МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Забайкальский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет Строительства и экологии

Кафедра Сопротивления материалов и механики

**УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**для студентов заочной формы обучения**

*с полным сроком обучения, с ускоренным сроком обучения*

Техническая механика

наименование дисциплины (модуля)

для направления подготовки

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код и наименование направления подготовки (специальности)

Профиль: «Электроснабжение»; «Электроэнергетические системы и сети»

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) - 2 зачётные единицы

Форма текущего контроля в 4 семестре – проводится собеседование

Курсовой проект (КП) -

Форма промежуточного контроля в 4 семестре – зачёт

 *Примечание* - Путь к «Учебным материалам для студентов заочной формы обучения»: Google, zabgu.ru , Студенту, Установочные задания, Энергетический факультет, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, Заочное, Электроснабжение, 4 семестр, Техническая механика, 13.03.02 \_ … docx (вывести на экран, напечатать себе).

***Техническая механика*** *- это курс, следующий после «Теоретической*

*механики» и заменяющий комплекс: «Сопротивление материалов» и*

*«Детали машин»*

**Краткое содержание курса**

Перечень изучаемых тем, разделов дисциплины (модуля)

**П Р О Г Р А М М А**

**Краткое содержание учебной дисциплины Техническая**

**механика (часть «Сопротивление материалов»)**

(72 часа, контрольная работа из 4-х задач, зачёт в 4 семестре)

Глава I. **Введение**

Основные допущения в дисциплине «Сопротивление материалов». Расчётные элементы: стержень, пластина, оболочка, массив. Нагрузки. Внутренние усилия. Метод сечений. Расчётная схема. Напряжения. Деформации. Виды напряжённых cостояний. Система СИ.

 Глава II. **Растяжение и сжатие стержней (деталей машин и**

**элементов конструкций)**

Внутренняя продольная сила (внутреннее продольное усилие, осевая сила). На- пряжения в наклонных площадках. Деформации. Диаграммы растяжения и cжа-тия для образцов. Механические характеристики материалов. Физический закон Р. Гука. Упругость. Пластичность. Хрупкость. Твёрдость. Влияние температу-

ры и времени. Методы расчёта на прочность: допускаемых напряжений, разру- шающих нагрузок, предельных состояний. Коэффициент запаса. Статически неопределимые задачи.

 Глава III. **Геометрические характеристики поперечных сечений**

Статические моменты площади. Центр тяжести. Моменты инерции. Примеры для простых плоских фигур. Моменты инерции при параллельном переносе координатных осей, то же, но при повороте осей. Определение положения главных осей и значений главные моменты инерции, проверки. Геометрические характеристики для сложных сечений.

 Глава IV. **Напряжённое состояние в опасной точке упругого тела**

Виды напряжённых состояний. Плоское напряжённое состояние. Закон парности для касательных напряжений. Напряжения в наклонных площадках. Главные площадки. Главные напряжения. Обобщённый закон Р. Гука.

 Глава V. **Изгиб деталей машин и элементов конструкций**

Прямой изгиб (чистый и поперечный). Внутренние силы при изгибе. Правило знаков для Q, M, N. Дифференциальные зависимости между q, Q, M. Построение эпюр для балок. Нормальные напряжения. Расчёты на прочность. Формула Д.И. Журавского. Дифференциальное уравнение упругой линии балки, его интегрирование. Расчёты на жёсткость.

 Глава VI. **Чистый** с**двиг. Кручение стержней (валов)**

Сдвиг, закон Гука при сдвиге. Зависимость между двумя модулями упругости и коэффициентом Пуассона. Расчёт соединений на прочность при сдвиге. Кру- чение валов (стержней). Эпюры внутренних крутящих моментов. Определение приложенного скручивающего момента, если известны мощность и количество оборотов вала. Касательные напряжения. Расчёт валов на прочность, то же, но на жёсткость. Статически неопределимые задачи.

 Глава VII. **Продольный и продольно-поперечный изгиб**

Устойчивость прямых стержней. Формула Л. Эйлера когда стержень закреплён двумя концами с помощью шарнирных опор. Влияние способов закрепления на критическую нагрузку. Универсальная формула Л. Эйлера. Пределы примени-мости формул Л. Эйлера. Гибкость. Критическое напряжение. Формула Ф. Ясин- ского. Диаграмма критических напряжений. Практический способ расчёта на устойчивость с помощью коэффициента понижения основного допускаемого напряжения. Продольно-поперечный изгиб.

