

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ
Директор
С.А. Махновский
«26» марта 2015 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

по учебной дисциплине
ОП.02 Техническая механика

для студентов специальности
08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений
базовой подготовки

Магнитогорск, 2015

ОДОБРЕНО:

Предметно-цикловой комиссией
«Строительство и эксплуатация зданий и
сооружений»

Председатель  В.Д. Чашемова

Протокол № 7 от 18.03 2015 г.

Методической комиссией

Протокол №4 от 26.03.2015 г

Разработчик:

Т.М. Менакова, преподаватель МпК ФГБОУ ВПО «МГТУ»

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

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального(ых) модуля(ей) программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений и овладению профессиональными компетенциями.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	4
2. Перечень практических и лабораторных занятий	8
2 Методические указания	10
Практическая работа 1	10
Практическая работа 2	13
Практическая работа 3	15
Практическая работа 4	17
Практическая работа 5	20
Практическая работа 6	22
Практическая работа 7	24
Практическая работа 8	25
Практическая работа 9	28
Практическая работа 10	31
Практическая работа 11	34
Практическая работа 12	37
Практическая работа 13	41
Практическая работа 14	45
Практическая работа 15	46
Практическая работа 16	48
Практическая работа 17	52
Практическая работа 18	54
Практическая работа 19	59
Практическая работа 20	60
Лабораторная работа 1	63
Лабораторная работа 2	65
Лабораторная работа 3	67
Лабораторная работа 4	69

1 ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Техническая механика» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате освоения дисциплины обучающийся *должен уметь:*

У1. выполнять расчеты на прочность, жесткость, устойчивость элементов сооружений;

У2. определять аналитическим и графическим способами усилия опорные реакции балок, ферм, рам;

У3. определять усилия в стержнях ферм;

У4. строить эпюры нормальных напряжений, изгибающих моментов и др.;

У01.5. собирать портфолио работ и достижений;

У02.1. распознавать и анализировать профессиональную задачу и/или проблему;

У03.3. оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У04.1. определять необходимые источники информации;

У04.2. выделять наиболее значимое в изучаемом материале и структурировать получаемую информацию;

У05.1. использовать средства информационно-коммуникационных технологий для решения профессиональных задач;

У06.1. работать в коллективе и команде;

У07.1. распределять обязанности в команде.

У09.3. владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;

В результате освоения дисциплины обучающийся *должен знать:*

31. законы механики деформируемого твердого тела, виды деформаций, основные расчеты;

32. определение направления реакций, связи;

33. определение момента силы относительно точки, его свойства;

34. типы нагрузок и виды опор балок, ферм, рам;

35. напряжения и деформации, возникающие в строительных элементах при работе под нагрузкой;

36. моменты инерций простых сечений элементов и др.;

302.1. алгоритмы выбора типовых методов и способов выполнения профессиональных задач;

302.2. структуру плана для решения профессиональной задач;

303.3. порядок оценки результатов и последствий своих действий в стандартных и нестандартных ситуациях;

304.3. формат оформления результатов поиска информации;

305.1. современные средства и устройства информатизации и порядок их применения;

306.1. основные принципы работы в коллективе.

307.3. правила выполнения проекта в команде в триединстве "время-ресурс-результат"; 308.3. круг профессиональных задач, профессионального и личностного развития;

309.3. методы работы в профессиональной и смежных сферах;

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 1.3 Выполнять несложные расчеты и конструирование строительных конструкций.

ПК 4.1. Принимать участие в диагностике технического состояния конструктивных элементов эксплуатируемых зданий.

ПК 4.4. Осуществлять мероприятия по оценке технического состояния и реконструкции зданий.

А также формированию **общих компетенций:**

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

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

- *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;*

- *развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;*

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

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Разделы/темы	Темы практических/лабораторных занятий	Количество о часов	Требования ФГОС СПО (уметь)
Раздел 1 Статика, кинематика, динамика		14	
Тема 1.2 Плоская система сходящихся сил	ПР № 1 Определение равнодействующей сходящейся системы сил	2	У2, У3
Тема 1.4 Плоская система произвольно расположенных сил	ПР № 2. Определение реакций опор в 2х опорной балке	2	У1, У3
	ПР № 3. Определение реакций опор в жесткой заделке	2	У1, У3
Тема 1.6 Центр тяжести	ПР № 4 Определение центра тяжести простых плоских фигур	2	У1, У3, У4
	ПР № 5. Определение центра тяжести плоской фигуры, составленной из стандартных профилей проката	2	У1, У3
Тема 1.9 Простейшие движения твёрдого тела	ПР №6 Поступательное, вращательное движения твёрдого тела	2	У1, У3
Тема 1.11 Основные понятия и аксиомы динамики	ПР №7 Решение задач на определение работы и мощности	2	У1, У4
Раздел 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ		30	
Тема 2.2 Растяжение и сжатие	ПР № 8 Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений	2	У1, У3
	ЛР № 1. Испытание на растяжение образца из пластичной стали в	4	У1, У2

	виртуальном пространстве Columbus-2005.		
	ЛР № 2. Испытание на сжатие образцов из пластичной стали и хрупкой древесины в виртуальном пространстве Columbus-2005.	4	У1, У2, У4
Тема 2.4 Расчет на прочность при растяжении и сжатии	ПР № 9 Расчёт на прочность при растяжении и сжатии	2	У1, У4
Тема 2.6 Кручение	ПР № 10. Построение эпюр крутящих моментов и касательных напряжений при кручении	2	У1, У4
	ПР № 11. Расчёт на прочность и жёсткость при кручении.	2	
Тема 2.7 Изгиб	ПР № 12. Построение эпюр изгибающих моментов, поперечной силы.	4	У1, У4
	ПР № 13. Выбор рационального сечения при изгибе	4	У1, У3
	ЛР № 3. Испытание на изгиб в виртуальном пространстве Columbus-2005	2	У1, У2
Тема 2.8 Устойчивость сжатых стержней	ПР № 14. расчет сжатого стержня на устойчивость	4	У1, У2, У4
Раздел 3 СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА		14	
Тема 3.3 Многопролетные статически определимые балки	ПР № 15. Кинематический анализ многопролетной шарнирной балки	2	У1, У3
	ПР № 16. Аналитический расчет многопролетной шарнирной балки	2	У1, У2

Тема 3.5 Статически определимые плоские рамы	ПР № 17. Кинематический анализ плоских рам	2	У1, У2, У4
	ПР № 18. Аналитический расчет плоских рам	2	У1, У4
Тема 3.6 Плоские статически определимые фермы	ПР № 19. Кинематический анализ ферм	2	У1, У4
	ПР № 20. Аналитический анализ ферм	4	
Итого: Практических работ		48	
Лабораторных работ		10	

При заочной форме обучения лабораторные занятия №1 - №3 прорабатываются обучающимися самостоятельно.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.2 Плоская система сходящихся сил

Практическая работа № 1

Определение равнодействующей сходящейся системы сил

Цель:

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

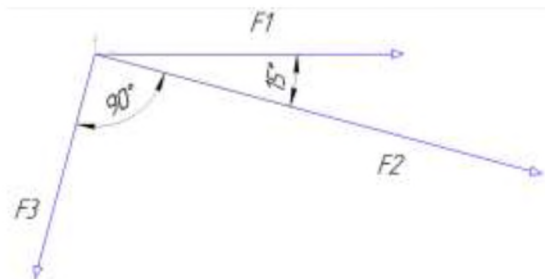
Задание:

1. Определить равнодействующую плоской системы сходящихся сил геометрически.
2. Определить равнодействующую плоской системы сходящихся сил аналитически.

Порядок выполнения работы:

1. Для графического решения задачи необходимо в принятом масштабе последовательно соединить три вектора с соблюдением углов. Соединив начало вектора F_1 и конец вектора F_3 получим значение равнодействующей.
2. Для аналитического решения необходимо принять систему координат и составить уравнение равновесия относительно осей x и y , чтобы по правилу параллелограмма определить значение равнодействующей.

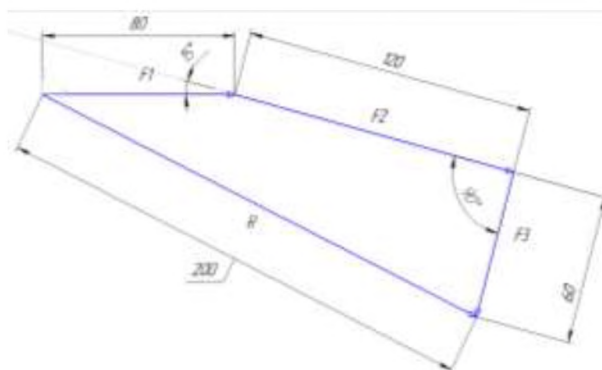
Ход работы:



1 Графический метод.

Принимаем масштаб для сил 20:1. $F1 = 80\text{ мм}$, $F2 = 120\text{ мм}$, $F3 = 60\text{ мм}$.

Выстраиваем в масштабе последовательно под заданными углами вектора сначала $F1$ потом $F2$ за ним $F3$ начало вектора $F1$ и конец вектора $F3$ соединяем вектором R , это по правилу параллелограмма равнодействующая системы сил.

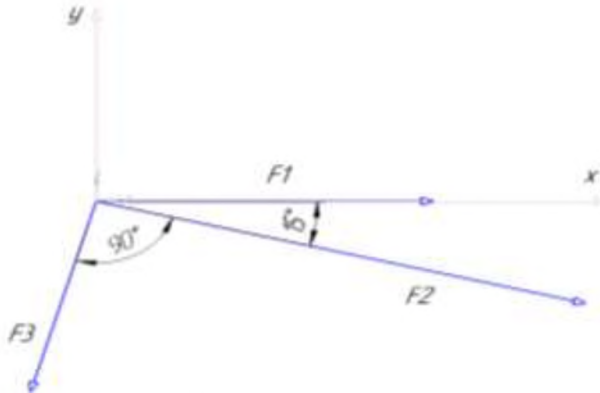


Замеряем линейкой значение равнодействующей и переводим в Н согласно принятому масштабу, тогда $R = 10\text{ Н}$.

2 Аналитический метод.

Для системы сил принимаем произвольно направление осей x и y под углом 90° .

Относительно принятой системы координат составляем уравнения равновесия на оси x и y .



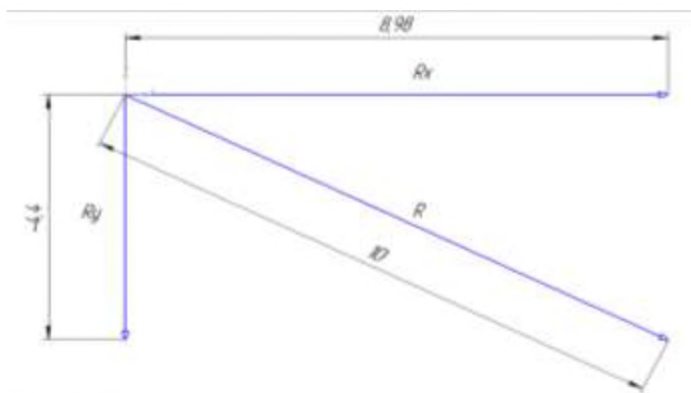
$$\Sigma F_x = F_1 + F_2 \cdot \cos 15^\circ - F_3 \cdot \cos 75^\circ = 0$$

$$\Sigma F_y = -F_3 \cos 15^\circ - F_2 \cdot \cos 75^\circ = 0$$

Из уравнения следует, что проекция равнодействующей на ось x равна $R_x = F_1 + F_2 \cdot \cos 15^\circ - F_3 \cdot \cos 75^\circ = 4 + 6 \cdot \cos 15^\circ - 3 \cdot \cos 75^\circ = 8.98$ Н

Проекция на ось y тогда равна $R_y = -F_3 \cos 15^\circ - F_2 \cdot \cos 75^\circ = -3 \cdot \cos 15^\circ - 6 \cdot \cos 75^\circ = -4.4$ Н

Тогда по правилу параллелограмма вектор равнодействующей находится по формуле $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{8.98^2 + (-4.4)^2} = 10$ Н.



Ответ: $R = 10$ Н.

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – один из способов рассчитан верно.

Оценка 4 – оба способа посчитаны верно, разница между полученными значениями не более 5%.

Оценка 5 – защита работы(устный опрос по конспекту).

Тема 1.4 Плоская система произвольно расположенных сил**Практическая работа № 2****Определение реакций опор в 2х опорной балке**

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

Задание:

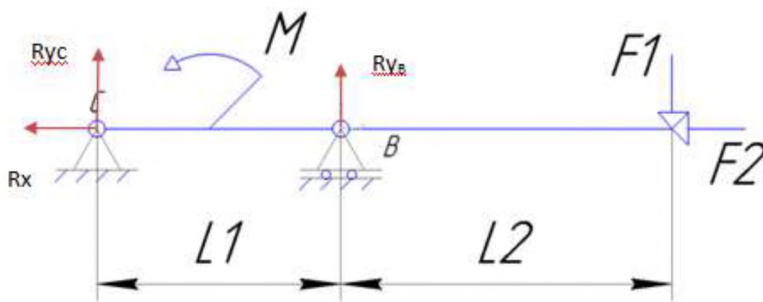
Определить величины реакций в шарнирах двух опорной балки. Проверить правильность решения.

