

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
«КОЛЛЕДЖ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»

**ПРАКТИКУМ
И
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

ОП.02 Техническая механика

Специальность: 08.02.02 Строительство и эксплуатация
инженерных сооружений

Москва, 2024

Содержание

№ п/п	Тема практической работы	стр.
РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА		
Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил.		
1	Определение усилий в стержнях аналитически и графически.	5
Тема 1.4. Плоская система произвольно расположенных сил.		
2	Определение опорных реакций балочных систем.	6
Тема 1.6. Центр тяжести.		
3	Определение координат центра тяжести плоской фигуры и фигуры, составленной из стандартных профилей.	8
Темы 1.2., 1.4., 1.8., 1.11		
4	Определение реакций стержней, Определение опорных реакций балочных систем, Определение кинематических характеристик, Движение материальной точки, Определение работы и мощности	9
РАЗДЕЛ 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ		
Тема 2.2. Растяжение и сжатие		
5	Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений.	12
6	Определение удлинения (укорочения) бруса. Подбор сечения стержней кронштейна по условию прочности.	
7	Расчеты ступенчатого бруса на прочность, подбор сечения. Определение удлинения (укорочения) бруса.	
Тема 2.3. Практические расчеты на срез и смятие.		
8	Расчет заклепочного и болтового соединения	14
Тема 2.5. Кручение.		
9	Расчет вала круглого и кольцевого сечения на прочность	15
Тема 2.6. Изгиб		
10	Построение эпюр. Расчет балок на прочность. Подбор сечения.	16
11	Определение линейных и угловых перемещений статически определимых балок методом Мора с применением правила Верещагина.	
12	Расчеты на прочность и жесткость при прямом поперечном изгибе. Подбор сечения.	
13	Расчеты на прочность и жесткость при прямом поперечном изгибе. Подбор сечения.	
Тема 2.9. Гипотезы прочности		
14	Расчет бруса на изгиб с кручением	17
РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ		
Тема 3.3. Статически определимые плоские рамы		
15	Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов и продольных сил	18
Тема 3.4. Трехшарнирные арки.		
16	Определение внутренних усилий в произвольном сечении арки	20
Тема 3.5. Статически определимые плоские фермы.		
17	Определение усилий в стержнях фермы способом проекций и моментных точек.	21
18	Определение усилий в стержнях фермы методом вырезания узлов и методом моментных точек.	

К выполнению практических работ

Для того чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на практических занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Практическое занятие № 1

Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил.

Определение усилий в стержнях стержневой конструкции (аналитически и графически). (2 часа)

Обучающиеся должны

знать:

способы сложения двух сил и разложение силы на составляющие, геометрический и аналитический способы определения равнодействующей силы, условия равновесия плоской системы сходящихся сил.

уметь:

определять равнодействующую системы сил, решать задачи на равновесие геометрическим и аналитическим способами, рационально выбирая оси координат.

Цель работы:

Научится определять усилия в стержнях конструкции аналитическим методом.

Задание:

Определить усилия в стержнях заданной конструкции аналитическим способом. Схему выбрать в соответствии с номером студента по списку журнала.

Порядок выполнения:

1. Изобразить заданную схему в соответствии с вариантом.
2. Выделить материальную точку, к которой приложена внешняя сила.
3. Определить тип связей, удерживающих точку.
4. Отбросить связи, заменить их действие силами реакции.
5. Составить расчетную схему, выделив точку, находящуюся в равновесии. Приложить к ней все действующие силы.
6. Выбрать оси координат.
7. Записать уравнения равновесия:
8. Из уравнений равновесия найти величину сил реакции.
9. Записать величину усилий в стержнях.
10. Вычертить многоугольник сил, приложенных к точке.

Практическое занятие №2

Тема 1.4: Плоская система произвольно расположенных сил.

Определение реакций опор балки на двух опорах. (Задача 1)

Обучающиеся должны

знать:

теорему Пуансо о приведении силы к точке, три формы уравнений равновесия и уметь ими пользоваться при определении реакций опор балочных систем.

уметь:

приводить произвольную плоскую систему сил к точке, определяя величину главного вектора и главного момента системы.

Цель работы:

Научится определять реакции опор балки, установленной на двух опорах.

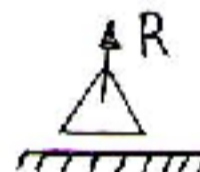
Задание:

Определить реакции опор балки на двух опорах. Схему выбрать в соответствии с номером студента по списку в журнале.

