

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 ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОП.04 Техническая механика**

для обучающихся специальности

**15.02.03 Техническая эксплуатация гидравлических машин, гидроприводов и
гидропневмоавтоматики**

Магнитогорск, 2022

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
«Механическое, гидравлическое
оборудование и автоматизация»
Председатель О.А.Тарасова
Протокол № 10 от 22.06.2022г.

Методической комиссией МпК

Протокол № 6 от 29.06.2022 г.

Разработчик:

Е.А.Пузик,
Преподаватель МпК ФГБОУ ВО «МГТУ им.Г.И.Носова»

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Техническая механика».

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального(ых) модуля(ей) программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 15.02.03 Техническая эксплуатация гидравлических машин, гидроприводов и гидропневмоавтоматики и овладению профессиональными компетенциями.

СОДЕРЖАНИЕ

Практическое занятие № 1	4
Практическое занятие № 2	7
Практическое занятие № 3	9
Практическое занятие № 4	12
Практическое занятие № 5	14
Практическое занятие № 6	16
Практическое занятие № 7	18
Практическое занятие № 8	21
Практическое занятие № 9	24
Практическое занятие № 10	27
Практическое занятие № 11	29
Практическое занятие № 12	32
Практическое занятие № 13	35
Практическая работа 14	38
Практическая работа 15	43
Практические занятия 16	45
Практические занятия 17	45
Лабораторное занятие № 1	46
Лабораторная работа № 2	48
Лабораторная работа № 3	50

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» предусмотрено проведение практических и/или лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

У1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;

У1.1.06 Уметь читать кинематические схемы;

У1.2.02 Уметь определять напряжения в конструктивных элементах;

Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

Уо 01.04 структуру плана для решения задач;

Уо 01.05 составлять план действий;

Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 01.06 определить необходимые ресурсы;

Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;

Уо 02.05 оценивать данные на достоверность;

Уо 02.02 искать информацию в сети Интернет, с использованием фильтров и ключевых слов

Уо 02.09 применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач;

Уо 03.03 находить информацию в целях самообразования и обучения при помощи цифровых инструментов;

Уо 03.04 применять современную научную профессиональную терминологию;

Уо 03.07 применять исследовательские приемы и навыки, чтобы быть в курсе последних отраслевых решений;

Уо 09.07 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Уо 09.08 оценивать информацию/данные на достоверность и релевантность сравнения нескольких источников информации.

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

ПК 1.1 - Осуществлять работы по подготовке единиц оборудования к монтажу;

ПК 1.2 - Проводить монтаж промышленного оборудования в соответствии с технической

документацией;

ПК 1.3 Производить ввод в эксплуатацию и испытания промышленного оборудования в соответствии с технической документацией;

ПК 2.1 - Проводить регламентные работы по техническому обслуживанию промышленного оборудования в соответствии с документацией завода-изготовителя;

ПК 3.1 - Определять оптимальные методы восстановления работоспособности промышленного оборудования;

ПК 3.2 - Разрабатывать технологическую документацию для проведения работ по монтажу, ремонту и технической эксплуатации промышленного оборудования в соответствии требованиями технических регламентов

А также формированию **общих компетенций**:

ОК 01 - Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

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

ОК 04 - Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

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 в стержневых системы.

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:

- У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;
- Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;
- Уо 01.05 составлять план действий;
- Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 02.05 оценивать данные на достоверность;

Материальное обеспечение:

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

Оборудование: не используется

Задание:

Выполнить расчет равнодействующей системы сил

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).



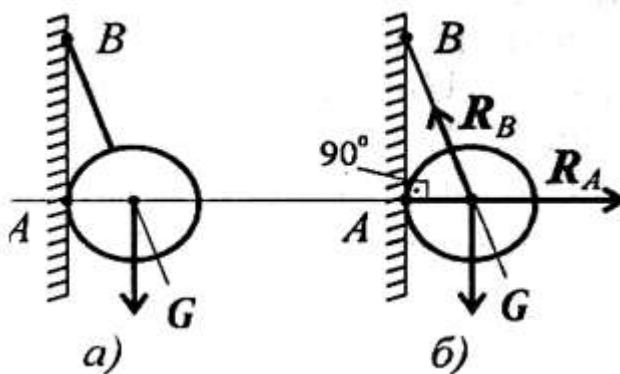
- а) Силы, действующие на шарнир A .
 б) Система сходящихся сил.

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

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

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

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:

У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;

Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

Уо 01.05 составлять план действий;

Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;

Уо 02.05 оценивать данные на достоверность.

Материальное обеспечение:

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

Оборудование: не используется

Задание:

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

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)

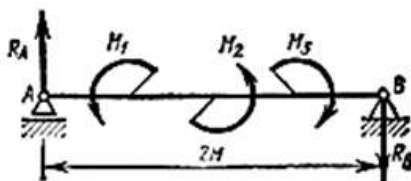


Рисунок 1

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

Порядок выполнения работы:

1 Оформить работу в тетрадь.

2 По алгоритму выполнить решение.

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. 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:

У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;

Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

Уо 01.05 составлять план действий;

Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;

- Уо 02.05 оценивать данные на достоверность.

Материальное обеспечение:

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

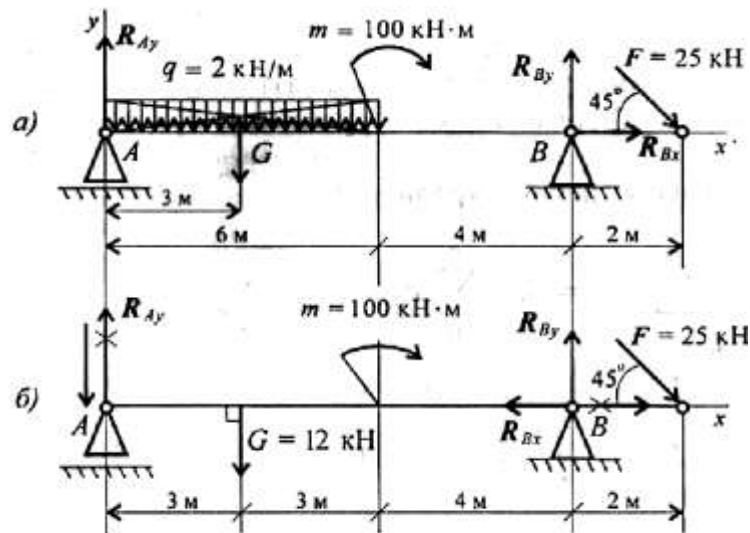
Оборудование: не используется

Задание:

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

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 А) — подвижный шарнир, здесь реакция направлена перпендикулярно опорной поверхности. Правая опора (точка В) — 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

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

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

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

6. Составляем уравнения моментов относительно точек крепления:

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

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:

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

R_{Bx} — горизонтальная реакция в опоре В. $R_{Bx} = -25 \cdot \cos 45^\circ = -17,5 \text{ кН}$

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:

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

Порядок выполнения работы:

1 Оформить работу в тетрадь.

