

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

Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ  
Директор  
/ С.А. Махновский  
«08» 08 2022 г.

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

по учебной дисциплине  
**ОПЦ.02 ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

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

Магнитогорск, 2022

## ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией  
«Строительство и земельно-имущественные  
отношения»  
Председатель  /Ю.Н. Заиченко  
Протокол № 5 от 19.01.2022

Методической комиссией МпК

Протокол № 4 от 09.02.2022

### Разработчик:

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный колледж  
Лилия Миргалиевна Сарсенбаева

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины ОПЦ.02 «Техническая механика».

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессиональных модулей 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 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....	6
Практическое занятие 1 .....	6
Практическая работа 2. ....	9
Практическая работа 3 .....	12
Практическая работа 4 .....	14
Практическая работа 5 .....	15
Практическая работа 6 .....	17
Практическая работа 7 .....	19
Практическая работа 8 .....	21
Лабораторная работа 1 .....	23
Лабораторное занятие 2 .....	25
Практическая работа 9. ....	27
Практическая работа 10. ....	29
Лабораторная работа 3 .....	31
Практическая работа 11. ....	32
Практическая работа 12. ....	35
Практическая работа 13. ....	37
Практическая работа 14. ....	39

# 1 ВВЕДЕНИЕ

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

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

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности). Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

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

В результате их выполнения, обучающийся должен:

**уметь:**

У1. выполнять расчеты на прочность, жесткость и 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.;

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

У04.11 эффективно работать в команде.

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 1.1. Подбирать наиболее оптимальные решения из строительных конструкций и материалов, разрабатывать узлы и детали конструктивных элементов зданий и сооружений в соответствии с условиями эксплуатации и назначениями;

ПК 1.2. Выполнять расчеты и конструирование строительных конструкций.

А также формированию **общих компетенций:**

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

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

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

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

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;
- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

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

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 1.1. Статика. Основные понятия и аксиомы. Плоская система сходящихся сил.

#### Практическое занятие 1

#### Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил аналитически.

**Цель:** определить равнодействующую плоской системы сходящихся сил аналитическим способом.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

**Задача 1.** Определите величину и направление двух сил графически и проверьте аналитически.  $F_1=6\text{Н}$ ,  $F_2=9\text{Н}$

**Порядок выполнения работы:**

**Графический способ решение**

1. Определите величину и направление двух сил графически и проверьте аналитически (рис.1а).
2. Графический способ решения (методика решения задач)
3. Выберите масштаб сил, например, в 1см 3Н (1:3).
4. Отложите в масштабе силы и, при этом, угол  $30^\circ$  отложить с помощью транспортира.
5. На силах, как на сторонах, постройте параллелограмм ABCD.
6. Проведите диагональ АД, которая и будет являться равнодействующей двух сил и (рис.1, б).
7. Измерьте отрезок АД и умножьте на масштаб.

$$R = 4,8 \cdot 3 = 14,4 \text{ Н}$$

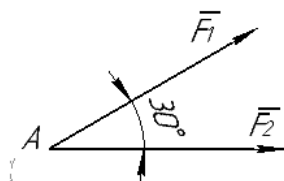


Рис. 1, а

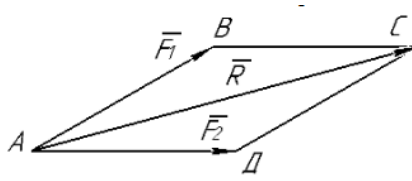


Рис.1,б

**Аналитический способ решения.**

По теореме косинусов:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha} = \sqrt{36 + 81 + 108 \cdot 0.866} = \sqrt{2105} = 14.5 \text{ Н}$$

Ответ:  $R = 14,5 \text{ Н}$ .

**Задача 2** Определите равнодействующую системы сил графически и аналитически (рис. 2а).

**Графический способ решение (по правилу силового многоугольника)**

1. Выберите масштаб сил, например, в 1 см 2Н (1:2).
2. Из произвольной точки А отложите в масштабе вектор  $\vec{F}_1$ ; из конца  $\vec{F}_1$  отложите вектор  $\vec{F}_2$  из конца вектора  $\vec{F}_2$  отложите вектор  $\vec{F}_3$ . Построение выполните строго в масштабе, откладывая линии действия сил под заданным углом (рис. 2б).
3. Соединив начало вектора  $\vec{F}_1$  и конец вектора  $\vec{F}_3$ , получите вектор равнодействующей R.
4. Измерьте величину вектора R и умножьте на масштаб.
5.  $F_1 = 4\text{Н}$ ;  $F_2 = 6\text{Н}$ ;  $F_3 = 3\text{Н}$ .

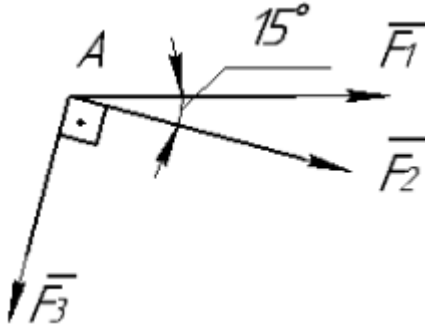


Рис 2, а  
 $R = 5,2 \cdot 2 = 10,2\text{Н}$

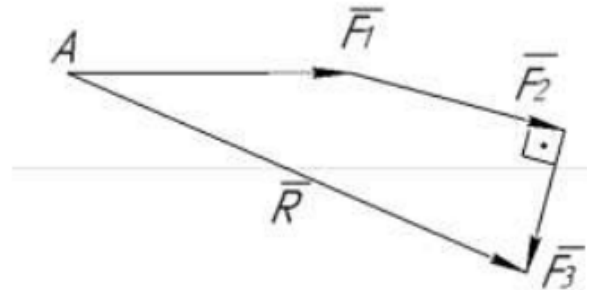


Рис 2, б

### Аналитически (по правилу проекций) рис.2(в)

1. Проведите ось x через одну из заданных сил (например, через силу  $F_1$ ), ось y – под углом  $90^\circ$  к оси x.
2. Проставьте углы между осями x и y и силами  $F_2$  и  $F_3$ .
3. Спроецируйте силы  $F_1$ ;  $F_2$ ;  $F_3$  на оси x и y.
4. Определите сумму проекций сил на оси x и y:  $R_x$  и  $R_y$ .
5. Получив две проекции сил:  $R_x$  и  $R_y$ , определите их равнодействующую. Соединив конец вектора  $R_x$  и конца вектора  $R_y$ , получите общую равнодействующую  $R_{ГЛ}$  – главный вектор (рис. 2г).

