Областное государственное бюджетное профессиональное

образовательное учреждение

«Смоленская академия профессионального образования»

Практикум лабораторных и практических работ

по учебной дисциплине «Техническая механика»

для специальности 151901 Технология машиностроения

Смоленск 2014

Практикум для проведения лабораторных и практических по дисциплине «Техническая механика»

Составитель: Кашина Т.И.. – Смоленск: ОГБПОУ СмолАПО, 2014.

Настоящий практикум для лабораторных и практических работ ориентирован на помощь студентам в освоении умений, развитии общих и профессиональных компетенций, предусмотренных ФГОС СПО по специальности и программой учебной дисциплины.

Содержание

|  |  |
| --- | --- |
| Пояснительная записка | 4 |
| Лабораторная работа №1 | 5 |
| Лабораторная работа №2 | 9 |
| Лабораторная работа №3 | 13 |
| Практическая работа №1 | 17 |
| Практическая работа №2 | 23 |
| Практическая работа №3 | 30 |
| Практическая работа №4 | 36 |
| Практическая работа №5 | 42 |

Пояснительная записка

Практикумпо учебной дисциплине «Техническая механика» разработан в соответствии с ФГОС СПО и программой учебной дисциплины для специальностей технического профиля. Практикум содержит систему практических заданий по освоению умений:

-определять напряжения в конструкционных элементах;

-определять передаточное отношение;

-проводить расчет и проектировать детали и сборочные единицы общего назначения;

-проводить сборочно - разборочные работы в соответствии с характером соединений деталей и сборочных единиц;

-производить расчеты на сжатие, срез и смятие;

-производить расчеты элементов, конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;

-собирать конструкции по чертежам и схемам;

-читать кинематические схемы

и способствует формированию общих и профессиональных компетенций выпускников в области их профессиональной деятельности по организации и проведению работ по техническому обслуживанию, эксплуатации, ремонту, наладке и испытанию оборудования тепловых электрических станций.

Практикум охватывает весь материал учебный дисциплины, содержит методические указания по выполнению заданий, задания для самоконтроля теоретического курса, лист самооценки, список литературы.

**Лабораторная работа № 1**

Статическое испытание стальных образцов на растяжение

**Цель работы:** определение механических характеристик материала при испытаниях на растяжение

**Задание:** определите пределы пропорциональности, текучести и прочности материала при испытании стальных образцов на растяжение.

**Инструктивная карта**

**1.Методические указания для выполнения работы**

При выполнении работы необходимо ознакомиться с устройством разрывной машины (гидропресса), на которой будут проводиться испытания.

Во время испытания наблюдайте за изменением формы и размеров образца вплоть до его разрушения.

После испытания диаграмму растяжения, полученную в координатах «нагрузка – абсолютная деформация» вычертите в координатах «напряжение - относительная деформация» (рис. 1) и определите основные параметры по её характерным точкам.

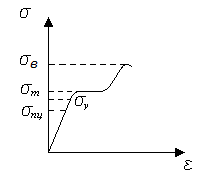


Рис. 1. Диаграмма растяжения образца

из пластичного материала

**Оборудование и материалы:**

Разрывная машина;

Гидропресс- 4 т;

Образцы из стали разных марок;

Мерительный инструмент: линейка, штангенциркуль;

Справочные таблицы механических характеристик пластичных материалов.

**2.Карта допуска**

Выполните тест

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вопросы | Ответы | Код |
| 1.Укажите название и обозначение напряжения, при котором деформации растут при постоянной нагрузке. | Предел прочности, | 1 |
| Предел текучести, | 2 |
| Допускаемое напряжение, | 3 |
| Предел пропорциональности, | 4 |
| 2. Определите максимальное относительное удлинение в момент разрыва, если начальная длина образца 200 мм, а длина в момент разрыва 240 мм | 20% | 1 |
| 17% | 2 |
| 0,25% | 3 |
| 12% | 4 |
| 3. Выберите основные характеристики прочности материала | , | 1 |
| , | 2 |
|  | 3 |
|  | 4 |
| 4. Объясните, до какого из приведённых напряжений в материале выполняется зависимость | до | 1 |
| до | 2 |
| до | 3 |
| до | 4 |
| 5. Выберите на диаграмме участок упругих деформаций  C:\Users\user\Documents\6.jpg | 01 | 1 |
| 12 | 2 |
| 23 | 3 |
| 22 | 4 |

**Ход выполнения работы**

Испытайте образец на машине. Для этого:

- закрепите образец в машине;

- включите машину на режим «Нагружение»;

- после разрушения образца снимите диаграмму с диаграммного аппарата;

- результаты обработки диаграммы растяжения, испытаний ирасчётов занесите в таблицу;

- сравните полученные результаты со справочными данными;

- сделайте выводы по работе.

Таблица

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | Образец №1 | Образец №2 | Образец №3 |
| Материал образца (марка стали) | |  |  |  |
| Диаметр образца, мм | До испытания |  |  |  |
| После испытания |  |  |  |
| Площадь сечения, мм2 | До испытания |  |  |  |
| После испытания |  |  |  |
| Длина расчётной части, мм | До испытания |  |  |  |
| После испытания |  |  |  |
| Нагрузки, соответствующие | Пределу пропорциональности, кгс |  |  |  |
| Пределу текучести, кгс |  |  |  |
| Пределу прочности, кгс |  |  |  |
| Пределу упругости , кгс |  |  |  |
| Предел пропорциональности, МПа | |  |  |  |
| Предел текучести, МПа | |  |  |  |
| Предел прочности, МПа | |  |  |  |
| Предел упругости , МПа | |  |  |  |
| Относительное удлинение ɛ, % | |  |  |  |
| Относительное сужение, % | |  |  |  |

**3.Вопросы для самоконтроля**

1. К механическим характеристикам относятся параметры: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2. Пластичность материала характеризуют параметры:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3. Изменение размеров образца при растяжении характеризуют параметры:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4. Закон Гука устанавливает соотношение\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

5. По диаграмме растяжения можно определить следующие механические свойства материала: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

6. Остаточная деформация в образце появляется при нагрузке, соответствующей напряжению \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

7. Примеры пластичных материалов:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

8. Примеры хрупких материалов:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

9. Предел текучести материала равен 300 МПа при трёхкратном коэффициенте запаса прочности. Допускаемое напряжение при этом равно\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**4.Лист самооценки**

|  |
| --- |
| Уровень освоения |
| Могу помочь другим |
| Выполнил без затруднений |
| Испытывал затруднения |

**Литература**

1 Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учебник для средних спец. учеб.заведений / А.И. Аркуша. – 8-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2014. – 352 с.

2 Вереина Л.И. Техническая механика: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / Л.И. Вереина, М.М. Краснов. – 7-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013 – 352 с.

3Олофинская В. П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: Учебное пособие - М.: ФОРУМ, 2010. – 349 с. – (Профессиональное образование).

4Хмелёв А.А., Сидоров В.А. Сопротивление материалов: Лабораторные работы / А.А.Хмелёв, В.А. Сидоров. – Мн.: УП «Технопринт», 2009. – 206 с.

**Лабораторная работа № 2**

Статическое испытание образцов из различных материалов на сжатие

**Цель работы**: определение механических характеристик различных материалов при испытаниях на сжатие

**Задание:** определите напряжения, характеризующие прочность образцов из пластичных и хрупких материалов при испытании на сжатие

**Инструктивная карта**

**1.Методические указания для выполнения работы**

При выполнении работы необходимо ознакомиться с устройством испытательной машины и диаграммного устройства.

Во время испытания наблюдайте за изменением формы и размеров образцов.

Особое внимание обратить на момент прекращения опыта, так как стальной образец при сжатии расплющивается, не давая следов разрушения. При этом происходит кратковременная остановка стрелки силоизмерителя. Образец из чугуна разрушается внезапно, в этот момент нагрузка резко падает.