2 По алгоритму выполнить решение.

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. 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:

У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;

Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

Уо 01.05 составлять план действий;

Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;

Уо 02.05 оценивать данные на достоверность.

Материальное обеспечение:

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

Оборудование: не используется

Задание:

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

Краткие теоретические сведения:

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

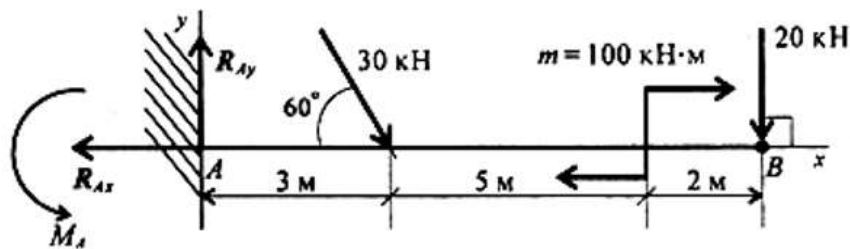


Рисунок 1 – Балка с защемленным концом

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:

$$\begin{aligned}\sum_0^n F_{kx} &= 0; \quad \sum_0^n F_{ky} = 0; \quad \sum_0^n m_{kA} = 0. \\ \sum_0^n F_{kx} &= -R_{Ax} + 30 \cdot \cos 60^\circ + 20 \cdot \cos 90^\circ = 0. \\ R_{Ax} &= 30 \cdot \cos 60^\circ + 20 \cdot \cos 90^\circ = 15 \text{ кН}. \\ \sum_0^n F_{ky} &= R_{Ay} - 30 \cdot \cos 30^\circ - 20 \cdot \cos 0^\circ = 0. \\ R_{Ay} &= 30 \cdot 0,866 + 20 \cdot 1 = 45,98 \text{ кН}. \\ \sum_0^n m_{kA} &= -M_A + 30 \cdot 3 \cdot \sin 60^\circ + 100 + 20 \cdot 10 = 0. \\ M_A &= 377,94 \text{ кН}\cdot\text{м}.\end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned}-377,94 + 45,98 \cdot 10 - 210 \cdot 0,866 + 100 &= 0; \\ -559,8 + 559,8 &= 0.\end{aligned}$$

Решение выполнено верно.

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

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 профиле

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;
- Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;
- Уо 01.05 составлять план действий;
- Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 02.05 оценивать данные на достоверность.

Материальное обеспечение:

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

Оборудование: не используется

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 S_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

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)

Порядок выполнения работы:

1 Оформить работу в тетрадь.

2 По алгоритму выполнить решение.

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).

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:

- У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;
- Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;
- Уо 01.05 составлять план действий;
- Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 02.05 оценивать данные на достоверность.

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.

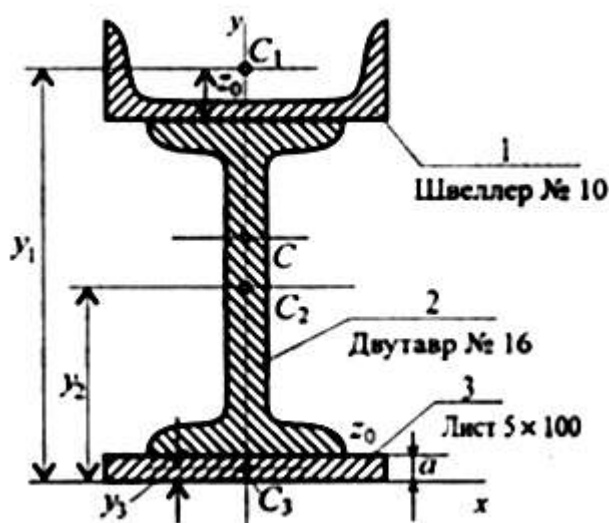


Рисунок 1 – Составное сечение из листа и прокатных профилей

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 5х100; 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

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:

У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;

У 1.2.02 Уметь определять напряжения в конструкционных элементах

Уо 01.01 Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

Уо 01.05 составлять план действий;

Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;

Уо 02.05 оценивать данные на достоверность;

Материальное обеспечение:

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

Оборудование: не используется

Задание:

Рассчитать конструкцию на прочность.

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

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

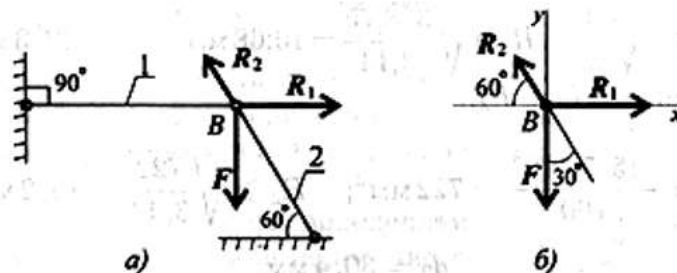
$[s]$ — допускаемый запас прочности.

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:

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

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

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.

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:

У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;

У 1.2.02 Уметь определять напряжения в конструктивных элементах

Уо 01.01 Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

Уо 01.05 составлять план действий;

Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;

Уо 02.05 оценивать данные на достоверность;

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.