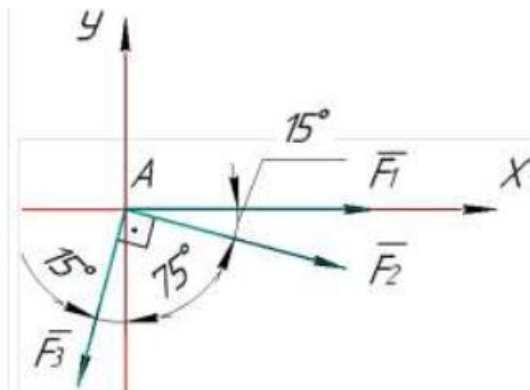


Рис 2, в

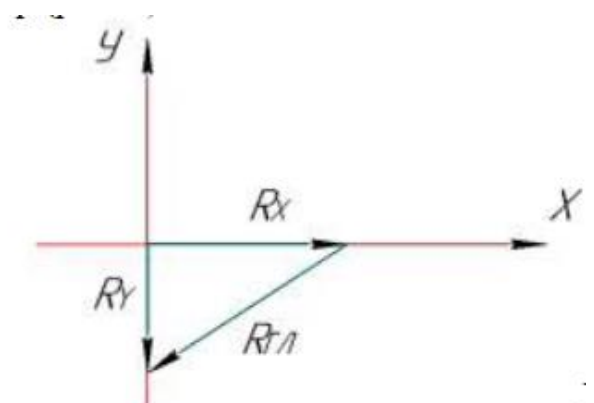


Рис 2, г

6. Из силового треугольника ABC определите гипотенузу  $BC = R_{ГЛ}$  по теореме Пифагора.

$$R_{ГЛ} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}, \text{ где } R_x = \sum F_x = F_1 + F_2 \cdot \cos 15^\circ - F_3 \cdot \cos 75^\circ = 4 + 6 \cdot 0,906 - 3 \cdot 0,259 = 9,019\text{Н};$$

$$R_y = -F_2 \cdot \cos 75^\circ - F_3 \cdot \cos 15^\circ = -6 \cdot 0,259 - 3 \cdot 0,966 = -4,452\text{Н}$$

$$R_{ГЛ} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{9,019^2 + (-4,452)^2} = \sqrt{101,16} = 10,1\text{Н}$$

Ответ:  $R = 10,1\text{Н}$ .

Варианты заданий к практической работе 1 даны на образовательном портале.

### Форма представления результата:

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

**Критерии оценки:**

- оценка «5» ставится, если: работа выполнена полностью; в теоретических выкладках решения нет ошибок;
- оценка «4» ставится, если: работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны – допущена одна ошибка или два-три недочета при решении;
- оценка «3» ставится, если:  
допущены более одной ошибки или двух-трех недочетов при решении  
но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.
- оценка «2» ставится, если: допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями по данной теме в полном объеме



## 1.2. Плоская система сходящихся сил

### Практическая работа 2.

#### Определение усилий в стержнях графически.

**Цель:** формирование умений использовать условия равновесия ПССС (плоской системы сходящихся сил) для определения неизвестных величин и направления сил или реакций графическим методом.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

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

**Задание:** Определение усилий в стержнях графически, если  $G = F = 10$  тонн, то длина отрезка  $AB = BC = 2$  см

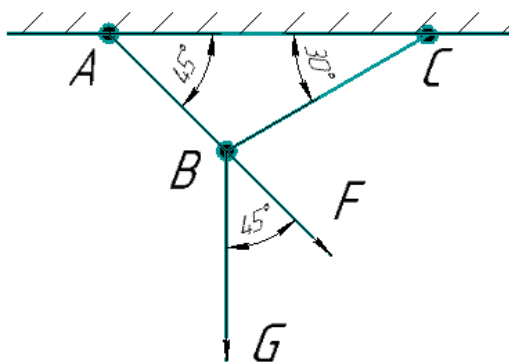


Рисунок 3

Графический способ решения (методика решения задач):

1. Выполните чертеж с транспортиром (рис. 3).

2. Выберите масштаб сил, например, в 1 см 5кн (1 : 5).

3. Отложите в масштабе заданные силы  $F$  и  $G$  по линии их действия, используя правила построения силового многоугольника, т.е. из точки  $A$  отложите вектор  $G$ , равный отрезку  $ab$ ; из конца вектора  $G$  отложите вектор  $F$ , который будет равен отрезку  $bc$  (если  $G = F = 10$  тонн, то длина отрезка  $AB = BC = 2$  см) (рис.4, а).

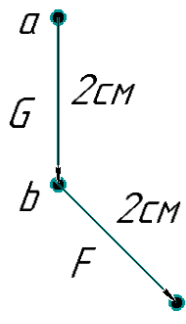


Рисунок 4, а

4. Отложите линии действия усилий  $N_{AB}$  и  $N_{BC}$  так, чтобы силовой многоугольник замкнулся. Если обозначить вершины многоугольника буквами a, b, c, d, то вектор  $\overline{ab} = G$ , вектор  $\overline{bc} = F$ , вектор  $\overline{cd} = N_{BC}$ , вектор  $\overline{da} = N_{AB}$  (рис.4б).