Порядок выполнения работы:

1. указать на схеме реакции опор.
2. составить уравнение равновесия - сумма всех сил относительно оси x , уравнения равновесия – сумма моментов всех сил относительно точки.
3. выразить из полученных уравнений неизвестные реакции опор.
4. провести проверку решения.

Ход работы:

1. Изображаем на схеме неизвестные реакции опор.



2. Составляем уравнения равновесия моментов относительно точки В

$$\Sigma M_B = F1 \cdot 4 - M + R_{yc} \cdot 2 = 0,$$

$$\Sigma M_C = -R_{yb} \cdot 2 - M + F1 \cdot 6 = 0$$
 и сумму проекций на ось x

$$\Sigma F_x = R_x - F2 = 0$$

3. выражаем неизвестные из полученных уравнений

$$R_{yc} = \frac{-F1 \cdot 4 + M}{2},$$

$$R_{yb} = \frac{F1 \cdot 6 - M}{2},$$

$$R_x = F2.$$

Если в результате реакция опоры получается отрицательной то на схеме нужно направить эту реакцию в противоположную сторону. Тогда в ответ запишем положительное значение.

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – Реакции опор указаны на схеме правильно, одна из реакций верно посчитана.

Оценка 4 – Реакции опор указаны на схеме правильно, две реакции опоры посчитаны верно.

Оценка 5 – Реакции опор указаны на схеме верно, все три посчитаны правильно.

Тема 1.4 Плоская система произвольно расположенных сил

Практическая работа № 3

Определение реакций опор в жёсткой заделке.

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

Задание:

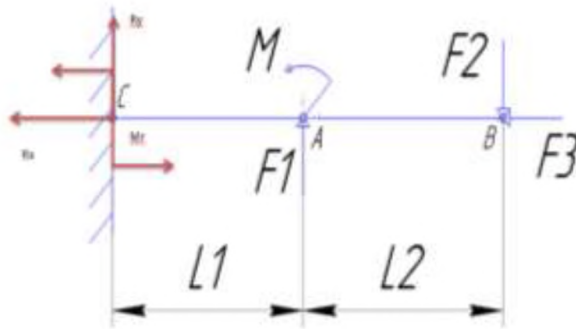
Определить величины реакций в заделке одноопорной балки. Проверить правильность решения.

Порядок выполнения работы:

1. указать на схеме реакции опор.
2. составить уравнение равновесия - сумма всех сил относительно оси x , уравнения равновесия – сумма моментов всех сил относительно точки.
3. выразить из полученных уравнений неизвестные реакции опор.
4. провести проверку решения.

Ход работы:

1. Изображаем на схеме неизвестные реакции опор.



2. Составляем уравнения равновесия моментов относительно точки:

$$\text{В } \Sigma M_B = F1 \cdot 4 - M + Ry \cdot 6 - M_R = 0$$

$$\text{С } \Sigma M_C = -M_R - M - F1 \cdot 2 + F2 \cdot 6 = 0$$

$$\text{и сумму проекций на ось } x \Sigma F_x = R_x - F2 = 0$$

3. Выражаем неизвестные из полученных уравнений

$$R_y = \frac{M_R + M - F1 \cdot 4}{6},$$

$$M_R = -M - F1 \cdot 2 + F2 \cdot 6,$$

$$R_x = F2.$$

4. Проверка:

$$\Sigma F_y = F1 - F2 + R_y = 0$$

$$\text{Ответ: } M_R = -H \cdot M; R_x = H; R_y = H.$$

Если в результате реакция силы получается отрицательной то на схеме нужно направить эту реакцию в противоположную сторону. Тогда в ответ запишем положительное значение.

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – Реакции опор указаны на схеме правильно, одна из реакций верно посчитана.

Оценка 4 – Реакции опор указаны на схеме правильно, две реакции опоры посчитаны верно.

Оценка 5 – Реакции опор указаны на схеме верно, все три посчитаны правильно.

Тема 1.6 Центр тяжести

Практическая работа № 4

Определение центра тяжести простых плоских фигур

Цель: в результате выполнения работы студент должен знать методы определения центра тяжести тела и формулы для определения положения центра тяжести плоских фигур.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

Задание:

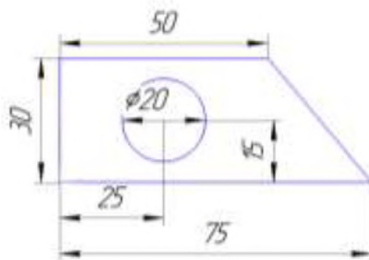
Определить положение центра тяжести сечения, составленного из плоских фигур.

Порядок выполнения работы:

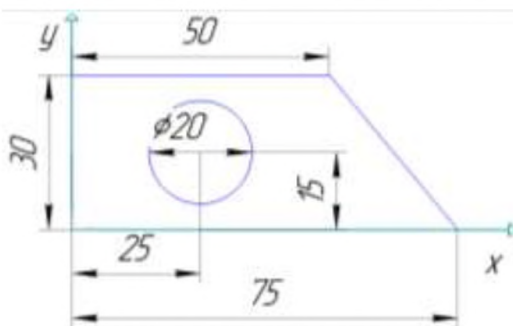
1. указать габаритные размеры составных фигур.
2. определить относительно выбранной системы координат положения центра тяжести каждой фигуры.
3. определить площадь каждой фигуры.
4. заполнить полученные значения в таблицу.
5. определить центр тяжести составного сечения.
6. отметить на сече положение центра тяжести.

Ход работы:

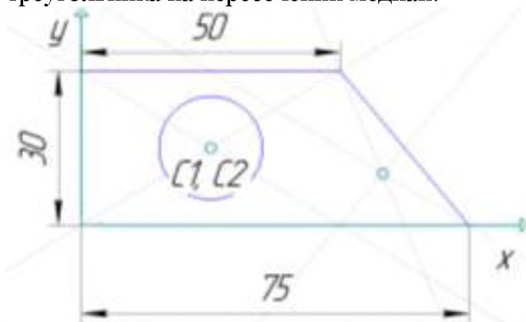
1. Указываем на сечении все размеры.



2. Принимаем систему координат, оси x и y должны касаться фигуры или находиться на оси симметрии. В точке пересечения осей значения координат равно 0.



Центр тяжести окружности в центре, Прямоугольника на пересечении его диагоналей и у треугольника на пересечении медиан.



Центр тяжести прямоугольника и круга совпадают $C1$ и $C2$.

Определяем координаты относительно системы и вносим значения в таблицу.

Фигура 1(прямоугольник)	Фигура 2(круг)	Фигура 3(треугольник)

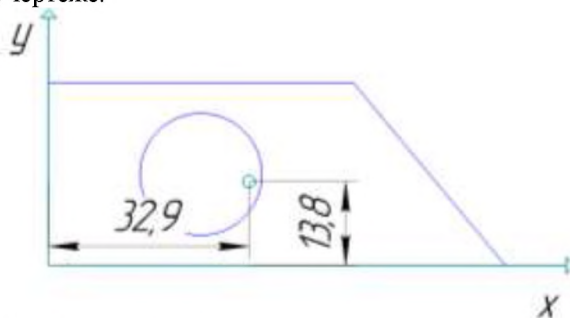
Площадь, A	$30 \cdot 50 = 1500$	$3,14 \cdot 10^2 = 314$	$\frac{1}{2} \cdot 30 \cdot 25 = 375$
Координата, x	25	25	$50 + 25/3 = 58,3$
Координата, y	15	15	$30/3 = 10$

Теперь по формуле определяем центр тяжести составного сечения.

$$X_c = \frac{A_1 \times x_1 + A_2 \times x_2 + A_3 \times x_3 + A_4 \times x_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

$$Y_c = \frac{A_1 \times y_1 + A_2 \times y_2 + A_3 \times y_3 + A_4 \times y_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

Так как окружность в сечении является отверстием значит в формуле перед площадью A2 везде подставляем знак -. После расчёта указываем центр тяжести на чертеже.



Ответ: $x_c = 32,9$ мм, $y_c = 13,8$ мм

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – Таблица заполнена верно, единицы измерения одинаковы более чем 50%.

Оценка 4 – Таблица заполнено верно, все единицы измерения одинаковы.

Оценка 5 – Общий центр тяжести посчитан и указан на схеме верно.

Тема 1.6 Центр тяжести

Практическая работа № 5

Определение центра тяжести плоской фигуры, составленной из стандартных профилей проката

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

Задание:

Определить положение центра тяжести сечения, составленного из стандартных профилей.

Порядок выполнения работы:

1. указать габаритные размеры составных фигур.
2. определить относительно выбранной системы координат положения центра тяжести каждой фигуры.
3. определить площадь каждой фигуры.
4. заполнить полученные значения в таблицу.
5. определить центр тяжести составного сечения.
6. отметить на сече положение центра тяжести.

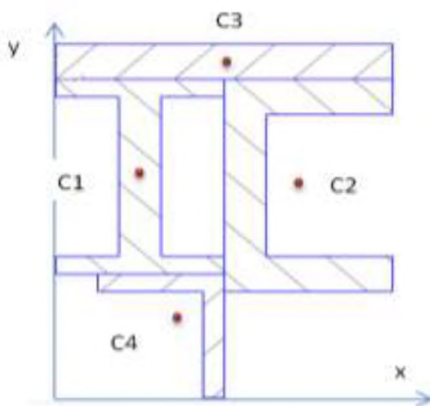
Ход работы:

1. Изображаем на схеме габаритные размеры каждой фигуры. Размеры полосы указаны в условии задачи, размеры стандартных профилей берем по номеру профиля из таблицы ГОСТ b и h.

Проверяем единицы измерения, они должны все быть одинаковыми.

2. Определяем положения центра тяжести каждой фигуры.

Центр тяжести полосы лежит также как и у прямоугольника на пересечении его диагоналей. Центры тяжести профилей двутавра, швеллера и уголка указаны в таблице ГОСТ.



3. Определяем площади фигур.

Площадь полосы находим по формуле $A = b \times h$, двутавр, швеллер и уголок находим в таблице ГОСТ.

4. Заполнить таблицу своими значениями.

	Фигура 1	Фигура 2	Фигура 3	Фигура 4
Площадь, A				
Координата, x				
Координата, y				

5. Из таблицы подставляем значения в формулу для определения общего центра тяжести

$$X_c = \frac{A_1 \times x_1 + A_2 \times x_2 + A_3 \times x_3 + A_4 \times x_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

$$Y_c = \frac{A_1 \times y_1 + A_2 \times y_2 + A_3 \times y_3 + A_4 \times y_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

6. Отметить центр тяжести составного сечения на рисунке по рассчитанным значениям.

Ответ: $X_c =$; $Y_c =$.

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – Таблица заполнена верно, единицы измерения одинаковы более чем 50%.

Оценка 4 – Таблица заполнено верно, все единицы измерения одинаковы.

Оценка 5 – Общий центр тяжести посчитан и указан на схеме верно.

Тема 1.9 Простейшие движения твёрдого тела

Практическая работа № 6

Поступательное, вращательное движения твердого тела

Цель: иметь представление о поступательном и вращательном движениях твердого тела и их параметрах. Знать способы задания движения. Знать обозначения, единицы измерения, взаимосвязь кинематических параметров движения. Уметь определять кинематические параметры движения.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

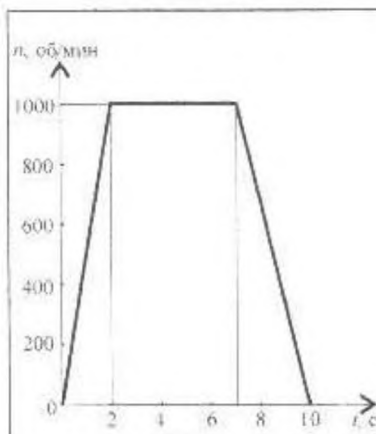
Задание:

Определить вид движения на каждом участке, записать закон движения на каждом участке. Определить полный угол поворота за время движения и полное число оборотов шкива за это время. Определить угловую скорость, нормальное ускорение и касательное в указанные моменты времени.

Порядок выполнения работы:

- 1.определить тип движения
- 2.определить скорость, ускорение, угол поворота.

Ход работы:



По заданному графику следует рассмотреть 3 участка движения.

Первый участок – разгон из состояния покоя (равноускоренное движение).