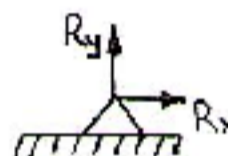
Принять: $q = 2 \frac{kH}{м}$; $P = 4kH$; $M = 2kH \cdot м$; $a = 2м$.

Порядок выполнения.

1. Изобразить схему в соответствии с вариантом.
2. Заменить распределенную нагрузку ее равнодействующей $Q=q \cdot l$.
Приложить равнодействующую к балке в центре тяжести соответствующего прямоугольника.
3. Заменить опоры их реакциями. Реакцию шарнирно-подвижной опоры направить перпендикулярно к опорной поверхности.



Реакцию шарнирно-подвижной опоры разложить на две составляющие, направленные по осям координат.



4. Составить расчетную схему балки.
5. Выбрать оси координат и центры моментов.
6. Составить уравнение равновесия: $\sum M_A = 0$; $\sum M_B = 0$; $\sum F_{kx} = 0$.
7. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции опор.
8. Провести проверку правильности решения, составив уравнения $\sum F_{ky} = 0$.
9. Записать ответы

Тема 1.4. Плоская система произвольно расположенных сил.

Определение реакций жесткой заделки балки. (Задача №2)

Цель работы:

научится определять реакции жесткой заделки консольной балки.

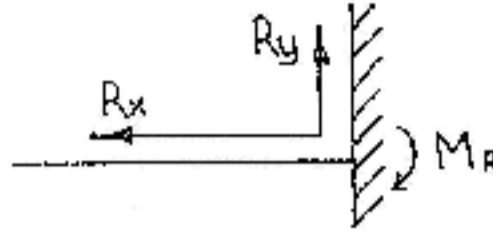
Задание:

определить реакции жесткой заделки балки. Схему выбрать в соответствии с номером обучающегося по списку в журнале.

Принять: $q = 2 \frac{kH}{м}$; $P = 4kH$; $M = 2kH \cdot м$; $a = 2м$.

Порядок выполнения

1. Изобразить схему в соответствии с вариантом.
2. Заменить распределенную нагрузку ее равнодействующей $Q=q \cdot l$.
Приложить равнодействующую к балке в центре тяжести соответствующего прямоугольника.
3. Заменить жесткую заделку ее реакциями.



4. Составить расчетную схему балки.
5. Выбрать оси координат.
6. Составить уравнения равновесия: $\sum M_A = 0$; $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$.
7. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции.
8. Провести проверку правильности решения, составить уравнения: $\sum M_C = 0$.
9. Записать ответы.
10. Вывод.

Практическое занятие №3

Тема 1.6. Центр тяжести.

Определение координат центра тяжести плоского сечения геометрической формы.

Определение положения центра тяжести плоского сечения, составленного из прокатных профилей.

Обучающиеся должны

знать:

методы определения центра тяжести тела и формулы для определения положения центра тяжести плоских фигур

уметь:

Определять положение центра тяжести простых геометрических фигур, составленных из стандартных профилей.

Цель:

приобрести необходимые практические навыки и умения в определении координат центра тяжести плоского сечения геометрической формы

Задание:

определить координаты центра тяжести заданного сечения

геометрической формы, указать положение центра тяжести на заданном сечении

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с составом задания
2. Выбрать исходные данные по таблице вариантов
3. Ознакомиться с методикой решения задачи
4. Выполнить аналитическое решение задачи
5. Оформить выполненное задание в виде отчета

Координаты центра тяжести площади плоской фигуры определяют по формулам:

где A_i - площадь произвольного элемента фигуры (простой геометрической фигуры),

x_c - координаты центра тяжести площади простой геометрической фигуры, A - площадь всей фигуры.

Необходимо помнить:

При определении центра тяжести площадей плоских фигур, имеющих ось симметрии, необходимо руководствоваться тем, что центр тяжести лежит на этой оси.

Методика решения задачи

1. Изображаем расчетную схему сечения, соблюдая масштаб
2. Проводим вспомогательные оси X и Y
3. Разбиваем сечение на простые геометрические сечения
4. Определяем площади простых сечений
5. Определяем координаты центров тяжести простых сечений в выбранной системе координат
6. Вычисляем координаты центра тяжести заданного сечения
7. На заданном сечении показываем положение центра тяжести
8. Если сечение состоит из стандартного профиля следует воспользоваться таблицами проката ГОСТ

При решении задач используются следующие методы:

- 1) метод симметрии: центр тяжести симметричных фигур находится на оси симметрии
- 2) метод разбиения: сложные сечения разделяем на несколько простых частей, положение центра тяжести которых легко определить
- 3) метод отрицательных площадей: полости(отверстия) рассматривается как часть сечения с отрицательной площадью

Практическое занятие №4

Определение кинематических характеристик. Движение материальной точки.