 Глава VIII. **Динамические задачи**

Инерционные нагрузки. Принцип Даламбера. Расчёты на прочность. Удар (про- дольный, поперечный).

**Форма текущего контроля**

 Проводится собеседование.

**Форма промежуточного контроля**

 Зачет -

  **Задание для выполнения контрольной работы из 4-х задач**

**Требования для каждой задачи:**

Условие задачи писать подробно.

Текст, формулы – писать ручкой, принтером.

Эскизы, чертежи, рисунки, схемы – делать ручкой, принтером.

Объём контрольной работы с одной стороны через 1,5 интервала примерно 27

листов формата А4 (210×297 мм).

*Примечание -* При решении задач 1, 2, 3 и 4 рекомендуется на чертеже раз-

мерную линию с обеих концов ограничивать стрелками, упирающимися в

соответствующие выносные линии*.*

**Выбор** **варианта**. Студент обязан выбрать индивидуальный вариант с помощью сложения двух последних (справа) цифр номера зачётной книжки. Например:

1) 222985 – № зачётной книжки студента. Индивидуальный вариант студента 13 (сложили 8+5);

2) 233470 – № зачётной книжки студента. Индивидуальный вариант студента 7 (сложили 7+0);

3) 218301 – № зачётной книжки студента. Индивидуальный вариант студента 1 (сложили 0+1);

4) 227200 – № зачётной книжки студента. Индивидуальный вариант студента 9 (здесь особенность “00”, поэтому сложили 7+2).

**Задача № 1**

1. Построить эпюры продольных сил *N*, напряжений *σ* и перемещений для стержня ступенчатого сечения, испытывающего деформации растяжения, сжатия (рис. 1).
2. Проверить прочность стержня по опасным сечениям, используя метод допускаемых напряжений. Модуль упругости материала *Е* = 2·105 МПа = 2·104 кН/см2; допускаемое напряжение [*σ*] = 160 МПа = 16 кН/см2.

Остальные исходные данные взять в таблице 1.

Таблица 1 - \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  | *а*, м  | *в*, м  | *с*, м  | *А*1, см2  | *А*2, см2 | *А*3, см2  | *F*, кН  |
| варианта | схемы  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 1 | 1 | 1,2 | 0,7 | 2 | 5 | 8 | 10 |
| 2 | 2 | 0,8 | 1,3 | 0,6 | 3 | 6 | 9 | 11 |
| 3 | 3 | 0,6 | 1,4 | 0,8 | 4 | 7 | 10 | 12 |
| 4 | 4 | 0,5 | 1,5 | 0,9 | 3 | 8 | 11 | 8 |
| 5 | 5 | 0,4 | 1,6 | 1,0 | 2 | 9 | 12 | 7 |
| 6 | 6 | 0,6 | 1,5 | 0,8 | 4 | 8 | 11 | 9 |
| 7 | 7 | 0,7 | 1,4 | 0,5 | 3 | 7 | 10 | 6 |
| 8 | 2 | 0.8 | 1,6 | 0,7 | 6 | 8 | 10 | 8 |
| 9 | 8 | 0,9 | 1,3 | 0,4 | 2 | 6 | 9 | 11 |
| 10 | 9 | 0,8 | 1,2 | 0,6 | 4 | 5 | 8 | 12 |
| 11 | 10 | 0,4 | 1,1 | 0,9 | 3 | 9 | 12 | 10 |
| 12 | 3 | 0/5 | 1,2 | 0,6 | 4 | 8 | 12 | 10 |
| 13 | 5 | 0,4 | 1,3 | 0,8 | 3 | 9 | 11 | 11 |
| 14 | 4 | 1 | 1,5 | 1,0 | 4 | 7 | 8 | 12 |
| 15 | 7 | 0,6 | 1,6 | 0,8 | 3 | 7 | 9 | 9 |
| 16 | 6 | 0,7 | 1,5 | 0,5 | 6 | 6 | 8 | 6 |
| 17 | 1 | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 3 | 8 | 11 | 8 |
| 18 | 8 | 0,3 | 1,3 | 0,9 | 4 | 9 | 8 | 7 |



**Рис. 1**

**Задача № 2**

1. Определить координаты центра тяжести сечения (рис. 2).
2. Определить моменты инерции сечения относительно центральных осей координат.
3. Построить сечение в масштабе с указанием положения центра тяжести. Данные взять из таблицы 2.

