинематических соотношений в передачах.

Цель: иметь представление о назначении передач, о передачах, используемых в специальном оборудовании. Знать кинематические и силовые соотношения в передачах, формулы для расчета передаточного отношения и коэффициента полезного действия многоступенчатой передачи. Знать типы и особенности механических передач, их обозначения на кинематических схемах. Уметь проводить кинематические и силовые расчеты много ступенчатого привода

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Вычертить кинематическую схему многоступенчатой передачи.

Провести кинематический и силовой расчет передачи.

Порядок выполнения работы:

1 Оформить работу в тетрадь.

2 По алгоритму выполнить решение.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Двигатель является одним из основных элементов машинного агрегата. От типа двигателя, его мощности, частоты вращения и других параметров зависят конструктивные и эксплуатационные характеристики рабочей машины и её привода.

Электродвигатель выбирают после определения его мощности и частоты вращения вала. Как правило, в задании на проектирование сообщают окружную силу F_t (Н) на барабане привода ленточного конвейера (или звёздочке привода пластинчатого конвейера), скорость движения ленты или цепи V (м/с), диаметр барабана D (мм) или число зубьев $z_{зв}$ и шаг $p_{зв}$ (мм) тяговых звёздочек.

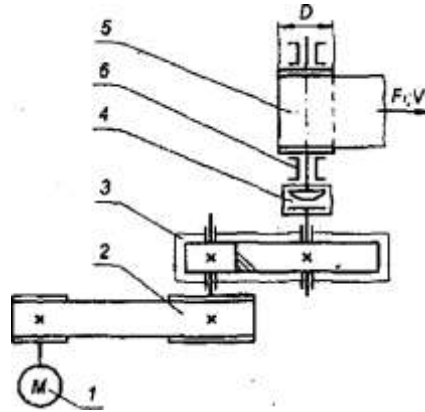


Рисунок 1. Кинематическая схема привода ленточного транспортера

1- двигатель; 2 – клиноременная передача; 3- цилиндрический одноступенчатый косозубый редуктор; 4- муфта зубчатая; 5 – барабан; 6- опоры барабана (подшипники).

По этим данным определяют потребляемую мощность (Вт) привода (мощность на выходе):

$$P_{\text{вых}} = F_t V = 5000 \cdot 1,5 = 7500 \text{ Вт.} \quad (1)$$

Для учёта потерь определяют общий КПД привода $\eta_{\text{общ}}$ как произведение частных значений КПД отдельных составляющих элементов, входящих в кинематическую схему привода (рисунок 1). Значения КПД конического и цилиндрического зубчатых зацеплений, а также отдельных звеньев кинематической цепи привода, можно принимать как средние между предельными значениями интервалов изменения этих параметров.

КПД ременной передачи $\eta_{\text{рем}} = 0,96$;

КПД пары цилиндрических зубчатых колёс $\eta_{\text{цил}} = 0,97$;

КПД муфты $\eta_{\text{муф}} = 0,98$;

КПД одной пары подшипников качения (опоры барабана) $\eta_{\text{подш}} = 0,99$.

Общий КПД привода:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{рем}} \cdot \eta_{\text{цил}} \cdot \eta_{\text{муф}} \cdot \eta_{\text{подш}}^i = 0,96 \cdot 0,97 \cdot 0,98 \cdot 0,98^2 = 0,876, \quad (2)$$

где i – число пар подшипниковых опор³

Форма представления результата:

Защита практической работы.

Критерии оценки:

Оценка 3 – Определено общее передаточное число передачи.

Оценка 4 – Мощности на валах посчитаны верно. Моменты на валах посчитаны верно. Оценка 5 – Устная защита работы по конспекту.

³ Белан А.К. Учебно-методическое пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине «детали машин» / А.К. Белан, М.В. Харченко, О.А. Белан, Р.Р. Дема. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. 99с.

Тема 5.4. Общие сведения о редукторах.

Практическое занятие 14

«Чтение кинематических схем редукторов»

Цель: Чтение и составление кинематических схем редукторов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, циркуль, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Рассмотреть конструкцию редуктора. Изобразить кинематическую схему редуктора. Пояснить работу редуктора

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить теоретический материал
- 2 Оформить работу в тетрадь.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Редукторы — это механизмы, служащие для понижения угловых скоростей и увеличения вращающих моментов и выполненные в виде отдельных агрегатов. Передача размещается в отдельном жестком корпусе, не проницаемом для масла и пыли. Редукторы обеспечивают постоянное передаточное число. Передаточные числа стандартных редукторов от 1 до 400, большие передаточные числа применяют редко.

При малых передаточных числах применяют одноступенчатые редукторы с передаточными числами до 10, чаще — до 6,37.

Основное распространение получили двухступенчатые редукторы с передаточными числами 15...30.

При больших передаточных числах применяют трехступенчатые редукторы; в последнее время они вытесняются более компактными планетарными.

Чаще применяют цилиндрические зубчатые редукторы.

Схемы редукторов

Наиболее распространены схемы редукторов, изображенные на рис. 1.

Тип редуктора определяют по виду зубчатых передач и порядку их размещения в направлении от двигателя, по числу ступеней и расположению геометрических осей тихоходных валов в пространстве.

Для обозначения типов использованных зубчатых передач применяют прописные буквы:

Ц — цилиндрические;

К — конические;

КЦ — коническо – цилиндрические;

Ч — червячные;

ЧЦ — червячно-цилиндрические и т. д.

На рис. 1, а изображен одноступенчатый цилиндрический редуктор. Такие редукторы выпускают с прямозубыми, косозубыми и шевронными колесами.

Двухступенчатые редукторы выполняют по развернутой (рис.1, б) и соосной схемам (рис. 1, в). Соосные редукторы удобны, если нужно получить одну линию валов соединяемых механизмов, имеют малые габаритные размеры по длине, в них достигается одинаковое смазывание колес из ванны, при этом увеличиваются габаритные размеры вдоль осей валов.

Широкие редукторы обозначаются буквой Ш, узкие - У, соосные - С.

Для улучшения условий работы тихоходной ступени используют редукторы с раздвоенной быстроходной ступенью (рис. 1, г), редукторы с раздвоенной ступенью обозначаются буквой Ш.