Определение работы и мощности

Обучающиеся должны

иметь представление:

о скоростях средней и истинной, об ускорении при прямолинейном и криволинейном движениях, о различных видах движения точки

знать:

способы задания движения точки, единицы измерения, взаимосвязь кинематических параметров движения, формулы для определения скоростей и ускорений

Цель работы:

научиться определять параметры движения точки по заданному закону движения

Порядок выполнения.

Все точки движутся одинаково. Закон равномерного движения: $S = S_0 + vt$.

Закон равнопеременного движения $S = S_0 + v_0t + \frac{a_t t^2}{2}$

Здесь S_0 - путь пройденный до начала отсчета, м;

v_0 - начальная скорость движения, м/с

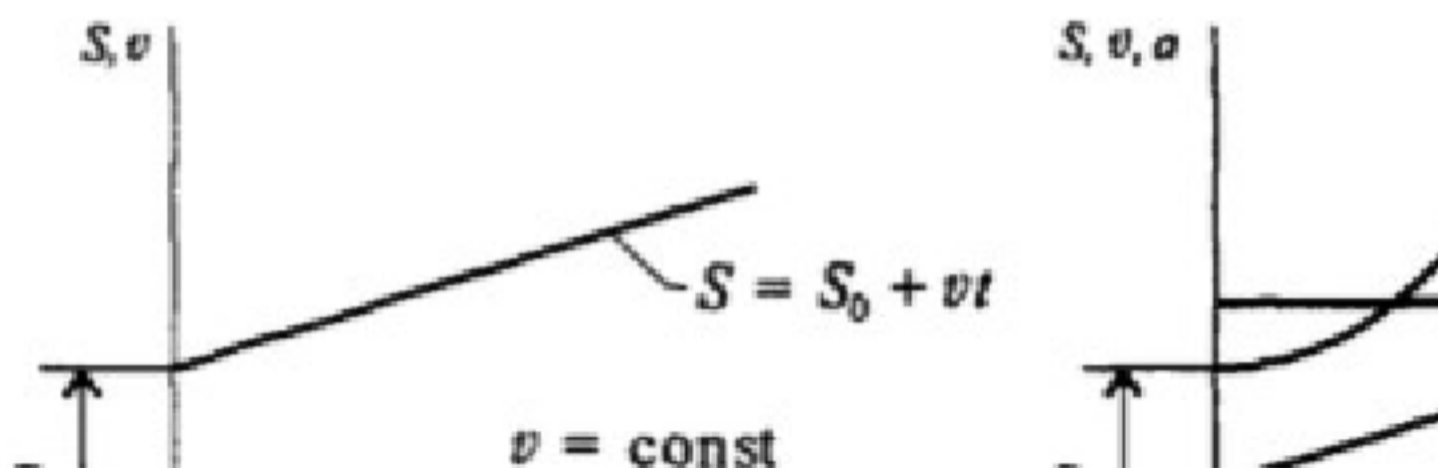
a_t - постоянное касательное ускорение, м/с²

Скорость $v = S'$; $v = v_0 + a_t t$.

Ускорение: $a_t = v'$.

Закон неравномерного движения: $S = f(t^3)$

Кинематические графики поступательного движения представлены на рисунке 1а, 1б



Расчетные формулы для определения параметров вращательного движения

Точки тела движутся по окружностям во
(оси вращения).