Таблица 2 - \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер  | ДвутаврГОСТ 8239-89 | ШвеллерГОСТ 8240-97 | Уголок равнополочныйГОСТ 8509-93 |
| варианта  | схемы  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 1 | 14 | 10 |  |
| 2 | 2 |  | 22 | 75×75×8 |
| 3 | 3 | 18 |  | 80×80×6 |
| 4 | 4 |  | 27 | 90×90×8 |
| 5 | 2 |  | 24 | 110×110×8 |
| 6 | 5 | 20 | 18 |  |
| 7 | 1 | 20а | 20 |  |
| 8 | 2 |  | 33 | 100×100×12 |
| 9 | 3 | 22а |  | 110×110×8 |
| 10 | 4 |  | 27 | 125×125×10 |
| 11 | 5 | 27 | 30 |  |
| 12 | 2 |  | 20 | 75х75х8 |
| 13 | 4 |  | 30 | 100х100х12 |
| 14 | 3 | 24 |  | 70х70х6 |
| 15 | 2 |  | 27 | 110х110х8 |
| 16 | 4 |  | 20 | 90х90х8 |
| 17 | 1 | 27 | 16 |  |
| 18 | 5 | 20 | 30 |  |



**Рис. 2**

**Задача № 3**

 К стальному валу приложены три известных момента: *М*1, *М*2, *М*3 (рис. 3). Требуется:

1. Установить, при каком значении момента *Х* угол поворота правого концевого сечения вала равен нулю.
2. Для найденного значения *Х* построить эпюру крутящих моментов.
3. При заданном значении [*τ*] определить диаметр вала из расчета на прочность.
4. Построить эпюру углов закручивания.
5. Найти относительный угол закручивания (на 1 пог. м), *G* = 0,8·104 кН/см2. Данные взять из таблицы 3.

Таблица 3 - \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  | *а*, м | *b*,м | *с*, м | *М*1, кН·м | *М*2,кН·м | *М*3, кН·м | [*τ*], кН/см2 |
| варианта | схемы |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 3,5 |
| 2 | 2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 4 |
| 3 | 3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 4,5 |
| 4 | 4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 5 |
| 5 | 5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 5,5 |
| 6 | 6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 6 |
| 7 | 7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 6,5 |
| 8 | 8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 7 |
| 9 | 9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 7,5 |
| 10 | 10 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 8 |
| 11 | 2 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 6,5 |
| 12 | 1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 7 |
| 13 | 4 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 7,5 |
| 14 | 7 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 8 |
| 15 | 6 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2 | 6,5 |
| 16 | 10  | 1,8 | 1,9 | 2 | 2 | 1 | 1,5 | 7 |
| 17 | 8 | 2 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2 | 6,2 |
| 18 | 9 | 1,9 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 1,5 | 6 |



**3**

**4**

**2**

 **Рис. 3**

**Задача № 4**

Для двух схем балок (рис. 4) требуется:

1. Определить в характерных сечениях балок значения поперечных сил *Q*У и изгибающих моментов *М*Х, построить эпюры.
2. По опасному сечению подобрать поперечные сечения балок:

а) для схемы I – прямоугольное *h*×*b* (*h*:*b* = 1,5) при допускаемом напряжении [*σ*] = 16 МПа = 1,6 кН/см2 (клееная древесина);

б) для схемы II – двутавровое (ГОСТ 8239-89) при допускаемом напряжении [*σ*] = 160 МПа = 16 кН/см2 (сталь).

Исходные данные взять из таблицы 4.