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

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

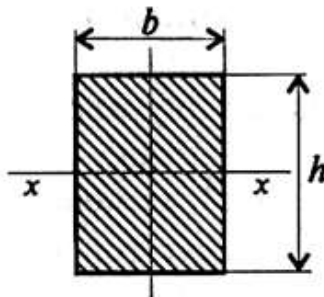


Рисунок 1 - Прямоугольник

Осевой момент сопротивления прямоугольника

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

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

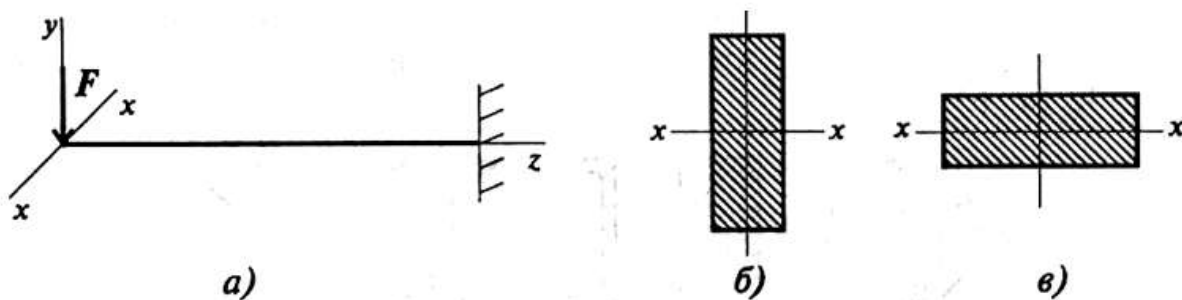


Рисунок 2 – Сравнение сопротивления изгибу двух прямоугольных сечений

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

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

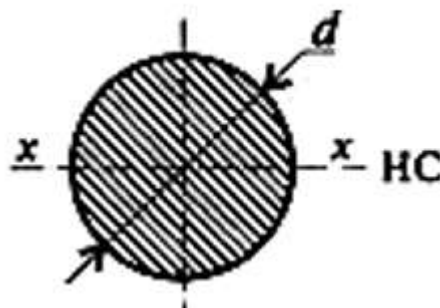


Рисунок 3 - Круг

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).

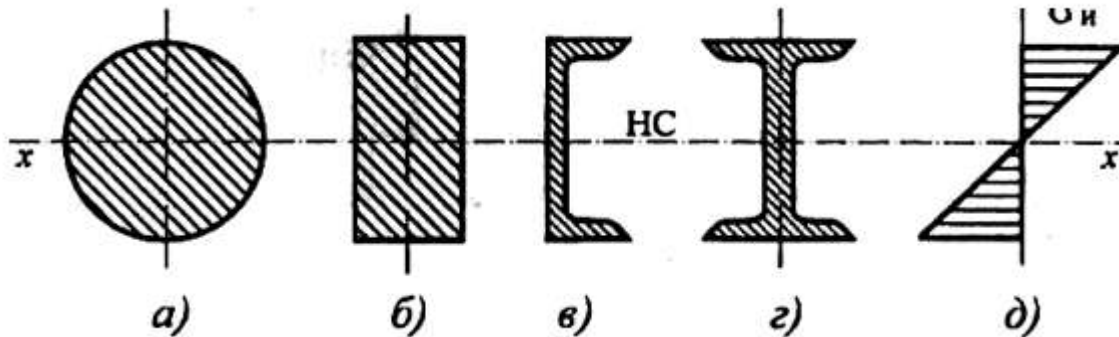


Рисунок 4 - Профили

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.

Порядок выполнения работы:

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

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.

Практическое занятие № 9

Расчёт на прочность и жёсткость при кручении.

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:

У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;

У 1.2.02 Уметь определять напряжения в конструкционных элементах

Уо 01.01 Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

Уо 01.05 составлять план действий;

Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;

Уо 02.05 оценивать данные на достоверность;

Материальное обеспечение:

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

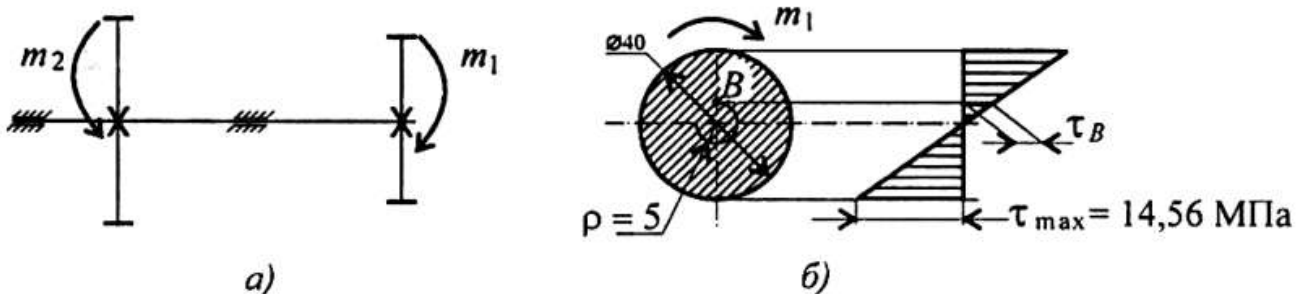
Оборудование: не используется

Задание:

Рассчитать конструкцию на прочность и жесткость.

Краткие теоретические сведения:

Пример. Стальной вал диаметром 40 мм передает мощность 15кВт 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.

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

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

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.

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

$$\tau_{\max} = 14,65 \text{ МПа}.$$

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

Контрольные вопросы и задания

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

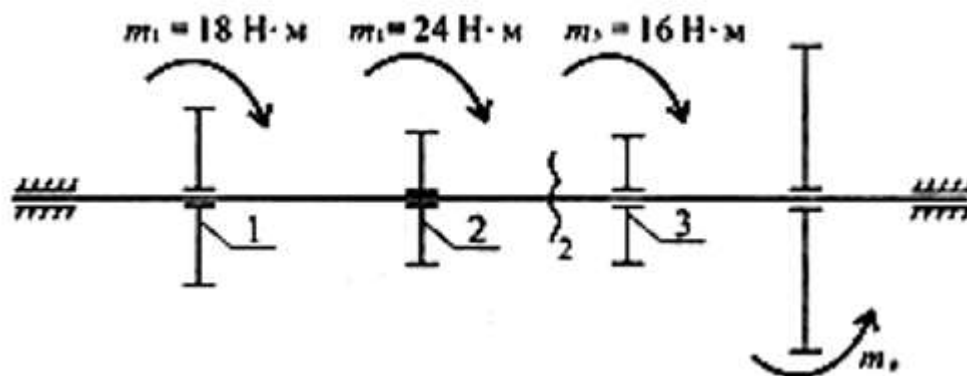


Рисунок 2 – Схема вала

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.

