

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 ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ОП.03 ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

**для обучающихся специальности
08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений.**

Магнитогорск, 2025

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). 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 лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

Уд 1. Устанавливать правильные соотношения между действующими внешними силами и внутренними усилиями в конструкциях;

Уд 2. Рассчитывать реакции опор и внутренние усилия в статически определимые конструкции;

Уд 3. Строить эпюры поперечных сил, изгибающих моментов и нормальных напряжений в поперечных сечениях элементов конструкций;

Уд 4. выполнять статический расчет;

Уд 5. проверять несущую способность конструкций; подбирать сечение элемента от приложенных нагрузок;

Уд 6. Давать качественную оценку прочности и устойчивости конструкции на основе выполненных расчетов;

строить эпюры нормальных напряжений, изгибающих моментов и др.

Уд 7. выполнять расчеты соединений элементов конструкции; выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений;

Уд 8. Определять усилия в стержнях ферм

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

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.03 планировать процесс поиска;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.07 использовать современное программное обеспечение.

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

ПК 1.2. Выполнять расчеты и конструирование строительных конструкций.

А также формированию **общих компетенций:**

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

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной направленности;

Выполнение обучающихся практических и/или лабораторных 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;
- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

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

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.3 Плоская система произвольно расположенных сил

Практическое занятие №1

Решение задач на определение реакций в шарнирах балочных систем и жестко заделанных балок.

Цель: формирование умений определять опорные реакции в балках или в рамных конструкциях, используя условия равновесия системы сходящихся или произвольно расположенных сил.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- умение решать задачи на определение реакций связей в статически определимых системах.
- способность анализировать состояние равновесия различных конструкций.

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 1.2 Выполнять стандартные (типовые) расчёты строительных конструкций;

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.

Материальное обеспечение: посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

Задание 1:

Определите опорные реакции балок двухопорной балка (рис. 7, а);

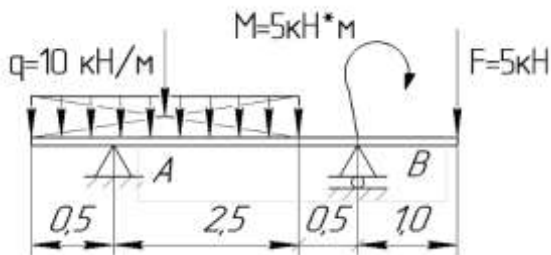


Рисунок 7а

Порядок выполнения работы:

1. Обозначьте шарнирно-неподвижную опору А, шарнирно-подвижную В.
2. Освободитесь от связей, заменив их действие реакциями связей Y_A ; N_A ; Y_B (рис. 7,б).

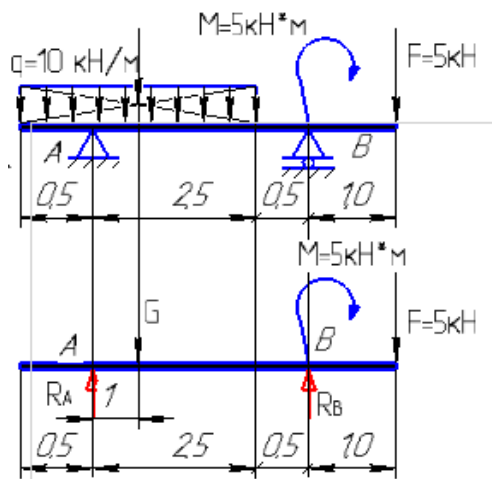


Рис. 7а Рис 7б

3. Замените распределенную нагрузку q сосредоточенной силой Q .

$$Q = q \cdot l = 10 \cdot 3 = 30 \text{ кН}$$

4. Выполните расчетную схему, показав на ней все силы, действующие на балку (рис. 7б).

5. Выберите форму записи уравнений равновесия плоской системы произвольно расположенных сил.

Для двухопорной балки 2-я форма записи уравнений равновесия.

$$\begin{cases} \sum F_{ix} = 0 \\ \sum M_A(F_i) = 0 \\ \sum M_B(F_i) = 0 \end{cases}$$

6. Составьте уравнения, решите их, определяя опорные реакции.

$$\sum F_{ix} = 0; \quad H_A = 0$$

$$\sum M_A(F_i) = 0; \quad Q \cdot 1 + M - Y_B \cdot (2 + 1) + F(1 + 2 + 1) = 0$$

$$Y_B = \frac{Q \cdot 1 + M + F \cdot 4}{3} = \frac{30 + 5 + 60}{3} = 31,67 \text{ кН}$$

$$\sum M_B(F_i) = 0; \quad Y_A(1 + 2) - Q \cdot 2 + M + F \cdot 1 = 0$$

$$Y_A = \frac{Q \cdot 2 - M - F \cdot 1}{3} = \frac{60 - 5 - 15}{3} = 13,33 \text{ кН}$$

7. Проверка: $\sum F_{iy} = 0;$

$$Y_A - Q + Y_B - F = 13,33 - 30 - 15 + 31,67 = 0$$

Если это равенство не удовлетворяется, то при определении опорных реакций была допущена ошибка.

Форма представления результата:

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

Критерии оценки:

оценка «5» ставится, если:

- работа выполнена полностью;
- в теоретических выкладках решения нет ошибок;

оценка «4» ставится, если:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны
- допущена одна ошибка или два-три недочета при решении

оценка «3» ставится, если:

- допущены более одной ошибки или двух-трех недочетов при решении
- но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.

оценка «2» ставится, если:

допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями по данной теме в полном объеме

Практическое занятие №2

Решение задач на определение опорных реакций в консольных балках

Цель: формирование умений определять опорные реакции в балках или в рамных конструкциях, используя условия равновесия системы сходящихся или произвольно расположенных сил.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- умение решать задачи на определение реакций связей в статически определимых системах.
- способность анализировать состояние равновесия различных конструкций.

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 1.2 Выполнять стандартные (типовые) расчёты строительных конструкций;

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.