Уравнение движения задано по формуле

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 \cdot t + (\varepsilon \cdot t^2) / 2$$

В данном случае $\varphi_0 = 0$, $\omega_0 = 0$

Следовательно $\varphi = (\varepsilon \cdot t^2) / 2$

Откуда $\varepsilon = (2\varphi) / t^2$

Тело из состояния покоя сделало 1000 оборотов за 2 секунды, один оборот равен 2π радиан. Следовательно $\varphi = 2000\pi$ радиан.

Тогда можем определить значение углового ускорения $\varepsilon = (2 \cdot 2000\pi) / t^2 = 3140 \text{ рад/с}^2$.

Полное число оборотов на первом участке равно $z = \varphi / 2\pi = 2000\pi / 2\pi = 1000$ оборотов.

Угловая скорость равна $\omega = (2\pi \cdot n) / 60 = 2\pi \cdot 1000 / 60 = 104,7 \text{ рад/с}$.

В ответе указываем значения на всех трех участках и полный угол поворота и число оборотов.

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – все три участка правильно заданы уравнения движения и посчитан угол поворота.

Оценка 4 – для каждого участка верно рассчитаны угловая скорость, угловое ускорение и число оборотов.

Оценка 5 – определен полный угол поворота и полное число оборотов шкива.

Тема 1.11 Основные понятия и аксиомы динамики

Практическая работа № 7

Решение задач на определение работы и мощности

Цель: знать аксиомы динамики и математическое выражение основного закона динамики. Иметь представление о трении и силе трения, силе инерции. Знать формулы для определения силы трения и силы инерции. Знать формулы для определения работы и мощности при поступательном и вращательном движениях. КПД. Уметь рассчитывать работу и мощность с учетом потерь на трение и сил инерции.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

Задание:

определить потребляемую мощность электродвигателя лифта.

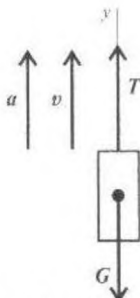
Порядок выполнения работы:

- 1.Разбить график движения лифта на участки.
- 2.Определить на участках ускорение.
- 3.Составить для участков уравнение кинематики.

Ход работы:

Задан график изменения скорости лифта при подъеме. Масса лифта 2800 кг. Определить натяжение каната.

Рассмотрим участок 1 – подъем с ускорением.



Уравнение равновесия кабины лифта: $\Sigma F_x = T - G - F_{\text{ин}} = 0$

Где $G = mg$, $F_{\text{ин}} = ma$,

T – натяжение каната,

G – сила тяжести,

$F_{\text{ин}}$ – сила инерции, растягивающая канат.

Для определения ускорения на участке 1 учтем, что лифт начал движение из состояния покоя $V_0 = 0$ м/с, конечная скорость $V = 4$ м/с, тогда за время движения $t = 2$ с, $a = (4-0)/2 = 2$ м/с².

Следующие два участка рассчитывать по такому же алгоритму.

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – ставиться за верный расчет одного из участков.

Оценка 4 – за верный расчет двух участков.

Оценка 5 – за расчет все трех участков.

Тема 2.2 Растяжение и сжатие

Практическая работа № 8

Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений

Цель: в результате выполнения работы студент должен знать правила построения эпюр продольных сил и нормальных напряжений в поперечном сечении бруса, уметь с помощью метода сечений строить эпюры продольных сил и нормальных напряжений.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

Задание:

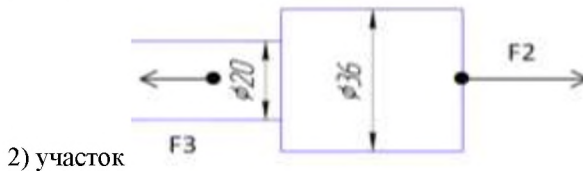
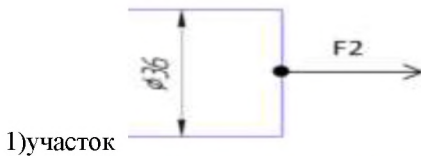
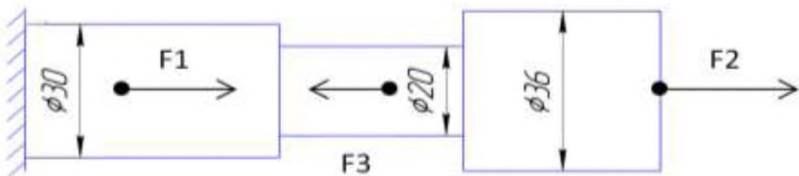
1. Построить по методу сечений эпюру продольных сил.
2. Рассчитать величины нормальных напряжений и построить эпюру..

Порядок выполнения работы:

1. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем продольную силу на каждом участке.
2. определяем величины нормальных напряжений по сечениям с учетом изменения площади поперечного сечения.
3. строим эпюры.

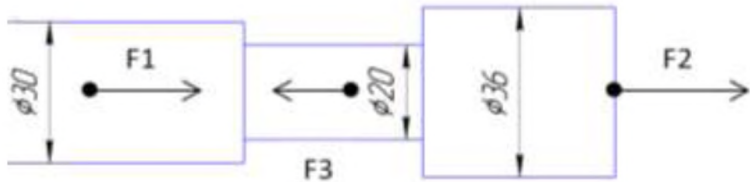
Ход работы:

1. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем продольную силу на каждом участке.



3)

участок



По методу сечений определить продольную силу N , (Н) на каждом участке.

$$N_1 = F_2 = 10 \text{ кН}$$

$$N_2 = F_2 - F_3 = 10 - 5 = 5 \text{ кН}$$

$$N_3 = F_2 - F_3 + F_1 = 10 - 5 + 30 = 35 \text{ кН}$$

По формуле $A = \frac{D^2 \times \pi}{4}$, (мм^2) или $A = R^2 \times \pi$, (мм^2) найти площадь каждого круглого сечения.

$$A_1 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 36^2}{4} = 1017,36 \text{ мм}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 20^2}{4} = 314 \text{ мм}^2$$

$$A_3 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 30^2}{4} = 706,5 \text{ мм}^2$$

2. определяем величины нормальных напряжений по сечениям с учетом изменения площади поперечного сечения.

Исходя из полученных значений находим нормальное напряжение на каждом участке

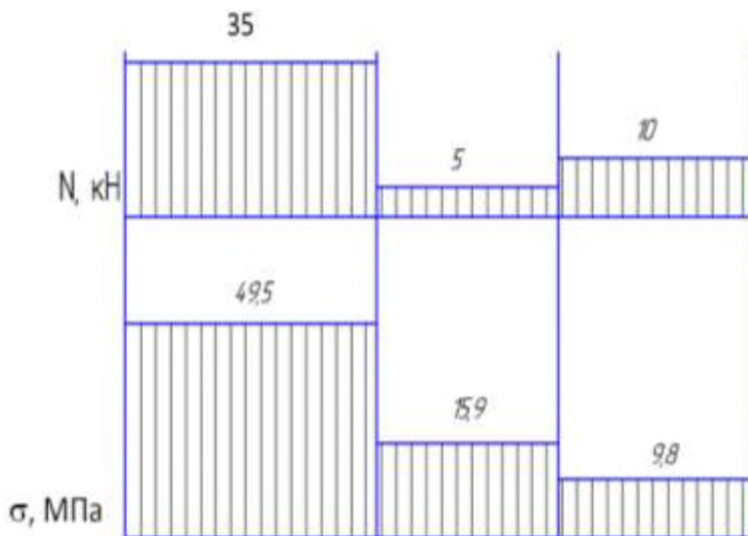
$$\sigma = \frac{N(\text{Н})}{A(\text{мм}^2)}, (\text{Н/мм}^2 \text{ или МПа}).$$

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{10 \times 10^3}{1017,36} = 9,8 \text{ МПа, (Н/мм}^2)$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{5 \times 10^3}{314} = 15,9 \text{ МПа, (Н/мм}^2)$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{35 \times 10^3}{706,5} = 49,5 \text{ МПа, (Н/мм}^2)$$

3. Строим эпюры N и σ .



Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – По методу сечений правильно определена продольная сила на каждом.

Оценка 4 – По методу сечений правильно определена продольная сила на каждом участке и изображена эпюра. Правильно посчитаны площади сечений.

Оценка 5 – По методу сечений правильно определена продольная сила на каждом участке и изображена эпюра. Правильно посчитаны площади сечений. Правильно посчитаны напряжения на каждом участке и есть эпюра.

Тема 2.4 Расчет на прочность при растяжении и сжатии

Практическая работа № 9

Расчёт на прочность при растяжении и сжатии

Цель: в результате выполнения работы студент должен знать правила построения эпюр продольных сил и нормальных напряжений в поперечном сечении бруса, уметь с помощью метода сечений строить эпюры продольных

сил и нормальных напряжений. Проводить конструирование бруса с учетом полученных значений из условия прочности.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

Задание:

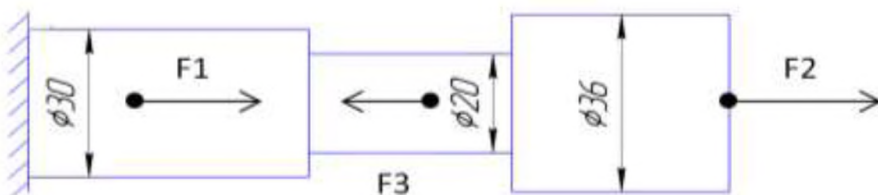
1. Построить по методу сечений эпюру продольных сил.
2. Рассчитать величины нормальных напряжений и построить эпюру.
3. Провести расчет на прочность.
4. Изменить размеры сечений на более рациональные.

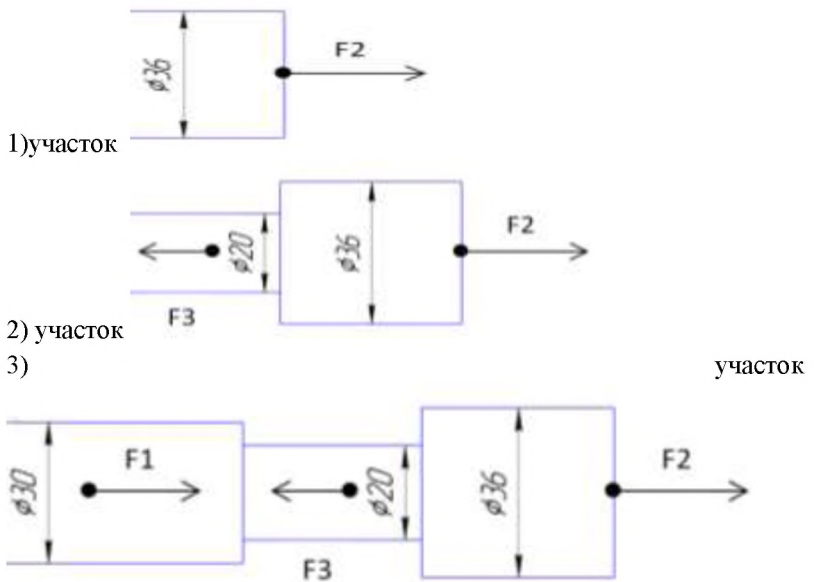
Порядок выполнения работы:

1. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем продольную силу на каждом участке.
2. определяем величины нормальных напряжений по сечениям с учетом изменения площади поперечного сечения.
3. строим эпюры.
4. Подставляем в формулу прочности полученные значения касательных напряжений.
5. По условию прочности меняем размеры сечений.

Ход работы:

1. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем продольную силу на каждом участке.





По методу сечений определить продольную силу N , (Н) на каждом участке.

$$N_1 = F_2 = 10 \text{ кН}$$

$$N_2 = F_2 - F_3 = 10 - 5 = 5 \text{ кН}$$

$$N_3 = F_2 - F_3 + F_1 = 10 - 5 + 30 = 35 \text{ кН}$$

По формуле $A = \frac{D^2 \times \pi}{4}$, (мм^2) или $A = R^2 \times \pi$, (мм^2) найти площадь каждого круглого сечения.

$$A_1 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 36^2}{4} = 1017,36 \text{ мм}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 20^2}{4} = 314 \text{ мм}^2$$

$$A_3 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 30^2}{4} = 706,5 \text{ мм}^2$$

2. определяем величины нормальных напряжений по сечениям с учетом изменения площади поперечного сечения.

Исходя из полученных значений находим нормальное напряжение на каждом

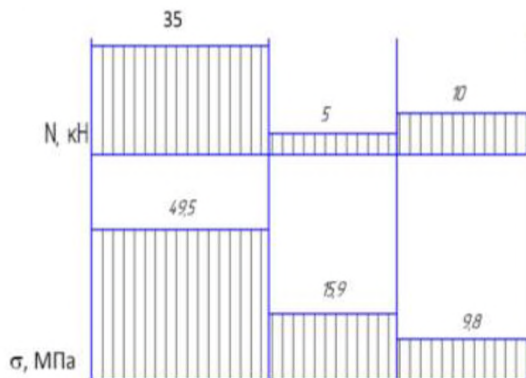
участке $\sigma = \frac{N(\text{Н})}{A(\text{мм}^2)}$, (Н/мм^2 или МПа).