После испытания по диаграммам сжатия определить характерные напряжения: для стали –условный предел текучести, для чугуна –предел прочности.

|  |  |
| --- | --- |
| 3  Рис. 1. Диаграмма образца  из пластичного материала  при сжатии | Рис. 2. Диаграмма образца  из хрупкого материала  при сжатии |

**Оборудование и материалы:**

- Испытательная машина;

- Образцы из стали и чугуна;

- Мерительный инструмент: линейка, штангенциркуль;

- Справочные таблицы механических характеристик пластичных материалов.

**2.Карта допуска**

Выполните тест

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вопросы | Ответы | Код |
| 1.Укажите название и обозначение напряжения, которое является предельным для образца из материала марки СЧ 21 при испытании на сжатие | Предел прочности, | 1 |
| Предел текучести, | 2 |
| Допускаемое напряжение, | 3 |
| Предел пропорциональности, | 4 |
| 2.Укажите название и обозначение напряжения, которое является предельным для образца из материала марки Ст.3 при испытании на сжатие | Предел прочности, | 1 |
| Предел текучести, | 2 |
| Допускаемое напряжение, | 3 |
| Предел пропорциональности, | 4 |
| 3. Выберите основные характеристики пластичности материала | , | 1 |
| , | 2 |
|  | 3 |
|  | 4 |
| 4.Как называется и обозначается наибольшее напряжение, до которого выполняется зависимость | до | 1 |
| до | 2 |
| до | 3 |
| до | 4 |
| 5.Как обозначается характеристика, определяющая допускаемое напряжение для хрупких материалов? |  | 1 |
|  | 2 |
|  | 3 |
|  | 4 |

**Ход выполнения работы**

Испытайте образец на машине. Для этого:

- закрепите образец в машине;

- включите машину на режим «Нагружение»;

- после испытания образца снимите диаграмму с диаграммного аппарата;

- результаты обработки диаграммы сжатия, испытаний и расчётов занесите в таблицу;

- зарисуйте эскизы образцов до и после испытания;

- сравните полученные результаты со справочными данными;

- сделайте выводы по работе.

Таблица

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | Образец №1 | Образец №2 |
| Материал образца (марка стали, чугуна) | |  |  |
| Диаметр образца до испытания , мм | |  |  |
| Площадь сечения до испытания, мм2 | |  |  |
| Длина расчётной части, мм | До испытания |  |  |
| После испытания |  |  |
| Нагрузки, соответствующие | Пределу текучести, кгс |  |  |
| Пределу прочности, кгс |  |  |
| Предел текучести, МПа | |  |  |
| Предел прочности, МПа | |  |  |

**3.Вопросы для самоконтроля**

1. К механическим характеристикам при испытании хрупких материалов на сжатие относятся параметры: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2. Пластичность материала характеризуют параметры:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3. Закон Гука устанавливает соотношение между \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4. По диаграмме сжатия можно определить следующие механические свойства пластичного материала: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

5. Примеры пластичных материалов:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

6. Примеры хрупких материалов:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

7. Предел текучести стали равен 240 МПа, коэффициент запаса прочности равен 1,5. Допускаемое напряжение при этом равно \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

8. Предел прочности чугуна 740 МПа. При трёхкратном запасе прочности допускаемое напряжение равно \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**4.Лист самооценки**

|  |
| --- |
| Уровень освоения |
| Могу помочь другим |
| Выполнил без затруднений |
| Испытывал затруднения |

**Литература**

1 Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учебник для средних спец. учеб.заведений / А.И. Аркуша. – 8-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2014. – 352 с.

2 Вереина Л.И. Техническая механика: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / Л.И. Вереина, М.М. Краснов. – 7-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013 – 352 с.

3Олофинская В. П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: Учебное пособие - М.: ФОРУМ, 2010. – 349 с. – (Профессиональное образование).

4 Хмелёв А.А., Сидоров В.А. Сопротивление материалов: Лабораторные работы / А.А.Хмелёв, В.А. Сидоров. – Мн.: УП «Технопринт», 2009. – 206 с.

**Лабораторная работа № 3**

Испытание металлических образцов на срез и смятие

**Цель работы:** определение механических характеристик материала при испытаниях на срез и смятие

**Задание:** определите предел прочности металлических образцов при испытании на срез и смятие.

**Инструктивная карта**

**1.Методические указания для выполнения работы**

При выполнении работы необходимо ознакомиться с устройством испытательной машины.

Во время испытания наблюдайте за изменением формы и размеров образцов.

Особое внимание обратить на то, что в зоне среза кроме касательных напряжений, определяющих прочность образца, действуют ещё нормальные напряжения от деформации смятия, что подтверждается формой образца после разрушения.

Для испытаний использовать схему двойного среза (рис. 1).

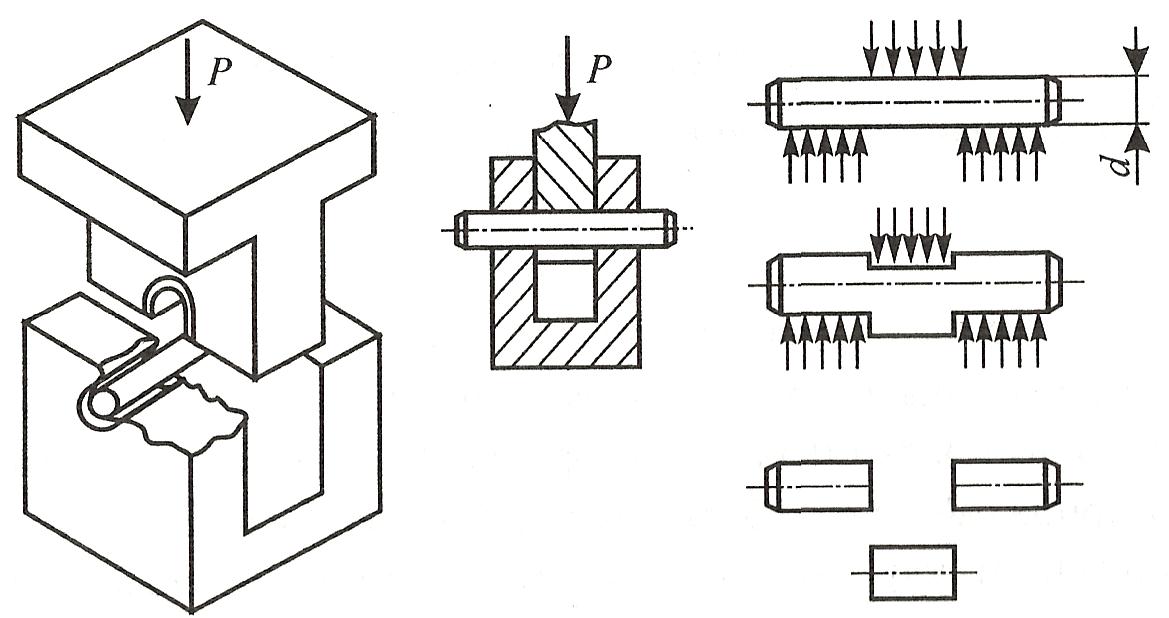


Рис. 1

**Оборудование и материалы:**

- испытательная машина;

- металлические образцы;

- мерительный инструмент: линейка, штангенциркуль;

- справочные таблицы механических характеристик металлов.

**2.Карта допуска**

Выполните тест

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вопросы | Ответы | Код |
| 1.Выберите формулу длярасчёта напряжения в поперечном сечении детали при срезе. |  | 1 |
|  | 2 |
|  | 3 |
|  | 4 |
| 2.Выберите точную запись условия прочности при расчёте на смятие. |  | 1 |
|  | 2 |
|  | 3 |
|  | 4 |
| 3. Назовите количество плоскостей среза штифта III.  C:\Users\user\Documents\12.jpg | 1 | 1 |
| 2 | 2 |
| 3 | 3 |
| 4 | 4 |
| 4.Рассчитайте величину площади смятия штифтаIII(рис. к вопросу 3). | 64 мм2 | 1 |
| 128 мм2 | 2 |
| 201 мм2 | 3 |
| 317 мм2 | 4 |
| 5.Из условия прочности на срез рассчитайте допускаемую нагрузку для штифтаIII(рис. к вопросу 3), если . |  | 1 |
|  | 2 |
|  | 3 |
|  | 4 |

**Ход выполнения работы**

Испытайте образец на испытательной машине.