Материальное обеспечение: посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

Задание: консольная балка.

Балка с защемленной опорой называется консолью. Защемляющая неподвижная опора лишает балку всех трех степеней свободы, соответственно в защемлении появляются три неизвестные реакции: Y_A ; H_A ; M_A (рис.8, а, б).

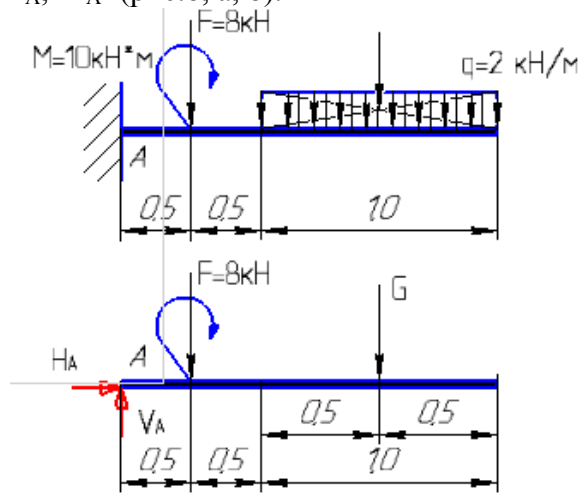


Рис. 8

Распределенную нагрузку интенсивностью q замените на сосредоточенную силу Q :

$$Q = q \cdot l = 2 \cdot 1 = 2 \text{ кН}$$

Для балки с жестким защемлением выберите 1-ую форму записи уравнений равновесия:

$$\begin{cases} \sum F_{ix} = 0 \\ \sum F_{iy} = 0 \\ \sum M_A = 0 \end{cases}$$

$$\sum F_{ix} = 0: \quad H_A = 0$$

$$\sum F_{iy} = 0: \quad Y_A - F - Q = 0; \quad Y_A = F + Q = 8 + 2 = 10 \text{ кН};$$

$$M_A(F_i) = 0: \quad -M_A + m + P \cdot 0,5 + Q(1 + 0,5) = 0$$

$$M_A = m + F \cdot 0,5 + Q(1 + 0,5) = 10 + 8 \cdot 0,5 + 2 \cdot 1,5 = 17 \text{ кН}$$

Для проверки решения удобно составить уравнение моментов относительно произвольно выбранной точки В.

$$\sum M_B(F_i) = 0: -Q \cdot 0,5 + m - F \cdot 1,5 + Y_A \cdot 2 - M_A = 0$$

Реакции вычислены правильно.

Форма представления результата:

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

Критерии оценки:

оценка «5» ставится, если:

- работа выполнена полностью;
- в теоретических выкладках решения нет ошибок;

оценка «4» ставится, если:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны
- допущена одна ошибка или два-три недочета при решении

оценка «3» ставится, если:

- допущены более одной ошибки или двух-трех недочетов при решении
- но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.

оценка «2» ставится, если:

допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями по данной теме в полном объеме

Тема 1.4. Центр тяжести Практическая работа №3.

Изучения сортамента металлических изделий для определения центра тяжести прокатной стали и центр тяжести простых геометрических фигур

Цель: Ознакомление с сортаментом металлопроката и изучение методов расчета центров тяжести прокатной стали и простых геометрических фигур.

Выполнив работу, вы будете уметь:

1. **Определять сортамент металлического проката:** Вы сможете распознавать различные виды металлоизделий — уголки, швеллера, двутавры и другие элементы согласно стандартам и техническим условиям.
2. **Рассчитывать центры тяжести прокатных изделий:** научитесь применять теоретические основы механики твердого тела для нахождения точек приложения веса различных видов проката.
3. **Вычислять центры тяжести простых геометрических фигур:** овладеете методами аналитического и графического определения центральных точек плоских и объемных тел.

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 1.2 Выполнять стандартные (типовые) расчёты строительных конструкций;

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.

Материальное обеспечение: посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

Задание:

1. Изучение сортамента проката черных металлов:

Рассмотрите ГОСТы и справочные материалы по сортаменту прокатной продукции (уголки равнополочные и неравнополочные, швеллеры, двутавры). Запишите характеристики основных профилей.

2. Определение центра тяжести прокатных стальных элементов:

Используя формулы и таблицы справочников, определите положение центра тяжести различных типов прокатных профилей (например, уголков, швеллеров).

3. Расчет центра тяжести простых поперечных сечений:

Определите координаты центра тяжести простых форм: прямоугольник, треугольник, круг, полукруг, четверть круга, кольцо, правильный многоугольник вычисления центра тяжести.

Порядок выполнения работы:

1. Изучение сортамента проката черных металлов:

1) «Подготовка:

Соберите необходимую литературу и нормативные документы (ГОСТы):

- ГОСТ 8509-93 «Уголки стальные горячекатаные равнополочные»
- ГОСТ 8240-97 «Швеллеры стальные горячекатаные»

- ГОСТ Р 57837-2017 «Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок»
- Другие стандарты, касающиеся интересующих Вас профилей проката.
- Подготовьте таблицу для записи характеристик изучаемых профилей.

2) Сбор сведений о материалах:

- Открываем каждый из выбранных ГОСТов и выписываем основную информацию о стандарте (номер, название, геометрические характеристики).
- Составляем список профилей, указанных в каждом документе (например, номера швеллеров, размеры уголков и т.п.). Важно отметить все основные параметры: высота, ширина полки, толщина стенок и прочие важные характеристики.

3) Работа с каталогами и справочниками:

- Используем отраслевые каталоги и справочники (например, справочник инженера-конструктора) для детального изучения профилей.
- Заполняем подготовленную таблицу характеристиками конкретного профиля: площадь поперечного сечения, масса погонного метра, моменты сопротивления, статические моменты площади и прочими важными параметрами.

4) Анализ полученных данных:

- Проанализируйте различия между различными видами профиля, обратите внимание на особенности каждого вида (например, различие между швеллерами и двутаврами, отличия равных и неравных уголков).
- Сделайте выводы о преимуществах и недостатках разных профилей для различных применений.