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{10 \times 10^3}{1017,36} = 9,8 \text{ МПа, (Н/мм}^2\text{)}$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{5 \times 10^3}{314} = 15,9 \text{ МПа, (Н/мм}^2\text{)}$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{35 \times 10^3}{706,5} = 49,5 \text{ МПа, (Н/мм}^2\text{)}$$

Строим эпюры N и σ .



3. Проверяем по условию прочности $\sigma \leq [\sigma]$ размеры сечений.

$$\sigma_1 \leq [\sigma]; 9,8 < 40, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 \leq [\sigma]; 15,9 < 40, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 \geq [\sigma]; 49,5 > 40, \text{ МПа}$$

Вывод: Из условия прочности видно, что на 3-ем участке нормальное напряжение превышает допускаемое. Значит нужно изменить площадь поперечного сечения или уменьшить силу F1. Наиболее простым будет изменить площадь сечения.

$$4. \text{ Уточненная } A_3 = \frac{N_3}{[\sigma]} = \frac{35 \times 10^3}{40} = 875, \text{ мм}^2$$

Так же нужно изменить площади сечений на 1-ом и 2-ом участках. Здесь не рационально использован материал.

$$\text{Уточненная } A_1 = \frac{N_1}{[\sigma]} = \frac{10 \times 10^3}{40} = 250, \text{ мм}^2$$

$$\text{Уточненная } A_2 = \frac{N_2}{[\sigma]} = \frac{5 \times 10^5}{40} = 125, \text{ мм}^2$$

Ответ: Уточненные $D_3 = 33,4 \text{ мм}$, $D_2 = 12,6 \text{ мм}$, $D_1 = 17,8 \text{ мм}$.

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – По методу сечений правильно определена продольная сила на каждом участке и построена эпюра.

Оценка 4 – По методу сечений правильно определена продольная сила на каждом участке и изображена эпюра. Правильно посчитаны площади сечений. Правильно посчитаны напряжения на каждом участке и есть эпюра.

Оценка 5 – По методу сечений правильно определена продольная сила на каждом участке и изображена эпюра. Правильно посчитаны площади сечений. Правильно посчитаны напряжения на каждом участке и есть эпюра. Проведена проверка прочности и заменены размеры на более рациональные.

Тема 2.6 Кручение

Практическая работа № 10

Построение эпюр крутящих моментов и касательных напряжений при кручении

Цель: в результате выполнения работы студент должен знать правила построения эпюр крутящих моментов и касательных напряжений в поперечном сечении бруса, уметь с помощью метода сечений строить эпюры крутящих моментов и касательных напряжений.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

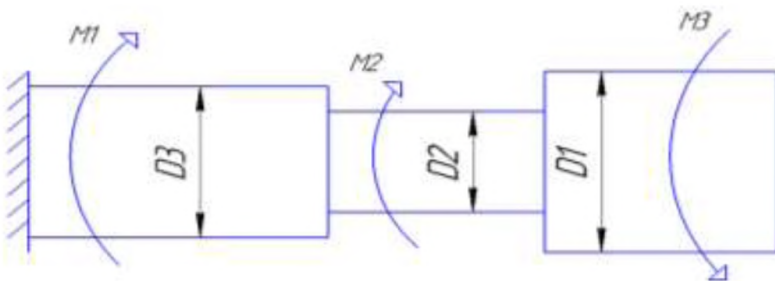
Задание:

1. Определить по методу сечений крутящие моменты.
2. По условию прочности рассчитать размеры каждой ступени.

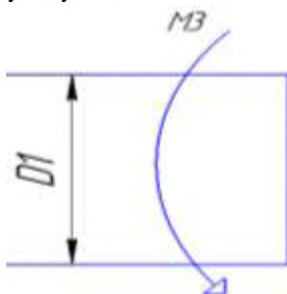
Порядок выполнения работы:

1. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем крутящий момент на каждом участке.
2. определяем величины касательных напряжений.
3. строим эпюры.

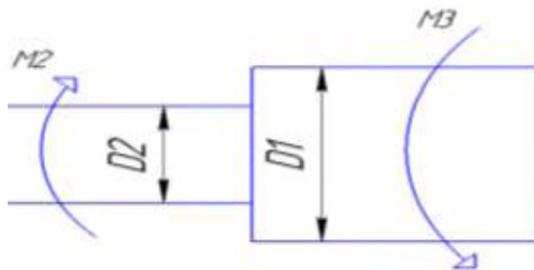
Ход работы:



1. Разбить балку на участки.

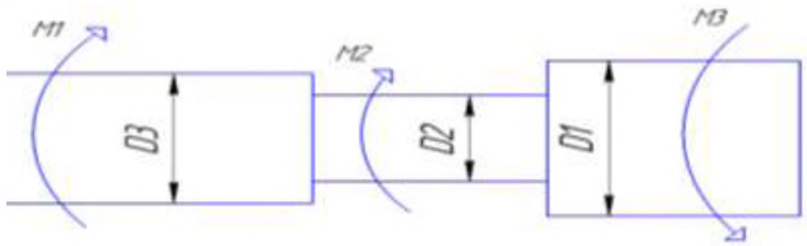


1)участок



2)участок

3)участок



По методу сечений определить крутящий момент $M_{кр}$, (кН*м) на каждом участке.

$$M_{кр1} = -M_3 = -5 \text{ кН*м}$$

$$M_{кр2} = -M_3 + M_2 = -5 + 10 = 5 \text{ кН*м}$$

$$M_{кр3} = -M_3 + M_2 - M_1 = -5 + 10 - 30 = -25 \text{ кН*м}$$

2. По условию прочности определяем касательные напряжения.

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} \leq [\tau]$$

, Н/мм²(МПа)

$$\text{где, } W_p = 0,2 \times D^3, \text{ мм}^3$$

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – По методу сечений правильно определены крутящие моменты на каждом участке и построена эпюра.

Оценка 4 – По методу сечений правильно определены крутящие моменты на каждом участке и построена эпюра. Определены касательные напряжения.

Оценка 5 – По методу сечений правильно определены крутящие моменты на каждом участке и построена эпюра. Определены касательные напряжения и построена эпюра.

Тема 2.6 Кручение

Практическая работа № 11

Расчет на прочность при кручении бруса

Цель: в результате выполнения работы студент должен знать правила построения эпюр крутящих моментов и касательных напряжений в поперечном сечении бруса, уметь с помощью метода сечений строить эпюры

крутящих моментов и касательных напряжений. Проводить конструирование бруса с учетом полученных значений из условия прочности.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

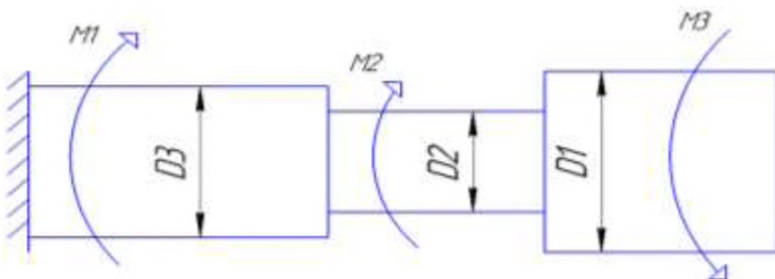
Задание:

1. Определить по методу сечений крутящие моменты.
2. По условию прочности рассчитать размеры каждой ступени.

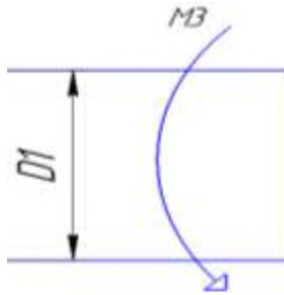
Порядок выполнения работы:

1. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем крутящий момент на каждом участке.
2. определяем величины полярные моменты сопротивления по сечениям с учетом изменения площади поперечного сечения.
3. выражаем диаметра ступеней.

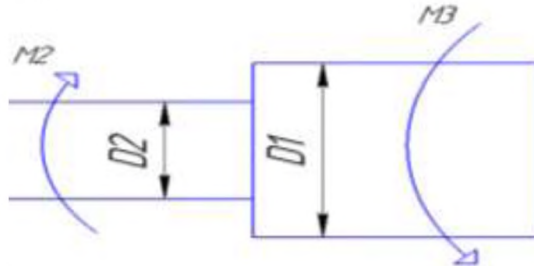
Ход работы:



1. Разбить балку на участки.

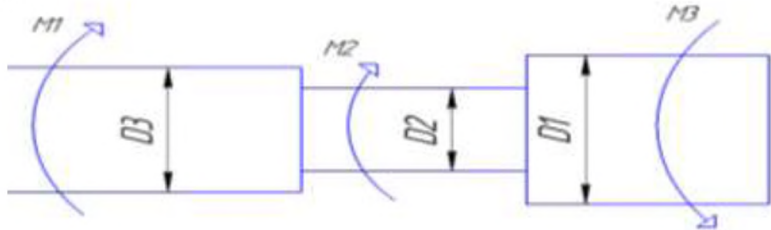


1)участок



2)участок

3)участок



По методу сечений определить крутящий момент $M_{кр}$, (кН*м) на каждом участке.

$$M_{кр1} = -M3 = -5 \text{ кН*м}$$

$$M_{кр2} = -M3 + M2 = -5 + 10 = 5 \text{ кН*м}$$

$$M_{кр3} = -M3 + M2 - M1 = -5 + 10 - 30 = -25 \text{ кН*м}$$

2. По условию прочности определяем полярные моменты сопротивления ступеней вала.

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} \leq [\tau]$$

$$W_{p1} = \frac{M_{кр}}{[\tau]} = \frac{-5 \times 10^6}{140} = 35714,28, \text{ мм}^3$$

$$W_{p2} = \frac{M_{кр}}{[\tau]} = \frac{5 \times 10^6}{140} = 35714,28, \text{ мм}^3$$

$$W_{p3} = \frac{M_{кр}}{[\tau]} = \frac{-25 \times 10^6}{140} = 178571,4, \text{ мм}^3$$

3. Из формулы выражаем диаметры вала.

$$W_p = 0,2 \times D^3, \text{ мм}^3$$

$$D1 = \sqrt[3]{\frac{W_{p1}}{0,2}} = \sqrt[3]{\frac{35714,28}{0,2}} = 56 \text{ мм}$$

$$D2 = \sqrt[3]{\frac{W_{p2}}{0,2}} = \sqrt[3]{\frac{35714,28}{0,2}} = 56 \text{ мм}$$

$$D3 = \sqrt[3]{\frac{W_p}{0,2}} = \sqrt[3]{\frac{178571,4}{0,2}} = 96 \text{ мм}$$

Изобразить на схеме брус с расчетными диаметрами.

Ответ: Уточненные $D3 = 96 \text{ мм}$, $D2 = 56 \text{ мм}$, $D1 = 56 \text{ мм}$.

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – По методу сечений правильно определены крутящие моменты на каждом участке и построена эпюра.

Оценка 4 – По методу сечений правильно определены крутящие моменты на каждом участке и построена эпюра. Правильно определены полярные моменты сопротивления.

Оценка 5 – По методу сечений правильно определены крутящие моменты на каждом участке и построена эпюра. Правильно определены полярные моменты сопротивления. Правильно сконструирован брус.

Тема 2.7 Изгиб

Практическая работа № 12

Построение эпюр изгибающих моментов, поперечной силы.

Цель: иметь представление о видах изгиба и внутренних силовых факторах в сечении при изгибе. Знать методы определения внутренних силовых факторов и уметь ими пользоваться. Знать основные правила и

порядок построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Уметь строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

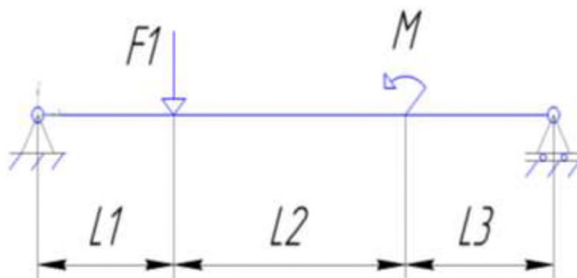
Задание:

- 1.Найти реакции опор.
- 2.Определить по методу сечений поперечную силу.
- 3.Определить по методу сечений изгибающий момент.
4. Построить эпюры.