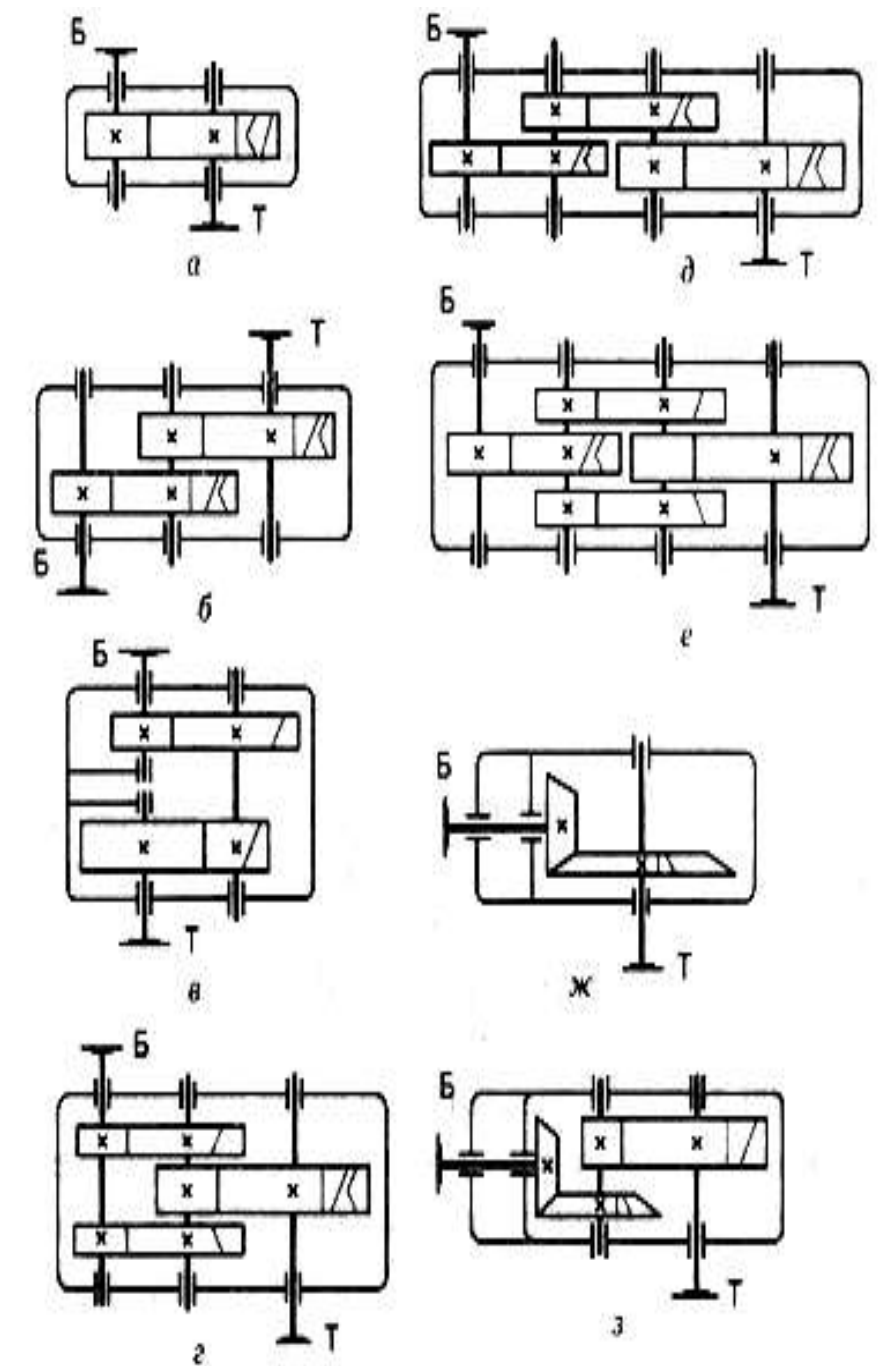


Рис. 1. Наиболее распространенные схемы зубчатых редукторов: а — одноступенчатый; б — двухступенчатый развернутый; в — двухступенчатый соосный;

г — двухступенчатый с раздвоенной ступенью;

д — трехступенчатый развернутый; е — трехступенчатый с раздвоенной промежуточной ступенью; ж — конический;

з — коническо-цилиндрический

Трехступенчатые редукторы выполняют по развернутой (рис. 1, д) и раздвоенной (рис. 1, е) схемам.

Если компоновка машины требует взаимной перпендикулярности осей входного и выходного валов, применяют конические (рис. 1, ж) или коническо-цилиндрические (рис. 1, з) редукторы.

Большие передаточные отношения, плавность, бесшумность и возможность самоторможения обеспечивают червячные редукторы (рис. 2). Червячные редукторы выпускают с цилиндрическими, глобоидными и спироидными червяками. Высокое передаточное отношение при низком уровне шума имеют двухступенчатые червячные и червячно-цилиндрические редукторы

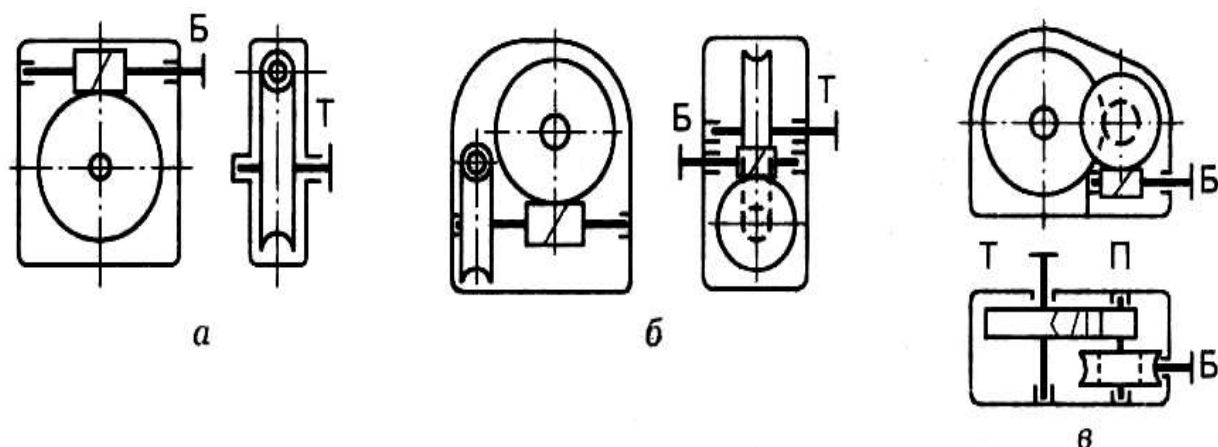


Рис.2. Схемы червячных редукторов: а — одноступенчатый; б — двухступенчатый;

в — червячно-цилиндрический

Червячные редукторы выпускают с верхним (рис. 2,а), нижним (рис.2,б), боковым или вертикальным расположением червяка.

Основные недостатки червячных редукторов — низкий КПД и малый ресурс работы.

Оси валов могут иметь различное расположение в пространстве. Обычно оси валов редукторов расположены горизонтально в плоскости разъема корпуса редуктора, но используют также схемы с горизонтальными входными (быстроходными) и вертикальными выходными (тихоходными) валами.

Основные параметры редукторов

Основными параметрами редукторов являются тип, типоразмер и исполнение.

Типоразмер редуктора определяет тип и главный размер (параметр) тихоходной ступени.

Для цилиндрического и червячного редукторов главным параметром является межосевое расстояние a_w ,

Для конического — внешний делительный диаметр колеса d_2 ,

Для планетарного — радиус водила R .

Одним из главных параметров редуктора является передаточное число.

Параметрами редуктора являются:

- коэффициенты ширины колес,
- модули зубчатых колес,
- углы наклона зубьев, α

- для червячного редуктора дополнительно - коэффициент диаметра червяка q .

Основная энергетическая характеристика редуктора - момент на выходном валу

$$T_{\text{вых}} = \frac{P_{\text{вх}}}{\omega_{\text{вх}}} u \eta,$$

где $P_{\text{вх}}$ — мощность на быстроходном валу; $\omega_{\text{вх}}$ — угловая скорость быстроходного вала;
 u — передаточное число редуктора; η — КПД редуктора

Задание: Изобразить кинематическую схему редуктора по вариантам.

Отчет о работе должен содержать: тему и цель работы, конспект теоретической части, выполненное задание; в конце работы необходимо сделать вывод.

№ вар	Редуктор	№ вар	Редуктор	№ вар	Редуктор
1	1 ступенчатый цилиндрический	11	1 ступенчатый цилиндрический	21	1 ступенчатый цилиндрический
2	1 ступенчатый конический	12	1 ступенчатый конический	22	1 ступенчатый конический
3	1 ступенчатый червячный	13	1 ступенчатый червячный	23	1 ступенчатый червячный
4	2 ступенчатый цилиндро-цилиндрический	14	2 ступенчатый цилиндро-цилиндрический	24	2 ступенчатый цилиндро-цилиндрический
5	2 ступенчатый коническо-цилиндрический	15	2 ступенчатый коническо-цилиндрический	25	2 ступенчатый коническо-цилиндрический
6	2 ступенчатый цилиндро - конический	16	2 ступенчатый цилиндро - конический	26	2 ступенчатый цилиндро - конический
7	2 ступенчатый цилиндрический соосный	17	2 ступенчатый цилиндрический соосный	27	2 ступенчатый цилиндрический соосный
8	2 ступенчатый червячно-цилиндрический	18	2 ступенчатый червячно-цилиндрический	28	2 ступенчатый червячно-цилиндрический
9	2 ступенчатый цилиндро - червячный	19	2 ступенчатый цилиндро - червячный	29	2 ступенчатый цилиндро - червячный
10	2 ступенчатый червячно - червячный	20	2 ступенчатый червячно - червячный	30	2 ступенчатый червячно - червячный

Форма представления результата:

Оформленная работа в тетради для практических и лабораторных работ

Критерии оценки:

Оценка 3 – верно построена кинематическая схема.