5) Оформление отчета:

- Напишите отчет, включающий введение, цели исследования, ход работы, полученные данные и выводы.
- Добавьте иллюстрации и диаграммы, показывающие сравнительные характеристики разных профилей.

Итоги выполнения задания:

По завершении данной работы студент сможет:

- 1) Уметь выбирать нужный вид металлопроката для конкретной задачи,
- 2) Понимать различия между разными типами профилей,
- 3) Правильно читать и понимать технические требования к материалам, указанным в нормативных документах.

2. Определение центра тяжести прокатных стальных элементов:

Примеры заполнения отчета:

Профиль	Номер по ГОСТу	Размер сечения	Толщина стенки	Ширина полки	Площадь сечения, см ²	Центр тяжести (X,Y), мм
Уголок	8509-93	50 × 50	5	50	3,8	(16,7; 16,7)
Швеллер	8240-	N°12	6,5	50	12,0	(22,5; 25,0)

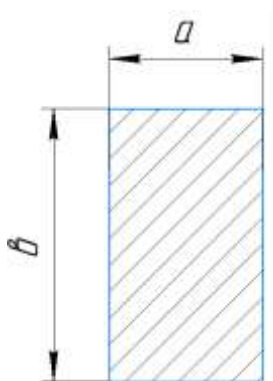
3. Расчет центра тяжести простых поперечных сечений

- 1) **Изучение теории центра тяжести:** узнайте, что такое центр тяжести и почему важно его определять.
- 2) Узнайте **формулы для определения центра тяжести** простых фигур:
 - Прямоугольник: Центр тяжести лежит на пересечении серединных линий сторон.
 - Квадрат: Центр тяжести находится в центре квадрата.
 - Круг: Центр тяжести совпадает с центром круга.
 - Треугольник: Центр тяжести (центроид) находится на пересечении медиан.
 - Другие фигуры (полукруг, сектор, эллипс и т.д.) имеют собственные формулы.
 - Попробуйте решить несколько примеров самостоятельно, используя известные формулы.

Координаты центра тяжести простых геометрических форм определяются стандартными формулами. Рассмотрим пример:

1. Прямоугольник

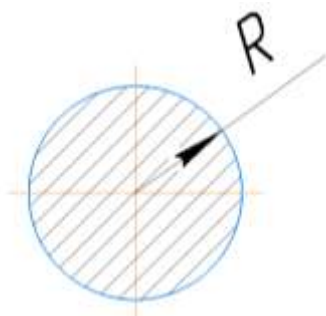
Для прямоугольника с размерами сторон aa и bb , расположенного в декартовой системе координат таким образом, что одна вершина находится в точке $(0,0)(0,0)$, а противоположная — в точке $(a,b)(a,b)$:



$$x_c = \frac{a}{2};$$

$$y_c = \frac{b}{2}$$

2. Круг



$$x_c = 0$$

$$y_c = 0$$

Круг радиуса R , расположенный вокруг начала координат:
 Центр тяжести круга совпадает с центром окружности.
 Центр тяжести лежит ровно посередине между сторонами.

Форма представления результата:

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

Критерии оценки:

оценка «5» ставится, если:

- работа выполнена полностью;
- в теоретических выкладках решения нет ошибок;

оценка «4» ставится, если:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны
- допущена одна ошибка или два-три недочета при решении

оценка «3» ставится, если:

- допущены более одной ошибки или двух-трех недочетов при решении
- но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.

оценка «2» ставится, если:

допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями по данной теме в полном объеме

Практическая работа №4

Определение центра тяжести плоских фигур и сечений, составленных из стандартных прокатных профилей и сложных сечений, составленных из простых геометрических фигур.

Цель: формирование умений определять площади и центры тяжести составных геометрических фигур, рассчитав координаты центра тяжести.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь: Определение центра тяжести плоских фигур и сечений, составленных из стандартных прокатных профилей и сложных сечений, составленных из простых геометрических фигур.

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 1.2 Выполнять стандартные (типовые) расчёты строительных конструкций;

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.

Материальное обеспечение: посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

Задание 1: определите координаты центра тяжести сечения, составленного из простых геометрических фигур.

Порядок выполнения работы:

1. Разбейте фигуру на простые составные части с центрами тяжести C_1 ; C_2 ; C_3 .

2. Проведите координатные оси, совместив ось y с осью симметрии. Поскольку сечение симметрично оси y , следовательно $X_c = 0$. Ось x провели перпендикулярно оси y по нижней грани сечения.

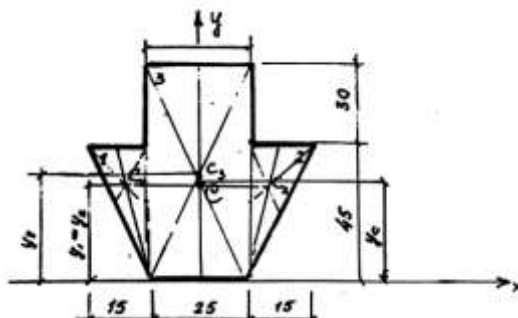


Рис. 9

3. Запишите формулу для определения координаты y_c :

$$y_c = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3}{A_1 + A_2 + A_3}, \text{ откуда}$$

$$A_1 = A_2 = \frac{1}{2} b_1 \cdot h_1 = \frac{1}{2} \cdot 45 \cdot 15 = 337,5 \text{ см}^2$$

$$A^3 = b_3 \cdot h_3 = 75 \cdot 25 = 1875 \text{ см}^2$$

$$y_1 = y_2 = \frac{2}{3} \cdot h_1 = \frac{2}{3} \cdot 45 = 30 \text{ см}$$

$$y_3 = \frac{1}{2} \cdot h_3 = \frac{1}{2} \cdot 75 = 37,5 \text{ см}$$

4. Подставьте найденные значения в формулу и определите y_c :

$$y_c = \frac{337,5 \cdot 30 + 337,5 \cdot 30 + 1875 \cdot 37,5}{337,5 + 337,5 + 1875} = \frac{10125 + 10125 + 70312,5}{2550} =$$

$$= \frac{90562,5}{2550} = 35,5 \text{ см}$$

Итак, точка C имеет координаты $0; 35,5$.