Порядок выполнения работы:

1. находим реакции опор.
2. проводим проверку реакций опор.
3. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем поперечную силу на каждом участке.
- 4 делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем изгибающий момент на каждом участке..
- 5.строим эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

Ход работы:



- 1.Определяем реакции опор, составляя уравнения равновесия.

$$\sum F_x = -R_x = 0$$

$$R_x = 0$$

$$\sum M = (F_1 \times 1) - M - (R_b \times 4) = 0$$

$$R_b = \frac{M - F_1}{4} = \frac{5 - 30}{4} = -6,25 \text{ кН}$$

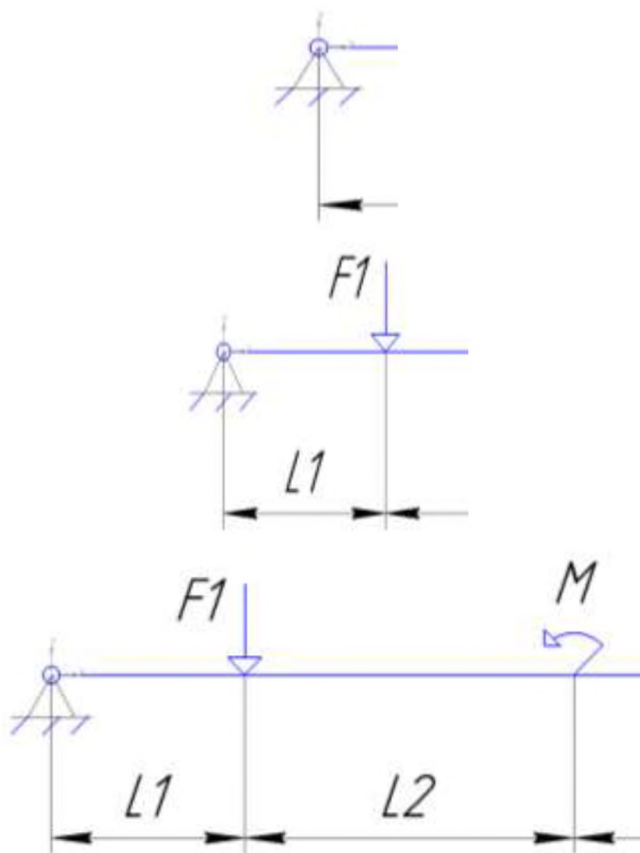
$$\sum F_y = R_a - R_b - F_1 = 0$$

$$R_a = F_1 + R_b = 30 + 6.25 = 36.25 \text{ кН}$$

2. Проверка:

$$\sum F_y = 36,25 - 6,25 - 30 = 0$$

3-4. Разбить брус на участки.



По методу сечений определить поперечную силу Q , (кН) на каждом участке.

$$Q_1 = R_a = 36,25 \text{ кН}$$

$$Q_2 = R_a - F_1 = 36,25 - 30 = 6,25 \text{ кН}$$

$$Q_3 = R_a - F_1 = 36,25 - 30 = 6,25 \text{ кН}$$

По методу сечений определить изгибающий момент $M_{изг}$, (кН*м).

$$M_1 = R_a \times z, z \rightarrow 1 \text{ м}$$

$$M_1 = 36,25 \times 0 = 0$$

$$M_1 = 36,25 \times 1 = 36,25 \text{ кН*м}$$

$$M_2 = R_a \times (1 + z) - F_1 \times z, z \rightarrow 2 \text{ м}$$

$$M_2 = 36,25 \times (1 + 0) - 30 \times 0 = 36,25 \text{ кН*м}$$

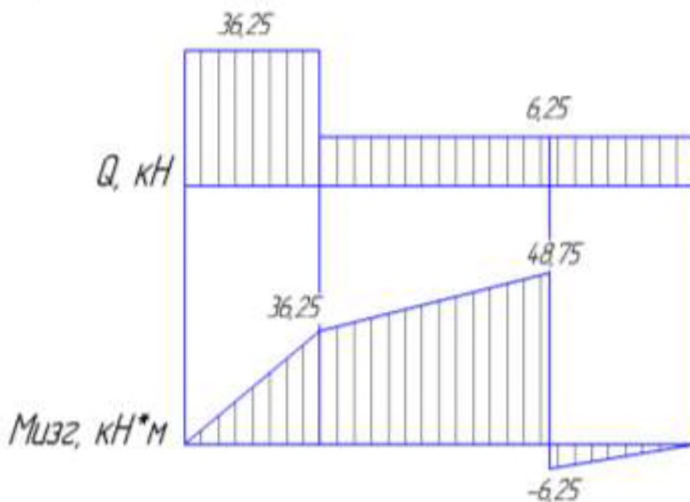
$$M_2 = 36,25 \times (1 + 2) - 30 \times 2 = 48,75 \text{ кН*м}$$

$$M_3 = R_a \times (3 + z) - F_1 \times (2 + z) - M, z \rightarrow 1 \text{ м}$$

$$M_3 = 36,25 \times (3 + 0) - 30 \times (2 + 0) - 55 = -6,25 \text{ кН*м}$$

$$M_3 = 36,25 \times (3 + 1) - 30 \times (2 + 1) - 55 = 50 \text{ кН*м}$$

5. Строим эпюры Q и $M_{изг}$.



Ответ: Опасным считаются сечение 1 здесь максимальный скачек силы поперечной Q и переход от сечения 2 к сечению 3 здесь максимальное значение момента.

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – По методу сечений правильно определены поперечные силы на каждом участке.

Оценка 4 – По методу сечений правильно определены поперечные силы на каждом участке. Правильно определены изгибающие моменты.

Оценка 5 – По методу сечений правильно определены поперечные силы на каждом участке. Правильно определены изгибающие моменты. Построены обе эпюры.

Тема 2.7 Изгиб

Практическая работа № 13

Выбор рационального сечения при изгибе

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

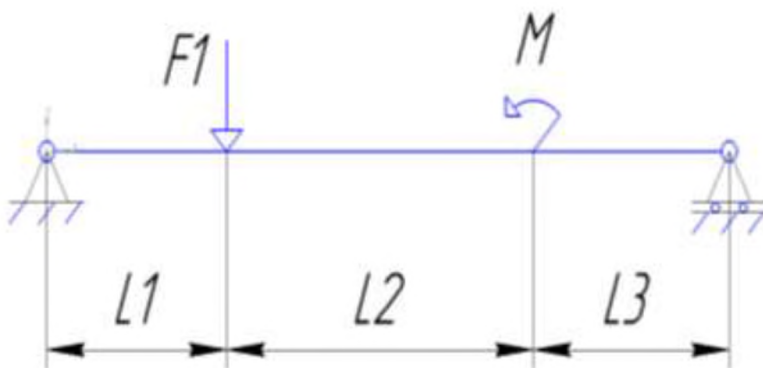
Задание:

- 1.Найти реакции опор.
- 2.Определить по методу сечений поперечную силу.
- 3.Определить по методу сечений изгибающий момент.
4. Построить эпюры.
- 5.Определить № профиля сечения.

Порядок выполнения работы:

1. находим реакции опор.
2. проводим проверку реакций опор.
3. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем поперечную силу на каждом участке.
4. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем изгибающий момент на каждом участке..
5. строим эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.
6. подбираем размеры сечения.

Ход работы:



1. Определяем реакции опор, составляя уравнения равновесия.

$$\sum F_x = -R_x = 0$$

$$R_x = 0$$

$$\sum M = (F1 \times 1) - M - (R_b \times 4) = 0$$

$$R_b = \frac{M - F1}{4} = \frac{5 - 30}{4} = -6,25 \text{ кН}$$

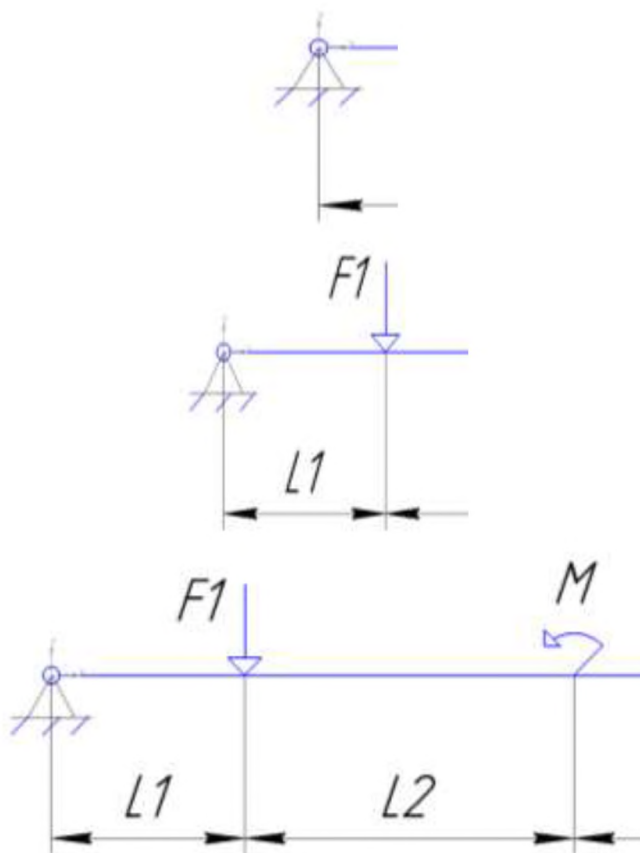
$$\sum F_y = R_a - R_b - F1 = 0$$

$$R_a = F1 + R_b = 30 + 6.25 = 36.25 \text{ кН}$$

2. Проверка:

$$\sum F_y = 36,25 - 6,25 - 30 = 0$$

- 3-4. Разбить брус на участки.



По методу сечений определить поперечную силу Q , (кН) на каждом участке.

$$Q1 = R_a = 36,25 \text{ кН}$$

$$Q2 = R_a - F1 = 36,25 - 30 = 6,25 \text{ кН}$$

$$Q3 = R_a - F1 = 36,25 - 30 = 6,25 \text{ кН}$$

По методу сечений определить изгибающий момент Мизг, (кН*м).

$$M1 = R_a \times z, z \rightarrow 1 \text{ м}$$

$$M1 = 36,25 \times 0 = 0$$

$$M1 = 36,25 \times 1 = 36,25 \text{ кН*м}$$

$$M_2 = Ra \times (1 + z) - F_1 \times z, z \rightarrow 2\text{ м}$$

$$M_2 = 36,25 \times (1 + 0) - 30 \times 0 = 36,25 \text{ кН*м}$$

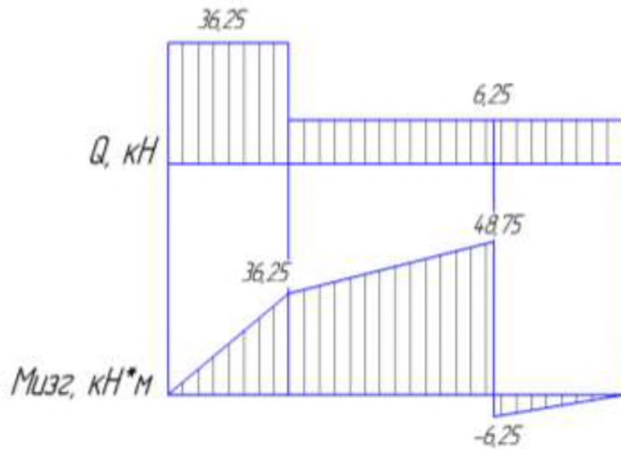
$$M_2 = 36,25 \times (1 + 2) - 30 \times 2 = 48,75, \text{ кН*м}$$

$$M_3 = Ra \times (3 + z) - F_1 \times (2 + z) - M, z \rightarrow 1\text{ м}$$

$$M_3 = 36,25 \times (3 + 0) - 30 \times (2 + 0) - 55 = -6,25, \text{ кН*м}$$

$$M_3 = 36,25 \times (3 + 1) - 30 \times (2 + 1) - 55 = 50, \text{ кН*м}$$

5. Строим эпюры Q и Мизг.



Опасным считаются сечение 1 здесь максимальный скачек силы поперечной Q и переход от сечения 2 к сечению 3 здесь максимальное значение момента.

6. Подбираем по условию прочности размер сечения.

$$\sigma^{\max} = \frac{M_{\text{изг}}}{W_x} \geq [\sigma_{\text{изг}}]$$

Допускаемое напряжение изгиба для материала балки 160 МПа, максимальное значение момента 48,75 кН*м.

$$W_x = 48,75 \times 10^6 / 160 = 304 \times 10^3, \text{ мм}^3$$

По таблице сортамента проката определяем номер профиля подходящего №24.

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – По методу сечений правильно определены поперечные силы на каждом участке. Правильно определены изгибающие моменты.

Оценка 4 – По методу сечений правильно определены поперечные силы на каждом участке. Правильно определены изгибающие моменты. Построены обе эпюры.

Оценка 5 – По методу сечений правильно определены поперечные силы на каждом участке. Правильно определены изгибающие моменты. Построены обе эпюры. Определен номер профиля двутаврового сечения.

Тема 2.8 Устойчивость сжатых стержней

Практическая работа № 14

Расчет сжатого стержня на устойчивость

Цель: знать условие устойчивости сжатых стержней, формулы Эйлера для определения критической силы, эмпирические формулы для расчетов критического напряжения и критической силы. Уметь выполнять проверочные расчеты на устойчивость сжатых стержней.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

Задание:

Выполнить проверку на устойчивость сжатого стержня.