Для этого:

- закрепите образец в приспособлении испытательной машины;

- включите машину на режим «Нагружение»;

- после испытания включите машину на режим «Обратный ход»;

- результаты замеров и значение максимальной нагрузки занесите в таблицу;

- по полученным данным определите марку стали образца;

- сделайте выводы по работе.

Таблица

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Образец №1 | Образец №2 | Образец №3 |
| Диаметр образцов до испытания , мм |  |  |  |
| Площадь сечения до испытания, мм2 |  |  |  |
| Площадь смятия до испытания, мм2 |  |  |  |
| Разрушающая нагрузка, кгс |  |  |  |
| Предел прочности при срезе, МПа |  |  |  |
| Среднее значение , МПа |  | | |
| Предел прочности при смятии, МПа |  |  |  |
| Среднее значение, МПа |  | | |
| Марка стали образцов |  | | |

**3.Вопросы для самоконтроля**

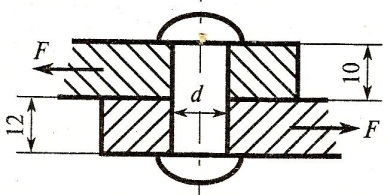
1. К механическим характеристикам металлов при испытании на срез относятся: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2. К механическим характеристикам металлов при испытании на смятие относятся: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3. Закон Гука для деформации среза имеет вид: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4. Примеры деформации среза деталей:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

5.



Для схемы, изображённой на рисунке, . Необходимое количество заклёпок для передачи внешней силы из расчёта на прочность равно \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

6 Предел прочности стали марки 40Х900 МПа. Предел прочности на срез при этом равен \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**4.Лист самооценки**

|  |
| --- |
| Уровень освоения |
| Могу помочь другим |
| Выполнил без затруднений |
| Испытывал затруднения |

**Литература**

1 Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учебник для средних спец. учеб.заведений / А.И. Аркуша. – 8-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2014. – 352 с.

2 Вереина Л.И. Техническая механика: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / Л.И. Вереина, М.М. Краснов. – 7-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013 – 352 с.

**Практическая работа № 1**

Деформация растяжения-сжатия

**Цель работы:** исследование деформации растяжения-сжатия при расчётах стержней на прочность

**Задание**

Выполните расчёт стержня на растяжение-сжатие по условию прочности

**Инструктивная карта**

**1.Методические указания**

При решении задач для исследования деформации растяжения-сжатия необходимо составить расчётную схему, изобразить на ней все внешние силы и реакции связей. При необходимости для полученной уравновешенной системы сил составить уравнения равновесия и определить реакции связей.

При определении внутренних силовых факторов воспользоваться методом сечений.

Если на каких-либо участках условие прочность не обеспечивается, обязательно для этих участков выполнить проектировочный расчёт.

При подстановке в формулы числовых значений физических величин обратить особое внимание на их размерность.

Исходные данные принять по таблице 1 и рис. 1. Номера вариантов указывает преподаватель.

**Оборудование:**

Вычислительная техника

**2.Карта допуска**

Выполните тест

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вопросы | Ответы | Код |
| 1.Выберите соответствующую эпюру продольных сил в поперечных сечениях бруса | А | 1 |
| Б | 2 |
| В | 3 |
| Г | 4 |
| 2.Для бруса из вопроса 1 определить наибольшую продольную силу, возникшую в поперечном сечении | 190 кН | 1 |
| 50 кН | 2 |
| 85 кН | 3 |
| 35 кН | 4 |
| 3.Определить нормальное напряжение в сечении С-С бруса из вопроса 1 | 70 МПа | 1 |
| 0 МПа | 2 |
| -85 МПа | 3 |
| -50 МПа | 4 |
| 4.Определите коэффициент запаса прочности в сечении С-С бруса, если механические характеристики материала имеют следующие значения: | 3,3 | 1 |
| 6,6 | 2 |
| 4 | 3 |
| 8 | 4 |
| 5. Стальной стержень длиной 4 м нагружен силой 360 кН, форма поперечного сечения стержня – швеллер № 8. Определите удлинение стержня, если модуль продольной упругости равен 2·105 Мпа. | Среди данных ответов верного нет |  |
| 0,07 мм |  |
| 0,2 мм |  |
| 8 мм |  |

**Алгоритм решения задачи**

1. Изобразить расчётную схему в соответствии с исходными данными.

2. Разбить стержень на участки. Построить эпюру продольных сил N.

3.Построить эпюру нормальных напряжений σ, используя соотношение

4.Для каждого участка проверить условие прочности .

5. Определив значение продольной силы в сечениях стержня, вычислить удлинение каждого участка по закону Гука

6. Определить полное удлинение стержня

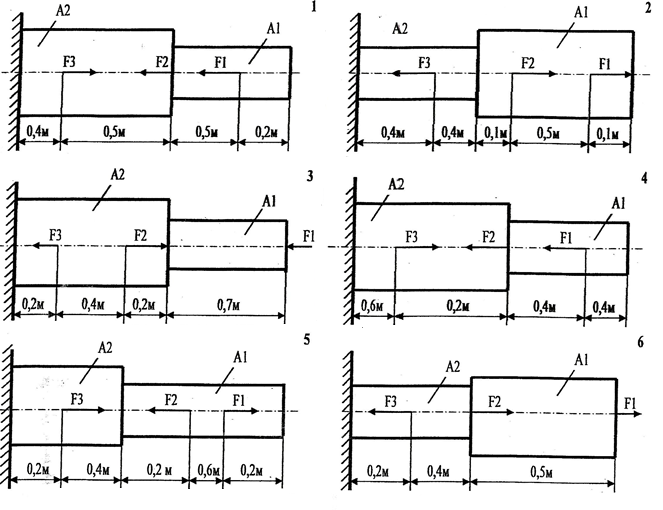
7. Сделать вывод о механическом состоянии стержня.

**Условие задачи**

Для стального ( МПа) ступенчатого стержня определите продольные силы N и нормальные напряжения σ на каждом участке; построить эпюры N и σ; проверить прочность на участках стержня, если допускаемые напряженияМПа, ; определить удлинение стержня.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | F1 | F2 | F3 | A1 | A2 |
| кН | кН | кН | cм2 | cм2 |
| 1 | 40 | 10 | 30 | 1,5 | 2 |
| 2 | 38 | 12 | 28 | 2,5 | 2 |
| 3 | 36 | 14 | 26 | 1,5 | 2 |
| 4 | 34 | 16 | 24 | 1,5 | 2,5 |
| 5 | 32 | 18 | 22 | 2 | 2,5 |
| 6 | 30 | 20 | 20 | 2,5 | 2 |
| 7 | 28 | 18 | 18 | 2 | 1,5 |
| 8 | 26 | 16 | 16 | 2 | 2,5 |
| 9 | 24 | 14 | 14 | 2,5 | 2 |
| 10 | 22 | 12 | 12 | 2 | 1 |
| 11 | 20 | 10 | 10 | 1,5 | 2 |
| 12 | 18 | 40 | 40 | 2,5 | 1,5 |
| 13 | 16 | 28 | 38 | 2 | 2,5 |
| 14 | 14 | 36 | 36 | 1 | 1,5 |
| 15 | 12 | 34 | 34 | 1,5 | 2 |



**Пример**

Для заданного стержня построить эпюру продольных сил и нормальных напряжений, определить удлинение стержня, если