Закон равномерного вращательного движ

Закон равнопеременного вращательного д

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\epsilon t^2}{2}.$$

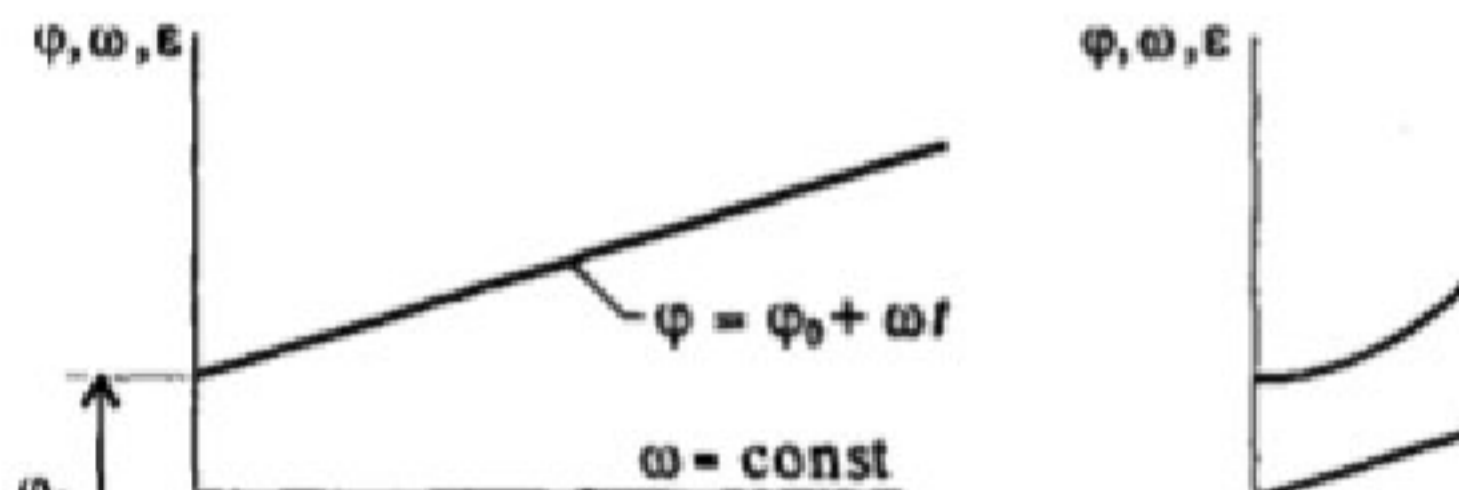
Закон неравномерного вращательного дви

Здесь φ — угол поворота тела за время t ;

ω — угловая скорость, рад/с;

φ_0 — угол поворота, на который разверн

Кинематические графики вращательного движения см рис 2



Число оборотов вращения те

Угловая частота вращения:

Параметры движения точки вращающегося тела на рис 3

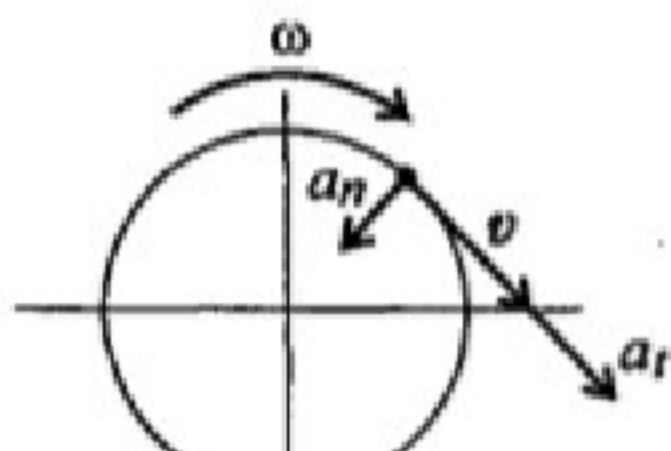


Рис 3

v — линейная
 $v = \omega r, \text{ м/с};$
 a_t — касательная
 $a_t = \epsilon r, \text{ м/с}^2$

Определение работы и мощности

Обучающиеся должны

знать:

Зависимости для определения мощности при поступательном и вращательном движениях.
КПД.

Основные уравнения динамики при поступательном и вращательном движениях.
уметь:

Рассчитывать мощность с учетом потерь на трение и сил инерции.

Цель работы:

Научиться определять параметры движения с помощью теорем динамики.

Расчетные формулы

Мощность при поступательном движении

$$P = Fv \cos \alpha,$$

где F — постоянная сила, Н; v — скорость движения между направлениями силы и перемещения.

Мощность при вращении

Коэффициент полезного действия

$$\text{КПД} = \frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{затр}}},$$

где $P_{\text{пол}}$ — полезная мощность, Вт; $P_{\text{затр}}$ — затраченная

Сила инерции

$$F_{\text{ин}} = -ma,$$

где a — ускорение точки, м/с²; m — масса, кг

Основные уравнения динамики

РАЗДЕЛ 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Практические занятия №№5,6,7

Тема 2.2: Растяжение и сжатие.

Расчеты на прочность стержней (6 час.)