Оценка 4 – верно рассчитаны кинематические характеристики.

Оценка 5 – устная защита работы по конспекту.

Тема 5.4. Общие сведения о редукторах.

Практическое занятие 15.

Работа в программе Sike Слесарь-ремонтник «Редуктор»

См. Практическая работа 14

Тема 5.8. Опоры валов и осей.

Практическое занятие 16

Изучение различных конструкций подшипников

Цель: иметь представление о типоразмерах, исполнении и маркировке подшипников. Знать назначение, основные параметры, достоинства и недостатки основных типов подшипников

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, циркуль, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Рассмотреть различные конструкции подшипников. Схематично изобразить. Разобрать маркировку подшипников

Порядок выполнения работы:

1 Изучить краткие теоретические сведения.

2 Составить конспект.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Подшипники качения предназначены поддерживать вращающиеся валы и оси в пространстве, обеспечивая им возможность свободного вращения или качения, и воспринимать действующие на них нагрузки. Кроме осей и валов подшипники качения могут поддерживать детали, вращающиеся вокруг неподвижных осей, например, блоки, шкивы и др.

Подшипники качения стандартизованы и выпускаются промышленностью в массовых количествах в большом диапазоне типоразмеров с наружным диаметром от 1 мм до 5 м и с диаметром шариков от 0,35 мм до 203 мм, и массой от долей грамма до нескольких тонн.

Подшипники качения (рисунок 1) в большинстве случаев состоят из наружного кольца 1, внутреннего кольца 2, тел качения 3 (шариков или роликов), сепаратора 4. В некоторых

подшипниках качения для уменьшения их габаритов одно или оба кольца отсутствуют, а в некоторых отсутствует сепаратор.

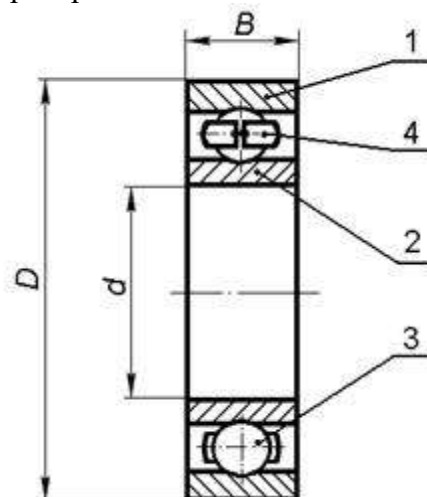


Рисунок 1- Шариковый радиальный подшипник

По сравнению с подшипниками скольжения, подшипники качения имеют следующие достоинства: меньшие моменты сил трения; малая зависимость моментов сил трения от скорости; небольшой нагрев; незначительный расход смазки; малую ширину; значительно меньший расход цветных металлов; менее высокие требования к материалу и к термической обработке валов; значительно меньшие пусковые моменты.

К недостаткам подшипников качения относятся: чувствительность к ударным нагрузкам; относительно большие радиальные размеры; высокая стоимость при производстве уникальных подшипников; высокие контактные напряжения и поэтому ограниченный срок службы; меньшая способность демпфировать колебания.⁴

Форма представления результата:

Защита лабораторной работы

Критерии оценки:

Оценка 3 – верно составлена схема.

Оценка 4 – верно разобрана маркировка.

Оценка 5 – устная защита работы по конспекту.

⁴ Детали машин Электронный учебный курс для студентов очной и заочной форм обучения
Составитель: к.т.н., доцент кафедры механики и конструирования машин Каримов Ильдар
<http://www.detalmach.ru/lab21.html>

Тема 5.8. Опоры валов и осей.

Практические занятия 17

Работа в программе Sike Слесарь-ремонтник «Подшипники»

См. Практическая работа 14

Тема 6.4. Динамика машин и механизмов

Практическое занятие 18

Структурный анализ рычажных механизмов

Цель: уметь выполнять структурный анализ рычажных механизмов

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, циркуль, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Рассмотреть различные конструкции подшипников. Схематично изобразить. Разобрать маркировку подшипников

Порядок выполнения работы:

3 Изучить краткие теоретические сведения.

4 Составить конспект.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

1. Ознакомиться с механизмом, выделенным для проведения лабораторной работы. Медленно вращая ведущее звено механизма, проследить движение остальных звеньев, установить неподвижные элементы кинематических пар. Выбрать положение механизма, при котором лучше всего видно относительное расположение звеньев.
2. Построение кинематической схемы механизма следует начинать с изображения элементов кинематических пар, остающихся неподвижными в процессе работы механизма. Звенья изображаются, начиная с ведущего и далее по ходу передачи движения.

Пользуясь условными обозначениями, кинематическую схему вычерчивают сначала от руки без соблюдения масштаба. Не

Условные обозначения для кинематических схем механизмов

№ п/ п	Объект изображения	Условные обозначения
1	Звенья	
2	Кинематические пары 5-го класса: а) вращательные б) поступательные	
3	Кинематические пары 4-го класса	

Не следует сразу после исполнения этой части работы приступать к следующим частям. Нужно внимательно сравнить вычерченную схему с самим механизмом и в случае необходимости ввести необходимые изменения. Начинающему приходится иногда исправлять схему несколько раз, и это не должно смущать. Лишь после тщательного сравнения, убедившись в правильности схемы, можно приступать к следующим частям работы.

3. Все звенья механизма надо обозначить арабскими цифрами, а все кинематические пары – большими буквами латинского алфавита. Если имеется сложный шарнир, где насчитывается несколько кинематических пар, то надо ставить столько букв, сколько есть кинематический пар или повторить одну и ту же букву, но снабжать ее индексами снизу или штрихами сверху.

При этом не забывать следующего правила: «Если в каком-нибудь шарнире сходится несколько звеньев, то эти звенья образуют столько кинематических пар, сколько есть звеньев без одного».

4. Приступают к производству необходимых измерений для возможности вычерчивания схемы в масштабе. Прежде всего, измеряют расстояния между центрами

неподвижных шарниров или между неподвижными направляющими и центром неподвижного шарнира.

5. Чертят кинематическую схему в каком-нибудь стандартном масштабе с помощью чертежных инструментов. Кинематическую схему вычерчивают на бланке (см. разд. 1.3.). На вычерченной схеме проставляются номера звеньев и буквенные обозначения кинематических пар. Составить таблицу кинематических пар. Определить число степени свободы механизма по формуле

$$W = 3n - 2p_5 - p_4,$$

где n – число подвижных звеньев;

p_5 – число кинематических пар 5-го класса

p_4 – число кинематических пар 4-го класса

6. Разложить механизм на структурные группы (группы Ассура) и вычертить все группы в отсоединенном виде на бланке. При разложении механизма на структурные группы следует соблюдать следующие правила:

6.1. Ведущим звеном в механизме должно быть звено, входящее в кинематическую пару со стойкой. Число этих звеньев должно быть равно числу степеней свободы механизма. Ведущее звено задается преподавателем.

6.2. Учесть избыточные связи и лишние степени свободы и отбросить их.

6.3. В механизме должны быть только пары 5-го класса. Пары 4-го класса должны быть заменены двумя парами пятого класса и одним звеном.