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.

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.

Практическое занятие № 10

Расчёт рациональных форм вала.

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:

У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;

У 1.2.02 Уметь определять напряжения в конструкционных элементах

Уо 01.01 Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

Уо 01.05 составлять план действий;

Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;

Уо 02.05 оценивать данные на достоверность;

Материальное обеспечение:

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

Оборудование: не используется

Задание:

Из условия прочности подобрать рациональное сечение вала при кручении.

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

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

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

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.

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.

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:

У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;

У 1.2.02 Уметь определять напряжения в конструкционных элементах

Уо 01.01 Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

Уо 01.05 составлять план действий;

Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;

Уо 02.05 оценивать данные на достоверность;

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.

Краткие теоретические сведения:

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

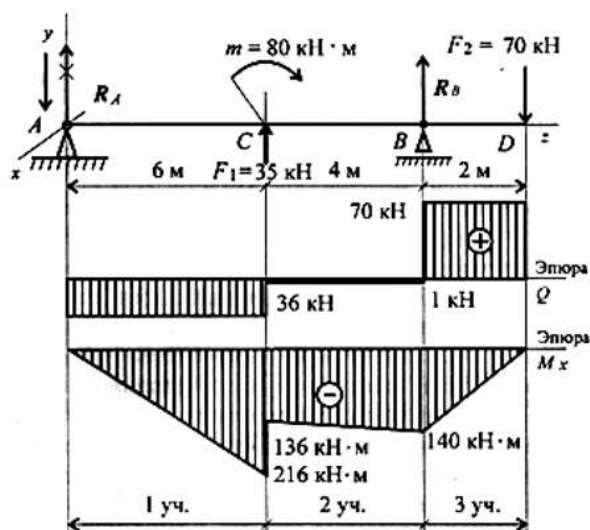


Рисунок 1 – Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов 2-х опорной балки

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.

$$\text{Проверка: } \sum F_y = 0;$$

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

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

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

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:

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

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

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

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).

Порядок выполнения работы:

По алгоритму выполнить решение.

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.

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:

У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;

У 1.2.02 Уметь определять напряжения в конструкционных элементах

Уо 01.01 Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

Уо 01.05 составлять план действий;

Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;

Уо 02.05 оценивать данные на достоверность;

Материальное обеспечение:

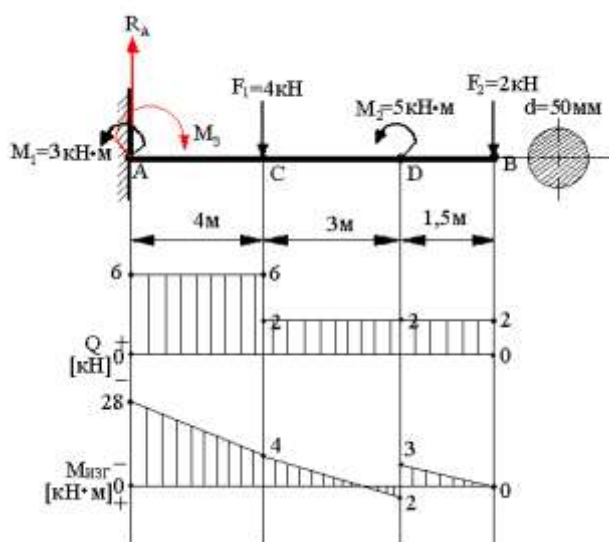
Конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик

Оборудование: не используется

Задание:

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

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

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

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

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

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

3. Проверка:

$$3.1. \quad \sum F_i = 0;$$

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

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

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

4. По правилу гимнаста строим эпюру Q.

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

8. Определяем прочность вала:

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

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

Предлагаю: Увеличить диаметр балки.

Порядок выполнения работы:

1 Оформить работу в тетрадь.

2 По алгоритму выполнить решение.

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.

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:

У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц
У 1.2.02 Уметь определять напряжения в конструктивных элементах
Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;
Уо 01.04 структуру плана для решения задач;
Уо 02.02 искать информацию в сети Интернет, с использованием фильтров и ключевых слов
Уо 02.09 применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач;
Уо 03.04 применять современную научную профессиональную терминологию;
Уо 09.07 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;
Уо 09.08 оценивать информацию/данные на достоверность и релевантность сравнения нескольких источников информации;

Материальное обеспечение:

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

Оборудование: не используется

Задание:

Вычертить кинематическую схему многоступенчатой передачи. Провести кинематический и силовой расчет передачи.

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.

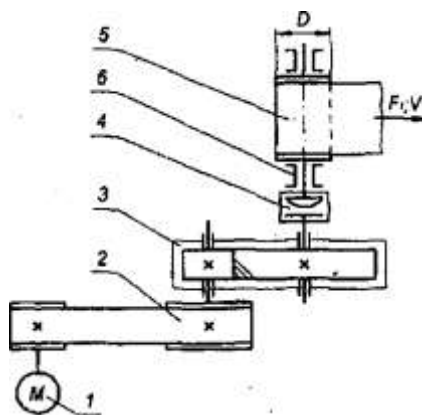


Рисунок 1. Кинематическая схема привода ленточного транспортера
1- двигатель; 2 – клиноременная передача; 3- цилиндрический
одноступенчатый косозубый редуктор; 4- муфта зубчатая; 5 – барабан;
6- опоры барабана (подшипники).

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 ремённой 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

³ Белан А.К. Учебно-методическое пособие для выполнения курсового проекта по

Порядок выполнения работы:

1 Оформить работу в тетрадь.