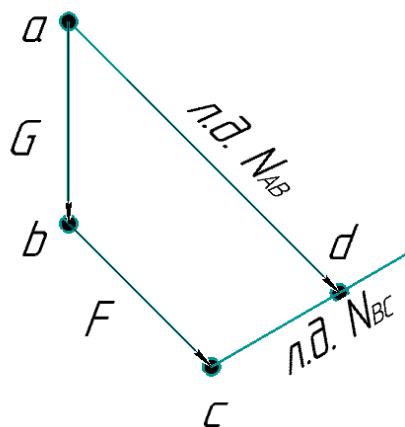


Рисунок 4, б

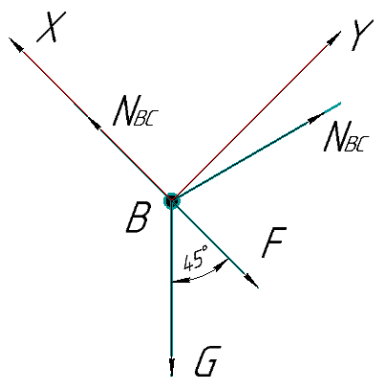
5. Измерьте длины сторон cd и da (см) и умножьте на масштаб 5кн, таким образом, будут найдены значения  $N_{AB}$  и  $N_{BC}$ .

М. 1 : 5 (в 1см 5 т)

$$N_{BC} = 1,5 \cdot 5 = 7,5$$

$$N_{AB} = 3,8 \cdot 5 = 19 \text{ тонн}$$

**Задание:** Определение усилий в стержнях аналитически, если.  $G = F = 10$  тонн, то длина отрезка  $AB = BC = 2$  см



**Порядок выполнения работы:**

1. Выберите объект равновесия. Им будет точка, в которой сходятся все известные и неизвестные усилия (рис. 8а).

Для данного примера объектом равновесия является точка В, в которой сходятся известные силы G и F и неизвестные усилия N<sub>AB</sub> и N<sub>BC</sub> стержней АВ и ВС.

2. Проведите через точку В координатные оси так, чтобы одна из осей прошла по одному из неизвестных усилий.

Проведите ось X по стержню АВ (рис. 5).

3. Проставьте углы между осями и силами.

4. Составьте уравнения равновесия системы сходящихся сил, проецируя их на ось x и ось y. Решите, определяя N<sub>AB</sub> и N<sub>BC</sub>.

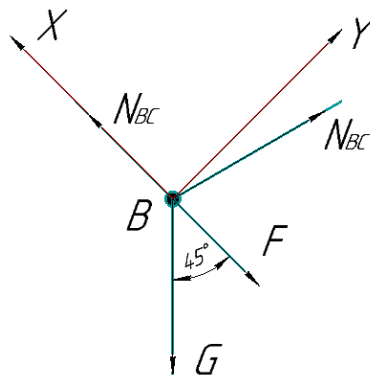


Рис. 5

$$\sum F_x = 0 : N_{AB} - N_{BC} \cdot \cos 75^\circ - F - G \cdot \cos 45^\circ = 0$$

$$\sum F_y = 0 : N_{BC} \cdot \cos 15^\circ - G \cdot \cos 45^\circ = 0$$

$$N_{BC} = \frac{G \cdot \cos 45^\circ}{\cos 15^\circ} = \frac{10 \cdot 0,707}{0,966} = 7,32 \text{ ТОНН}$$

$$N_{AB} = N_{BC} \cdot \cos 75^\circ + F + -G \cdot \cos 45^\circ = 7,32 \cdot 0,259 + 10 + 10 \cdot 0,707 = 1,896 + 17,07 = 18,96\text{т}$$

Ответ: N<sub>AB</sub> = 18,96 тонн; N<sub>BC</sub> = 7,32 тонн.

#### Форма представления результата:

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

#### Критерии оценки:

оценка «5» ставится, если:

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

оценка «4» ставится, если:

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

оценка «3» ставится, если:

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

оценка «2» ставится, если:

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

### 1.3. Пара сил. Момент силы относительно точки

#### Практическая работа 3

#### Определение момента сил относительно точки

**Цель:** формирование умений определять моменты от заданных сил относительно различных центров момента, определяя по законам геометрии плечо силы и, используя свойства моментов.

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

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

**Задание:** Определение момента сил относительно точки, если дан брус АВ, на который действуют силы  $F_1=10\text{н}$ ,  $F_2 = 20\text{н}$ ,  $F_3 = 30\text{н}$ ,  $F_4 = 40\text{н}$ ,  $F_5 = 50\text{н}$ , приложенные в точках А, В, С, D (рис. 6), если известно, что  $AC = 0,4\text{м}$ ;  $CD = 1\text{м}$ ,  $DB = 0,6\text{м}$ . Определите моменты от заданных сил относительно точек А и В брус.

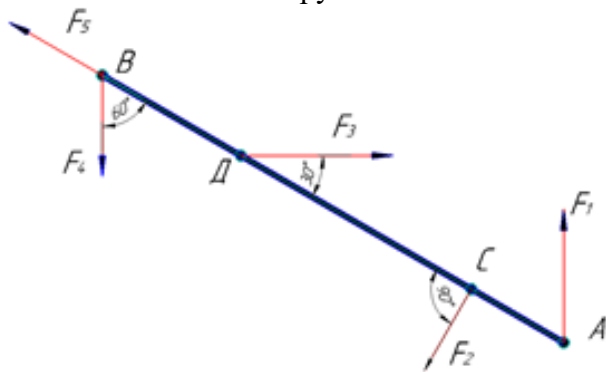


Рисунок 6

#### Порядок выполнения работы:

1. Определите моменты от заданных сил относительно т. А:

$M_A(F_1) = F_1 \cdot h = 0$ , т. к.  $h = 0$ , потому что сила  $F_1$  проходит через центр момента – точку А.