6.4. Начинать разложение надо с групп, наиболее удаленных от ведущего звена (присоединенных к механизму в последнюю очередь).

6.5. Вначале надо попробовать отделить самую простую группу, состоящую из двух звеньев и трех кинематических пар 5-го класса (группу 2-го класса) и только в том случае, если это не удастся сделать, следует отделить более сложные группы (группы более высоких классов).

7. Написать формулу строения механизма.

Формулой строения механизма называют условную запись, в которой римское число означает класс структурной группы, в круглых скобках числа, записанные через запятую, обозначают звенья, входящие в структурную группу. Стрелки между выражениями показывают последовательность соединения структурных групп в механизм.

8. Определить класс механизма.

9. Прodelать такую же работу для другого механизма

Форма представления результата:

Защита работы

Критерии оценки:

Оценка 3 – верно составлена схема.

Оценка 4 – верно разобрана маркировка.

Оценка 5 – устная защита работы по конспекту.

Тема 6.4. Динамика машин и механизмов

Практическое занятие 19

Кинематический анализ рычажных механизмов

Цель: уметь выполнять кинематический анализ рычажных механизмов

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, циркуль, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Рассмотреть различные конструкции подшипников. Схематично изобразить. Разобрать маркировку подшипников

Порядок выполнения работы:

5 Изучить краткие теоретические сведения.

6 Составить конспект.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Для решения задачи определения положения ведомого звена (или траектории точки) необходимо выразить координаты искомых траекторий через координаты ведущего звена, закон движения которого задан. Формулы для вычисления угла поворота шатуна φ_2 и перемещения ползуна s_4 получают следующим образом.

Из условия замкнутости контура (Рис. 2.1) составляем два уравнения проекций сторон многоугольника на оси прямоугольной системы координат:

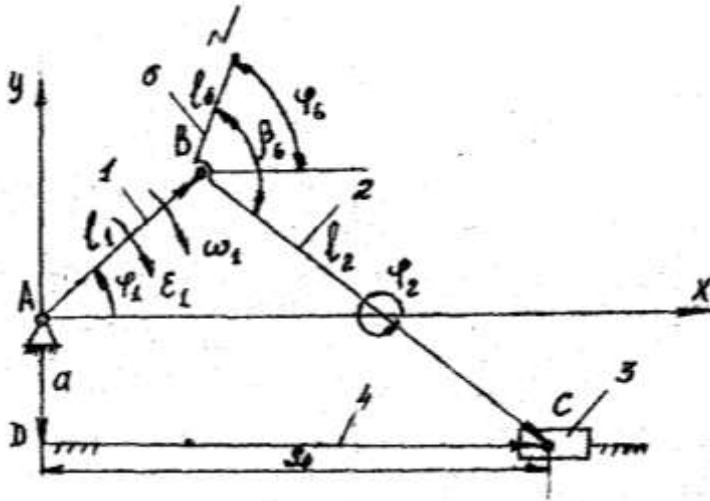


Рис. 2.1. Кинематическая схема кривошипно-ползунного механизма

$$l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 = S_4; \quad (2.1)$$

$$l_1 \sin \varphi_1 + l_2 \sin \varphi_2 = a. \quad (2.2)$$

Поскольку $l_2 \cos \varphi_2 = \sqrt{l_2^2 - l_1^2 \sin^2 \varphi_2}$ (2.3)

и $\sin \varphi_2 = \frac{-l_1 \sin \varphi_1 + a}{l_2}$, перепишем (2.1)

в виде $S_4 = l_1 \cos \varphi_1 + \sqrt{l_2^2 - (-l_1 \sin \varphi_1 + a)^2}$ (2.4)

Проекции X_{BC} , Y_{BC} звена 2 на координатные оси выражаются через координаты точек В и С следующим образом:

$$X_{BC} = S_4 - X_B; \quad Y_{BC} = Y_C - Y_B,$$

где $X_B = l_1 \cos \varphi_1$; $Y_B = l_1 \sin \varphi_1$; $X_C = S_4$; $Y_C = a$.

Угол наклона шатуна

$$\varphi_2 = \arccos[(S_4 - l_1 \cos \varphi_1)/l_2]. \quad (2.5)$$

Координаты точки N (рис. 2.1):

$$X_N = l_1 \cos \varphi_1 + l_6 \cos \varphi_6; \quad (2.6)$$

$$Y_N = l_1 \sin \varphi_1 + l_6 \sin \varphi_6; \quad (2.7)$$

2.2. Определение скоростей и ускорений

Аналоги угловой скорости и ускорения шатуна, а также аналоги скорости и ускорения ползуна получаем дифференцированием (2.1.) и (2.2.) по обобщенной координате φ_1 в виде:

$$u_{21} = \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} = -\frac{l_1 \cos \varphi_1}{l_2 \cos \varphi_2}; \quad (V_{C3})_{\varphi_1} = \frac{dS_4}{d\varphi_1} = -l_1 \sin \varphi_1 - u_{21} l_2 \sin \varphi_2$$

$$u'_{21} = \frac{d^2 \varphi_2}{d\varphi_1^2} = \frac{l_1 \sin \varphi_1 + u_{21}^2 l_2 \sin \varphi_2}{l_2 \cos \varphi_2}; \quad (2.8)$$

$$(a_{C3})_{\varphi_1} = -l_1 \cos \varphi_1 - u_{21}^2 l_2 \cos \varphi_2 - u'_{21} l_2 \sin \varphi_2 \quad (2.9)$$

Угол поворота между звеньями:

$$\varphi_{21} = \varphi_2 - \varphi_1 \quad (2.10)$$

Для вычисления аналогов скоростей и ускорений точки дифференцируем выражения (2.6. и 2.7.)

$$\begin{aligned}(V_{Nx})_{\varphi_1} &= -l_1 \sin \varphi_1 - u_{21} \sin \varphi_6 \cdot l_6; \\ (V_{Ny})_{\varphi_1} &= -l_1 \sin \varphi_1 + u_{21} \cos \varphi_6 \cdot l_6.\end{aligned}\quad (2.11)$$

$$\begin{aligned}(a_{Nx})_{\varphi_1} &= -l_1 \cos \varphi_1 - u'_{21} \sin \varphi_6 \cdot l_6 - u_{21}^2 l_6 \cos \varphi_6; \\ (a_{Ny})_{\varphi_1} &= -l_1 \sin \varphi_1 - u'_{21} \cos \varphi_6 \cdot l_6 - u_{21}^2 l_6 \sin \varphi_6.\end{aligned}\quad (2.12)$$

Уравнения (2.1.) – (2.12.) служат для определения положений звеньев и точек, фиксированных относительно ведомого звена, а также аналогов их скоростей и ускорений. Полностью кинематические характеристики приведенного механизма будут определены, когда будут найдены скорости звеньев механизма и отдельных точек.

Угловая скорость и ускорение шатуна определяются:

$$\omega_2 = u_{21} \omega_1; \quad (2.13)$$

$$\varepsilon_2 = \omega_1^2 \cdot u'_{21} + \varepsilon_1 \cdot u_{21} \quad (2.14)$$

Скорость и ускорение скольжения ползуна:

$$V_{C3} = \omega_1 (V_{C3})_{\varphi_1}; \quad (2.15)$$

$$a_{C3} = \omega_1^2 (a_{C3})_{\varphi_1} + \varepsilon_1 (V_{C3})_{\varphi_1}. \quad (2.16)$$

Проекции скоростей и ускорений точки:

$$V_{Nx} = \omega_1 (V_{Nx})_{\varphi_1}; V_{Ny} = \omega_1 (V_{Ny})_{\varphi_1}; \quad (2.17)$$

$$a_{Nx} = \omega_1 (a_{Nx})_{\varphi_1}; a_{Ny} = \omega_1 (a_{Ny})_{\varphi_1}. \quad (2.18)$$

2.3. Построение кинематических диаграмм и годографов скоростей и ускорений

Кинематической диаграммой принято называть зависимость какого-либо параметра движения от времени или параметра перемещения ведущего звена, графически представленную кривой в прямоугольной системе координат. В качестве параметра перемещения ведущего звена часто выбирают угол поворота его. Диаграммы дают возможность наглядно представить параметры движения и их изменение за длительный промежуток времени. Достаточно ограничиться продолжительностью времени одного цикла. Необходимость составления кинематических диаграмм может быть оправдана при любых методах определения кинематических параметров: аналитических, графических, экспериментальных.