Обучающиеся должны

знать:

порядок расчетов на прочность и жесткость и расчетные формулы

уметь:

проводить проектировочные и проверочные расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии

Цель работы:

Научиться строить эпюры продольных сил и нормальных напряжений, выполнять расчеты на прочность элементов конструкций, испытывающих деформацию растяжения (сжатия).

Определять удлинение и укорочение бруса.

Задание:

Для заданного двухступенчатого стального бруса, нагруженного двумя силами F_1 и F_2 , построить эпюры продольных сил (N_z). Определить площади поперечных сечений и диаметр каждой ступени бруса из условия прочности; построить эпюры нормальных напряжений; определить удлинение (укорочение) каждой ступени и найти перемещение свободного конца бруса.

При расчетах принять $[\sigma] = 150 \text{ МПа}$; $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Исходные данные выбрать из таблицы. Номер варианта взять в соответствии с номером в списках по журналу.

Порядок выполнения:

1. Изобразить расчетную схему в соответствии с вариантом.
2. Выписать исходные данные из таблицы.
3. Разделить брус на участки, границы которых определяются сечениями, где изменяются площадь поперечного сечения или приложены внешние нагрузки. Пронумеровать участки.
4. Определить внутренние силовые факторы на каждом участке для чего применить метод сечения.
5. Построить эпюру N_z .
6. Из условия прочности при растяжении.

$$\sigma_{\max} = \frac{N_z}{A} \leq [\sigma]$$

Найти площадь поперечных сечений бруса на каждом участке.

$$A > \frac{N_{zi}}{[\sigma]} \text{ (мм}^2\text{)}$$

Определить диаметр каждого из сечений:

$$d \geq \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \text{ (мм)}$$

Округлить диаметр до стандартного из ряда чисел $R40$.

Уточнить площади поперечных сечений:

8. Определить напряжения на каждом из участков.

$$\sigma_{\text{ист}} = \frac{N_z}{A'} \text{ (МПа)}$$

9. Построить эпюру нормальных напряжений по длине бруса.
10. Определить деформацию каждого участка.

$$\Delta l_i = \frac{N_i l_i}{A_i \cdot E} = \frac{\sigma_i l_i}{E} \text{ (мм)}$$

11. Определить перемещение свободного конца бруса.

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2$$

12. Вывод.

Практическое занятие № 8

Тема 2.3. Практические расчеты на срез и смятие.

Расчет деталей, работающих на срез и смятие (заклепки, болты и т.д.) *Знать:*

условие прочности при срезе и смятии

Обучающиеся должны

уметь:

проводить расчеты на срез и смятие, определять площади среза и смятия

Цель работы:

научиться выполнять прочностной расчет заклепочного, болтового соединений.

Задание:

Проверить прочность заклепочного соединения, если дана сила. Определить требуемое количество заклепок для передачи внешней нагрузки

Виды расчётов из условий прочности

1. Проверочный.

2. Проектный – определение числа соединительных деталей при заданных размерах или определение размеров детали при заданном их числе.

3. Определение допускаемой нагрузки.

Порядок выполнения:

1. Изобразить расчетную схему

2. Записать условие прочности на срез

$$\tau_c = \frac{Q}{F} \leq [\tau_c] =$$

где τ_c — касательное напряжение; Q — поперечная сила; F — площадь сдвига; F — внешняя сдвигающая сила;

$$[\tau_c] = (0,25 \div 0,35)\sigma_T.$$

3. Записать условие прочности на смятие

$$\sigma_{см} = \frac{F}{A_{см}} \leq$$

$A_{см} = d\delta$, где d — диаметр окружности сечения; δ — толщина детали; A — площадь смятия

допускаемое напряжение смятия: $[\sigma_{см}] = (0,4 \div 0,5)\sigma_T$

4. Определить количество заклепок из условия прочности на срез и смятие

Практическое занятие № 9

Тема 2.5. Кручение.

Расчет вала круглого и кольцевого сечения на прочность

Обучающиеся должны

знать:

деформации и напряжения, возникающие при кручении, внутренние силовые факторы при кручении, закон Гука при кручении

уметь:

строить эпюры крутящих моментов, определять напряжения в точке поперечного сечения, рассчитывать диаметр сечения по условию прочности и по условию жесткости

Цель работы:

научиться строить эпюры крутящих моментов. Определять диаметр вала из условия прочности при кручении и определять угол закручивания.