$M_A(F_2) = -F_2 \cdot h = -F_2 \cdot CA = -20 \cdot 0,4 = -8\text{н}\cdot\text{м}$ , т.к.  $h = AC$  – перпендикуляр к линии действия  $F_2$ ; знак момента «-», потому что сила  $F_2$  поворачивает плечо относительно точки А против часовой стрелки.

$M_A(F_3) = F_3 \cdot h = F_3 \cdot AK = F_3 \cdot AD = F_3 \cdot (AC + DC) = 30 \cdot (0,4 + 1) = 21\text{н}\cdot\text{м}$ , т.к.  $h = AK$  – перпендикуляр, опущенный из т. А на линию действия силы  $F_3$ ; АК является катетом в  $\Delta АДК$  и лежит против угла в  $30^\circ$ , поэтому катет АК равен половине гипотенузы АД.

$M_A(F_4) = -F_4 \cdot h = -F_4 \cdot AN = -F_4 \cdot AB \cdot \cos 30^\circ = -40 \cdot 0,866 \cdot 2 = -69,28\text{н}\cdot\text{м}$ , т.к.  $h = AN$  – перпендикуляр, опущенный из точки А на линию действия силы  $F_4$ ; AN является катетом в прямоугольном треугольнике АВN и равен произведению гипотенузы АВ на косинус

прилежащего угла, т.е.  $AN=AB \cdot \cos 30^\circ$ . Знак момента «-», потому что сила  $F_4$  поворачивает плечо силы относительно точки А против часовой стрелки.

$M_A(F_5) = F_5 h = 0$ , т.к.  $h = 0$ , потому что сила  $F_5$  проходит через центр момента – точку А.

2. Определите моменты от заданных сил относительно точки В, аналогично тому, как было описано в пункте 1.

$$M_B(F_1) = -F_1 \cdot h = -F_1 \cdot BE = -F_1 \cdot AB \cdot \cos 30^\circ = 10 \cdot 2 \cdot 0,866 = -17,32 \text{ нм}$$

$$M_B(F_2) = F_2 \cdot h = F_2 \cdot BC = F_2 (DB + DC) = 20 \cdot (0,6 + 1) = 32 \text{ нм}$$

$$M_B(F_3) = -F_3 \cdot h = -F_3 \cdot \frac{1}{2}BD = -30 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,6 = -9 \text{ нм}$$

$$M_B(F_4) = F_4 \cdot h = 0, \quad (h = 0)$$

$$M_B(F_5) = F_5 \cdot h = 0, \quad (h = 0).$$

#### **Форма представления результата:**

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

#### **Критерии оценки:**

оценка «5» ставится, если:

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

оценка «4» ставится, если:

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

оценка «3» ставится, если:

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

оценка «2» ставится, если:

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

## Тема 1.4. Плоская система произвольно расположенных сил. Пространственная система сил

### Практическая работа 4

#### Определение опорных реакций

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;**Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

**Задание:**

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

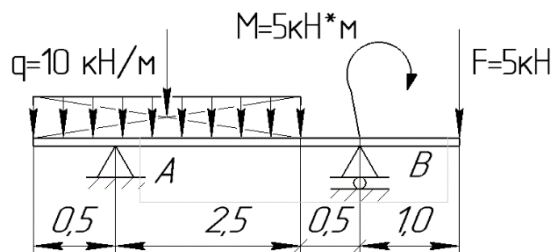


Рисунок 7а

**Порядок выполнения работы:**

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

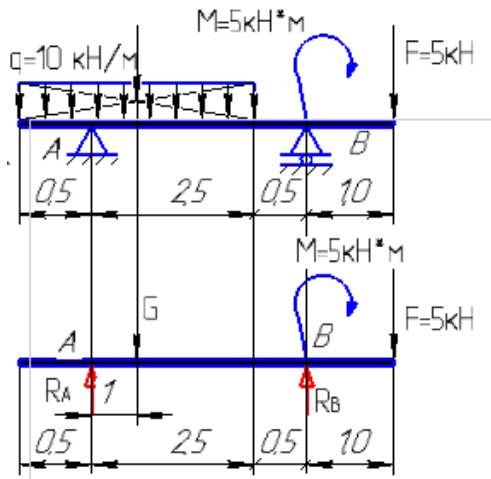


Рис. 7а      Рис 7б

3. Замените распределенную нагрузку  $q$  сосредоточенной силой  $Q$ .

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

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

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

Для двухопорной балки 2-я форма записи уравнений равновесия.

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

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

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

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

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

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

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

7. Проверка:  $\sum F_{iy} = 0;$

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

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

## Практическая работа 5

### Определение опорных реакций

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию; **Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; конспект лекций, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

**Задание:** консольная балка.

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

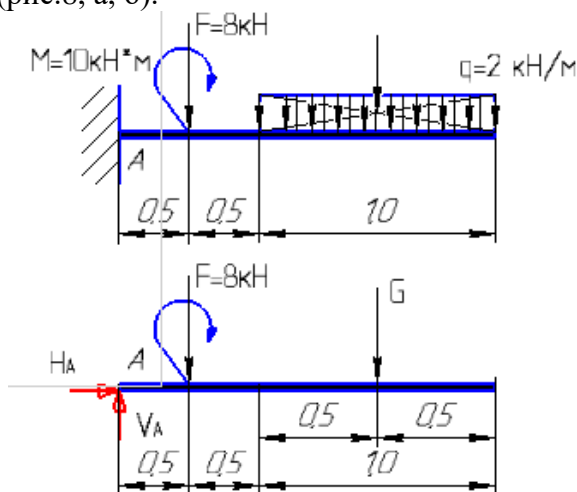


Рис. 8

Распределенную нагрузку интенсивностью  $q$  замените на сосредоточенную силу  $Q$ :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Реакции вычислены правильно.