Для точек, имеющих криволинейное движение, строят диаграммы, дающие не только абсолютные значения векторов скоростей и ускорений, но и направление их. Для этого из общих полюсов откладывают векторы в их направлении. Если после этого соединить концы

всех векторов плавной кривой, то полученная диаграмма будет называться годографом скорости и ускорения точки.

2.4 Порядок выполнения работы

1. Выписать на специальном бланке значения исходных данных для заданного варианта. Порядок записи указан ниже. Сдать этот бланк на вычислительный центр, указав имя программы, по которой выполняется расчет кинематических характеристик.

Результаты расчета кинематических характеристик выдаются студенту в виде распечатки, на которой помимо результатов счета печатаются исходные для расчета данные, в том числе номер задания, номер варианта исходных данных, фамилия студента.

2. По результатам расчетов на ЭВМ на листе формата А4 построить графики перемещения, скорости и ускорения ползуна в функции обобщенной координаты, траекторию и годографы скорости и ускорения точки N, жестко закрепленной на шатуне. Масштаб построений выбирают самостоятельно. При проведении построений шаг изменений обобщенной координаты рекомендуется увеличить до 10-15° против шага изменения обобщенной координаты в распечатке результатов машинного счета.

3. По правилам, описанным в учебной литературе, построить планы скоростей и ускорений точки N, жестко закрепленной на шатуне для одного положения ведущего звена, указанного преподавателем. При этом следует использовать тот же масштаб, что и при графическом изображении результатов расчетов на ЭВМ. Пример оформления графической части показан на рис. 2.2.

4. Сравнить результаты определения кинематических характеристик методом планов скоростей и ускорений и расчетов на цифровой ЭВМ. Погрешность определения

кинематических характеристик графическим методом $\delta = \frac{I_z - I_p}{I_z}$, где I - значение параметра,

для которого определяется погрешность, индекс «Г» соответствует значению параметра, определенному графическим методом, индекс «р» – расчетному значению.

Погрешность графического метода определяют по значениям скорости и ускорения ползуна.

Таблица

Варианты заданий

№ вар иан та	$A, м$	$L_1, м$	$L_2, м$	$\varphi_{10}, ^\circ$	$L_6, м$	$\beta_0, ^\circ$	$\omega_1, с^{-1}$	$\varepsilon_1, с^{-2}$
1	0,15	2,0	5,0	0	2,0	40	12,57	0
2	0,2	1,4	3,5	0	1,5	45	12,57	0
3	0,1	1,1	2,6	0	1,2	30	10,47	0
4	0	1,2	3,0	0	1,0	25	10,47	0
5	0,2	0,8	3,5	180	1,5	45	11,52	0
6	0	1,0	3,0	0	0,4	45	11,52	0
7	0,3	2,0	4,2	180	1,4	30	11,52	0
8	0,1	0,5	4,5	0	1,2	20	12,57	0
9	0	0,8	2,0	180	0,8	40	10,47	0

№ вар иан та	$A, м$	$L_1, м$	$L_2, м$	$\varphi_{10}, ^\circ$	$L_6, м$	$\beta_0, ^\circ$	$\omega_1, с^{-1}$	$\varepsilon_1, с^{-2}$
10	0,2	1,4	3,5	0	0,4	60	12,52	0
11	-0,1	1,2	3,0	180	2,0	60	12,57	0
12	-0,2	1,4	3,2	0	1,5	75	12,57	0
13	-0,15	1,1	4,1	0	0,2	40	12,57	0
14	-0,1	0,8	2,5	0	1,4	60	10,47	0
15	-0,2	0,6	2,0	0	0,8	30	11,52	0
16	0	0,5	1,5	180	0,4	40	10,47	0
17	-0,1	0,2	3,0	0	1,5	35	11,52	0
18	0	1,0	2,1	180	2,0	60	10,47	0
19	-0,2	1,4	3,5	0	1,0	90	12,57	0
20	-0,15	2,0	5,5	0	1,2	10	11,52	0

2.5. Контрольные вопросы

1. Каковы задачи кинематического анализа?
2. Какова связь между перемещениями звеньев, скоростями и ускорениями?
3. Что такое аналоги скоростей и ускорений?
4. Какие существуют методы кинематического анализа?
5. Какие исходные данные должны быть заданы, чтобы решить задачу кинематического анализа?

Форма представления результата:

Защита работы

Критерии оценки:

- Оценка 3 – верно составлена схема.
Оценка 4 – верно разобрана маркировка.
Оценка 5 – устная защита работы по конспекту.

Тема 6.4. Динамика машин и механизмов

Практическое занятие 20

Силовой расчёт механизмов

Цель: уметь выполнять силовой расчёт механизмов

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, циркуль, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Рассмотреть различные конструкции подшипников. Схематично изобразить. Разобрать маркировку подшипников

Порядок выполнения работы:

7 Изучить краткие теоретические сведения.

8 Составить конспект.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Для проведения силового расчета нужно расчленить заданный плоский рычажный механизм на группу начального механизма (начальное звено со стойкой) и структурные группы с нулевой степенью свободы, так называемые группы Ассура – статически определимые группы, для которых число неизвестных сил равно числу уравнений.

Кинетостатический расчет механизма начинаем с группы Ассура, наиболее удаленной от начального звена, и проводим его в такой последовательности, как и разделение на группы Ассура при структурном анализе механизма:

1 Определение степени подвижности механизма.

3 Для каждого отдельного положения механизма внутри цикла его работы строятся планы скоростей и планы ускорений. С помощью планов ускорений определяются ускорения центров масс.

4 Механизм раскладывается на структурные группы Ассура. 4 Производится кинетостатический расчёт отдельных структурных групп начиная с последней, постепенно приближаясь к ведущему звену.

5 Кинетостатический расчёт ведущего звена.

- 6 Определение крутящего момента или движущей силы на ведущем звене.
- 7 Определение мощности двигателя.
- 8 Пункты 4-7 повторяются для множества положений механизма за полный цикл его работы.
- 9 Выбираются наибольшие значения мощности и усилий, действующие в кинематических парах.
- 10 На основании полученных данных составляется задание на проектирование

Форма представления результата:

Защита лабораторной работы

Критерии оценки:

Оценка 3 – верно составлена схема.

Оценка 4 – верно разобрана маркировка.

Оценка 5 – устная защита работы по конспекту.

Тема 6.4. Динамика машин и механизмов

Практическое занятие 21

Кинематический анализ зубчатых механизмов

Цель: уметь выполнять Кинематический анализ зубчатых механизмов

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, циркуль, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Рассмотреть различные конструкции подшипников. Схематично изобразить. Разобрать маркировку подшипников

Порядок выполнения работы:

9 Изучить краткие теоретические сведения.

10 Составить конспект.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Для работы необходимо иметь набор редукторов, по возможности разборных и составленных из простых цилиндрических зубчатых передач и планетарных ступеней или кинематические схемы этих редукторов.

1. Составить (перечертить) кинематическую схему редуктора.

2. Пронумеровать все зубчатые колеса редуктора, начиная от ведущего колеса. Если на одной оси закреплено два колеса, то оба получают один номер (т.к. у этих колес одна и та же угловая скорость), одно из них, более удаленное от ведущего, дополнительно отмечается штрихом.