2 По алгоритму выполнить решение.

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.

Практическая работа 14

Работа в программе Sike Слесарь-ремонтник «Техническая механика»

Цель: иметь представление о программе Sike Слесарь-ремонтник.

Выполнив работу, Вы будете:

- Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;
- Уо 02.09 применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач;
- Уо 03.04 применять современную научную профессиональную терминологию;
- Уо 09.07 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;
- Уо 09.08 оценивать информацию/данные на достоверность и релевантность сравнения нескольких источников информации;

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.

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.

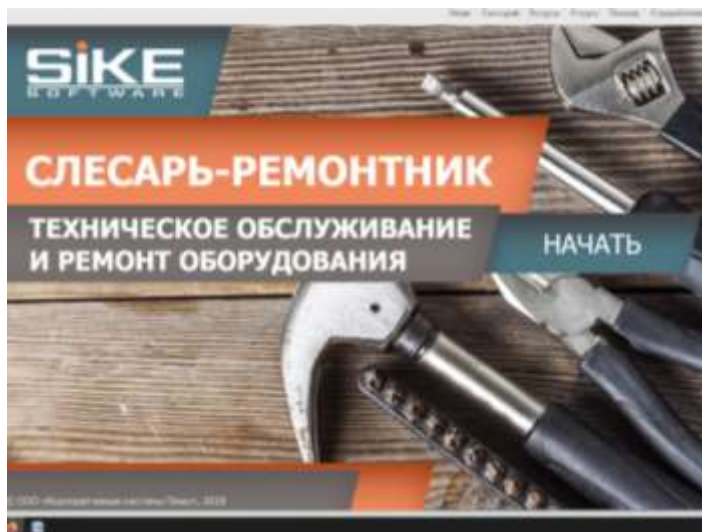
Обучающие решения SIKE обладатели премий: «Лучший обучающий продукт в VR», «Лучший курс по развитию навыков», «Лучший отраслевой практико-ориентированный тренажер», «Лучшее решение для превышения профессиональных компетенций».

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.

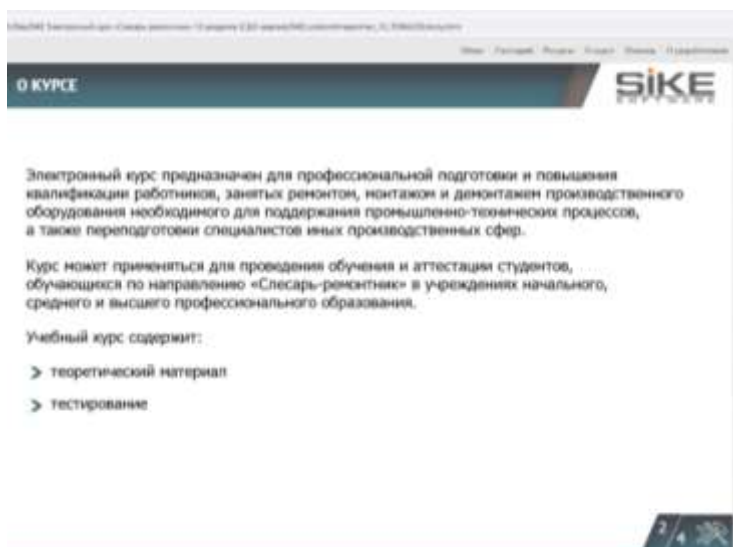
Все это в комплексе дает возможность не только сформировать необходимые компетенции по ключевым специальностям, но и использовать данные решения как оценочные средства при проверке сотрудников на соответствие требованиям профессиональных стандартов.

I. Основные этапы работы

1-й этап. Открытие ссылки и ознакомление с темой



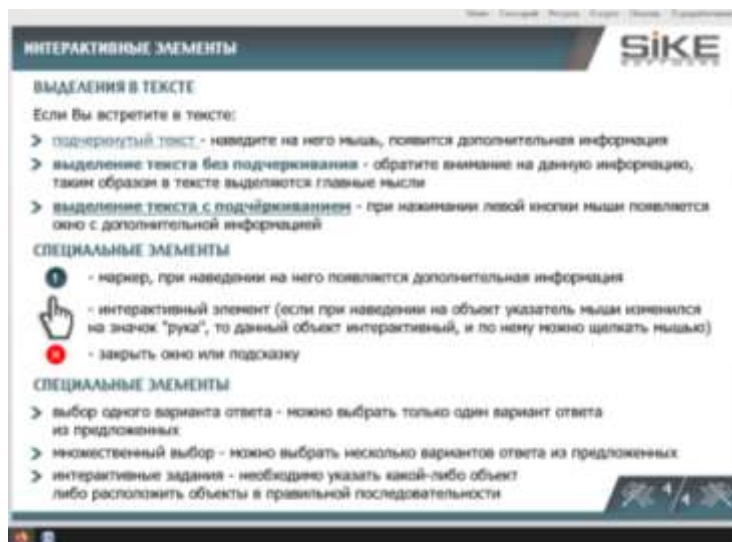
2-й этап. Начало работы, ознакомление с курсом



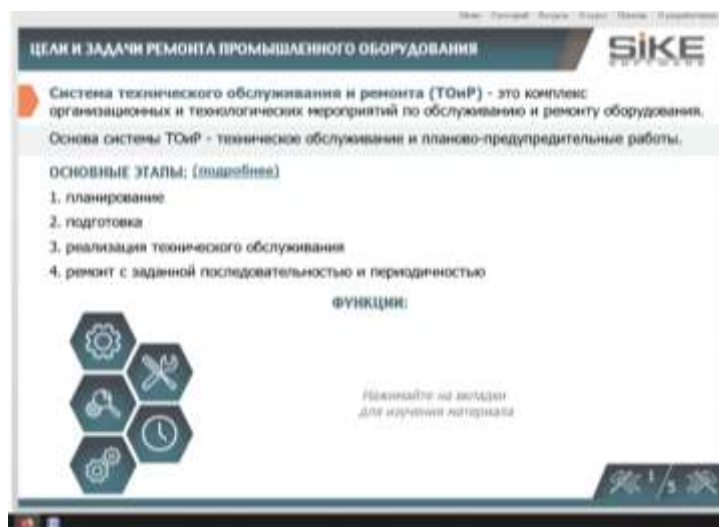
3-й этап. Инструкция по навигации в программе