5. Покажите на рис.9 положение центра тяжести C .

Задание 2: определите координаты центра тяжести сечения, составленного из прокатных профилей (рис. 10).

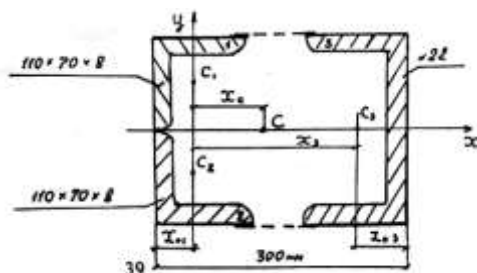


Рис. 10

Порядок выполнения работы:

1. Разбейте сечение на составные профили проката:

- 1) уголок неравнобокий – 110 х 70 х 8;
- 2) уголок неравнобокий – 110 х 70 х 8;
- 3) швеллер №22.

Положение центра тяжести примите по сортаменту:

C_1 ; C_2 ; C_3 .

2. Положение координатных осей примите следующим образом: ось x совместите с осью симметрии сечения, следовательно координата $y_c = 0$.

Ось y проведите перпендикулярно оси x через центры тяжести неравнобоких уголков C_1 и C_2 .

3. Выпишите из соответствующих таблиц «Приложения» площади профилей и, используя размеры, найдите абсциссы их центров тяжести.

Уголок 110 х 70 х 8: $B = 11$ см; $b = 7$ см; $d = 0,8$ см; $A = 13,9$ см²

$x_0 = 1,64$ см; $y_0 = 3,61$ см.

Швеллер №22: $h = 22$ см; $b = 8,2$ см; $z = 2,21$ см; $d = 0,54$ см;

$t = 0,95$ см; $A = 26,7$ см².

$x_1 = x_2 = 0$, т.к. ось y проведена через центры тяжести C_1 и C_2 .

$x_3 = 30 - x_{01} - z_{03} = 30 - 1,64 - 2,21 = 26,15$ см.

4. Определите координату центра тяжести X_c :

$$X_c = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2 + A_3 x_3}{A_1 + A_2 + A_3} = \frac{13,9 \cdot 0 + 13,9 \cdot 0 + 26,7 \cdot 26,15}{2 \cdot 13,9 + 26,7} = \frac{698,205}{54,5} =$$

$= 12,8$ см.

5. Точка C имеет координаты: 12,8; 0. Нанесите найденный центр тяжести на рисунок сечения (рис. 19).

Форма представления результата:

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

Критерии оценки:

«оценка «5» ставится, если:

- работа выполнена полностью;
- в теоретических выкладках решения нет ошибок;

оценка «4» ставится, если:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны
- допущена одна ошибка или два-три недочета при решении

оценка «3» ставится, если:

- допущены более одной ошибки или двух-трех недочетов при решении
- но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.

оценка «2» ставится, если:

допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями по данной теме в полном объеме

Лабораторное занятие №1

Испытание образцов материалов на растяжение

Цель: получение диаграммы растяжения стального образца для вычисления механических характеристик материала.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- Способность правильно подготовить образцы для испытания на растяжение.
- Умение пользоваться испытательной машиной для растяжки образцов.
- Знание методов фиксации показателей прочности и пластичности материалов.
- Умения интерпретировать результаты теста и строить кривую "Напряжение-Деформирование"

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 1.2 Выполнять стандартные (типовые) расчёты строительных конструкций;

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.

Материальное обеспечение: машина учебная испытательная МИ-40У с компьютером; прибор ДП – 6А для испытания пружин; штангенциркули, конспект лекций, линейка, карандаш, ластик

Задание:

1. Изучить диаграммы растяжения и сжатия пластичных и хрупких материалов;
2. Проверить образец на растяжение до разрушения, построить диаграмму растяжения стали.
3. Определить основные механические характеристики и материал образца по ГОСТ Р МЭК 1047-98 (2003г).

Порядок выполнения работы.

1. Изучить правила техники безопасности при проведении работы.
2. Установку и снятие образца производить при выключенном входном рубильнике и пускателе.
3. При проведении испытаний не стоять возле рычага с грузом.
4. Проверить затяжку гаек у приспособления.
5. Вычертить образец до разрушения и определить его размеры:

$$d_0 = \text{мм}, \quad L_0 = \text{мм}, \quad A_0 = \text{мм}^2$$

6. Установить образец в машину и нагрузить его до разрушения, включив машину.
7. Вычертить диаграмму растяжения стали и определить нагрузки в основных точках:

$$F_y = \text{Н}, \quad F_T = \text{Н}, \quad F_{MAX} = \text{Н}, \quad F_K = \text{Н}$$

8. Вычертить образец после разрушения и определить его размеры:

$$d_K = \text{мм}, \quad L_K = \text{мм}, \quad A_K = \text{мм}^2, \quad \Delta L = \text{мм}$$

9. Определить напряжения в основных точках:

$$\sigma_y = F_y / A_0 = \text{Н} / \text{мм}^2$$

$$\sigma_T = F_T / A_0 = \text{Н} / \text{мм}^2$$

$$\sigma_{MAX} = F_{MAX} / A_0 = \text{Н} / \text{мм}^2$$

$$\sigma_K = F_K / A_0 = \quad \text{Н/мм}^2$$

10. Определить относительное сужение и относительное растяжение:

$$\psi = (A_0 - A_K) \cdot 100\% / A_0 = \quad \%$$

$$\varepsilon = \Delta L \cdot 100\% / L_0 = \quad \%$$

11. По таблице ГОСТ Р МЭК 1047-98 (2003г) определить марку стали, выбранной для образца.