3. Подсчитать числа зубьев всех колес и записать их в виде таблицы.

4. Подсчитать число подвижных звеньев (n), число низших кинематических пар (p_5), число высших кинематических пар (p_4) и определить по формуле Чебышева число степеней свободы.

5. Разделить редуктор на ступени, установить расчетные формулы для определения передаточных отношений отдельных ступеней и вычислить их передаточные отношения. Вычислить общее передаточное отношение редуктора.

6. Опытным путем определить общее передаточное отношение редуктора. Для этого следует сосчитать число оборотов ведущего колеса, соответствующее одному обороту ведомого колеса. При больших передаточных отношениях редуктора опытную проверку можно сделать для неполного оборота ведомого колеса ($1/2$, $1/4$ оборота).

3.3. Контрольные вопросы

1. Как определяется передаточное отношение зубчатого механизма с неподвижными осями (одноступенчатого и многоступенчатого)?
2. Какой механизм называется планетарным?
3. Как определяется передаточное отношение планетарного механизма?
4. Какой механизм называется дифференциальным?
5. Какова связь между угловыми скоростями зубчатых колес и водила для дифференциального механизма?
6. Какой механизм называется замкнутым дифференциальным механизмом?

Форма представления результата:

Защита лабораторной работы

Критерии оценки:

Оценка 3 – верно составлена схема.

Оценка 4 – верно разобрана маркировка.

Оценка 5 – устная защита работы по конспекту.

Тема 6.4. Динамика машин и механизмов

Практическое занятие 22

Синтез зубчатых передач

Цель: Ознакомление с основными методами синтеза зубчатых передач, приобретение практических навыков расчета геометрических характеристик и подбора параметров зубчатой передачи, соответствующих заданным условиям эксплуатации механизма.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, циркуль, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Рассмотреть различные конструкции подшипников. Схематично изобразить. Разобрать маркировку подшипников

Порядок выполнения работы:

11 Изучить краткие теоретические сведения.

12 Составить конспект.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Зубчатые передачи представляют собой механизм, состоящий из двух или нескольких зацепляющихся колес, предназначенных для передачи вращательного движения от одного вала другому. Они используются практически повсеместно — от механических часов до крупных промышленных установок.

Основные характеристики зубчатой передачи включают:

Модуль зуба (mm)

Число зубьев (z_1, z_2)

Межосевое расстояние (a_{aw})

Угол профиля (α)

Коэффициент смещения шестерни (x_1, x_2)

Геометрические расчеты позволяют определить оптимальные размеры элементов передачи, обеспечивающие максимальную прочность, долговечность и эффективность работы устройства.

Задания

Рассчитать параметры эвольвентной цилиндрической зубчатой передачи с внешним зацеплением при следующих исходных данных:

Параметр	Значение
Передаточное число (i)(i)	3
Диаметр делительной окружности ведущего колеса (d1)(d1), мм	80
Удельная нагрузка на зубья (q)(q), Н/мм ²	150
Материал шестерни	Сталь 45HRC=47
Режим нагрузки	Постоянный равномерный

Вычислить:

Число зубьев каждого колеса

Геометрические параметры (модуль, межосевое расстояние, угол давления)

Размеры профилей зубьев

Проверочный расчет на прочность зубьев по контактному напряжению

Методика расчетов

Определение числа зубьев

Передаточное отношение $i = z_2/z_1$ $i = z_2/z_1$.

Отсюда находим количество зубьев ведомого колеса:

$$z_2 = i \cdot z_1 \quad z_2 = i \cdot z_1$$

Модуль рассчитываем по формуле:

$$m = d_1/z_1 \quad m = d_1/z_1$$

Отсюда выражаем z_1 :

$$z_1 = d_1/m \quad z_1 = d_1/m$$

Используя передаточное число, получаем:

$$z_2 = i \cdot z_1 \quad z_2 = i \cdot z_1$$

Далее определяем межосевое расстояние:

$$a_w = a + x \cdot m \quad m = m(z_1 + z_2) \quad a_w = a + x \cdot m \quad m = 2m(z_1 + z_2)$$

Расчет размеров зубьев

Диаметры начальных окружностей:

$$d_{w1} = m \cdot z_1, d_{w2} = m \cdot z_2 \quad d_{w1} = m \cdot z_1, d_{w2} = m \cdot z_2$$

Шаг зацепления:

$$p = \pi \cdot m \quad p = \pi \cdot m$$

Высота головки зуба:

$$h_a = m \quad h_a = m$$

Ширина впадины:

$$b_e = (1 + 2x) \cdot m \quad b_e = (1 + 2x) \cdot m$$

Проверка прочности

Контактное напряжение определяется формулой Герца:

$$\sigma_H = F_n \sqrt{\frac{1}{d_b} \left(\frac{1}{\cos \alpha} \right) \left(\frac{1}{E} + \frac{1}{E'} \right)} \quad \sigma_H = d_b F_n (\cos \alpha \sqrt{E + k_v})$$

где:

$\sigma_H \sigma_H$ — контактные напряжения,
 $F_n F_n$ — нормальная сила на зубьях,
 $d_b d_b$ — диаметр основной окружности,
 $z_E z_E$ — коэффициент формы зуба,
 $\alpha \alpha$ — угол наклона линии контакта,
 $k_v k_v$ — коэффициент динамической нагрузки.

Порядок выполнения работы

Запишите исходные данные в таблицу и выполните необходимые вычисления.

Постройте схему передачи, обозначив главные элементы.

Проверьте полученные значения согласно нормативам ГОСТ.

Сделайте выводы относительно выбора материала и условий эксплуатации передачи.

Контрольные вопросы

Что такое модуль зубчатого колеса?

Как влияет материал изготовления на выбор модуля?

Какие существуют методы повышения долговечности зубчатых передач?

Чем отличается внутреннее зацепление от внешнего?

Форма представления результата:

Защита лабораторной работы

Критерии оценки:

Оценка 3 – верно составлена схема.

Оценка 4 – верно разобрана маркировка.

Оценка 5 – устная защита работы по конспекту.

Тема 4.2. Растяжение и сжатие

Лабораторное занятие № 1

Испытание образцов материалов на растяжение и сжатие.

Цель: получение диаграммы растяжения стального образца для вычисления механических характеристик материала. Получение диаграммы сжатия для разных материалов для вычисления механических характеристик материалов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, линейка, карандаш, ластик

Оборудование: Испытательный стенд виртуальной лабораторной работы приближенный к реальной установке «Разрывная машина ГСМ-50», Испытательный стенд виртуальной лабораторной работы приближенный к реальной установке «Пресс гидравлический ПГ-100»,

Задание:

1 построить диаграмму растяжения материала

2 построить диаграмму сжатия стали и древесины

Порядок выполнения работы:

1 Изучить теоретический материал

2 Провести лабораторную работу

3 Оформить работу в тетрадь.

Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

Растяжение

1.Проводя эксперимент снимать значения усилия P кН и абсолютного удлинения Δl для 12 характерных точек.

2.Перевести усилие P из кН в Н (кило 10^3). (см. столбик 4)

3.Посчитать относительную деформацию $\epsilon = \Delta l / l_0$ (см.

столбик 5)

4.Посчитать напряжение σ (МПа) = $P(N)/A(mm^2)$, где A – площадь сечения образца, находим по формуле $A = \pi d_0^2/4$. (см. столбик 6)

5.Начертить диаграмму растяжения по результатам вычислений в координатных осяхнапряжение - относительная деформация.

6.