 Таблица 4 - \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  | *с/а* | *F/qa* | *M/qa*2 | *a*, м | *q*, кН/м |
| варианта | схемы I | схемы II |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 1 | 5 | 1,2 | 0,6 | 0,2 | 0,5 | 6 |
| 2 | 2 | 4 | 1,4 | 0,5 | 0,4 | 1,0 | 8 |
| 3 | 3 | 3 | 1,6 | 0,8 | 0,6 | 1,5 | 10 |
| 4 | 4 | 2 | 1,8 | 1,2 | 0,8 | 2,0 | 12 |
| 5 | 5 | 1 | 2,0 | 1,5 | 1,0 | 2,5 | 14 |
| 6 | 1 | 5 | 1,2 | 1,6 | 0,2 | 1,5 | 16 |
| 7 | 2 | 4 | 1,4 | 1,0 | 0,4 | 2,0 | 12 |
| 8 | 3 | 3 | 1,6 | 1,8 | 0,6 | 1,0 | 10 |
| 9 | 4 | 2 | 1,8 | 2,4 | 0,8 | 2,5 | 8 |
| 10 | 5 | 1 | 2,0 | 2,0 | 1,0 | 0,5 | 6 |
| 11 | 1 | 5 | 1,2 | 0,5 | 0,6 | 2,0 | 14 |
| 12 | 3 | 3 | 1,4 | 0,8 | 0,8 | 2,5 | 16 |
| 13 | 5 | 1 | 1,6 | 1,2 | 1,0 | 1,5 | 12 |
| 14 | 2 | 4 | 2,0 | 1,5 | 0,4 | 2,0 | 10 |
| 15 | 4 | 3 | 1,2 | 1,6 | 0,4 | 1,0 | 8 |
| 16 | 5 | 2 | 1,6 | 1,8 | 0,8 | 0,5 | 14 |
| 17 | 2 | 1 | 1,2 | 0,8 | 1,0 | 2,0 | 8 |
| 18 | 3 | 5 | 2,0 | 0,5 | 0,7 | 1,5 | 9 |



**Рис. 4**

**Вопросы для подготовки к зачёту**

 1. Вычисление реакций опор для плоской стержневой статически опреде- лимой системы. Статическая проверка.

2. Приведение приложенных нагрузок к произвольному сечению. Стати- ческая проверка.

3. Растяжение-сжатие прямых стержней. Внутренняя продольная сила, нормальное напряжение, деформации, коэффициент Пуассона.

4. Механические характеристики конструкционных материалов. Закон Р. Гука.

5. Растяжение-сжатие прямых стержней. Допускаемое напряжение. Расчё-ты на прочность и на жёсткость.

6. Статические моменты сечения. Показать на примере определение центра тяжести площади сложного поперечного сечения стержня.

7. Моменты инерции сечения. Их свойства.

8. Главные оси. Главные моменты инерции.

9. Кручение круглых стержней. Построение эпюр крутящих моментов. Определение касательных напряжений и углов закручивания.

10. Кручение круглых стержней. Определение допускаемых касательных напряжений. Расчёты на прочность и на жёсткость. Статически неопределимые задачи.

11. Изгиб балок. Типы опор. Нагрузки, единицы измерения. Определение

и проверка реакций. Дифференциальные зависимости. Силовая плоскость.

12. Изгиб балок. Показать на примере построение эпюр Q, M и N.

13. Определение нормальных и касательных напряжений, эпюры распре-

деления напряжений по высоте сечения.

14. Расчёт балок на прочность. Показать на примере.

15. Расчёт балок на прочность, у которых нейтральный слой расположен

не на одинаковом расстоянии от наиболее растянутого (сжатого) волокна.

16. Определение прогибов и углов поворота.

17. Определение критической сжимающей нагрузки. Формула Л.Эйлера.

18. Универсальная формула Эйлера для определения критической сжима- ющей нагрузки.

19. Критическое напряжение. Гибкость стержня. Пределы применимости формул Л.Эйлера.

20. Расчёт стержня на устойчивость методом последовательных прибли- жений.

21. Проверка стержня на устойчивость, если по условию задачи известна предельная гибкость.

22. Продольно-поперечный изгиб. Определение прогибов.

23. Продольно-поперечный изгиб. Определение напряжений.

24. Расчёты на прочность при продольно-поперечном изгибе.