Задание:

построить эпюру крутящих моментов, из расчета на прочность и жесткость определить потребный диаметр вала

Порядок выполнения задания:

1. Изобразить расчетную схему.
2. Разбить вал на участки и пронумеровать их.
3. Определить мощность на колесах.
4. Определить вращающие моменты на колесах: $M_{вр} = P/\omega$ Нм, где P – мощность на колесе (Вт), ω – угловая скорость (рад/с)
5. Определить крутящие моменты на каждом участке – M_k .
6. Построить эпюру крутящих моментов – M_k .
7. Из условия прочности при кручении:

$$\tau_{\text{допвал}} = \frac{M_k}{W}$$

определить требуемый поперечный момент сопротивления для каждого участка:

$$W \geq \frac{M}{\tau}$$

8. Определить диаметр вала для каждого участка:

$$W_n = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2 d^3; \quad d \geq \sqrt[3]{\frac{M}{0,2 \tau}}$$

Округлить полученное значение до стандартных.

9. Определить полярные моменты инерции сечений для каждого участка: $J_p = 0,1 d^4$ (мм⁴)

10. Определить углы закручивания каждого участка

$$\varphi = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{M \cdot L}{J_p \cdot G}$$

Практическое занятие № 10, №11, №12, №13.

Тема 2.6:Изгиб прямого бруса.Расчеты на прочность и жесткость при прямом поперечном изгибе. Подбор сечения.

Обучающиеся должны

знать:

распределение нормальных напряжений при чистом изгибе, расчетные формулы

уметь:

строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, выполнять проектировочный и проверочный расчеты на прочность, выбирать рациональные формы поперечных сечений балки

Цель работы:

научиться построению эпюр изгибающих моментов и поперечных сил и производить расчеты на прочность и жесткость при изгибе.

Задание:

Для заданной расчетной схемы оси определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, подобрать диаметр оси из условия прочности при изгибе. Номер варианта принять согласно номеру студента в списке по журналу. Для расчетов принять: материал оси — сталь 40, допускаемое напряжение на изгиб $[\sigma_u] = 100 \text{ МПа}$.

Порядок выполнения

1. Изобразить расчетную схему.
2. Выписать исходные данные из таблицы.
3. Заменить действие опор на балку силами реакций.
4. Составить уравнение равновесия для плоской системы параллельных сил:
 $\sum MA = 0; \sum MB = 0.$
5. Найти из уравнений равновесия неизвестные силы реакций.
6. Определить поперечную силу в каждом из характерных сечений, как сумму внешних сил, приложенных по одну сторону от сечения.
7. Построить эпюру поперечных сил.
8. Определить величину изгибающего момента для каждого характерного сечения, как сумму моментов внешних сил, приложенных по одну сторону от сечения, относительно центра тяжести этого сечения.
9. Построить эпюру изгибающих моментов.
10. Выбрать наиболее нагруженное сечение, где $M_u = \max.$
11. Записать уравнение условия прочности при изгибе:

$$\sigma_{u \max} = \frac{M_{u \max}}{W_x} \leq [\sigma_u]$$

12. Найти требуемую величину осевого сопротивления сечения:

$$W_x \geq \frac{M_{u \max}}{[\sigma_u]} \quad ; \text{ из выражения; } \quad W_x = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1d^3$$

13. Определить диаметр наиболее нагруженного поперечного сечения оси:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{10W_x}$$

14. Округлить диаметр до ближайшего стандартного значения из ряда R40 15. Вывод

Практическое занятие №14

Тема 2.9. Гипотезы прочности

Расчет бруса на изгиб с кручением

Обучающиеся должны

иметь представление:

о напряженном состоянии в очке упругого тела, об эквивалентном напряжении, о гипотезах прочности

знать:

формулы для эквивалентных напряжений по гипотезам наибольших касательных напряжений и энергии формообразования

Цель работы:

Научиться рассчитывать брус круглого поперечного сечения на прочность при сочетании основных деформаций

Задание:

Определить реакции опор. Построить эпюры крутящих моментов, изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Из условия прочности рассчитать необходимый диаметр вала.

Формулы для расчета эквивалентных напряжений.

Эквивалентное напряжение по гипотезе тельных напряжений

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}.$$

Эквивалентное напряжение по гипотезе эн

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

Условие прочности при совместном действии изгиба и кручения

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{M_{\text{экв}}}{W_x} \leq [\sigma],$$

где $M_{\text{экв}}$ — эквивалентный момент.