7.Определить модуль упругости материала $E(МПа) = \sigma/\epsilon$.(см. столбик 7)

1	2	3	4	5	6	7
№ 1	P, кН	Δl , м	P, Н	Δl	σ , МПа	E, МПа
1	19,966 7	4,157e- 006	19966, 7	$\frac{4,57 * 10^3(mm)}{20(mm)}$	$\frac{19966,7(H)}{314(mm^2)}$	$\frac{19966,7(H)}{0,00022}$

8. Чертим диаграмму.

9. Сжатие

1.Проводя эксперимент снимать значения усилия P кН и абсолютного удлинения Δl для12 характерных точек.

2.Перевести усилие P из кН в Н (кило 10^3). (см. столбик 4)

3.Посчитать относительную деформацию $\epsilon = \Delta l/l_0$ (см.

столбик 5)

4.Посчитать напряжение σ (МПа) = $P(N)/A(mm^2)$, где A – площадь сечения образца, находим по формуле $A = \pi d_0^2/4$. (см. столбик 6)

5.Начертить диаграмму сжатия по результатам вычислений в координатных осяхнапряжение - относительная деформация.

6.Определить модуль упругости материала $E(МПа) = \sigma/\epsilon$.(см. столбик 7)

1	2	3	4	5	6	7
№ 1	P, кН	Δl , м	P, Н	Δl	σ , МПа	E, МПа
1	19,966 7	4,157e- 006	19966, 7	$\frac{4,57 * 10^3(mm)}{20(mm)}$	$\frac{19966,7(H)}{314(mm^2)}$	$\frac{19966,7(H)}{0,00022}$

7. Чертим диаграммы для двух экспериментов.

Форма представления результата:

Оформленная задача в тетради для практических и лабораторных работ

Критерии оценки:

Оценка 3 – верно построена диаграмма растяжения.

Оценка 4 – верно построена диаграмма сжатия и растяжения. Оценка 5 – устная защита работы по конспекту.

Тема 4.4. Кручение. Изгиб

Лабораторная работа №2

Работа в программе Sike Слесарь-ремонтник «Техническая механика»

Цель: иметь представление о программе Sike Слесарь-ремонтник.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы

Оборудование: ПК, Электронный курс: Слесарь-ремонтник: техническая механика-общие сведения(СДО версия)

Задание:

Изучить теоретический материал. Пройти тестирование в программе.

Порядок выполнения работы:

1 Изучить теоретический материал

2 Пройти тестирование

Краткие теоретические сведения:

Компания SIKE с 2006 года разрабатывает электронные курсы, учебные компьютерные и комплексные тренажеры, VR и AR-тренажеры для профессиональной подготовки студентов и кадров.

Компанией SIKE разработано более 600 обучающих систем, которые внедрены и успешно используются в крупнейших предприятиях и обучающих организациях Европы и Азии.

Программное обеспечение «SIKE Электронный курс» позволяет проводить теоретическую интерактивную подготовку и аттестацию специалистов.

Программное обеспечение подходит для:

- Самостоятельного обучения в компьютерном классе.
- Использования в качестве наглядных материалов на лекционных занятиях.

Электронные курсы SIKE ежегодно попадают в ТОП-15 лучших электронных курсов России.

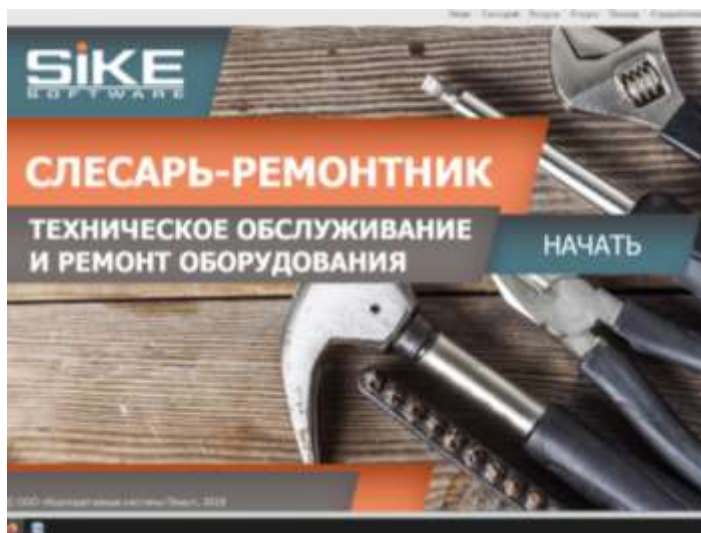
Обучающие решения SIKE обладатели премий: «Лучший обучающий продукт в VR», «Лучший курс по развитию навыков», «Лучший отраслевой практико-ориентированный тренажер», «Лучшее решение для превышения профессиональных компетенций».

Ключевая компетенция - разработка комплексных решений для подготовки специалистов по рабочим профессиям: от теории с использованием электронных курсов, до полноценных тренажеров-симуляторов, позволяющих отработать профессиональные навыки.

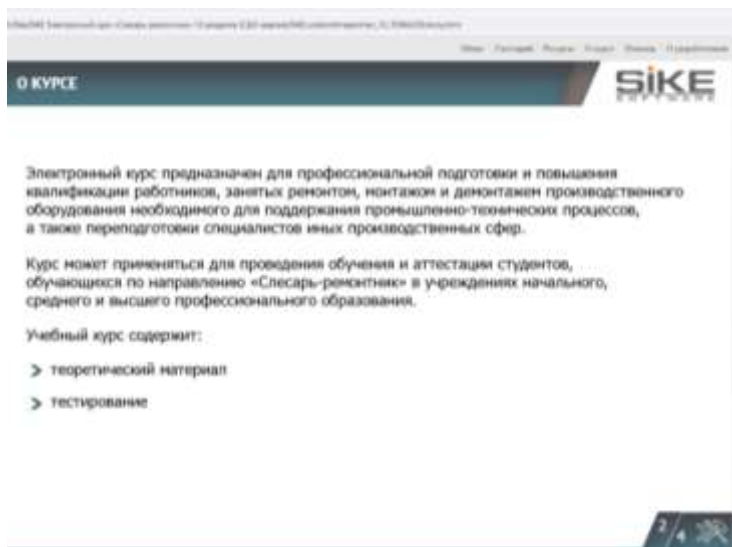
Все это в комплексе дает возможность не только сформировать необходимые компетенции по ключевым специальностям, но и использовать данные решения как оценочные средства при проверке сотрудников на соответствие требованиям профессиональных стандартов.

I. Основные этапы работы

1-й этап. Открытие ссылки и ознакомление с темой



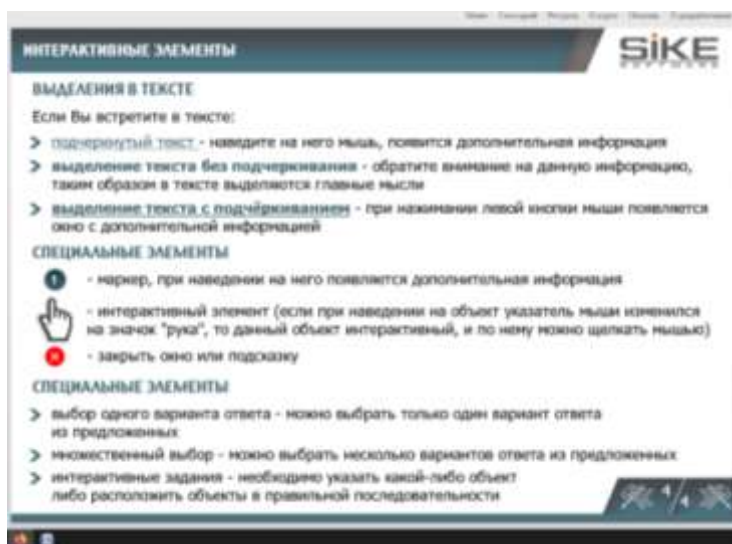
2-й этап. Начало работы, ознакомление с курсом