25. Инерционные нагрузки. Принцип Даламбера. Расчёты на прочность.

26. Определение диаметра стального троса при равноускоренном подъёме груза.

27. Расчёт обода маховика (ротора электромашины). Определение крити- ческих оборотов.

28. Ударные нагрузки. Продольный и поперечный удары. Расчёты на прочность.

29. Решение задач по теме: «Прямой изгиб. Расчёт балок на прочность с построением эпюр внутренних силовых факторов: Q и M».

**Соотношение единиц измерения механических величин**

(студенту для справки)

 1 Н = 1 кг·м/сек2 = 105 дин = 10-1 кгс = 10-1 даН

 1 кН = 103 Н = 102 кгс = 10-1 тс

 1 Па = 1 Н/м2 = 10-5 кгс/см2

 1 МПа = 106 Па = 1 Н/мм2 = 10-1 кН/см2 = 103 кН/м2 = 10 кгс/см2 = 105 кгс/м2

 1 ГПа = 109 Па = 103 МПа = 104 кгс/см2

 1 Н/м3 = 10-6 Н/см3 = 10-7 кгс/см3.

**Основная литература**

1. Александров А.В. Сопротивление материалов. Учебник / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин.– М.: Высш. шк., 2009. – 560 с.

2. Горшков А.Г. Сопротивление материалов. Учебное пособие / А.Г. Горшков, В.Н. Трошин, В.И. Шалашилин. – М.: Высш. шк., 2008. – 544 с.

3. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. Учебник / В.И. Феодосьев. – М.: МГТУ им Баумана, 2007. – 478 с.

4. Сопротивление материалов. Пособие к решению задач / Под ред. И.Н. Миролюбова. – М.: Высш. шк., 2014. – 512 с.

5. Агапов В.П. Сопротивление материалов. Учебник / В.П. Агапов. – М.: МГСУ, 2014. – 336 с.

6. Беляев Н.М. Сборник задач по сопротивлению материалов: учеб. пособие / Н.М. Беляев, Л.К. Паршин, Б.Е. Мельников, В.А. Шерстнёв, Н.В. Чернышёва; Под ред. Л.К. Паршина. – 2-е изд, испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 432 с.

 **7.** Шадрин В.А. Прикладная механика. Ч. I. Сопротивление материалов: учеб. пособие / В.А. Шадрин. – Чита: ЗабГУ, 2017. – 151 c. - 200 экз. – Усл. печ. л. 17,6. Уч.- изд. л. 7,8. – (1-й з-д 34 экз.).

 8. МИ 4.2-5/47-01-2013. Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации.

**Дополнительная литература**

 1. Павлов П.А. Сопротивление материалов. Учебное пособие / П.А. Павлов, Л.К. Паршин, Б.Е. Мельников. – М.: Высш. шк., 2007. – 518 с.

 2. Костенко Н.А., Балясникова С.В. Сопротивление материалов: учеб. пособие / Под ред. Н.А. Костенко. – М.: Высш. шк., 2007. – 488 с.

 3. Атаров Н.М. Сопротивление материалов в примерах и задачах: учеб. пособие / Н.М. Атаров. – М.: ИНФРА-М., 2011. – 407 с.

4. Герасимов В.М. Сопротивление материалов. Лабораторные работы. Ч. I: учеб. пособие. / В.М. Герасимов, Э.П. Трубина, Н.П. Немчин, В.А. Шадрин. - Чита: РИО ЗабГУ, 2012. – 124 с.

5.Дарков, А.В. Сопротивление материалов: учебник для техн. вузов / А.В.

Дарков, Г.С. Шпиро. – 5-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. шк., 1989. – 624 с. – 100000 экз.

 10 октября 2020 года.

Преподаватель Шадрин Василий Алексеевич, к,т.н., доцент

Заведующий кафедрой Герасимов Виктор Михайлович, д,т.н., лрофессор

п**/**п

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

d:\TUSM\s14\s14(заочникам\_электронные\_установочные\_материалы) <**папка**>

«s14\_3++((7)заоч-м.УЧЕБНЫЕ\_МАТЕРИАЛЫ\_по\_Тех.мех.10.10.20)» docx - по распоряжению № 14 от 31.10.2019 г.