**Форма представления результата:**



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

### **Критерии оценки:**

оценка «5» ставится, если:

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

оценка «4» ставится, если:

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

оценка «3» ставится, если:

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

оценка «2» ставится, если:

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

## **Тема 1.5 Центр тяжести**

### **Практическая работа 6**

#### **Определение центра тяжести составных геометрических фигур**

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

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

##### **уметь:**

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

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

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

#### **Порядок выполнения работы:**

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

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

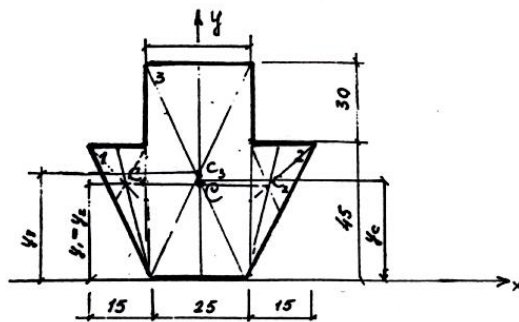


Рис. 9

3. Запишите формулу для определения координаты  $y_c$ :

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

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

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

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

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

4. Подставьте найденные значения в формулу и определите  $y_c$ :

$$y_c = \frac{337,5 \cdot 30 + 337,5 \cdot 30 + 1875 \cdot 37,5}{337,5 + 337,5 + 1875} = \frac{10125 + 10125 + 70312,5}{2550} = \frac{90562,5}{2550} = 35,5 \text{ см}$$

Итак, точка С имеет координаты 0; 35,5.

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

#### Форма представления результата:

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

#### Критерии оценки:

«оценка «5» ставится, если:

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

оценка «4» ставится, если:

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

оценка «3» ставится, если:

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

оценка «2» ставится, если:

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

## Тема 1.5 Центр тяжести

### Практическая работа 7

#### Определение центра тяжести составных прокатных профилей

**Цель:** формирование умений определять положение центра тяжести составных прокатных профилей, рассчитав его координаты. Уметь пользоваться справочной литературой.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

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

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

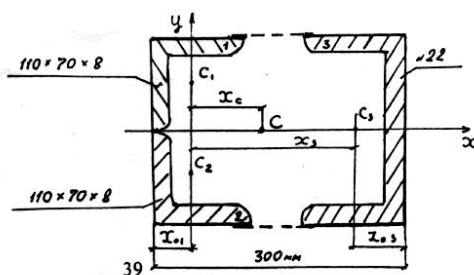


Рис. 10

#### Порядок выполнения работы:

1. Разбейте сечение на составные профили проката:

1) уголок неравнобокий – 110 x 70 x 8;

2) уголок неравнобокий – 110 x 70 x 8;

3) швеллер №22.

Положение центра тяжести примите по сортаменту:

$C_1$ ;  $C_2$ ;  $C_3$ .

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

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

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

Уголок 110 x 70 x 8:  $B = 11$  см;  $b = 7$  см;  $d = 0,8$  см;  $A = 13,9$  см<sup>2</sup>  
 $x_0 = 1,64$  см;  $y_0 = 3,61$  см.

Швеллер №22:  $h = 22$  см;  $b = 8,2$  см;  $z = 2,21$  см;  $d = 0,54$  см;  
 $t = 0,95$  см;  $A = 26,7$  см<sup>2</sup>.

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

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

4. Определите координату центра тяжести  $X_c$ :

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

=12,8 см.

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

### **Форма представления результата:**

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

### **Критерии оценки:**

«оценка «5» ставится, если:

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

оценка «4» ставится, если:

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

оценка «3» ставится, если:

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

оценка «2» ставится, если:

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

**Раздел 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**  
**Тема 2.1. Основные положения сопромата. Растяжение и сжатие.**

**Практическая работа 8**

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

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

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

**Задание:** постройте эпюры продольных сил  $N$  и нормальных напряжений  $\sigma$  при растяжении (сжатии).

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

**Порядок выполнения работы:**

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

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

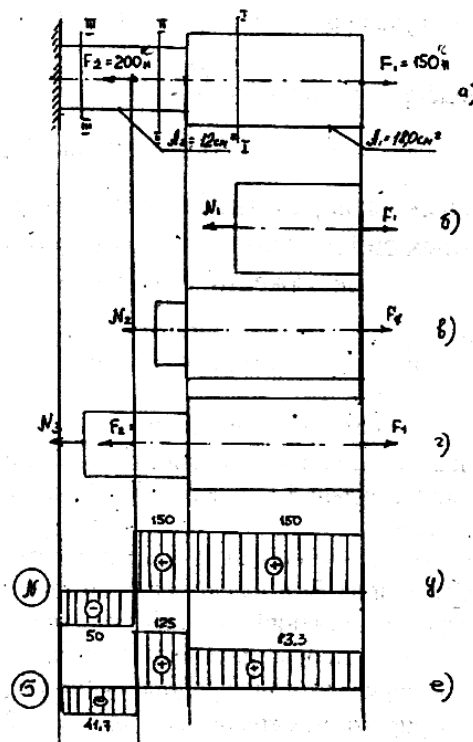


Рис. 11

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

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

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

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

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

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

(рис. 11, г)

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

По найденным значениям  $N$  и  $\sigma$  постройте их эпюры. Для этого проведите ось эпюры, параллельно оси стержня. Вправо и влево от оси эпюры откладывайте соответственно

положительные и отрицательные значения  $N$  и  $\delta$ . На эпюре обязательно ставьте знаки, подписывайте значения отложенных ординат, выполняют штриховку перпендикулярно оси эпюры (см. рис. 35 д, е).