Решение

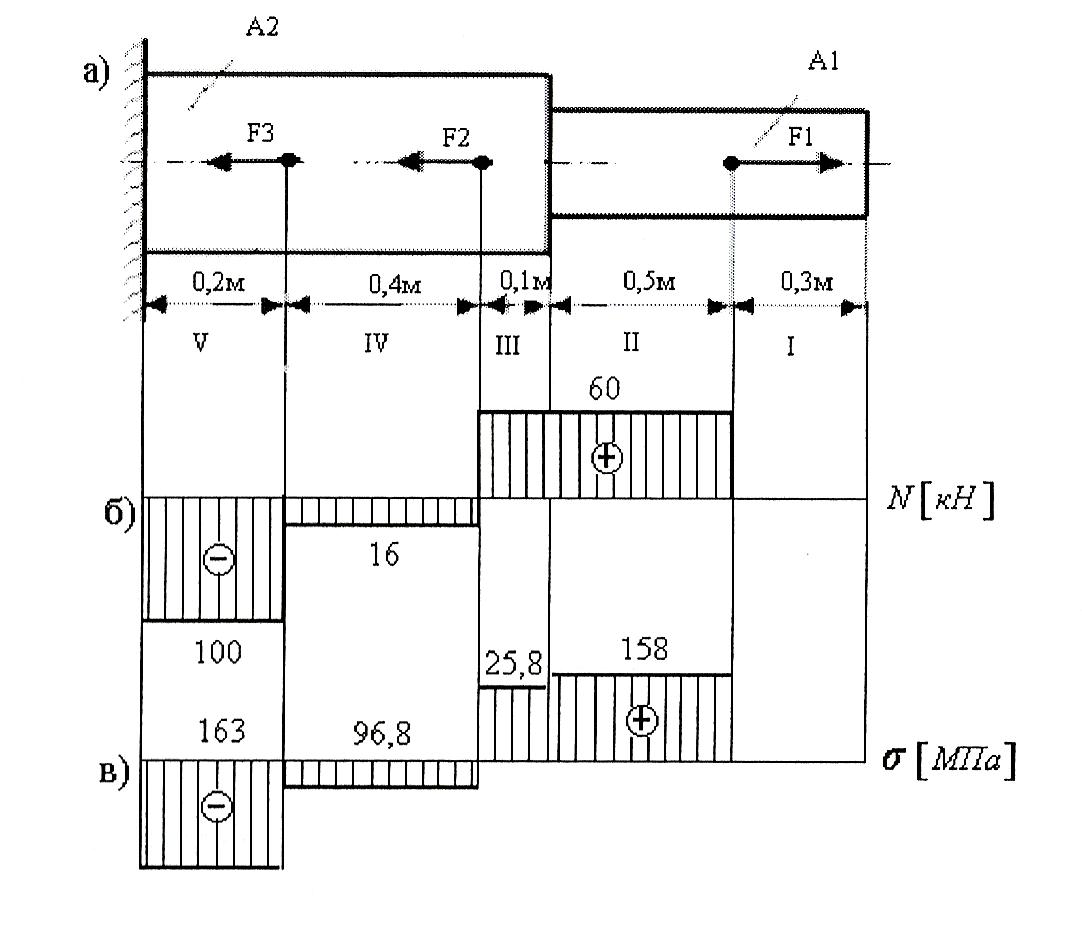


Рис. 2

1. Разбить стержень на участки. Для каждого участка, используя метод сечений, определить продольную силу:

Участок I

Участок II

Участок III

Участок IV

Участок V

По полученным результатам построить эпюру продольных сил N (Рис. 2, б)

2. Определив значение продольной силы для каждого участка вычислить нормальные напряжения

Участок I:

Участок II

Участок III

Участок IV

Участок V

По полученным результатам построить эпюру σ (Рис. 2, в)

3. Опасными являются сечения на участке V, так как в этих сечениях возникает максимальное нормальное напряжение. Условие прочности на этом участке не выполняется, . Определить перегрузку участка

Значит, прочность заданного стержня обеспечена.

4. Определив значение нормальных напряжений в сечениях стержня, вычислить удлинение каждого участка по закону Гука

Участок I

Участок II

Участок III

Участок IV

Участок IV

5.Определить полное удлинение стержня

9. Вывод: прочность стержня обеспечена; участки II и III испытывают растяжение, участки IV и IV – сжатие; участок I не деформируется; перемещение свободного конца стержня 0,23 мм.

**3.Вопросы для самоконтроля**

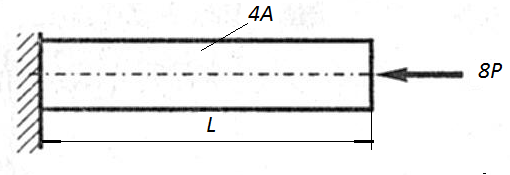
1. Обозначение и название напряжения, перпендикулярного плоскости сечения тела\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2. Размерность абсолютного удлинения: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3. Интенсивность распределения нагрузки по сечению тела характеризует физическая величина \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4.Условие прочности при растяжении-сжатии имеет вид: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

5.



Из условия прочности при известных величинах допускаемая площадь поперечного сечения будет равна \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

6. Способность материала конструкции сопротивляться разрушению под действием нагрузки называется \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**4.Лист самооценки**

|  |
| --- |
| Уровень освоения |
| Могу помочь другим |
| Выполнил без затруднений |
| Испытывал затруднения |

**Литература**

1.Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учебник для средних спец. учеб.заведений / А.И. Аркуша. – 8-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2014. – 352 с.

2.Вереина Л.И. Техническая механика: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / Л.И. Вереина, М.М. Краснов. – 7-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013 – 352 с.

3. Буланов Э. А. Решение задач по сопротивлению материалов / Э. А. Буланов. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 215 с.

4. Олофинская В. П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: Учебное пособие - М.: ФОРУМ, ИНФРА – М, 2010. – 349 с. – (Профессиональное образование).

**Практическая работа № 2**

Расчёты на прочность и жёсткость при кручении

**Цель работы:** исследование деформации кручения при расчётах валов на прочность и жёсткость

**Задание**

Выполнить проектировочный расчёт вала по условию прочности и жёсткости.

**Инструктивная карта**

**1.Методические указания**

При исследовании деформации кручения необходимо выполнить проектировочный расчёт для каждого участка вала из расчёта на прочность. Окончательно принимаемые диаметры должны быть округлены до ближайшего наибольшего стандартного значения. После этого вычертить в масштабе эскиз получившегося ступенчатого вала.

Построить эпюру углов закручивания относительно левого шкива на валу и проверить жёсткость вала при кручении.

Для определения внутренних силовых факторов использовать метод сечений.

При подстановке в формулы числовых значений физических величин обратить особое внимание на их размерность.

Исходные данные принять по таблице 1 и рис. 1. Номера вариантов указывает преподаватель.

**Оборудование:**

Вычислительная техника

**2.Карта допуска**

Выполните тест

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вопросы | Ответы | Код |
| 1.Выберите участок вала постоянного сечения, наиболее опасного по прочности?  C:\Users\user\Documents\13.jpg | 1 участок | 1 |
| 2 участок | 2 |
| 3 участок | 3 |
| 4 участок | 4 |
| 2.Укажите факторы, от которых зависит полярный момент инерции сечения? | от материала | 1 |
| от нагрузки | 2 |
| от длины вала | 3 |
| от диаметра вала | 4 |
| 3.Выберите пропущенную величину в формуле касательного напряжения при кручении | *E* | 1 |
| *G* | 2 |
| *µ* | 3 |
|  | 4 |
| 4.Определите, как изменится максимальное напряжение в поперечном сечениипри кручении вала, если его диаметр уменьшить в 2 раза? | уменьшится в 2 раза | 1 |
| уменьшится в 8 раз | 2 |
| увеличится в 2 раза | 3 |
| увеличится в 8 раз | 4 |
| 5.Укажите правильную эпюру распределения напряжения в поперечном сечении вала при кручении?  C:\Users\user\Documents\14.jpg | А | 1 |
| Б | 2 |
| В | 3 |
| Г | 4 |

**Алгоритм решения задачи**

1. Изобразить расчётную схему.