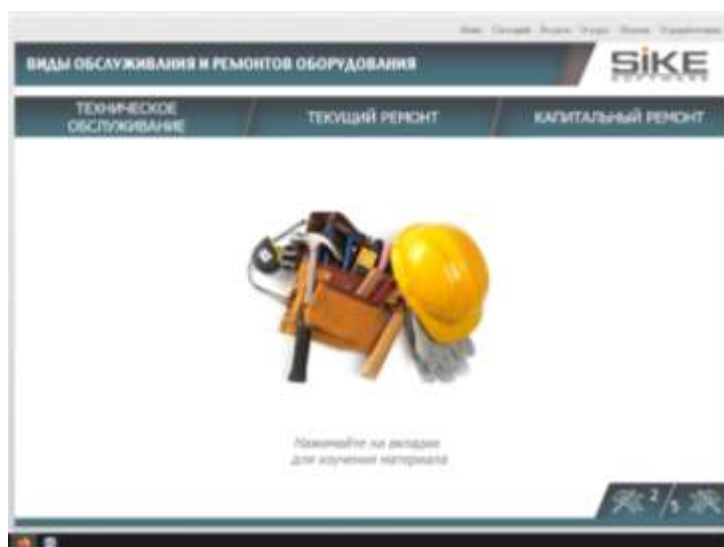
4-й этап. Виды и примеры элементов



5-й этап. Теоретический материал



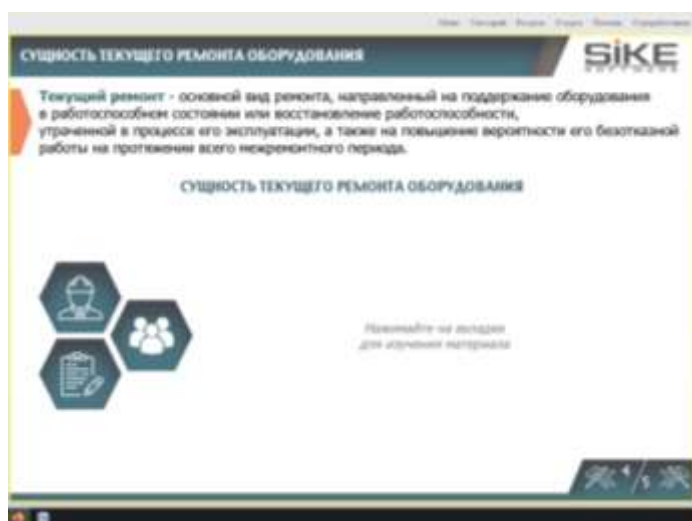
6-й этап. Ознакомление с теоретическим материалом



7-й этап теоретический материал, задачи, виды



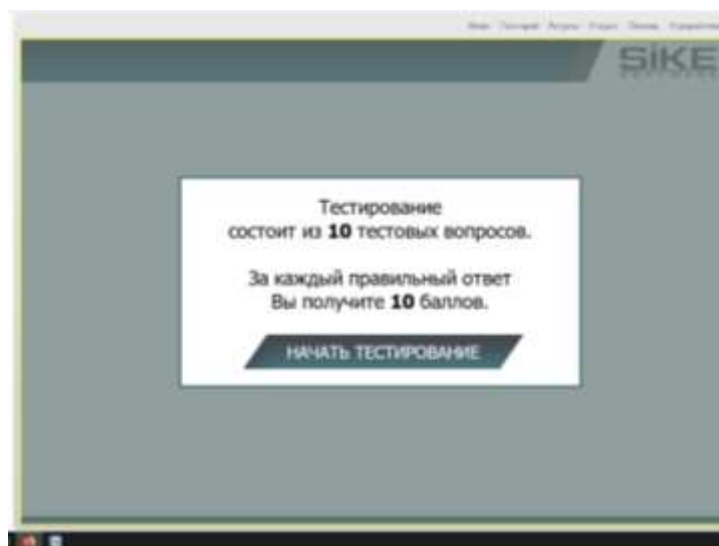
8-й этап. Ознакомление с теоретическим материалом



10-й этап. Теоретический материал, выбор дополнительной информации



11-й этап. Прохождение теста по пройденному материалу



Практическая работа 15

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:

- У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц
- У 1.2.02 Уметь определять напряжения в конструкционных элементах
- Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;
- Уо 01.04 структуру плана для решения задач;
- Уо 02.02 искать информацию в сети Интернет, с использованием фильтров и ключевых слов
- Уо 02.09 применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач;
- Уо 03.04 применять современную научную профессиональную терминологию;
- Уо 09.07 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;
- Уо 09.08 оценивать информацию/данные на достоверность и релевантность сравнения нескольких источников информации;

Материальное обеспечение:

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

Оборудование: не используется

Задание:

Рассмотреть различные конструкции подшипников. Схематично изобразить. Разобрать маркировку подшипников

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.

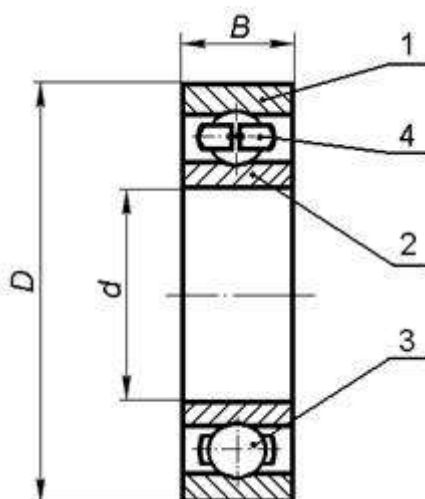


Рисунок 1- Шариковый радиальный подшипник

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

Порядок выполнения работы:

- 1 Оформить работу в тетрадь.
- 2 По алгоритму выполнить решение.