Определите полное удлинение стержня:

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

Подставив числовые значения, получите:

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

### **Форма представления результата:**

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

### **Критерии оценки:**

«оценка «5» ставится, если:

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

оценка «4» ставится, если:

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

оценка «3» ставится, если:

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

оценка «2» ставится, если:

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

## **Лабораторная работа 1**

### **Испытание образцов материалов на растяжение**

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- У1. выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений;
- У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;
- У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;
- У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;
- У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;
- У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

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

**Задание:**

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

**Порядок выполнения работы.**

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

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

6. Установить образец в машину и нагрузить его до разрушения, включив машину.
7. Вычертить диаграмму растяжения стали и определить нагрузки в основных точках:  
 $F_y = \text{Н}, \quad F_T = \text{Н}, \quad F_{MAX} = \text{Н}, \quad F_K = \text{Н}$

8. Вычертить образец после разрушения и определить его размеры:

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

9. Определить напряжения в основных точках:

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

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

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

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

10. Определить относительное сужение и относительное растяжение:

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

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

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

**Форма представления результата:**

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

**Критерии оценки:**

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

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

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

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



## Лабораторное занятие 2

### Испытание образцов материалов на сжатие

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

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

**Задание:**

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

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

**Порядок выполнения работы:**

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

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

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

3. Построить диаграмму сжатия

4. Определить сопротивление разрушению.

**Форма представления результата:**

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

**Критерии оценки:**

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

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

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

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

## Тема 2.2. Изгиб

### Практическая работа 9.

Решение задач на построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

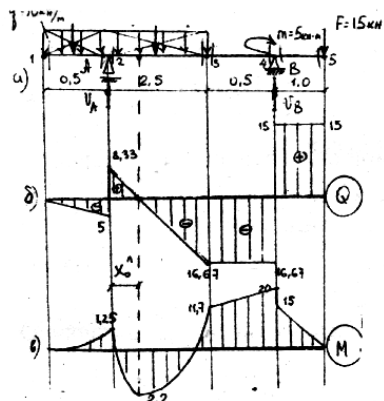
У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

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

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

Схемы балок взяты из примера к задаче 5.



1. Опорные реакции:

$$V_A = 13,33 \text{ кН}; V_B = 31,67 \text{ кН}$$

$$Q_1 = 5 \text{ кН}; Q_2 = 25 \text{ кН}.$$

б) для консольной

**Порядок выполнения работы:**

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

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

$$Q = 0$$

$$Q_2 = -Q_1 = -5 \text{ кН}$$

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

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

$$Q_3^n = -16,67 \text{ кН}$$

$$Q_4^n = -16,67 \text{ кН}$$

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

$$Q_5 = F = 15 \text{ кН}$$

$$M_1 = 0$$

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

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

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

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

$$M_5 = 0.$$

Определите значение  $M$  в точке  $O$ , где эюра  $Q$  пересекает ось эюры. В этой точке на эюре  $M$  будет экстремум.

Рассмотрите левую часть балки до точки  $O$ .

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

$x_0^n$  – расстояние от опоры  $A$  до точки  $O$ , где эюра  $Q$  пересекает ось эюры;

$Q_0^n$  – значение поперечной силы относительно точки  $O$ , слева от нее (берется с эюры « $Q$ »);

$q$  – интенсивность распределенной нагрузки.

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

Составьте уравнение моментов относительно точки  $O$  левой части балки:

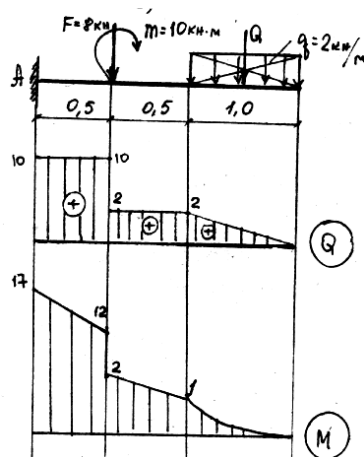
$$M_0^n = -Q_1(0,25 + 0,83) + V_A \cdot 0,83 - \frac{q \cdot 0,83^2}{2} = -5 \cdot 1,08 + 13,3 \cdot 0,83 - \frac{10 \cdot 0,69}{2} = 2,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Проверьте решение, проделав те же действия справа от точки  $O$ , где эюра « $Q$ » пересекает ось эюры, в этом случае, для определения расстояния  $x_0^n$  от точки  $3$  до точки  $O$  возьмите значение

$Q_0^n$  с эюры « $Q$ », т. е.  $Q_0^n = 16,67 \text{ кН}$ .

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

3. б) для консольной балки (рис. 12, а):



ii. Рис. 13

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

4.  $Q_1 = 0$  (рис. 13, б)  $M_1 = 0$

5.  $Q_2^n = Q_1 = 2 \text{ кН}$       $M_2 = -Q \cdot 0,5 = -1 \text{ кН} \cdot \text{м}$

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

### Форма представления результата:

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

### Критерии оценки:

«оценка «5» ставится, если:

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

оценка «4» ставится, если:

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

оценка «3» ставится, если:

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

оценка «2» ставится, если:

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

## Практическая работа 10.

Выбор рациональных сечений балки

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

### Выполнив работу, Вы будете:

#### *уметь:*

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

У01.2 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

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

**Задание:** Подберите сечение двутавра из условия прочности при изгибе (воспользуйтесь данными практической работы №12).