2. Определить значения внешних моментов, соответствующих передаваемым мощностям.

3. Разбить вал на участки. Построить эпюру крутящих моментов Мк.

4.Определить диаметры участков вала из расчёта на прочность.

5. Принять стандартные значения диаметров вала.

6. Вычертить эскиз ступенчатого вала.

7. Построить эпюру углов закручивания вала.

8. Проверить результат проектировочного расчёта навыполнение условия жёсткости вала при кручении .

9. Сделать вывод о механическом состоянии вала.

**Условие задачи**

Для стального вала ( МПа) определить скручивающие моменты на шкивах 0, 1, 2, 3; построить эпюры крутящих моментов; определить диаметр ступенчатого вала на каждом участке из условия прочности; вычертить в масштабе эскиз ступенчатого вала; построить эпюру углов закручивания; проверить жёсткость вала при кручении.

Ряд стандартных значений диаметров, мм: 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 170, 180, 200.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варианта | Длина *а*, м | Мощность, кВт | | | | Угловая скорость,  ω, рад/с | Допускаемое касательное напряжение  [τ], МПа | Допускаемый угол закручивания  [φ0], град/м |
| Р0 | Р1 | Р2 | Р3 |
| 1 | 0,5 | 80 | 25 | 20 | 35 | 70 | 35 | 0,50 |
| 2 | 0,3 | 70 | 30 | 25 | 15 | 65 | 30 | 0,45 |
| 3 | 0,2 | 90 | 45 | 20 | 25 | 75 | 35 | 0,45 |
| 4 | 0,5 | 80 | 30 | 20 | 30 | 70 | 35 | 0,40 |
| 5 | 0,4 | 50 | 20 | 15 | 15 | 40 | 20 | 0,50 |
| 6 | 0,3 | 100 | 50 | 30 | 20 | 80 | 40 | 0,45 |
| 7 | 0,1 | 80 | 30 | 10 | 40 | 65 | 30 | 0,90 |
| 8 | 0,3 | 100 | 40 | 25 | 35 | 80 | 40 | 0,85 |
| 9 | 0,4 | 60 | 30 | 20 | 10 | 50 | 25 | 0,60 |
| 10 | 0,2 | 40 | 15 | 10 | 15 | 30 | 20 | 0,60 |

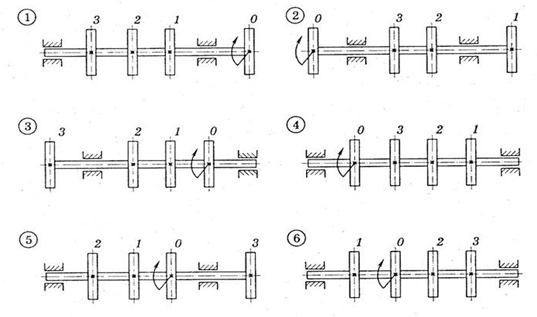
**

Рис. 1

**Пример**

Дано: *Р0 = 120 кВт; Р1 = 30 кВт; Р2 = 20 кВт; Р3 = 70 кВт; а = 0,25 м; ω = 85 рад/с; [τ] = 25 МПа; [φ0] = 0,8 град/м*

Решение.

1 Внешние скручивающие моменты

Нм; Нм

Нм; Нм

2 Крутящие моменты в сечениях вала

*Сечение 1-1:*



*Сечение 2-2:*

Нм

*Сечение 3-3:*

Нм

*Сечение 4-4:*

Нм

Строим эпюру крутящих моментов.

3. Диаметры вала на каждом участке из условия прочности: 

*Участок II:*

 (принимаем *d2* = 40 мм)

*Участок III:*

 (принимаем *d3* = 60 мм)

*Участок IV:*

 (принимаем *d4* = 45 мм).

На участке I диаметр вала принимаем конструктивно: *d1* = 35 мм.

4. Вычерчиваем эскиз вала в соответствии с принятыми значениями диаметров.

5. Для определения углов закручивания вычисляем полярные моменты инерции.







Находим углы закручивания соответствующих участков вала







Сечение, проходящее через точку А, считаем условно неподвижным.

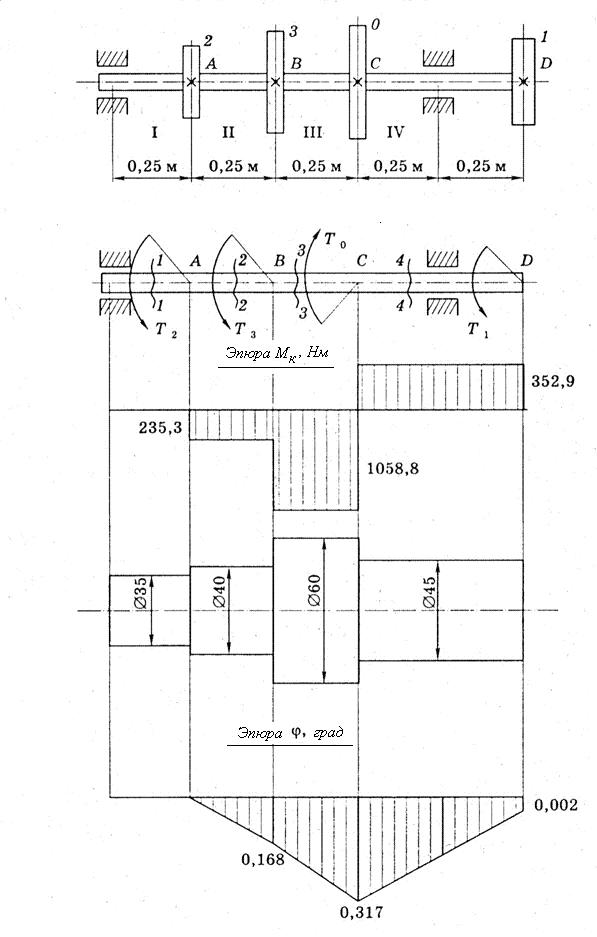








По этим данным строим эпюру *φ*.



6. Относительные углы закручивания на отдельных участках вала.

Наибольший относительный угол закручивания  оказался на участке АВ.

Так как <, то жёсткость вала при кручении обеспечена.

Ответ: *d1 = 35 мм; d2 = 40 мм; d3 = 60 мм; d4 = 45 мм.*

**3.Вопросы для самоконтроля**

1. При кручении в поперечных сечениях тела возникают силовые факторы: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2. Буквенное обозначение деформации при кручении \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3. Интенсивность распределения нагрузки по сечению тела характеризует физическая величина \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4.Условие жёсткости при кручении имеет вид: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

5.Физическая величина G в законе Гука характеризует\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

6.Образец диаметром 32 мм разрушился при крутящем моменте 128 Нм. Разрушающее напряжение при этом равно \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

7. Диаметр сплошного вала увеличен в 3 раза. Полярный момент сопротивления сечения кручению увеличится при этом в \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

8. Расчёты на прочность при кручении позволяют решить задачи:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

9. Для уменьшения веса круглого вала его сечение выполняют в форме \_\_\_\_\_\_\_\_\_

**4.Лист самооценки**

|  |
| --- |
| Уровень освоения |
| Могу помочь другим |
| Выполнил без затруднений |
| Испытывал затруднения |

**Литература**

1. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учебник для средних спец. учеб.заведений / А.И. Аркуша. – 8-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2014. – 352 с.

2. Буланов Э. А. Решение задач по сопротивлению материалов / Э. А. Буланов. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 215 с.

3.Вереина Л.И. Техническая механика: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / Л.И. Вереина, М.М. Краснов. – 7-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013 – 352 с.

4. Олофинская В. П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: Учебное пособие - М.: ФОРУМ, ИНФРА – М, 2010. – 349 с. – (Профессиональное образование).