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>

Практические занятия 16

Работа в программе Sike Слесарь-ремонтник «Подшипники»

См. Практическая работа 14

Практические занятия 17

Работа в программе Sike Слесарь-ремонтник «Редуктор»

См. Практическая работа 14

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:

- У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;
- У 1.2.02 Уметь определять напряжения в конструкционных элементах
- Уо 01.01 Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;
- Уо 01.05 составлять план действий;
- Уо 01.04 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 02.05 оценивать данные на достоверность;
- .

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

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 $\varepsilon = \Delta l / l_0$ (см. столбик 5)
- 4.Посчитать напряжение $\sigma(\text{МПа}) = P(\text{Н}) / A(\text{мм}^2)$, 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 осях напряжение - относительная деформация.
- 6.
- 7.Определить модуль упругости материала $E(\text{МПа}) = \sigma / \varepsilon$. (см. столбик 7)

1	2	3	4	5	6	7
№ 1	P , кН	Δl , м	P , Н	ε	σ , МПа	E , МПа

1	19,966 7	4,157e- 006	19966, 7	$\frac{4,57 \cdot 10^{-3}(\text{мм})}{20(\text{мм})}$	$\frac{19966,7(\text{Н})}{314(\text{мм}^2)}$	$\frac{19966,7(\text{Н})}{0,00022}$
---	-------------	----------------	-------------	---	--	-------------------------------------

8. Чертим диаграмму.

9. Сжатие

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

2.Перевести усилие Р из кН в Н (кило 10³). (см. столбик 4)

3.Посчитать относительную деформацию $\varepsilon = \Delta l / l_0$ (см. столбик 5)

4.Посчитать напряжение $\sigma(\text{МПа}) = P(\text{Н})/A(\text{мм}^2)$, где А – площадь сечения образца, находим по формуле $A = \pi d_0^2 / 4$. (см. столбик 6)

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

6.Определить модуль упругости материала $E(\text{МПа}) = \sigma / \varepsilon$. (см. столбик 7)

1	2	3	4	5	6	7
№ 1	Р, кН	Δ l, м	Р, Н	ε	σ, МПа	Е, МПа
1	19,966 7	4,157e- 006	19966, 7	$\frac{4,57 \cdot 10^{-3}(\text{мм})}{20(\text{мм})}$	$\frac{19966,7(\text{Н})}{314(\text{мм}^2)}$	$\frac{19966,7(\text{Н})}{0,00022}$

7. Чертим диаграммы для двух экспериментов.

Порядок выполнения работы:

1 Оформить работу в тетрадь.

2 По алгоритму выполнить решение.

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.

Лабораторная работа 2

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:

- У 1.1.05 Уметь производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц
- У 1.2.02 Уметь определять напряжения в конструкционных элементах
- Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- Уо 01.02 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;
- Уо 01.04 структуру плана для решения задач;
- Уо 02.02 искать информацию в сети Интернет, с использованием фильтров и ключевых слов
- Уо 02.09 применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач;
- Уо 03.04 применять современную научную профессиональную терминологию;
- Уо 09.07 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;
- Уо 09.08 оценивать информацию/данные на достоверность и релевантность сравнения нескольких источников информации;

Материальное обеспечение:

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

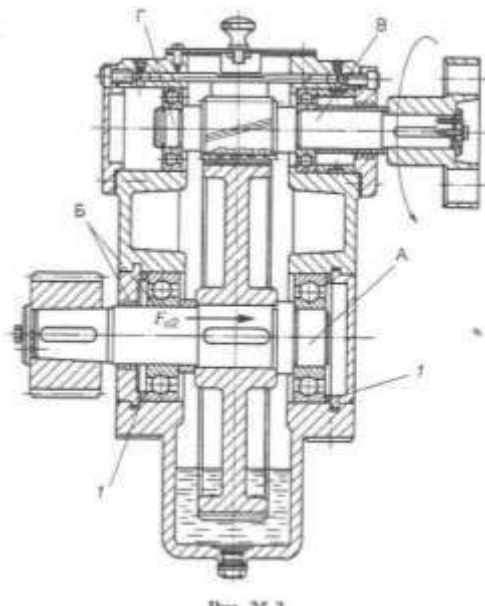
Оборудование: не используется

Задание:

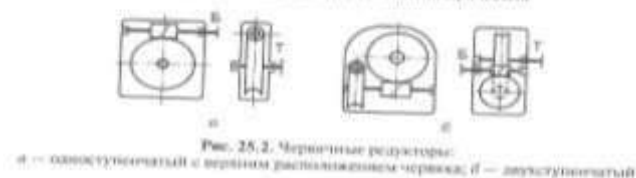
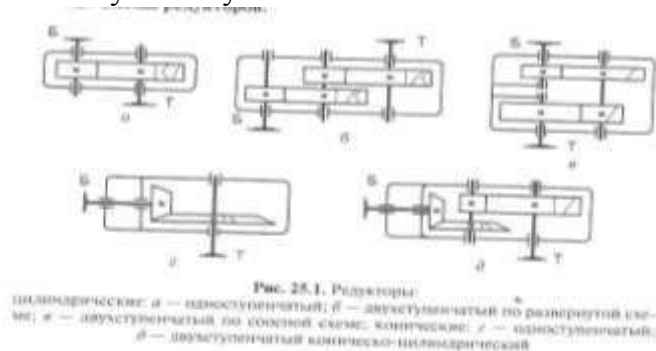
Рассмотреть конструкцию редуктора. Изобразить кинематическую схему редуктора. Пояснить работу редуктора

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 $0,7 \div 0,75$.

Мощность $P_2 = P_1 \cdot \eta$;

Вращающий момент $T_2 = P_2 / \omega_2$

Порядок выполнения работы:

3 Оформить работу в тетрадь.

4 По алгоритму выполнить решение.

Форма представления результата:

Оформленная задача 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.

Лабораторная работа 3

«Чтение кинематических схем редукторов»

ПЗ 24. Чтение и составление кинематических схем редукторов.

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.