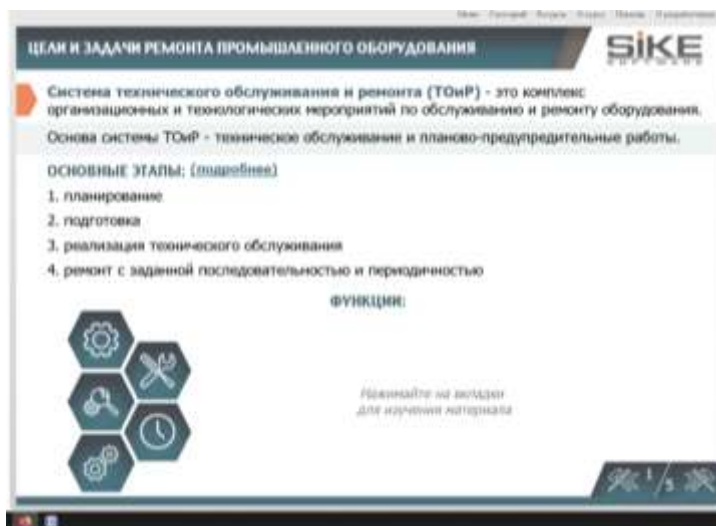
3-й этап. Инструкция по навигации в программе



4-й этап. Виды и примеры элементов



5-й этап. Теоретический материал



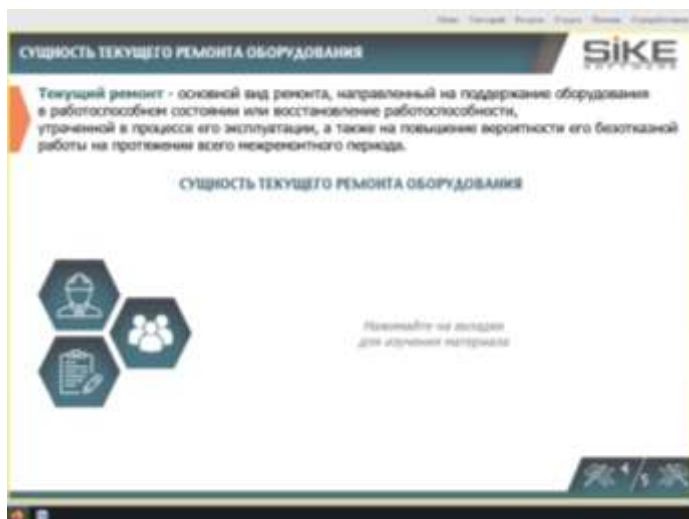
6-й этап. Ознакомление с теоретическим материалом



7-й этап теоретический материал, задачи, виды



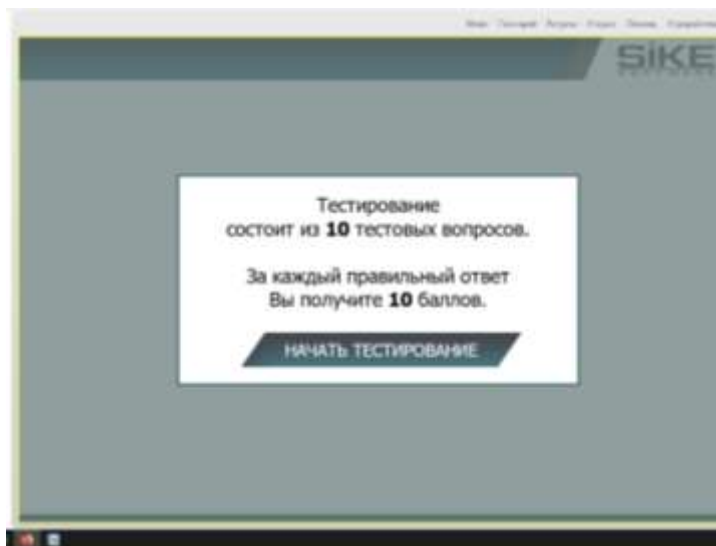
8-й этап. Ознакомление с теоретическим материалом



10-й этап. Теоретический материал, выбор дополнительной информации



11-й этап. Прохождение теста по пройденному материалу



Форма представления результата:

Итоговое тестирование

Критерии оценки:

Оценка выставляется автоматически по итогам тестирования

Тема 5.4. Общие сведения о редукторах.

Лабораторное занятие 3

Исследование конструкций различных типов редукторов

Цель: иметь представление о типоразмерах, исполнении и компоновках редукторов. Знать назначение, основные параметры, достоинства и недостатки редукторов основных типов

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд 1 выполнять расчеты для определения рабочих характеристик приводов и систем;

Уд 2 анализировать из полученных расчетных данных и принятие решений на основе результатов;

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 3.1 Проводить типовые расчеты при оформлении технологической документации на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, циркуль, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

Рассмотреть конструкцию редуктора. Изобразить кинематическую схему редуктора. Пояснить работу редуктора

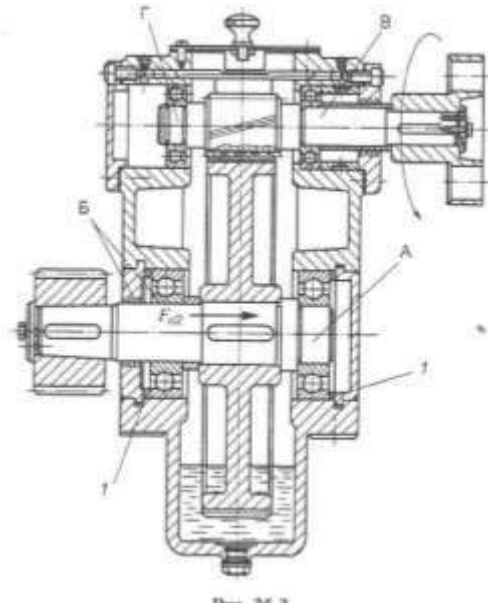
Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить теоретический материал
- 2 Оформить работу в тетрадь.

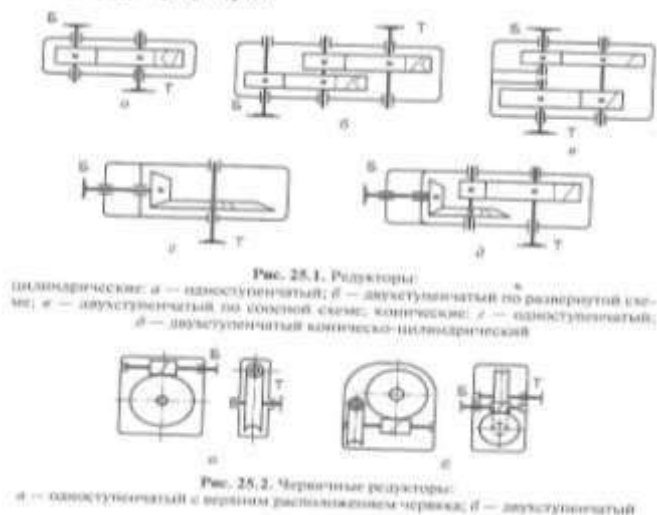
Ход работы:

Краткие теоретические сведения:

1. Провести анализ редуктора изображенного на чертеже.



2. Построить кинематическую схему:



3. Определить скорость и вращающий момент тихоходного вала редуктора:

Определяем КПД передачи. Коэффициенты полезного действия передач получены экспериментально и выбираются по справочнику $0,7 \div 0,75$.

$$\text{Мощность } P_2 = P_1 \cdot \eta;$$

$$\text{Вращающий момент } T_2 = P_2 / \omega_2$$

Форма представления результата:

Оформленная работа в тетради для практических и лабораторных работ

Критерии оценки:

Оценка 3 – верно построена кинематическая схема.

Оценка 4 – верно рассчитаны кинематические характеристики. Оценка 5 – устная защита работы о конспекту.