Порядок выполнения работы:

1. Определить геометрические параметры.
2. Определить гибкость стержня.
3. Определить допускаемую нагрузку на стержень.
4. Проверить по условию устойчивости.

Ход работы:

1. Определить основные геометрические параметры сечения стержня по ГОСТ 8240-89.

Швеллер №16: площадь сечения $18,1 \text{ см}^2$;

Минимальный осевой момент сечения $63,3 \text{ см}^4$; минимальный радиус инерции сечения $i_{\min} = 1,87 \text{ см}$.

2. Определяем категорию стержня в зависимости от гибкости.

Предельная гибкость для материала Ст3 $\lambda_{\text{пред}} = 100$.

Расчетная гибкость стержня при длине $l = 1 \text{ м} = 1000 \text{ мм}$

$$\lambda = \frac{2 * 1000}{18,7} = 106,95$$

Рассчитываем стержень – стержень большой гибкости, расчет ведем по формуле Эйлера.

$$F_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 * E * J_{\min}}{(\mu * l)^2} = \frac{3,14^2 * 2 * 10^5 * 63,3 * 10^4}{(2 * 1000)^2} = 312000 \text{ Н}$$
$$= 312 \text{ кН}$$

3. Допускаемая нагрузка на стержень $[F] = F_{\text{кр}}/[s_y]$

$$F_y = \frac{312}{3} = 105,5 \text{ кН}$$

4. Условие устойчивости $F \leq [F_y]$;

$82 \text{ кН} < 105,5 \text{ кН}$. Устойчивость стержня обеспечена.

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – Верно определены геометрические характеристики сечения.

Оценка 4 – Верно рассчитана гибкость стержня.

Оценка 5 – Посчитана допускаемая нагрузка и проведен анализ устойчивости.

Тема 3.3 Многопролетные статически определимые балки

Практическая работа № 15

Кинематический анализ многопролетной шарнирной балки

Цель: уметь проводить кинематический анализ многопролетных балок.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

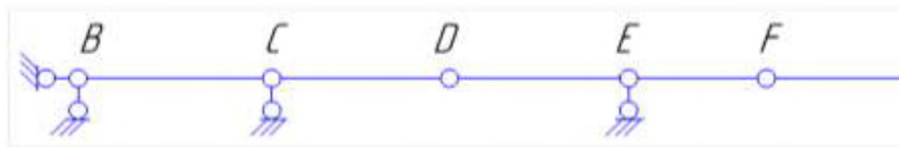
Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик.

Задание:

1. Для многопролетной балки провести кинематический анализ.

Порядок выполнения работы:

1. Определить степень свободы многопролетной балки по формуле.
2. Геометрическая неизменяемость многопролетной балки. Провести анализ мгновенной изменяемости.

Ход работы:

В данной балке 3 диска $D = 3$, два простых шарнира $\Pi = 2$, и 5 опорных стержней $С_{оп} = 5$.

Определяем степень свободы по формуле

$$W = 3 \cdot D - 2 \cdot \Pi - C_{оп}$$

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 2 - 5 = 0$$

Балка имеет необходимое количество связей.

Анализ геометрической структуры.

Балка BCD прикреплена к земле при помощи трех опорных стержней, которые не параллельны и не пересекаются в одной точке, т.е. она не изменяема и образует совместно с землей неподвижный диск. К диску BCD прикрепляется диск DEF двумя стержнями в шарнире D и опорным стержнем в точке E. Эти три стержня параллельны и не пересекаются в одной точке. Следовательно, система двух дисков BCD и DEF неизменяема. И наконец, к этой неизменяемой системе прикрепляется диск FG тремя параллельными и не пересекающимися в одной точке стержнями. Данная балка геометрически не изменяема.

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – Посчитана верно степень свободы.

Оценка 4 – Посчитана верно степень свободы. Проведен геометрический анализ одной из частей балки.

Оценка 5 – Посчитана верно степень свободы. Проведен геометрический анализ полностью.

Тема 3.3 Многопролетные статически определимые балки**Практическая работа № 16****Аналитический расчет многопролетной шарнирной балки**

Цель: уметь строить эпюры момента изгиба и поперечной силы для многопролетных балок. Определять реакции опор поэтажных схем.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

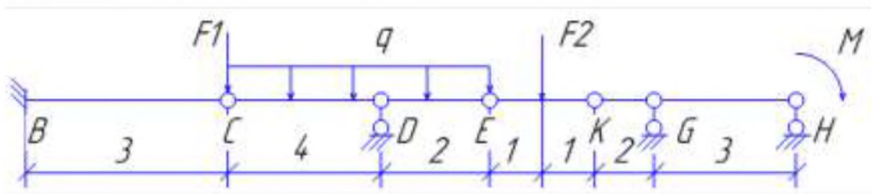
Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик.

Задание:

1.Для многопролетной балки построить эпюры момента изгиба и поперечной силы.

Порядок выполнения работы:

- 1.Кинематический анализ.
- 2.Определение опорных реакций.
- 3.Определение внутренних силовых факторов.
- 4.Построение эпюр.

Ход работы:

В данной балке 4 диска $D = 4$, три простых шарнира $\Pi = 3$, и 6 опорных стержней $Соп = 6$.

Определяем степень свободы по формуле

$$W = 3 \cdot D - 2 \cdot \Pi - C_{оп}$$

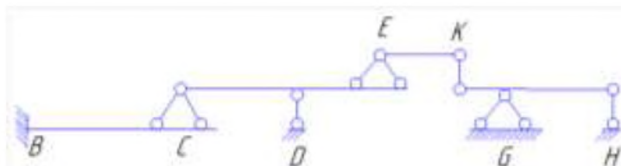
$$W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 3 - 6 = 0$$

Балка имеет необходимое количество связей.

Анализ геометрической структуры.

Балка BC прикреплена в опоре В к земле жесткой связью, т.е. она неизменяема. К этому неподвижному диску прикреплен диск CDE двумя стержнями в шарнире С и опорным стержнем в точке D, т.е. тремя стержнями, оси которых непараллельные и не пересекаются в одной точке. Полученная система из двух дисков BC и CDE неизменяема и неподвижна. Балка KGH прикреплена к земле двумя вертикальными опорными стержнями в точках G и H, а также соединена с неподвижной системой BC-CDE горизонтальным стержнем EK. Так как эти три связи непараллельные и не пересекаются в одной точке, то вся система неизменяема. Проверку на мгновенную изменяемость не проводим, так как нигде не нарушены правила образования геометрически неизменяемых систем.

На основании проведенного анализа устанавливаем, что главными элементами являются балки BC и KGH, а второстепенными балки CDE и EK.



Переходим к аналитическому расчету.

Расчет начинаем с верхней второстепенной балки EK, которая по середине нагружена силой F_2 . Находим опорные реакции R_e и R_k из уравнений моментов относительно точки.

$$\sum M_E = F_2 \cdot 1 - R_k \cdot 2 = 0, R_k = 10 \text{ кН}$$

$$\sum M_K = R_e \cdot 2 - F_2 \cdot 1 = 0, R_e = 10 \text{ кН}$$



Здесь один участок, значит составим две формулы.
Первая формула изгибающий момент слева.

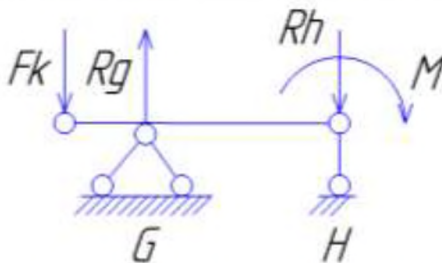
$$M_{изг_E} = R_e * z$$

$$M_{изг_E} = 0, M_{изг_E} = 10 \text{ кН*м}$$

Вторая формула поперечную силу слева.

$$Q_E = R_e = 10 \text{ кН}$$

Второстепенная балка ЕК передает давление на две нижележащие балки: главную КGH и второстепенную CDE. Вначале рассчитаем главную балку КGH, которая представляет собой однопролетную балку с левой консолью. Она нагружена моментом к нему добавляем в точке К опорное давление F_k от вышележащей балки ЕК. $F_k = R_k = 10 \text{ кН}$, и направленно в противоположную сторону, вниз. Находим опорные реакции R_g и R_h .



$$\sum M_G = -F_k * 2 + M + R_h * 3 = 0, R_h = 5 \text{ кН}$$

$$\sum M_H = -F_k * 5 + M + R_g * 3 = 0, R_g = 15 \text{ кН}$$

У этой балки два участка, значит составлять будем по две формулы для момента изгиба и для поперечной силы.

Первая формула, изгибающие моменты слева.

$$M_{изг_K} = -F_k * z$$

$$M_{изг_K} = 0, M_{изг_K} = -20 \text{ кН*м}$$

Вторая формула.

$$M_{изг_G} = -F_k * z + R_b * z$$

$$M_{изг_G} = -20 \text{ кН*м}, M_{изг_{K2}} = -5 \text{ кН*м}$$

Первая формула поперечной силы слева.

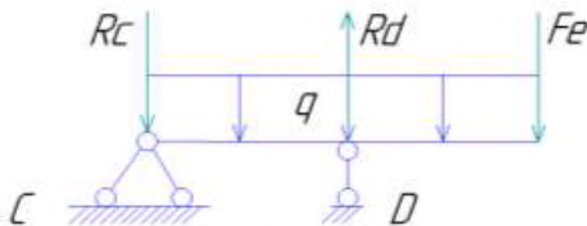
$$Q_K = -F_k = -10 \text{ кН}$$

Вторая формула.

$$Q_G = -F_k + R_g = 5 \text{ кН}$$

Теперь рассмотрим вторую второстепенную балку CDE. Балка нагружена равномерно распределенной нагрузкой q , к ней в точке Е добавим опорное давление $F_e = R_e = 10 \text{ кН}$ от вышележащей второстепенной балки ЕК.

Находим опорные реакции R_c и R_d .



$$\sum M_C = Fe * 6 + q * 6 * 3 - Rd * 4 = 0, Rd = 24 \text{ кН}$$

$$\sum M_D = Fe * 2 - q * 6 * 1 - Rc * 4 = 0, Rc = 2 \text{ кН}$$

У этой балки тоже два участка значит опять по формуле на каждый участок.

Первая формула, вычисляем изгибающие моменты слева.

$$M_{изг_C} = -Rc * z - (q * z^2) / 2$$

$$M_{изг_C} = 0; M_{изг_C} = -24 \text{ кН*м}$$

Вторая формула.

$$M_{изг_D} = -Rc(4+z) - (q(z^2+4^2))/2 + Rd * z$$

$$M_{изг_D} = -24 \text{ кН*м}; M_{изг_D} = 0$$

Первая формула, вычисляем продольную силу слева.

$$Q_C = -Rc - q * z$$

$$Q_C = -2 \text{ кН}; Q_C = -10 \text{ кН}$$

Вторая формула.

$$Q_D = -Rc + Rd - q * (z+4)$$

$$Q_D = 14 \text{ кН}; Q_D = 10 \text{ кН}$$

Последней рассчитываем главную балку ВС, которая представляет собой консоль, с жесткой опорой в сечении В. Балка нагружена в точке С сосредоточенной силой F1. В эту же точку передается опорное давление от второстепенной балки CDE, равное Fc = 2 кН и направленное вверх.



Для консольной балки можно не определять реакции опор, а непосредственно от действующей нагрузки вычислять в характерных сечениях изгибающие моменты и поперечные силы.

У этой балки один участок, значит по одной формуле для каждого силового фактора.

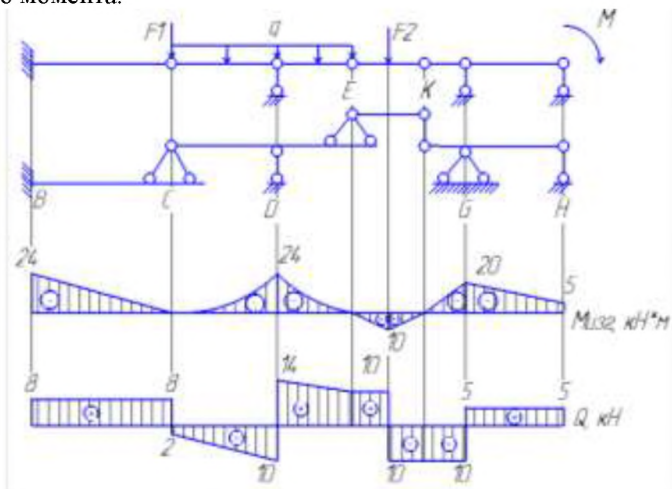
$$M_{изг_B} = -F1 * z + Fc * z$$

$$M_{изг_B} = 0; M_{изг_B} = -24 \text{ кН*м}$$

$$Q_B = F1 - Fc$$

$$Q_B = 8 \text{ кН}$$

Строим общую эпюру многопролетной балки для поперечной силы и изгибающего момента.



Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – Верно проведен кинематический анализ.

Оценка 4 – Верно проведен кинематический анализ. Два пролёта посчитаны верно, реакции опор и внутренние силовые факторы.

Оценка 5 – Верно проведен кинематический анализ. Все пролеты посчитаны верно. Есть эпюры.

Тема 3.5 Статически определимые плоские рамы

Практическая работа № 17

Кинематический анализ плоских рам

Цель: уметь проводить кинематический анализ плоских рам и определять реакции опор.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

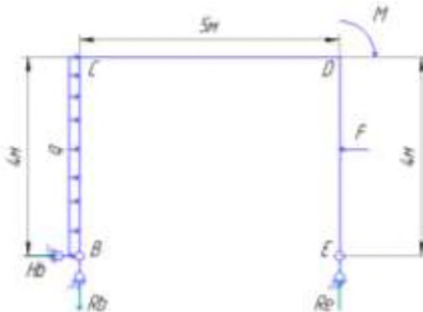
Задание:

1. Для плоской рамы провести кинематический анализ и найти реакции опор.

Порядок выполнения работы:

1. Определить степень свободы рамы по формуле.
2. Геометрическая неизменяемость рамы. Провести анализ мгновенной изменяемости.
3. Определить реакции опор.

Ход работы:



В данной балке 1 диска $D = 1$, нет простых шарниров $\Pi = 0$, и 3 опорных стержней $С_{оп} = 3$.

Определяем степень свободы по формуле

$$W = 3 \cdot D - 2 \cdot \Pi - C_{оп}$$

$$W = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 0 - 3 = 0$$

Балка имеет необходимое количество связей.

Анализ геометрической структуры.

Диск прикреплен к земле тремя опорными стержнями, которые не пересекаются в одной точке и не параллельны. Данная рама неизменяема.

Определим опорные реакции H_b , R_b и R_e составив уравнения равновесия моментов относительно произвольных точек и проекцию на ось.

Выберем направление оси x и составим уравнение равновесия относительно этой оси.

$$\sum F_x = H_b + G \cdot 2 - F \cdot 2 = 0; H_b = 2 \text{ кН.}$$

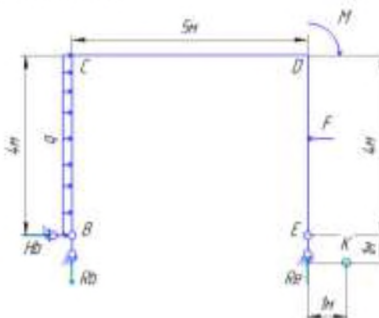
Теперь составим уравнение моментов относительно точки В.

$$\Sigma M_B = G \cdot 2 + M - F \cdot 2 - R_e \cdot 5 = 0; R_e = 0.2 \text{ кН}$$

Последним относительно точки Е.

$$\Sigma M_E = -R_b \cdot 5 + G \cdot 2 + M - F \cdot 2 = 0; R_b = 0.2 \text{ кН}$$

Теперь нужно провести проверку решения составив уравнение моментов относительно любой точки.



$$\Sigma M_K = -R_b \cdot 6 + H_b \cdot 1 + G \cdot 3 + M - F \cdot 3 + R_e \cdot 1 = 0$$

Проверка сошлась значит нашли реакции опор верно.

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – Посчитана верно степень свободы.

Оценка 4 – Посчитана верно степень свободы. Проведен геометрический анализ рамы.

Оценка 5 – Посчитана верно степень свободы. Проведен геометрический анализ рамы. Верно посчитаны реакции опор.

Тема 3.5 Статически определимые плоские рамы

Практическая работа № 18

Аналитический расчет плоских рам

Цель: уметь проводить кинематический анализ плоских рам и определять реакции опор. Находить опасные сечения на эпюрах изгибающего момента, поперечной силы и продольной силы.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

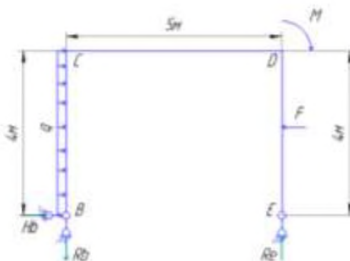
Задание:

1. Для плоской рамы провести кинематический анализ и построить эпюры внутренних силовых факторов.

Порядок выполнения работы:

1. Провести кинематический расчет рамы.
2. Определить реакции опор.
3. Построить эпюры изгибающего момента, поперечной силы и продольной силы.

Ход работы:



В данной балке 1 диска $D = 1$, нет простых шарниров $\Pi = 0$, и 3 опорных стержней $\text{Соп} = 3$.

Определяем степень свободы по формуле

$$W = 3 \cdot D - 2 \cdot \Pi - \text{Соп}$$

$$W = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 0 - 3 = 0$$

Балка имеет необходимое количество связей.

Анализ геометрической структуры.

Диск прикреплен к земле тремя опорными стержнями, которые не пересекаются в одной точке и не параллельны. Данная рама неизменяема.

Определим опорные реакции H_b , R_b и R_e составив уравнения равновесия моментов относительно произвольных точек и проекцию на ось.

Выберем направление оси x и составим уравнение равновесия относительно этой оси.

$$\sum F_x = H_b + q \cdot 2 - F = 0; H_b = 2 \text{ кН.}$$

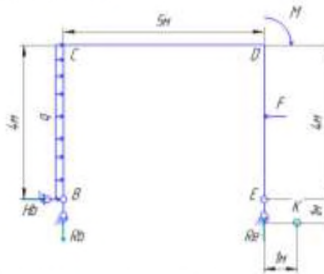
Теперь составим уравнение моментов относительно точки B .

$$\sum M_B = q \cdot 2 + M - F \cdot 2 - R_e \cdot 5 = 0; R_e = 0.2 \text{ кН}$$

Последним относительно точки E .

$$\Sigma M_E = -R_b \cdot 5 + q \cdot 2 + M - F \cdot 2 = 0; R_b = 0.2 \text{ кН}$$

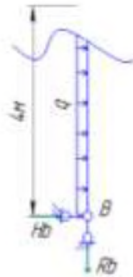
Теперь нужно провести проверку решения составив уравнение моментов относительно любой точки.



$$\Sigma M_K = -R_b \cdot 6 + H_b \cdot 1 + G \cdot 3 + M - F \cdot 3 + R_c \cdot 1 = 0$$

Проверка сошлась значит нашли реакции опор верно.

Разбиваем раму на участки по месту приложения сил.



Определяем на первом участке внутренние силовые факторы.

Продольная сила $N = R_b = 0.2 \text{ кН}$

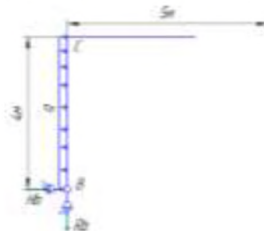
Момент изгиба $M_{изг} = -H_b \cdot z - (q \cdot z^2)/2$

$M_{изг} = 0; -24 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Поперечная сила $Q = -H_b - q \cdot z$

$Q = -2; -10 \text{ кН}$

Переходим ко второму участку.



Что бы определить значения внутренних силовых факторов рассматривать нужно относительно центра тяжести сечения.

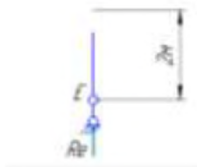
$$\text{Продольная сила } N = -Hb - q \cdot h = -10 \text{ кН}$$

$$\text{Момент изгиба Мизг} = Rb \cdot z + Hb \cdot h + (q \cdot h^2)/2$$

$$\text{Мизг} = -24 \text{ кН}; -25 \text{ кН}$$

$$\text{Поперечная сила } Q = -Rb = -0.2 \text{ кН}$$

Переходим к третьему участку.

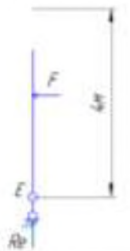


$$\text{Продольная сила } N = -Re = -0,2 \text{ кН}$$

$$\text{Момент изгиба Мизг} = 0$$

$$\text{Поперечная сила } Q = 0$$

Рассматриваем последний четвертый участок

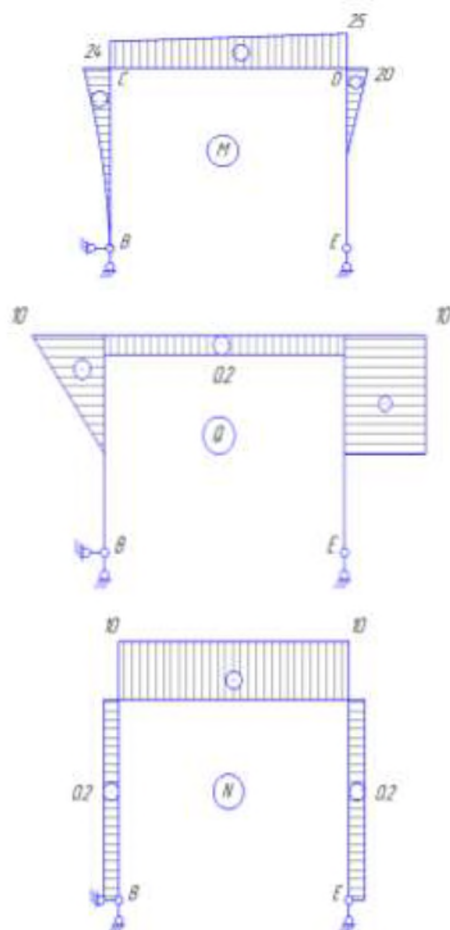


$$\text{Продольная сила } N = -Re = -0,2 \text{ кН}$$

$$\text{Момент изгиба Мизг} = -F \cdot z = -20 \text{ Кн} \cdot \text{м}$$

$$\text{Поперечная сила } Q = F = 10 \text{ кН}$$

Строим эпюры N, Q, Мизг.



Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – Верно построена одна из эпюр.

Оценка 4 – Верно построены две эпюры.

Оценка 5 – Верно построены все эпюры.

Тема 3.6 Плоские статически определимые фермы

Практическая работа № 19

Кинематический анализ ферм

Цель: уметь проводить кинематический анализ ферм.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

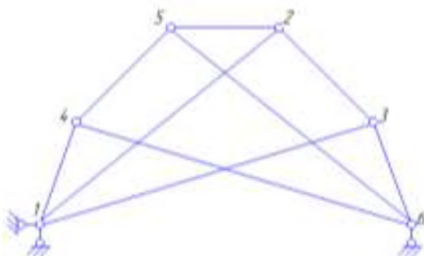
Задание:

1. Для фермы провести кинематический анализ.

Порядок выполнения работы:

1. Определить степень свободы фермы.
2. Проверить на геометрическую изменяемость.

Ход работы:



Степень свободы фермы можно определить по общей формуле, однако необходимо предварительно посчитать кратность шарниров. Обычно степень свободы фермы определяют по более простой формуле.

$$W = 2 \cdot Y - C_{\text{ш}} - C_{\text{оп}}$$

Где Y – число шарнирных узлов,

$C_{\text{ш}}$ – число стержней,

$C_{\text{оп}}$ – число опорных стержней.

В данной ферме 6 шарнирных узлов $Y = 6$, стержней 9 $C_{\text{ш}} = 9$, опорных стержней 3 $C_{\text{оп}} = 3$.

$W = 2 \cdot 6 - 9 - 3 = 0$, значит ферма геометрически неизменяема.

Выделим два диска треугольник 123 и треугольник 456. Эти диски соединены между собой тремя стержнями 1-4, 2-5 и 3-6, оси которых непараллельные и не пересекаются в одной точке. Следовательно, внутренняя структура образует геометрически неизменяемую систему (диск). Этот диск прикреплен тремя опорными стержнями, непараллельными и не пересекающимися в одной точке

Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – Верно посчитана степень свободы.

Оценка 4 – Верно проведен анализ структуры.

Оценка 5 – Верно проведен кинематический анализ. Ответы на список вопросов.

Тема 3.6 Плоские статически определимые фермы

Практическая работа № 20

Аналитический анализ ферм

Цель: уметь проводить кинематический анализ ферм. Свободно владеть аналитическим расчетом ферм.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

Материальное обеспечение:

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

Задание:

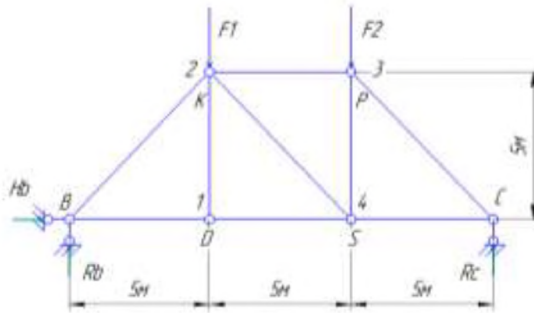
1. Для фермы провести аналитический анализ.