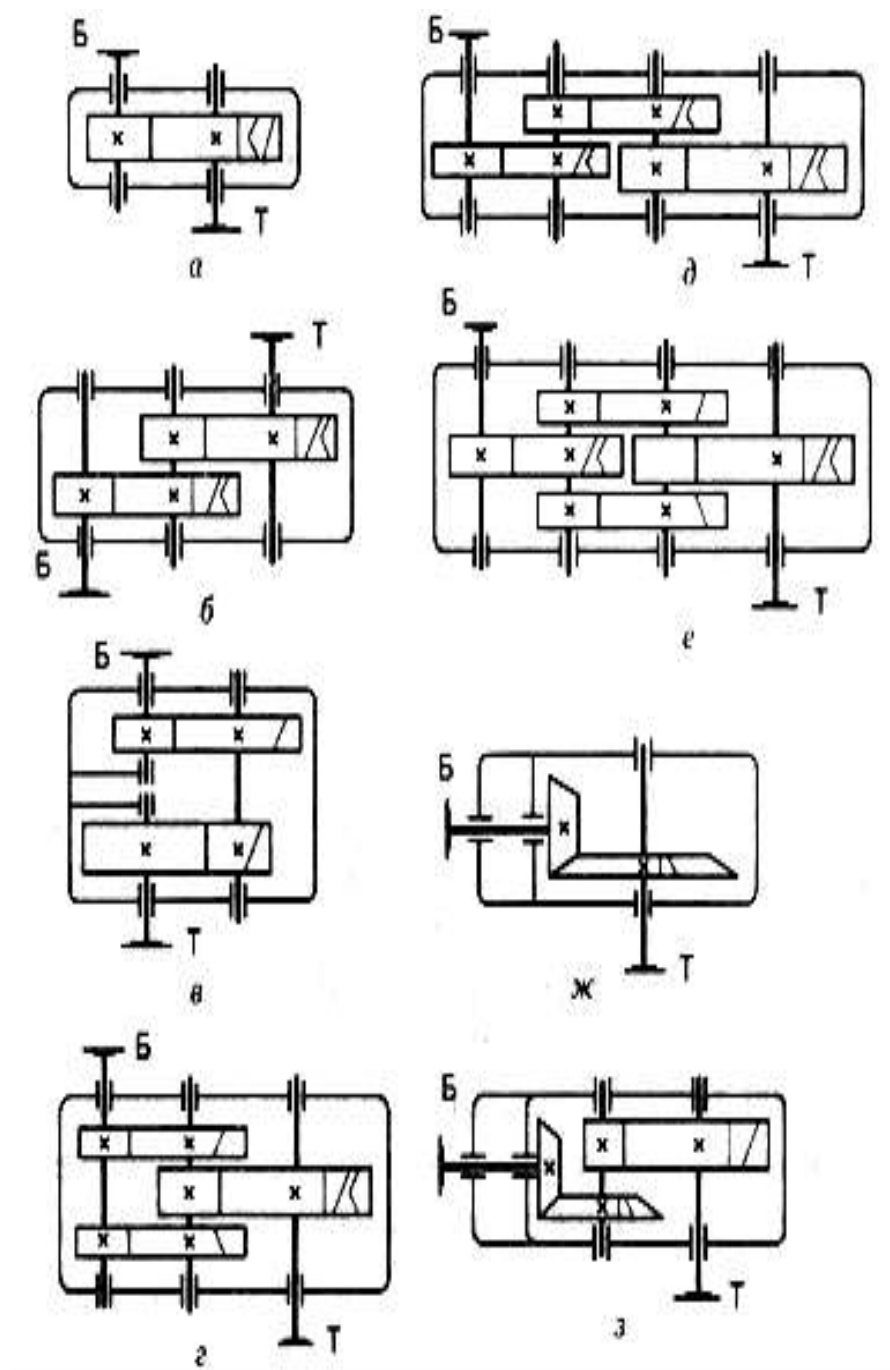


Рис. 1. Наиболее распространенные схемы зубчатых редукторов: а — одноступенчатый; б — двухступенчатый развернутый; в — двухступенчатый соосный; г — двухступенчатый с раздвоенной ступенью; д — трехступенчатый развернутый; е — трехступенчатый с раздвоенной промежуточной ступенью; ж — конический; з — коническо-цилиндрический

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

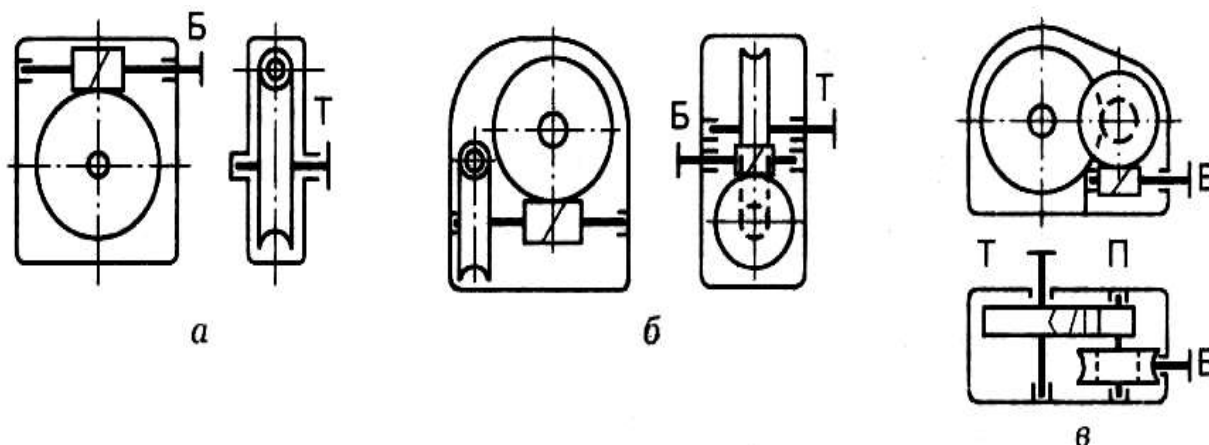


Рис.2. Схемы червячных редукторов: *а* — одноступенчатый; *б* — двухступенчатый; *в* — червячно-цилиндрический

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