### Порядок выполнения работы:

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

а) для двухопорной балки (рис. 43):

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

$$\text{вид: } \sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq R$$

Отсюда подбор сечения осуществляется по формуле:

$$W_x = \frac{M_{\max}}{R}, \quad W_x^{\text{треб}} = \frac{20 \cdot 10^4}{2100} = 95,23 \text{ см}^3, \text{ где}$$

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

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

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

б) для консольной балки (рис. 44):

$$M_{\max} = 17 \text{ кН} \cdot \text{м} = 17 \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

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

$$W_x^{\text{треб}} = \frac{M_{\max}}{R} = \frac{17 \cdot 10^4}{2100} = 81 \text{ см}^3$$

По таблице сортамента  $W_x^{\text{факт}} = 81,7 \text{ см}^3$ , что соответствует двутавру №14.

### Форма представления результата:

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

### Критерии оценки:

«оценка «5» ставится, если:

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

оценка «4» ставится, если:

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

оценка «3» ставится, если:

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

оценка «2» ставится, если:

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

## Тема 2.3. Практические расчеты на срез и смятие.

### Лабораторная работа 3

#### Испытание стали на сдвиг (срез)

**Цель:** изучить характер разрушения стальных образцов и определить предел прочности при срезе.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

##### **уметь:**

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

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

**Материальное обеспечение:** стенд лабораторный по сопротивлению материалов СМ 2; штангенциркули, конспект лекций, линейка, карандаш, ластик

##### **Задание:**

Определить предел прочности образца на срез и сравнить с пределом прочности на растяжение.

##### **Порядок выполнения работы:**

1. Установить приспособление для испытаний образцов на срез в машину.
2. Дать нагрузку до среза образца. Снять показание нагрузки.
3. Определить предел прочности материала образца на срез.
4. Определить соотношение между пределами прочности материала на срез и на растяжение.
5. Сделать выводы.

##### **Форма представления результата:**

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

##### **Критерии оценки:**

«оценка «5» ставится, если:

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

оценка «4» ставится, если:

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

оценка «3» ставится, если:

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

оценка «2» ставится, если:

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

## 2.7 Устойчивость сжатых стержней

### Практическая работа 11.

#### Определить допускаемую сжимающую силу при продольном изгибе

**Цель:** формирование умений определять допускаемую нагрузку из условия устойчивости или по эмпирической формуле. Уметь пользоваться справочной литературой.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

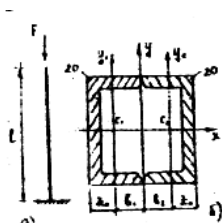
У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

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

**Задание:** определите допускаемую сжимающую силу при продольном изгибе.

а) подберите сечение равноустойчивой центрально-сжатой сквозной колонки, изготовленной из стали марки СТ 3 и составленной из двух швеллеров. Закрепление концов колонны показано на рис. 14 (а, б).



$$[n_y] = 2,8$$

$$E = 2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$$

$$R = 2000 \text{ кг/см}^2$$

$$l = 4,5 \text{ м} = 450 \text{ см}$$

$$\mu = 2$$

$$[F] = ?$$

#### Порядок выполнения работы:

Подбор допускаемой сжимающей силы при продольном изгибе произведите из условия устойчивости:

$$n_y = \frac{F_{кр}}{F} \leq [n_y], \text{ т. е. } [F] = \frac{F_{кр}}{[n_y]}.$$

Отсюда определите величину критической нагрузки  $F_{кр}$  или по формуле Эйлера или по СН и  $n_y$ .

Запишите условие применимости формулы Эйлера:

$\lambda \geq \lambda_{пр}$  – предельная гибкость должна быть меньше или равна гибкости стержня.

$$\text{Определите } \lambda_{пр} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{\sigma_{ст}}} = \sqrt{\frac{3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^6}{2100}} = 99,3.$$

Гибкость стержня  $\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}}$ , где  $i_{\min}$  – минимальный радиус инерции сечения, который определите по формуле:



$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{2 \cdot A}}$ , где  $A$  – площадь швеллера №20 определите из таблицы сортамента прокатной стали

$$A_1 = A_2 = 23,4 \text{ см}^2;$$

$J_{\min}$  – минимальный момент инерции сечения, показанного на рис. 13 б.

$$J_{\min} = ? \quad J_x = J_{x_1} + J_{x_2} + A_1 a_1^2 + A_2 a_2^2 = 2 \cdot 1520 = 3040 \text{ см}^4.$$

$$a_1 = a_2 = 0;$$

$$b_1 = b_2 = b_{\text{швеллера}} - Z_0 = 7,6 - 2,07 = 5,53 \text{ см}$$

$$J_y = J_{y_1} + J_{y_2} + A_1 b_1^2 + A_2 b_2^2 = 2 \cdot 113 + 2 \cdot 23,4 \cdot 5,53^2 = 1657 \text{ см}^4.$$

$$J_{\min} = 1657 \text{ см}^4$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{1657}{46,8}} = 5,95 \text{ см}$$

Определите гибкость стержня:  $\lambda = \frac{2 \cdot 450}{5,95} = 151.$

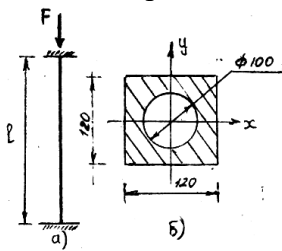
Таким образом, условие Эйлера выполняется  $151 > 99,3$ .