Форма представления результата:

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

Критерии оценки:

«Отлично» - работа оформлена в соответствии с заданием, верно определена марка образца, отсутствуют ошибки в расчетах, сделаны выводы по работе.

«Хорошо» - работа оформлена в соответствии с заданием, верно определена марка образца, сделаны выводы по работе, допущено несколько неточностей, отсутствуют грубые ошибки.

«Удовлетворительно» - работа оформлена в соответствии с заданием, верно определена марка образца, есть ошибки в расчетах, не сделаны выводы по работе.

«Неудовлетворительно» - работа не оформлена в соответствии с заданием, не верно определена марка образца, есть ошибки в расчетах, не сделаны выводы по работе.

Лабораторное занятие №2

Испытание образцов материалов на сжатие

Цель: Получение диаграммы сжатия для разных материалов для вычисления механических характеристик материалов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- Умение готовить образцы для испытаний на сжатие.
- Владение оборудованием для испытаний (испытательные прессы, динамометры).
- Знание процедур проведения испытаний и интерпретации полученных данных.
- Умение формировать полную картину механических свойств материала на основании полученных диаграмм.

Выполнение лабораторной работы способствует формированию:

ПК 1.2 Выполнять стандартные (типовые) расчёты строительных конструкций;

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.

Материальное обеспечение: машина учебная испытательная МИ-40У с компьютером; прибор ДП – 6А для испытания пружин; штангенциркули, конспект лекций, линейка, карандаш, ластик

Задание:

1.Изучить диаграммы растяжения и сжатия пластичных и хрупких материалов;

2. Проверить образец на сжатие до разрушения, построить диаграмму сжатия.

Порядок выполнения работы:

Для образца, испытываемого на сжатие вдоль волокон и для образца, испытываемого на сжатие поперек волокон, выполнить:

1. Замерить размеры образцов a , b , h до испытания с точностью до 0,1 мм. При сжатии вдоль волокон, волокна направлены вдоль размера h , а при сжатии поперек волокон, волокна перпендикулярны направлению размера h .

2. Вставить образец между захватами машины и произвести испытание образца на сжатие. Постепенно увеличивая нагрузку, довести образец до разрушения или до появления трещин, образец из пластического материала до заметного сплющивания. Не допускать при этом перегрузки машин. Записать величину разрушающей нагрузки F_B с точностью до величины минимального деления шкалы силоизмерителя.

3. Построить диаграмму сжатия

4. Определить сопротивление разрушению.

Форма представления результата:

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

Критерии оценки:

«Отлично» - работа оформлена в соответствии с заданием, верно определена марка образца, отсутствуют ошибки в расчетах, сделаны выводы по работе.

«Хорошо» - работа оформлена в соответствии с заданием, верно определена марка образца, сделаны выводы по работе, допущено несколько неточностей, отсутствуют грубые ошибки.

«Удовлетворительно» - работа оформлена в соответствии с заданием, верно определена марка образца, есть ошибки в расчетах, не сделаны выводы по работе.

«Неудовлетворительно» - работа не оформлена в соответствии с заданием, не верно определена марка образца, есть ошибки в расчетах, не сделаны выводы по работе.

Практическое занятие №5.

Решение задач на построение эпюр продольных сил, нормальных напряжений, перемещений сечений бруса.

Решение задач на построение эпюр продольных сил, нормальных напряжений, перемещений сечений бруса.

Цель: формирование умений построения эпюр внутренних усилий и подбору сечения из условия прочности при растяжении (сжатии).

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- Умение устанавливать закономерности распределения продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса.
- Владение методами расчета продольных перемещений и остаточной деформации.
- Способность грамотно анализировать эпюры и выявлять опасные зоны в конструкции.
-

Выполнение лабораторной работы способствует формированию:

ПК 1.2 Выполнять стандартные (типовые) расчёты строительных конструкций;

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

Материальное обеспечение: посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

Задание: постройте эпюры продольных сил N и нормальных напряжений σ при растяжении (сжатии).

Условие задачи: по оси ступенчатого стержня (рис. 35, а) приложены силы F_1 и F_2 , значения которых, а также площади поперечных сечений и длины участков указаны на рисунке. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений и определить полное удлинение стержня. Модуль продольной упругости материала стержня $E=2 \cdot 10^4 \text{ кг/см}^2$.

Порядок выполнения работы:

верхний конец стержня жестко заделан (рис.35). Нижний конец свободен. Для определения внутренних усилий разбейте стержень на участки, начиная со свободного конца. Границами участков являются точки, в которых приложены внешние силы или в которых изменяются размеры поперечного сечения стержня. Рассмотрите брус по высоте. Первый участок АВ от точки приложения силы F_1 до точки В, в которой меняется сечение. Вторым участком ВС от точки В до точки, в которой приложена сила F_2 до заделки. Пользуясь методом сечения, определите внутренние продольные силы в сечениях стержня. Поскольку нижний конец не закреплен, удобнее начинать именно с него, не определяя реакции заделки стержня.

Проведите сечения в любом месте каждого участка. Оставшуюся часть уравнивайте внутренней продольной силой N . Продольная сила равна алгебраической сумме внешних сил, приложенных в сечении.

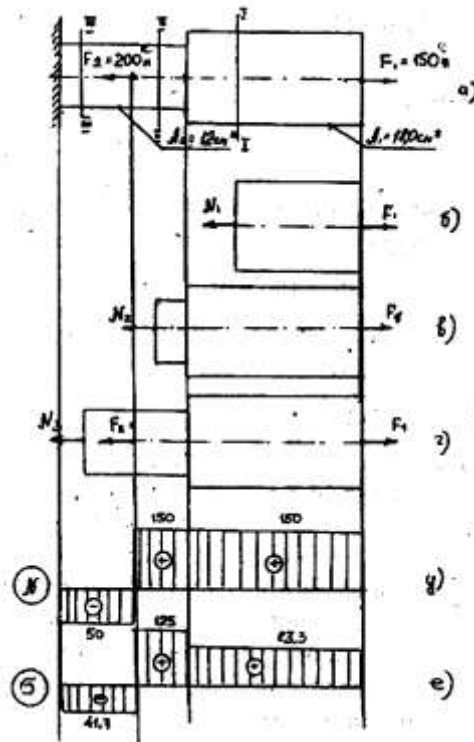


Рис. 11

Продольная сила считается положительной, если внешние силы направлены от стержня, т. е. вызывают его растяжение.