Эквивалентный момент по гипотезе макс напряжений

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{M^2 + M^2}$$

Порядок выполнения

1. Изобразить расчетную схему.
2. Выписать исходные данные из таблицы.
3. Заменить действие опор на балку силами реакций.
4. Составить уравнения равновесия и определить реакции
5. Строим эпюру крутящих моментов
6. Строим эпюры изгибающих моментов
7. Определяем изгибающие моменты в характерных точках
8. Определяем суммарные изгибающие моменты в этих точках
9. Расчет диаметра ведем по наиболее нагруженному сечению
10. Определяем эквивалентный момент по третьей теории прочности
11. Определяем диаметр вала их условия прочности, округляем полученную величину

РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ.

Практическое занятие №15

Тема 3.3. Статически определимые плоские рамы

Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов и продольных сил

Обучающиеся должны

иметь представление:

о рамных конструкциях, области применения

знать:

методику расчета опорных реакций, способы построения эпюр внутренних силовых факторов

уметь:

определять требуемое сечение по условию прочности.

Цель работы:

Научиться строить эпюры продольных сил, поперечных сил и изгибающих моментов (N_z , Q_y и M_x)

Задание:

произвести расчет плоской рамы и подобрать круглое сечение диаметром d , или квадратное сечение со стороной b . Материал стержня Сталь 30.

Порядок выполнения

1. Изобразить расчетную схему.
2. Выписать исходные данные
3. Определить реакции опор, используя
 - 1) $\sum F_{xi} = 0$;
 - 2) $\sum F_{xy} = 0$;
 - 3) $\sum M_{zi} = 0$.
4. Внутренние усилия в рамах определяются методом сечений, и порядок их нахождения тот же, что и для балок. Из шести внутренних силовых факторов в сечениях плоской рамы в общем случае возникают три: продольная сила N ; поперечная сила Q ; изгибающий момент M . Напомним, что согласно методу сечений:
 - **продольная сила N** равна сумме проекций всех сил, действующих с одной стороны от сечения, на ось стержня;
 - **поперечная сила Q** равна сумме проекций всех сил, действующих с одной стороны от сечения, на ось, перпендикулярную оси стержня;
 - **изгибающий момент M** равен сумме моментов всех сил, действующих с одной стороны от сечения, относительно оси, проходящей через центр тяжести рассматриваемого сечения.Правила знаков для продольной и поперечной сил те же, что и раньше: растягивающая продольная сила положительна, поперечная сила положительна, если она обходит сечение по ходу часовой стрелки. Правило знаков для изгибающего момента в рамах следующее: момент считается положительным, если он изгибает стержень рамы выпуклостью вовнутрь (для некоторых рам невозможно определить, где внешняя часть рамы, а где внутренняя. В этом случае знак изгибающего момента не определяется и эпюра изгибающих моментов строится со стороны растянутых волокон без знака).
На эпюрах N и Q положительные значения принято откладывать снаружи, на эпюре M – внутри – со стороны растянутых волокон.
5. Построить эпюры
6. Определить размеры сечения по условию прочности

$$\sigma = \frac{M}{W_z} \leq$$

W_z осевой момент сопротивления; для квадратного сечения, $W_z = b^3/6$
Круглого сечения $W_z = \pi d^3/32$

Практическое занятие №16

Тема.3.4. Трехшарнирные арки

Определение внутренних усилий в произвольном сечении арки

Обучающиеся должны

иметь представление:

об отличии распорной системы от безраспорной, о назначении затяжки

знать:

отличие работы арки от балки, как определяются поперечные силы, изгибающие моменты и продольные силы в сечениях арки

уметь:

определять реакции в опорах арки, уметь ответить на следующие вопросы:

1. Что называется аркой?
2. Чем отличается расчет арки с затяжкой и без?
3. Как определяется распор арки?
4. Как определяются усилия M , Q , N в арках?
5. как определяется рациональное очертание оси арки
6. Какие системы называются трехшарнирными?
7. Какой шарнир называется ключевым?
8. Что называется стрелой подъема трехшарнирной арки?
9. Где применяются трехшарнирные системы?
10. Какие реакции опор трехшарнирной арки называются балочными?
11. Что называется распором?
12. Что такое затяжка?**Цель работы:**

Научиться определять реакции опор арки, определять изгибающие моменты, поперечные силы в сечениях арки, определять рациональное очертание оси арки

Задание:

Определить силы реакции опор арки

Порядок выполнения

1. Изобразить расчетную схему.
2. Выписать исходные данные
3. Определить реакции опор
4. Определить внутренние усилия
5. Ответить на вопросы

Практические занятия №№17, 18

Тема 3.4. Статически определимые плоские фермы.