**Практическая работа № 3**

Деформация изгиба

**Цель работы:** выполнение проектировочного расчёта балки по условию прочности при деформации изгиба

**Задание**

Выполните проектировочный расчёт балки, работающей на изгиб, по условию прочности

**Инструктивная карта**

**1.Методические указания**

Проектировочный расчёт – это один из видов расчёта на прочность конструкции. При выполнении проектировочного расчёта необходимо составить расчётную схему в соответствии с заданными нагрузками креплением балки. Изобразить на схеме все внешние силы и реакции связей.

Правильность расчёта зависит от точности определения внутренних силовых факторов и построения их эпюр. При определении внутренних силовых факторов воспользоваться методом сечений.

По эпюре изгибающих моментов найти опасное сечение, для которого выполнять дальнейший расчёт. Подобрать несколько вариантов сечения балки, сравнить их и выбрать более рациональный вид.

При подстановке в формулы числовых значений физических величин обратить особое внимание на их размерность.

Исходные данные принять по таблице 1 и рис. 1. Номера вариантов указывает преподаватель.

**Оборудование:**

Вычислительная техника

**2.Карта допуска**

Выполните тест

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вопросы | Ответы | Код |
| 1.Укажите внутренние силовые факторы, возникающие в сечении 1 – 1 балки, представленной на рисунке  C:\Users\user\Documents\15.jpg | Есть только М | 1 |
| Есть только Q | 2 |
| Есть М и Q | 3 |
| Нет ни М, ни Q | 4 |
| 2. Для балки из вопроса 1 условие прочности имеет вид… |  | 1 |
|  | 2 |
|  | 3 |
|  | 4 |
| 3.Поперечная сила Qв сечении 1 -1 балки равна… | 0 | 1 |
| 8F | 2 |
| -2F | 3 |
| 4F | 4 |
| 4.Изгиб балки под действием только внешней пары сил называется… | прямым | 1 |
| косым | 2 |
| чистым | 3 |
| продольным | 4 |
| 5.Укажите, при каком поперечном сечении балка выдержит нагрузку?  C:\Users\user\Documents\15.jpg | А | 1 |
| Б | 2 |
| В | 3 |
| Г | 4 |

**Алгоритм решения задачи**

1. Изобразить расчётную схему в соответствии с исходными данными.

2. Разбить балку на участки. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

3.Найти опасное сечение, в котором изгибающий момент имеет максимальное значение.

4.Из расчёта на прочность определить геометрическую характеристику поперечного сечения. .

5.Подобрать сечения трёх типов: двутавровое, прямоугольное и круглое.

7.Выбрать из трёх вариантов более рациональное сечение.

**Условие задачи**

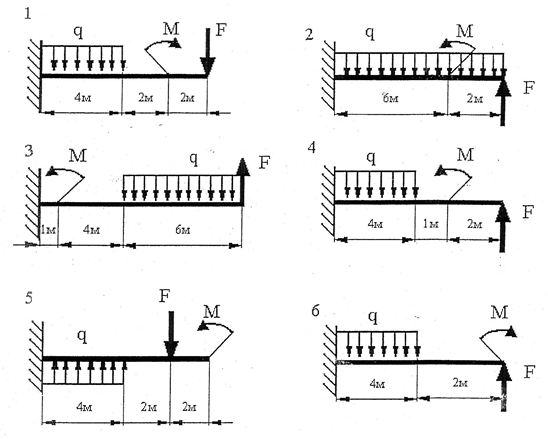
Для стальной балки при  = 160 МПа

-построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов Ми;

-из условия прочности подобрать сечения трёх типов: двутавровое, прямоугольное с соотношением сторон h/b = 2 и круглое, и выбрать из них рациональное.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Момент  пары сил М,кНм | Модуль  силы F,  кН | Интенсивность нагрузки q,  кН/м |
| 1 | 3,0 | 1,0 | 6 |
| 2 | 2,0 | 2,0 | 10 |
| 3 | 1,0 | 4,0 | 10 |
| 4 | 2,5 | 3,0 | 8 |
| 5 | 3,0 | 4,0 | 10 |
| 6 | 5,0 | 3,5 | 5 |
| 7 | 4,0 | 1,0 | 2 |
| 8 | 3,0 | 4,0 | 6 |
| 9 | 2,5 | 3,0 | 10 |
| 10 | 1,0 | 2,5 | 8 |

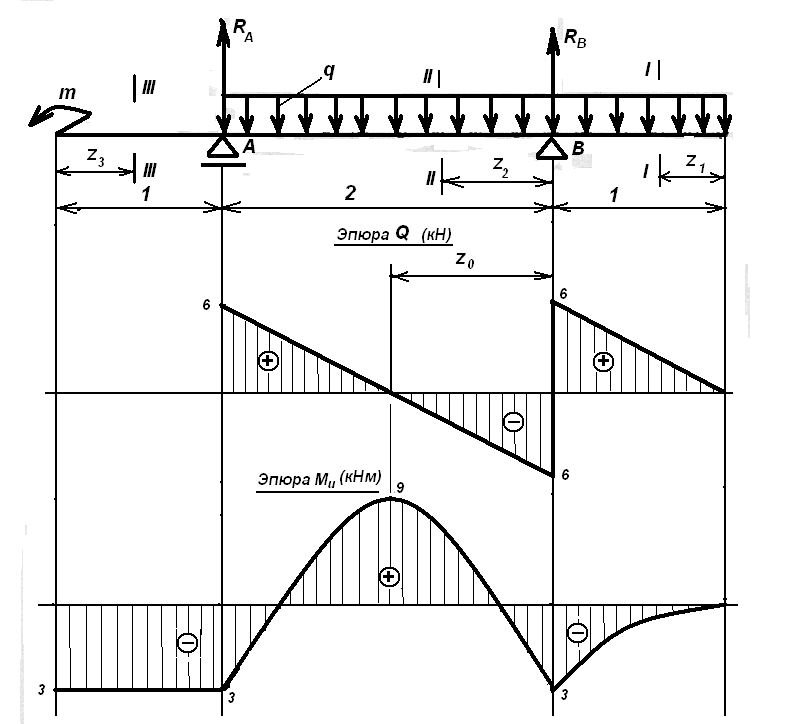


**Пример**

Дано: 

Построить эпюры внутренних силовых факторов и подобрать сечение балки.

Решение.

****

1 Реакции опор.





 кН





 кН

2 Эпюры 

Сечение  





кН





кНм

Сечение  



 кН

кН



кНм

кНм

Определим  при :м

кНм

Сечение  



кНм

3 Выбор сечения

Условие прочности 

Отсюда  см3

3.1 По ГОСТ 8239-89 выбираем двутавр № 12: ; А1=14,7 см2

3.2 Прямоугольное сечение

, где 

Тогда  см3

****см ****см  см2

3.3 Круглое сечение

 см3

 см  см2

4 Сравним площади сечений балок. Для данного примера наиболее экономичным является двутавровое сечение, наименее экономично - круглое сечение.

**3.Вопросы для самоконтроля**

1. При изгибе балки в поперечных сечениях возникают следующие силовые факторы:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2. При проектировочном расчёте определяют параметры: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3. Интенсивность распределения нагрузки по сечению тела характеризует физическая величина \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4.Условие прочности при изгибе имеет вид: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

5.Эпюра распределения нормальных напряжений по площади поперечного сечения балки при изгибе имеет вид:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

6.Признаком потери прочности конструкции является \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

7. Границами характерных участков балки при изгибе является \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

8. Опасным при плоском изгибе является сечение \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**4.Лист самооценки**

|  |
| --- |
| Уровень освоения |
| Могу помочь другим |
| Выполнил без затруднений |
| Испытывал затруднения |

**Литература**

1.Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учебник для средних спец. учеб.заведений / А.И. Аркуша. – 8-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2014. – 352 с.