Сечение I – I: $N_1 = F_1 = 150 \text{ H} = 1500 \text{ кг}$ (рис. 11, б)

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{1500}{18} = 83,33 \text{ кг/см}^2 \text{ (растяжение)}$$

Сечение II – II: $N_2 = F_1 = 150 \text{ H} = 1500 \text{ кг}$ (рис. 11, в)

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{1500}{12} = 125 \text{ кг/см}^2 \text{ (растяжение)}$$

Сечение III – III: $N_3 = F_1 - F_2 = 150 - 200 = -50 \text{ H} = -500 \text{ кг}$

(рис. 11, г)

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_2} = \frac{-500}{12} = -41,67 \text{ кг/см}^2 \text{ (сжатие)}.$$

По найденным значениям N и σ постройте их эпюры. Для этого проведите ось эпюры, параллельно оси стержня. Вправо и влево от оси эпюры откладывайте соответственно положительные и отрицательные значения N и δ . На эпюре обязательно ставьте знаки, подписывайте значения отложенных ординат, выполняют штриховку перпендикулярно оси эпюры (см. рис. 35 д, е).

Определите полное удлинение стержня:

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 = \frac{N_1 l_1}{E \cdot A_1} + \frac{N_2 l_2}{E \cdot A_2} + \frac{N_3 l_3}{E \cdot A_3}.$$

Подставив числовые значения, получите:

$$\Delta l = \frac{1}{2 \cdot 10^6} \left(\frac{1500 \cdot 100}{18} + \frac{1500 \cdot 40}{12} - \frac{1500 \cdot 60}{12} \right) = 5400 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ см}$$

Форма представления результата:

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

Критерии оценки:

«оценка «5» ставится, если:

- работа выполнена полностью;
- в теоретических выкладках решения нет ошибок;

оценка «4» ставится, если:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны
- допущена одна ошибка или два-три недочета при решении

оценка «3» ставится, если:

- допущены более одной ошибки или двух-трех недочетов при решении
- но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.

оценка «2» ставится, если:

допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями по данной теме в полном объеме

Тема 2.2. Изгиб

Практическое занятие №6

Решение задач на построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов

Цель: формирование умений построения эпюр внутренних силовых факторов в двухопорных и в консольных балках, определения значения M_{max} с эпюры моментов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- Владение методами расчета поперечных сил и изгибающих моментов.
- Способность строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.
- Навык самостоятельной интерпретации полученных результатов и оценки состояния конструкции.

Материальное обеспечение: посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

Выполнение практической работы способствует формированию:

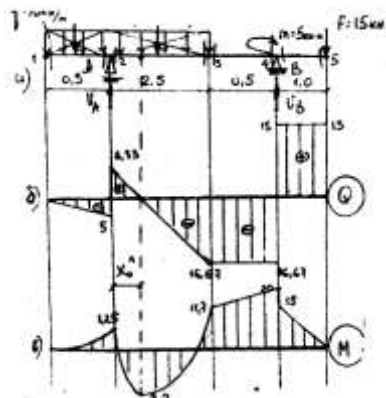
ПК 1.2 Выполнять стандартные (типовые) расчёты строительных конструкций;

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.

Задание: Постройте эпюры поперечных сил и изгибающих моментов при поперечном изгибе для балок, изображенных на рис. 12 (а), 13 (а).

Схемы балок взяты из примера к задаче 5.



1. Опорные реакции:
 $V_A = 13,33 \text{ кН}$; $V_B = 31,67 \text{ кН}$
 $Q_1 = 5 \text{ кН}$; $Q_2 = 25 \text{ кН}$.

б) для консольной

Порядок выполнения работы:

2. Отметьте на балке характерные точки. Ими будут точки, в которых приложены сосредоточенные силы, пары сил, и там, где начинается и заканчивается распределенная нагрузка. Для данной балки отмечено 5 точек.

3. В каждой точке проведите сечение слева и справа и определите значение Q и M .

$$Q = 0$$

$$Q_2 = -Q_1 = -5 \text{ кН}$$

$$Q_2'' = -Q_1 + V_A = -5 + 13,33 = 8,33 \text{ кН}$$

$$Q_3'' = -Q + V_A - Q_2 = -5 + 13,33 - 31,67 = -16,67 \text{ кН}$$

$$Q_3'' = -16,67 \text{ кН}$$

$$Q_4'' = -16,67 \text{ кН}$$

$$Q_4'' = -Q + V_A - Q_2 + V_B = 15 \text{ кН}$$

$$Q_5 = F = 15 \text{ кН}$$

$$M_1 = 0$$

$$M_2 = -Q_1 \cdot 0,25 = -1,25 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_3 = -Q_1 \cdot 3 + V_A \cdot 2,5 - Q_2 \cdot 1,25 = -11,7 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_4'' = -Q_1 \cdot 3,5 + V_A \cdot 3 - Q_2 \cdot 1,75 = -20 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_4'' = -Q_1 \cdot 3,5 + V_A \cdot 3 - Q_2 \cdot 1,75 + m = -15 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_5 = 0.$$

Определите значение M в точке O , где эпюра Q пересекает ось эпюры. В этой точке на эпюре M будет экстремум.