Определение усилий в стержнях фермы методом вырезания узлов и методом моментных точек.

Обучающиеся должны

знать:

классификацию ферм, анализ геометрической неизменяемости и статическую определимость

уметь:

определять усилия во всех ее стержнях аналитическим и графическим способами.

Цель работы:

Научиться определять реакции опор фермы на заданную нагрузку, а также продольные усилия во всех ее стержнях аналитическим и графическим способами.

Задание:

Определить реакции опор фермы, найти усилия, возникающие в ее стержнях.

Порядок выполнения

1. Особенностью расчетной схемы типа ферма (рис. 1) является наличие в сечениях ее стержней только *продольных* усилий, что обеспечивается как способом приложения нагрузки (сосредоточенные силы в узлах-шарнирах), так и способом соединения стержней фермы в узлах расчетной схемы – безмоментными шарнирами.

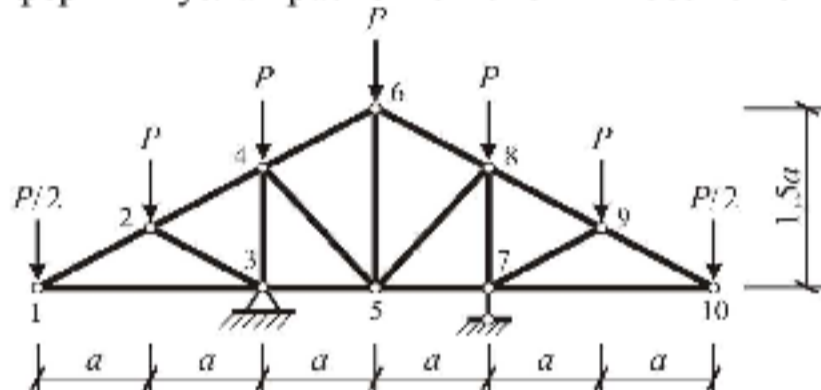


Рис. 1

2. Для проведения кинематического анализа необходимо заменить опорные связи их шарнирно-стержневым аналогом и обозначить эти сечения (рис. 4).

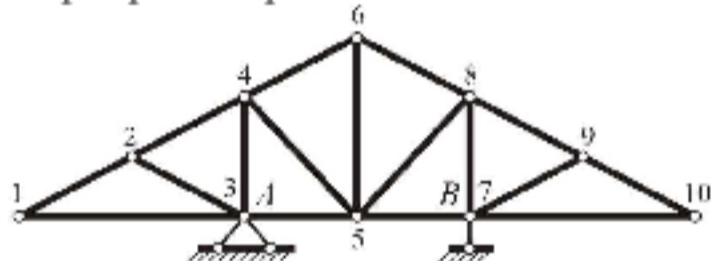


Рис. 4

Степень статической неопределимости расчетной схемы типа ферма определяется по формуле:

$$W = 2 \cdot Y - S - 3 = 0$$

число узлов фермы: $Y = 10$;

число стержней фермы: $S = 17$;

число опорных стержней: $C_n = 3$.

Имеем,

$$W = 2 \cdot 10 - 17 - 3 = 0 \quad \text{статически определима.}$$

Для определения усилий растяжения-сжатия в плоских фермах с простой треугольной решеткой применяются *метод сквозных сечений* и *метод вырезания узлов*.

При использовании *метода сквозных сечений* расчетную схему *расчленяют* на две части, таким образом, чтобы число *неизвестных усилий* в сечении было *не более двух*. При этом *каждое усилие* должно определяться из *отдельного* уравнения равновесия и *не должно выражаться* через усилия в других стержнях.

При использовании *метода вырезания узлов* усилия в стержнях, сходящихся в рассматриваемом узле, определяют из *уравнений равновесия в проекциях сил* на оси X и Y глобальной системы координат.

Укажем виды сечений, порядок их следования, чтобы иметь возможность составить уравнения, необходимые для определения усилий в стержнях, попавших в соответствующее сечение последовательности.

Уравнение в *проекциях сил* рекомендуется применять тогда, когда *нельзя* составить уравнение в моментах.

Уравнение в моментах требует вычисления *расстояния* от точки приведения до линии действия усилия, а уравнение в проекциях сил – вычисления *значений тригонометрических функций* угла между осями стержней.