Порядок выполнения работы:

1. Определить степень свободы фермы.

2. Проверить на геометрическую изменяемость.

Ход работы:



Степень свободы фермы можно определить по общей формуле, однако необходимо предварительно посчитать кратность шарниров. Обычно степень свободы фермы определяют по более простой формуле.

$$W = 2 \cdot Y - C_{\text{ф}} - C_{\text{оп}}$$

Где Y – число шарнирных узлов,

$C_{\text{ф}}$ – число стержней,

$C_{\text{оп}}$ – число опорных стержней.

В данной ферме 6 шарнирных узлов $Y = 6$, стержней 9 $C_{\text{ф}} = 9$, опорных стержней 3 $C_{\text{оп}} = 3$.

$W = 2 \cdot 6 - 9 - 3 = 0$, значит ферма геометрически неизменяема.

Выделим треугольник BKD он жестко прикреплен к земле двумя опорными стержнями к нему присоединен узел S двумя стержнями которые не параллельны, а значит закреплены жестко. Теперь рассматриваем уже треугольник BKS жестко закреплённый к земле (диск) к нему присоединен узел P двумя стержнями не параллельными. Объединяю фигуру BKSP в один диск к которому присоединен узел C двумя не параллельными стержнями. Значит система геометрически не изменяема.

Определим продольные силы в стержнях фермы. Для начала нужно найти опорные реакции.

$$\sum F_x = H_b = 0; H_b = 0$$

$$\sum M_B = -R_c \cdot 15 + F_1 \cdot 5 + F \cdot 10 = 0, R_c = 12,5 \text{ кН}$$

$$\sum M_C = R_b \cdot 15 - F_1 \cdot 10 - F_2 \cdot 5 = 0, R_b = 15 \text{ кН}$$

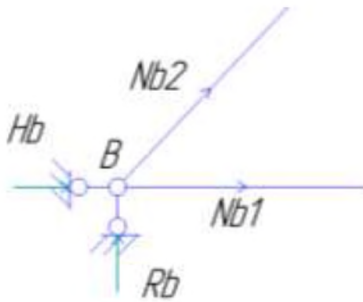
В данной ферме в опорных B и C узлах сходятся по два стержня, вначале вырежем один из них.

Узел B.

Составим уравнения равновесия относительно осей x и y .

$$\sum F_y = R_b + N_{b_2} \cdot \sin 45^\circ = 0, N_{b_2} = -21,21 \text{ кН}$$

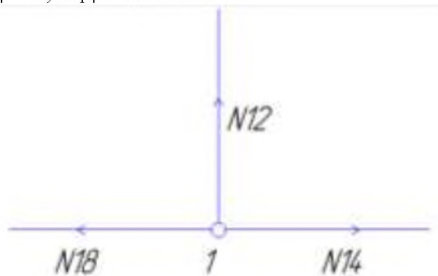
$$\sum F_x = N_{b_2} \cdot \cos 45^\circ + N_{b_1} = 0, N_{b_1} = 15 \text{ кН}$$



Узел 1.

$$\Sigma F_y = 0, N_{12} = 0$$

$$\Sigma F_x = -N_{1b} + N_{14} = 0, N_{14} = 15 \text{ кН}$$



Узел 2.

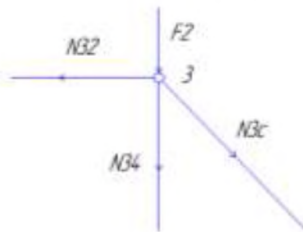
$$\Sigma F_y = -Nb_1 \cdot \cos 45^\circ - F_1 - N_{24} \cdot \cos 45^\circ = 0, N_{24} = -3,54 \text{ кН}$$

$$\Sigma F_x = -Nb_1 \cdot \sin 45^\circ + N_{24} \cdot \sin 45^\circ + N_{23} = 0, N_{23} = -12,5 \text{ кН}$$

Узел 3.

$$\Sigma F_x = -N_{32} + N_{3c} \cdot \sin 45^\circ = 0, N_{3c} = -17,68 \text{ кН}$$

$$\Sigma F_y = -N_{34} - F_2 - N_{3c} \cdot \sin 45^\circ = 0, N_{34} = 2,5 \text{ кН}$$



Узел 4.

$$\Sigma F_x = -N_{41} - N_{42} \sin 45^\circ + N_{4c} = 0, N_{4c} = 12,5 \text{ кН}$$

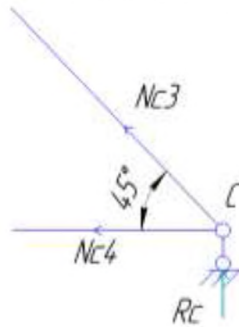


В качестве проверки возьмем узел С.

$$\Sigma F_y = N_{c3} \sin 45^\circ + R_c = 0$$

$$\Sigma F_x = -N_{c4} - N_{c3} \cos 45^\circ = 0$$

Проверка сошлась значит расчет фермы выполнен верно.



Форма представления результата: Выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка 3 – Верно посчитана степень свободы.

Оценка 4 – Верно проведен кинематический анализ структуры.

Оценка 5 – Верно определены реакции стержней фермы.

Тема 2.2 Растяжение и сжатие

Лабораторная работа № 1

Испытание на растяжение образца из пластичной стали в виртуальном пространстве Columbus-2005.

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выполнять расчеты на прочность, жесткость, устойчивость элементов сооружений.

Материальное обеспечение:

Испытательный стенд виртуальной лабораторной работы приближенный к реальной установке «Разрывная машина ГСМ-50», конспект лекций, линейка, карандаш, ластик.

Задание:

1 построить диаграмму растяжения материала.

Порядок выполнения работы:

1 Провести эксперимент на разрывной машине.

2.Перевести полученную диаграмму в координатные оси напряжение - относительная деформация.

Ход работы:

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

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

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

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

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

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

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

1	19,9667	4,157e-006	19966,7	$\frac{4,57 \cdot 10^{-3} (мм)}{20 (мм)}$	$\frac{19966,7 (Н)}{314 (мм^2)}$	$\frac{19966,7 (Н)}{0,00022}$
---	---------	------------	---------	---	----------------------------------	-------------------------------

7. Чертим диаграмму.

Форма представления результата:

12 точек диаграммы переведены в координатные оси напряжение – относительная деформация и построена диаграмма.

Критерии оценки:

- 3 – четвертый и пятый столбик посчитаны верно.
- 4 – вся таблица посчитана верно.
- 5 – диаграмма построена верно на основании расчетов.

Список вопросов:

- 1. Что такое предел упругости?
- 2. Предел пропорциональности?
- 3. Предел текучести?
- 4. Предел прочности?

Тема 2.2 Растяжение и сжатие

Лабораторная работа № 2

Испытание на сжатие образцов из пластичной стали и хрупкой древесины в виртуальном пространстве Columbus-2005.

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:
- выполнять расчеты на прочность, жесткость, устойчивость элементов сооружений.

Материальное обеспечение:

Испытательный стенд виртуальной лабораторной работы приближенный к реальной установке «Пресс гидравлический ПГ-100», конспект лекций, линейка, карандаш, ластик.

Задание:

1 построить диаграмму сжатия стали и древесины.

Порядок выполнения работы:

1 Провести эксперименты на гидравлическом прессе для двух разных материалов.

2.Перевести полученные диаграммы в координатные оси напряжение - относительная деформация.

Ход работы:

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

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

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

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

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

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

1	2	3	4	5	6	7
№1	Р, кН	Δl , м	Р, Н	ε	σ , МПа	Е, МПа
1	19,9667	4,157e-006	19966,7	$\frac{4,57 \cdot 10^{-3}(\text{мм})}{20(\text{мм})}$	$\frac{19966,7(\text{Н})}{314(\text{мм}^2)}$	$\frac{19966,7(\text{Н})}{0,00022}$

7. Чертим диаграммы для двух экспериментов.

Форма представления результата:

Обе диаграммы построены верно для двух образцов.

Критерии оценки:

3 – одна из двух таблиц посчитана верно.

- 4 – все расчеты проведены верно.
5 – диаграммы для двух образцов на основании расчетов вычерчены верно.

Список вопросов:

1. Чем отличаются пластичные и хрупкие материалы?
2. Предел упругости при сжатии?
3. Предел пропорциональности при сжатии?
4. Предел текучести при сжатии?
5. Предел прочности при сжатии?

Тема 2.6 Кручение

Лабораторная работа № 3

Упругое кручение образца в виртуальном пространстве Columbus-2005.

Цель:

1. Определение модуля сдвига для материала.
2. Исследование зависимости между углом закручивания и крутящим моментом.

Выполнив работу, Вы будете:

- уметь:
- выполнять расчеты на прочность, жесткость, устойчивость элементов сооружений.

Материальное обеспечение:

Виртуальный лабораторный стенд, имитирующий работу крутильной машины, конспект лекций, линейка, карандаш, ластик.

Задание:

1. рассчитать механические характеристики материала и сравнить с экспериментальными.

Порядок выполнения работы:

1. Провести эксперименты на крутильной установке.
2. Рассчитать значения модуля сдвига и угла закручивания и сравнить с опытом.

Ход работы:

1. Теоретическим путем рассчитываем модуль упругости

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}, \text{ МПа}$$

2. Полярный момент инерции круглого поперечного сечения

$$I_p = \frac{\pi * d^2}{32}, \text{ см}^4$$

3. По Закону Гука определяем угол закручивания $\varphi = \frac{M_{кр} * \ell}{G * I_p}$

4. Определим расхождение результат опыта и расчетный по формуле

$$\delta = \frac{G_{оп} - G_{теор}}{G_{теор}} * 100\%$$

5. Повторить расчет для 12 точек и занести данные в таблицу.

№1	G, МПа	G, МПа	δ, %	φ, °

Форма представления результата:

Вычертить полученную диаграмму кручения образца и заполнить таблицу.

Критерии оценки:

3 – шесть точек в таблице посчитаны верно.

4 – расчет по 12 точкам проведен верно.

5 – диаграмма построена верно.

Список вопросов:

1. Как определяется угол закручивания?

2. Напишите зависимость между модулем продольной упругости и модулем сдвига.

3. Напишите формулы, по которым определяются напряжения при кручении.

Тема 2.7 Изгиб

Лабораторная работа № 4

Испытание на изгиб в виртуальном пространстве Columbus-2005

Цель: Определение перемещений и напряжений в статически определимой балке при поперечном изгибе.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выполнять расчеты на прочность, жесткость, устойчивость элементов сооружений.

Материальное обеспечение:

Виртуальный лабораторный стенд, имитирующий испытание на изгиб балки двутаврового сечения, конспект лекций, линейка, карандаш, ластик.

Задание:

Построить по данным испытания эпюры изгибающих моментов и напряжений.

Порядок выполнения работы:

1 Построить расчетную схему балки и эпюру изгибающих моментов.

2. Построить эпюру нормальных напряжений.

Ход работы:

1. Строим эпюру изгибающих моментов.

2. Определим перемещения по середине пролета правилу Верещагина

$$u_c = \frac{2}{EJ} * \left(\frac{1}{2} * \frac{Fl}{4} * \frac{\ell}{2} \right) * \frac{2}{3} * \frac{\ell}{4} = \frac{F\ell^3}{48EJ}$$

3. Определение прогиба на конце консоли

$$u_k = \frac{1}{EJ} * \left(\frac{1}{2} * \frac{F\ell}{4} * \ell \right) * \frac{a}{2} = \frac{Fa\ell^2}{16EJ}$$

4. Заполнить таблицу 1.

Таблица 1

Нагрузка приложенная к балке F, кН	Прогибы		
	Метод определения прогиба	Середины пролета u_c	Конца консоли u_k

	Экспериментальный		
	Максвелла-Мора		

5. Определим нормальное напряжение в поперечном сечении балки по формуле Навье $\sigma = \frac{My}{J_n}$

6. Вычислить напряжения по показаниям тензодатчиков по формуле $\sigma = E\varepsilon = E \frac{d}{kS}$

7. Заполнить таблицу 2.

Таблица 2

Абсцисса сечения x, м	Изгибающий момент в сечении M, кН*м	Ордината точки y, м	$\sigma_{расч}$, МПа	$\sigma_{эксп}$, МПа

Форма представления результата:

Расчетная схема балки с эпюрами момента изгиба и напряжения, заполненные таблицы 1 и 2.

Критерии оценки:

- 3 – расчетная схема и эпюры построены верно.
- 4 – по эпюре заполнена таблица 1.
- 5 – по эпюре и результату эксперимента заполнена таблица 2.

Список вопросов:

- 1. Какая деформация стержня называется изгибом?
- 2. Что называется прогибом балки при изгибе?
- 3. Запишите формулу Максвелла-Мора для определения перемещений при изгибе.
- 4. Запишите формулу правила Верещагина при определении линейных и угловых перемещений.