Рассмотрите левую часть балки до точки O .

$$x_0'' = \frac{Q_0''}{q}, \text{ где}$$

x_0'' – расстояние от опоры A до точки O , где эпюра Q пересекает ось эпюры;

Q_0'' – значение поперечной силы относительно точки O , слева от нее (берется с эпюры « Q »);

q – интенсивность распределенной нагрузки.

$$x_0'' = \frac{Q_0''}{q} = \frac{8,33}{10} = 0,83 \text{ м}.$$

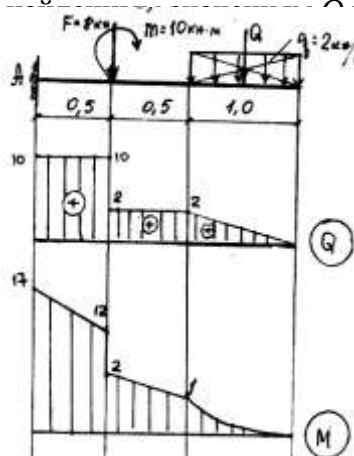
Составьте уравнение моментов относительно точки O левой части балки:

$$M_0^n = -Q_1(0,25 + 0,83) + V_A \cdot 0,83 - \frac{q \cdot 0,83^2}{2} = -5 \cdot 1,08 + 13,3 \cdot 0,83 - \frac{10 \cdot 0,69}{2} = 2,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Проверьте решение, проделав те же действия справа от точки О, где эюра «Q» пересекает ось эюры, в этом случае, для определения расстояния x_0^n от точки 3 до точки О возьмите значение Q_0^n с эюры «Q», т. е. $Q_0^n = 16,67 \text{ кН}$.

По M постройте эюру «Q» и «M» (рис. 43 б, в).

3. По рис. 12, а):



- 1) особенность построения эюры «Q» и «M» для консольной балки заключается в том, что опорные реакции в балке не определяются, а характерные точки проставляются со свободного конца балки. Это позволяет, используя метод сечения, отсекать левую часть балки, включая опору А. последующий ход решения и порядок построения эюры «Q» и «M» аналогичен предыдущему построению.
- 2) Значения Q и M найдите, двигаясь справа налево от точки 1 до точки 4. Не забудьте о том, что правила знаков для моментов меняется на противоположные знаки, т. е.

ii. Рис. 13

4. $Q_1 = 0$ (рис. 13, б) $M_1 = 0$
5. $Q_2^n = Q_1 = 2 \text{ кН}$ $M_2 = -Q \cdot 0,5 = -1 \text{ кН} \cdot \text{м}$
6. $Q_3^n = Q_1 = 2 \text{ кН}$ $M_3^n = -Q \cdot 1 = -2 \text{ кН} \cdot \text{м}$
7. $Q_3^n = Q_1 = 2 \text{ кН} \cdot \text{м}$ $M_3^n = -Q \cdot 1 - M = -12 \text{ кН} \cdot \text{м}$
8. $Q_4^n = Q_1 + F = 10 \text{ кН}$ $M_4 = -Q \cdot 1,5 - M - F \cdot 0,5 = -17 \text{ кН} \cdot \text{м}$
9. $Q_4 = 10 \text{ кН}$

Форма представления результата:

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

Критерии оценки:

«оценка «5» ставится, если:

- работа выполнена полностью;
- в теоретических выкладках решения нет ошибок;

оценка «4» ставится, если:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны
- допущена одна ошибка или два-три недочета при решении

оценка «3» ставится, если:

- допущены более одной ошибки или двух-трех недочетов при решении
- но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.

оценка «2» ставится, если:

допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями по данной теме в полном объеме

Решение задач по расчету балок на прочность.

Цель: формирование умений подбирать надежные и экономичные сечения из условия прочности при поперечном изгибе.

Выполнив работу, вы будете уметь:

1. Осуществлять подбор сечений балок исходя из допустимых напряжений и деформаций.
2. Производить проверку прочности и жёсткости балки с учётом действующих нагрузок.
3. Интерпретировать результаты расчётов и оценивать безопасность конструкции.

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 1.2 Выполнять стандартные (типовые) расчёты строительных конструкций;

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.

Материальное обеспечение:

посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

Задание: Решить две задачи по расчету балок на прочность и жесткость, подобрать оптимальное сечение балки и проверить правильность выбора.

Порядок выполнения работы:

Подберите сечение двутавра из условия прочности при изгибе (воспользуйтесь данными практической работы №6).

Расчетное сопротивление $R = 210 \text{ МПа} = 2100 \text{ кг/см}^2$.

а) для двухопорной балки (рис. 43):

Для элементов конструкций, работающих на поперечный изгиб, условие прочности имеет вид:

Отсюда подбор сечения осуществляется по формуле:

, , где

W_x – момент сопротивления для данного сечения (требуемое значение);

$M_{\max}$ – максимальное значение возьмите с эпюры «М» (рис. 43, в).

По таблице сортамента определите фактическое значение $W_x = 109 \text{ см}^3$, что соответствует двутавру №16.

б) для консольной балки (рис. 44):

По таблице сортамента , что соответствует двутавру №14.

Форма представления результата:

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

Критерии оценки:

«оценка «5» ставится, если:

- работа выполнена полностью;
- в теоретических выкладках решения нет ошибок;

оценка «4» ставится, если:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны
- допущена одна ошибка или два-три недочета при решении

оценка «3» ставится, если:

- допущены более одной ошибки или двух-трех недочетов при решении
- но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.

оценка «2» ставится, если:

допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями по данной теме в полном объеме

Раздел 3. СТАТИКА СООРУЖЕНИЙ

Тема 3.3 Многопролетные статически определимые балки

Практическое занятие №8

Расчет многопролетной шарнирной балки

Цель: научиться строить схемы взаимодействия, эпюры Q и M в многошарнирной балки, используя определения и правила темы 3.2

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- Способность моделировать реальные ситуации с использованием шарнирных конструкций.
- Владение способами анализа статически неопределимых систем.
- Умение разрабатывать стратегии оптимизации конструкции.
- Опыт в создании чертежей и моделей для последующей реализации проектов.