2.Вереина Л.И. Техническая механика: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / Л.И. Вереина, М.М. Краснов. – 7-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013 – 352 с.

3. Буланов Э. А. Решение задач по сопротивлению материалов / Э. А. Буланов. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 215 с.

4. Олофинская В. П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: Учебное пособие - М.: ФОРУМ, ИНФРА – М, 2010. – 349 с. – (Профессиональное образование).

**Практическая работа № 4**

Устойчивость сжатых стержней

**Цель работы:** исследование устойчивого равновесия сжатого стержня

**Задание**

Выполнить расчёт сжатого стержня на устойчивость

**Инструктивная карта**

**1.Методические указания**

При решении задач для исследования деформации растяжения-сжатия необходимо составить расчётную схему, учесть способ закрепления стержня.

Выбрать формулу для расчёта критической силы с учётом критерия применимости формулы Эйлера.

Проектный расчёт производить методом последовательных приближений, предварительно задавшись коэффициентом снижения основного напряжения . При проверочном расчёте коэффициента снижения использовать метод интерполирования. Приближения проводить,пока расхождение между коэффициентами в начале и конце приближения не будет меньше 0,1.

При подстановке в формулы числовых значений физических величин обратить особое внимание на их размерность.

Исходные данные принять по таблице 1 и рис. 1 и 2. Номера вариантов указывает преподаватель.

**Оборудование:**

Вычислительная техника

**2.Карта допуска**

Выполните тест

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вопросы | Ответы | Код |
| 1.Рассчитайте, чему равно критическое напряжение для круглого стержня диаметром 50 мм, если известно, что | 4,01 МПа | 1 |
| 6,11 МПа | 2 |
| 12,2 МПа | 3 |
| 22,4 МПа | 4 |
| 2.Укажите, как изменится критическая сила, если длину стойки увеличить в 3 раза? Применима формула Эйлера. | Увеличится в 9 раз | 1 |
| Уменьшится в 9 раз | 2 |
| Увеличится в 6 раз | 3 |
| Уменьшится в 6 раз | 4 |
| 3.Рассчитайте гибкость стального стержня.  Поперечное сечение – двутавр № 18. | 27,3 | 1 |
| 54,6 | 2 |
| 76,4 | 3 |
| 106,4 | 4 |
| 4.Выберите формулу для расчёта устойчивости на участке 3 |  | 1 |
|  | 2 |
|  | 3 |
|  | 4 |
| 5.Определите, устойчив ли стержень (схема к вопросу 3)?  Действующая сжимающая сила134 кН, материал – сталь,Е= 2·105 МПа,поперечное сечение – двутавр № 18,запас устойчивости 3. Применима формула Эйлера. |  | 1 |
|  | 2 |
|  | 3 |
| Расчёт на устойчивость не требуется | 4 |

**Алгоритм решения задачи**

1. Изобразить расчётную схему в соответствии с исходными данными.

2.Найти размеры поперечного сечения стержня.

3.Определить критическую силу.

4.Определить коэффициент запаса устойчивости

5. Сделать вывод о механическом состоянии сжатого стержня.

**Условие задачи**

Стальной стержень ( МПа) длиной lсжимаетсясилой P.Требуется:

- найти размеры поперечного сечения при допускаемом напряжении на простое сжатие  МПа (предварительно задать коэффициент φ=0,5);

- найти критическую силу и коэффициент запаса устойчивости.

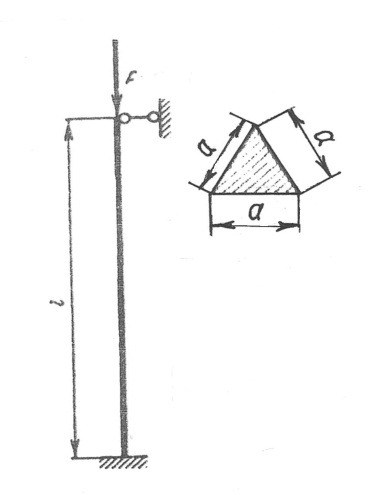
Таблица 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | № схемы закрепления стержня | № формы сечения стержня | Р | l |
| кН | м |
| 1 | a | I | 1000 | 30 |
| 2 | б | II | 200 | 28 |
| 3 | в | III | 14 | 26 |
| 4 | г | IV | 16 | 24 |
| 5 | а | IV | 18 | 22 |
| 6 | б | III | 2000 | 20 |
| 7 | в | II | 18 | 18 |
| 8 | г | I | 16 | 16 |
| 9 | а | II | 14 | 14 |
| 10 | б | III | 12 | 12 |
| 11 | в | IV | 1000 | 10 |
| 12 | г | I | 40 | 40 |
| 13 | а | III | 28 | 38 |
| 14 | г | IV | 36 | 36 |
| 15 | в | I | 34 | 34 |
| 16 | г | II | 3000 | 36 |
| 17 | а | IV | 35 | 25 |
| 18 | б | III | 26 | 30 |
| 19 | в | II | 15 | 20 |
| 20 | г | I | 28 | 16 |

|  |  |
| --- | --- |
| Рис. 1 | Рис. 2 |

**Пример**

Стальной стержень длиной l = 2,5 м сжимается силой F = 700 кН. Требуется: 1) найти размеры поперечного сечения при допускаемом напряжении на простое сжатие 160 МПа (расчёт производить последовательными приближениями, предварительно задавшись коэффициентом φ = 0,5); 2) найти критическую силу и коэффициент запаса устойчивости.



Характеристики способа закрепления стержня и его сечения:   

Определим допускаемое напряжение устойчивости  МПа

Размеры сечения: 

Откуда см; 

Радиус инерции сечения: 

Гибкость стержня: 

По таблицам для Ст. 3 находим:

λ = 50 φ = 0,89

λ = 60 φ = 0,86

Интерполируя, определяем: для λ = 59,65 φ1 = 0,861

Определяем новое значение φ во втором приближении



Повторяем расчёты:  МПа

; 

м; 

Интерполированием определяем значение φ

при λ = 70 , что намного больше 

В третьем приближении значение φ:



Ещё раз проводим расчёты:  МПа

; 

м; 

При интерполировании получаем для λ = 72,3 

В четвёртом приближении значение φ:



Ещё раз проводим расчёты:  МПа

; 

м; 

При интерполировании получаем для λ = 74,15 

Отклонение от составляет меньше 0,1, что допустимо.

 МПа

Рабочее напряжение  МПа

Перенапряжение составляет %, что допустимо.

а = 0,1145 м 

Критическая сила.

Т.к. λ < 100, то определим критическое напряжение по формуле Ясинского

 МПа

 МН

Коэффициент запаса устойчивости: 

**3.Вопросы для самоконтроля**

1. Критерий применимости формулы Эйлера\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2. Примеры потери устойчивости телами: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3. Коэффициент µ в формуле Эйлера характеризует \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4.Условие устойчивости сжатого стержня: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

5.При потере устойчивости сжатого стержня изгиб происходит в плоскости \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

6. Расчёты на устойчивость сжатых стержней позволяют решить задачи:\_\_\_\_\_\_\_

7. Геометрической характеристикой сжатого стержня является \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**4.Лист самооценки**

|  |
| --- |
| Уровень освоения |
| Могу помочь другим |
| Выполнил без затруднений |
| Испытывал затруднения |

**Литература**

1.Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учебник для средних спец. учеб. заведений / А.И. Аркуша. – 8-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2014. – 352 с.

2. Буланов Э. А. Решение задач по сопротивлению материалов / Э. А. Буланов. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 215 с.

3.Вереина Л.И. Техническая механика: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / Л.И. Вереина, М.М. Краснов. – 7-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013 – 352 с.

4. Олофинская В. П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: Учебное пособие - М.: ФОРУМ, ИНФРА – М, 2010. – 349 с. – (Профессиональное образование).