$F_{кр}$  по формуле Эйлера равно:  $F_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{\min}}{(\mu \cdot l)^2}.$

Определите допускаемую сжимающую силу:

$$[F] = \frac{F_{кр}}{[n_y]} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{\min}}{[n_y] \cdot (\mu \cdot l)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 1657}{2,8 \cdot 2^2 \cdot 450^2} = 14500 \text{ кг} = 14,5 \text{ т, итак, } [F] = 14,5 \text{ т.}$$

б) подберите допускаемое сжимающее усилие центрально сжатой сквозной колонны с сечением, показанным на рис. 15, б. Для колонны условие закрепления ее концов показаны на рис. 51, а.



$$[n_y] = 2,8$$

$$\mu = 0,5$$

$$E = 2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$$

$$R = \sigma_{нч} = 2 \cdot 100 \text{ кг/см}^2$$

$$l = 4 \text{ м} = 400 \text{ см}$$

$$[F] = ?$$

Определите условие применимости формулы Эйлера:  $\lambda \geq \lambda_{кр}$ .

Рис. 51

$$\lambda_{кр} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{\sigma_{нч}}} = 99,3,$$

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}}, \text{ где } i_{\min} \text{ – минимальный радиус инерции, определите по формуле: } i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}}.$$

Для этого найдите значение  $J_{\min}$  для сечения, показанного на схеме 43 (б) и  $A$  – площадь сечения.

$$J_{\min} = J_x = J_y = \frac{bh^3}{12} - \frac{\pi d^4}{64} = \frac{12^4}{12} - \frac{3,14 \cdot 10^4}{64} = 1237 \text{ см}^4$$

$$A = bh - \frac{\pi d^2}{4} = 65,5 \text{ см}^2$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{1237}{65,5}} = 4,35 \text{ см.}$$

Определите гибкость стержня  $\lambda = \frac{0,5 \cdot 400}{4,35} = 46,5$ , т. к.  $46,5 < 99,3$  – условие Эйлера не выполняется,

расчет произведите по СН и Пу из условия устойчивости  $\frac{F}{\varphi \cdot A} \leq R$ , откуда  $[F] = \varphi \cdot A \cdot R$ , где  $\varphi$  –

коэффициент продольного изгиба, который определите методом интерполяции:

$$\varphi = \varphi_1 - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\Delta \lambda} (\lambda - \lambda_1), \quad \varphi_1; \varphi_2; \lambda_1; \lambda_2 \text{ определите из таблицы № (см. Приложение №2).}$$

$$\varphi_1 = 0,906 \rightarrow \lambda_1 = 40; \varphi_2 = 0,869 \rightarrow \lambda_2 = 50.$$

$$\varphi = 0,906 - \frac{0,906 - 0,869}{10} (46,5 - 40) = 0,882.$$

Определите  $[F]$ :

$$[F] = 0,882 \cdot 65,5 \cdot 2100 = 121319,2 \text{ кг} = 121,3 \text{ т}.$$

### **Форма представления результата:**

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

### **Критерии оценки:**

«оценка «5» ставится, если:

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

оценка «4» ставится, если:

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

оценка «3» ставится, если:

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

оценка «2» ставится, если:

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

## Раздел 3. СТАТИКА СООРУЖЕНИЙ

### Тема 3.3 Многопролетные статически определимые балки

#### Практическая работа 12.

#### Расчет многопролетной шарнирной балки

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

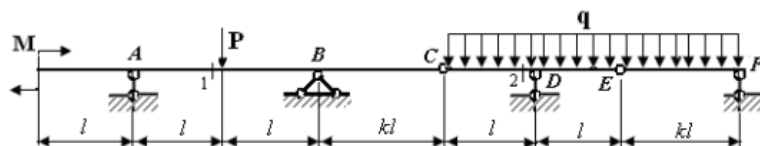
У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

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

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

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



**Порядок выполнения работы:**

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

**Форма представления результата:**

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

**Критерии оценки:**

«оценка «5» ставится, если:

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

оценка «4» ставится, если:

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

оценка «3» ставится, если:

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

оценка «2» ставится, если:

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

## Тема 3.5 Статически определимые плоские рамы

### Практическая работа 13.

#### Расчет плоских рам

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

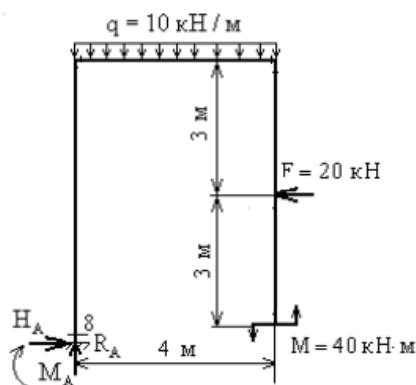
У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

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

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



**Порядок выполнения работы:**

Определить усилия возникающие в стержнях фермы.

**Порядок выполнения работы:**

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

**Форма представления результата:**

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

**Критерии оценки:**

«оценка «5» ставится, если:

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

оценка «4» ставится, если:

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

оценка «3» ставится, если:

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

оценка «2» ставится, если:

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

## Тема 3.6 Плоские статически определимые фермы

### Практическая работа 14.

#### Определение усилий в стержнях статически определимых ферм аналитическим и графическим способами

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

У01.2 анализировать задачу, выбирать и использовать уместные цифровые средства, приложения и ресурсы для постановки и решения задачи\проблемы;

У01.12 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У02.4 применять программные решения для структурирования и систематизации информации;

У02.6 оценивать практическую значимость результатов поиска с помощью цифровых инструментов;

У02.7 оформлять результаты поиска с помощью цифровых инструментов;

У03.4 применять современную научную профессиональную терминологию;

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

**Задание:**

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

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

**Порядок выполнения работы:**

**Форма представления результата:**

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

**Критерии оценки:**

«оценка «5» ставится, если:

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

оценка «4» ставится, если:

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

оценка «3» ставится, если:

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

оценка «2» ставится, если:

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