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 1.2 Выполнять стандартные (типовые) расчёты строительных конструкций;

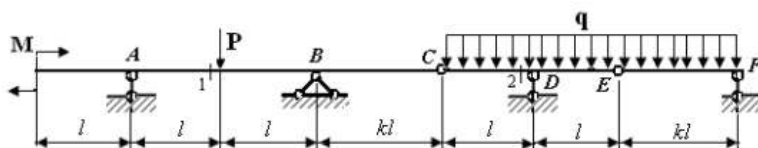
ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

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

Материальное обеспечение: посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

Задание: Построить эпюры Q и M для многошарнирной балки (для решение данной задачи необходимо изучить темы 3.1, 3.2

Шарнирные балки представляют собой цепочку из однопролетных консольных и простых балок, соединенных между собой шарнирами и образующих в целом статически определяемую систему.



Порядок выполнения работы:

1. Произвести кинематический анализ системы.
2. Построить поэтажную схему.
3. Определить реакции в связях многопролетной статически определимой балки.
4. Построить эпюры внутренних силовых факторов и изгибающих моментов для многопролетной балки.

Форма представления результата:

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

Критерии оценки:

«оценка «5» ставится, если:

- работа выполнена полностью;
- в теоретических выкладках решения нет ошибок;

оценка «4» ставится, если:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны
- допущена одна ошибка или два-три недочета при решении

оценка «3» ставится, если:

- допущены более одной ошибки или двух-трех недочетов при решении
- но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.

оценка «2» ставится, если:

допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями по данной теме в полном объеме

Тема 3.5 Статически определимые плоские рамы Практическое занятие №9

Расчет плоских рам

Цель: формирование навыков построения эпюр внутренних силовых факторов в плоских рамах, используя теоретический материал темы 3.6

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- Владеть методами анализа статически неопределимых систем.
- Уметь определять внутренние усилия в рамах.
-

Выполнение практической работы способствует формированию:

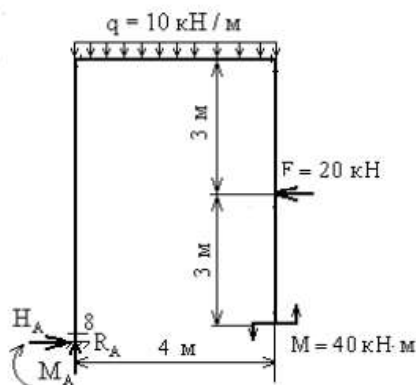
ПК 1.2 Выполнять стандартные (типовые) расчёты строительных конструкций;

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.

Материальное обеспечение: посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

Задание: Построить эпюры Q , M , N в статически определяемых рамах. Проверить равновесие узла



Порядок выполнения работы:

Определить усилия возникающие в стержнях фермы.

Порядок выполнения работы:

1. Произвести кинематический анализ.
2. Определить реакции в опорах.
3. Построить эпюру продольных
4. Построить эпюру поперечных сил.
5. Построить эпюру изгибающих моментов
6. Выполнить проверку

Форма представления результата:

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

Критерии оценки:

«оценка «5» ставится, если:

- работа выполнена полностью;
- в теоретических выкладках решения нет ошибок;

оценка «4» ставится, если:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны
- допущена одна ошибка или два-три недочета при решении

оценка «3» ставится, если:

- допущены более одной ошибки или двух-трех недочетов при решении
- но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.

оценка «2» ставится, если:

допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями по данной теме в полном объеме

Тема 3.6 Плоские статически определимые фермы Практическое занятие №10

Определение усилий в стержнях статически определимых ферм аналитическим и графическим способами

Цель: формирование умений по расчету плоских ферм аналитическим методом (вырезанием узлов) и графическим методом (метод Максвелла-Кремона)

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- Умение разбираться в схеме работы фермы и структуре нагрузок.
- Владение методами разрезов и аналитическими расчетами для определения усилий в стержнях.
- Навыки графического анализа фермы с использованием метода Максвелла-Кремона.

Выполнение практической работы способствует формированию:

ПК 1.2 Выполнять стандартные (типовые) расчёты строительных конструкций;

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.

Материальное обеспечение: посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

Задание:

1. Определить усилия в стержнях фермы методом вырезания узлов
 - 1) Обозначьте узлы фермы буквами, а стержни фермы цифрами
 - 2) Определите опорные реакции
 - 3) Мысленно вырезать узлы, найти в каждом узле усилия
2. Определение усилий методом Максвелла-Кремона:
 - 1) Вычертите в масштабе схему фермы
 - 2) Определите опорные реакции
 - 3) Обозначить поля фермы, внешние силы и узлы фермы
 - Внутренние поля, ограниченные стержнями фермы- арабскими цифрами (1-10)
 - Внешние поля, ограниченные внешними силами- русскими буквами (от а до и)
 - Узлы фермы- латинскими буквами (от А до...)
 - Внешние силы, в результате, получают наименования а-б, б-в, в-г и т.д
 - Стержни в узлах фермы обозначаются в соответствии с обозначениями, путем обхода узла по часовой стрелки; например, б-1 и 1-и
 - 4) Постройте закинутый силовой многоугольник из внешних сил который будет в виде вертикальной линии, т.к все внешние силы расположены вертикально. Масштаб сил 1см=10тоннам
 - 5) На базе силового многоугольника постройте диаграмму усилий в стержнях, начиная с узла, в котором сходятся два неизвестных усилия, путем параллельного переноса со схемы
 - 6) Отложив линии действия б-1 и 1-и получите точку 1, измерив расстояние от точки б, и до точки 1, умножив на масштаб сил, получите значение усилий в стержне

- 7) Для определение знака усилия, необходимо направление стрелок, т.е. растянут (+) узел или сжат(-)

Форма представления результата:

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ.

Критерии оценки:

«оценка «5» ставится, если:

- работа выполнена полностью;
- в теоретических выкладках решения нет ошибок;

оценка «4» ставится, если:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны
- допущена одна ошибка или два-три недочета при решении

оценка «3» ставится, если:

- допущены более одной ошибки или двух-трех недочетов при решении
- но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.

оценка «2» ставится, если:

допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями по данной теме в полном объеме