**Практическая работа № 5**

Цилиндрические зубчатые передачи

**Цель работы:** изучение конструкции, принципа действия и технического обслуживания зубчатого редуктора

**Задание:** выполните работы по разборке и сборке редуктора, изучите конструкцию его основных узлов, определите основные параметры зубчатой передачи

**Инструктивная карта**

**1.Методические рекомендации**

Перед началом разборочных работ ознакомиться с видами кинематических схем цилиндрических редукторов (рис.1). В отчёте изобразить кинематическую схему, соответствующую исследуемому редуктору.

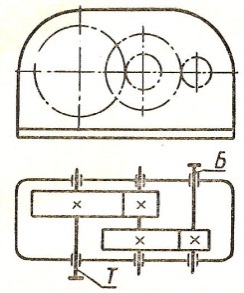
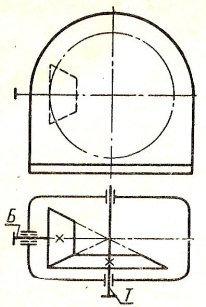
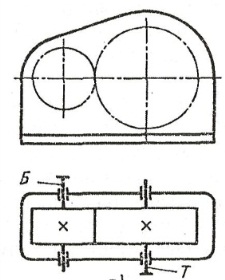


Рис. 1

При составлении плана сборочно-разборочных работ использовать рис. 2.

При изучении конструкции шестерни и зубчатого колеса необходимо определить их основные параметры (рис. 3).

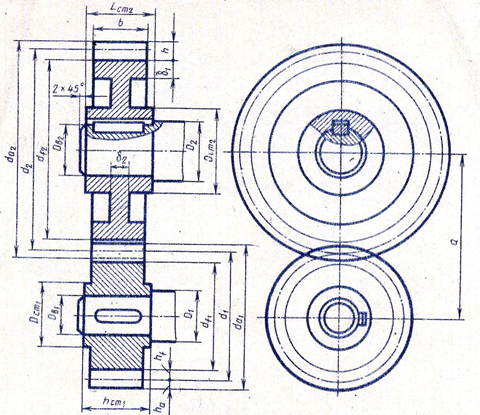


Рис. 3. Геометрические параметры цилиндрического эвольвентного зацепления

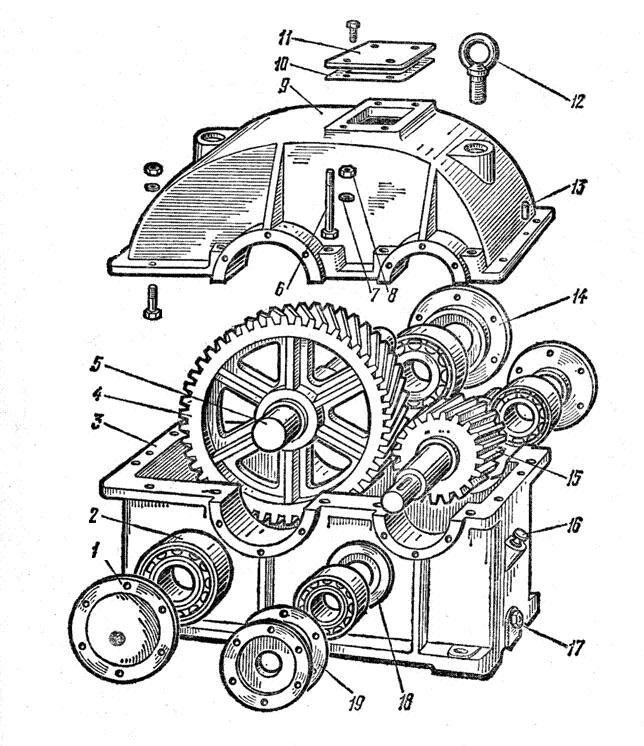


Рис. 2 Редуктор одноступенчатый горизонтальный

с цилиндрическими косозубыми колёсами

1 и 2 – подшипниковые узлы, 3 – корпус, 4 – зубчатое колесо, 5 – вал, 6, 7, 8 – болт, шайба, гайка, 9 – крышка, 10 – прокладка, 11 – смотровая крышка, 12 – рым-болт, 13 – штифт конический, 14 – крышка проходная, 15 – вал-шестерня, 16 – маслоуказатель, 17 – пробка, 18 – шайба маслоотражательная, 19 – прокладка

**Оборудование и материалы:**

Цилиндрический зубчатый одноступенчатый редуктор;

Штангенциркуль;

Набор инструментов: гаечных ключей, отвёрток.

**2.Карта допуска**

Выполните тест

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вопросы | Ответы | Код |
| 1.Каково назначение механических передач? | Уменьшать потери мощности | 1 |
| Соединять двигатель с рабочей машиной | 2 |
| Передавать движение с преобразованными параметрами | 3 |
| Совмещать скорости валов | 4 |
| 2.Что такое линия зацепления зубчатых колёс? | Линия, очерчивающая профиль зуба | 1 |
| Линия, проходящая через центры колёс | 2 |
| Общая нормаль к профилям зубьев в точке касания | 3 |
| Касательная к профилю зуба в точке касания | 4 |
| 3.Определить передаточное отношение первой ступени двухступенчатой передачи, если | 4,5 | 1 |
| 12,35 | 2 |
| 2,02 | 3 |
|  | 4 |
| 4.Каков угол зацепления цилиндрических колёс? | 30° | 1 |
| 18° | 2 |
| 20° | 3 |
| 14° | 4 |
| 5.Как распределяется нормальное напряжение в поперечном сечении балки при изгибе?  C:\Users\user\Documents\14.jpg | А | 1 |
| Б | 2 |
| В | 3 |
| Г | 4 |

**Ход выполнения работы:**

1.Произвести внешний осмотр редуктора и наметить план его разборки

2. Изучить конструкцию корпуса.

3. Разобрать редуктор, ознакомится с его внутренним устройством.

4. Ознакомится с конструкцией колеса и шестерни, путём замера и расчета определить их размеры и параметры зубчатого зацепления. Результаты замера и расчёта занести в таблицу.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Расчётная формула | Значение параметра | |
| Шестерня | Колесо |
| Число зубьев Z | измерить |  |  |
| Межосевое расстояние, *a*, мм | измерить |  | |
| Ширина венца *b*, мм | измерить |  |  |
| Передаточное число *u* |  |  |  |
| Модуль зубчатого зацепления торцевой, мм |  |  | |
| Модуль зубчатого зацепления нормальный, мм  (округлить до стандартного значения) |  |  | |
| Угол наклона зубьев β, град |  |  |  |
| Диаметр делительной окружности, мм |  |  |  |
| Диаметр вершин зубьев, мм |  |  |  |
| Диаметр впадин зубьев, мм |  |  |  |

5. Дать описание способа смазки подшипниковых узлов и зубчатого зацепления.

6. Наметить план сборки редуктора.Собрать редуктор.

7. Сделать вывод по результатам работы.

**3.Вопросы для самоконтроля**

1. Передаточное отношением передачи - это число\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2. Цилиндрические зубчатые редукторы получили широкое применение в машиностроении, потому что\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3. В зубчатойпередачестандартизованыпараметры: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4. Смазывание зубчатого колеса и подшипниковпроизводится сцелью\_\_\_\_\_\_

5. Минимальным числом зубьев шестерниберется число \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

6. Окружной шаг зубчатого колеса 12,56 мм. Модуль зуба колеса равен \_\_\_\_\_

7. Основные достоинства эвольвентных колёс: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

8. Диаметр делительной окружности шестерни 72 мм; число зубьев колеса 90; модуль передачи 4 мм. Межосевое расстояние цилиндрической передачи при этом равно \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**4.Лист самооценки**

|  |
| --- |
| Уровень освоения |
| Могу помочь другим |
| Выполнил без затруднений |
| Испытывал затруднения |

**Литература**

1.Вереина Л.И. Техническая механика: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / Л.И. Вереина, М.М. Краснов. – 7-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013 – 352 с.

2. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 414 с.