

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Троицкий технологический техникум»

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ЦМК  
Абзалилова Г.А.  
«24» мая 2024 г.

**Комплект  
оценочных средств по учебной дисциплине**

**ОП.10 Теоретическая механика**

Основной профессиональной образовательной программы (ОПОП)  
по специальности СПО

**08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений**

Разработчик:

О. А. Корчемкина, преподаватель  
профессионального цикла  
ГБПОУ «ТТТ»

## **Содержание**

1.	Паспорт комплекта оценочных средств.....
1.1.	Область применения комплекта контрольно-оценочных средств....
1.2.	Система контроля и оценки освоения программы учебной дисциплины.....
1.2.1.	Формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине.....
1.2.2.	Организация текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения учебной дисциплины.....
2.	Задания для контроля и оценки освоения программы учебной дисциплины.....
2.1.	Задания для текущего контроля.....
2.2.	Задания для промежуточной аттестации.....
3.	Рекомендуемая литература и иные источники.....

## **1. Паспорт комплекта оценочных средств**

### **1.1. Область применения комплекта оценочных средств**

Комплект оценочных средств предназначен для проверки результатов освоения дисциплины ОП.10 Теоретическая механика (далее - УД) основной профессиональной образовательной программы (далее - ОПОП) по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений.

#### **Комплект оценочных средств позволяет оценивать:**

1. Формирование элементов профессиональных компетенций (ПК) и элементов общих компетенций (ОК):

<b>Профессиональные и общие компетенции</b>	<b>Показатели оценки результата</b>	<b>Средства проверки</b>
1	2	3
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	Выполнение теплотехнического расчета ограждающих конструкций с применением специализированного программного обеспечения.	Устный опрос, тестовый опрос, решение практических заданий, промежуточная аттестация.
ПК 1.2 Выполнять расчеты и конструирование строительных конструкций.	Выполнение расчета нагрузок, действующих на конструкции, выполнять расчеты соединений элементов конструкции. Выполнение статического расчета.	
ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам	Распознание задачи или проблемы в профессиональном или социальном контексте. Анализ задачи или проблемы и выделение её составных частей. Определение этапов решения задачи.	
ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	Определение задачи для поиска информации, определение необходимого источника информации, планирование процесса поиска, структурирование получаемой информации, выделение наиболее значимого в перечне информации, оценивание практической значимости	

	<p>результатов поиска, оформление результата поиска, применение средства информационных технологий для решения профессиональных задач.</p> <p>Определение и выстраивание траектории профессионального развития и самообразования, выявление достоинства и недостатка коммерческой идеи.</p>	
OK 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.		
OK 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.	Организация работы коллектива и команды, взаимодействие с одногруппниками и преподавателями.	
OK 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.	Грамотное изложение своей мысли и оформление документов по профессиональной тематике на государственном языке, проявление толерантности в коллективе.	

## 2. Оценка умений и усвоение знаний.

<b>Освоенные умения, усвоенные знания</b>	<b>Показатели результата</b>	<b>№ заданий для проверки</b>
		1 2 3
Определять величины и направления реакций связей и построение силового многоугольника. Понимать основные понятия и аксиомы теоретической механики, законы равновесия и перемещения тел. Определять равнодействующую сходящейся системы сил. Определять реакций связей и усилия в стержнях кронштейна.	Определяет величины и направления реакций связей и называет правила построения силового многоугольника. Понимает основные понятия, перечисляет и формулирует законы равновесия и перемещения тел. Определяет равнодействующую сходящейся системы сил. Определяет равнодействующую сходящейся системы сил. Определяет реакции связей и усилия в стержнях кронштейна и момент силы относительно точки. Классифицирует нагрузки и виды опор. Определяет реакций опор и	Практические занятия № 1-7, тестовый и устный опрос, экзаменационные вопросы и задачи.

<p>Определять момент силы относительно точки.</p> <p>Классифицировать нагрузки и виды опор.</p> <p>Определять реакций опор и моментов защемления.</p> <p>Определять положение центра тяжести плоского сечения и составного сечения.</p>	<p>моментов защемления.</p> <p>Использует полученные знания для определения положения центра тяжести плоского сечения и составного сечения.</p>	
---	---	--

## **1.2 Система контроля и оценки освоения программы учебной дисциплины**

### **1.2.1. Формы промежуточной аттестации по УД**

<b>Учебная дисциплина</b>	<b>Формы промежуточной аттестации</b>
1	2
ОП.10 Теоретическая механика	Экзамен

### **1.2.2. Организация текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения программы УД.**

Текущий контроль знаний и умений осуществляется по результатам устных ответов обучающегося, тестирования, выполнения практических заданий.

Итоговый контроль освоения учебной дисциплины осуществляется на экзамене. Условием допуска к экзамену является положительная аттестация по дисциплине.

#### **Критерии оценивания.**

Критерии и шкалы оценивания в результате изучения дисциплины при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации:

<b>Шкалы оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
отлично	Обучающийся правильно ответил на теоретические и практические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при выполнении упражнений, иных заданий. Ответил на все дополнительные вопросы
хорошо	Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы, показал хорошие знания в рамках учебного материала. Выполнил с небольшими неточностями практические задания. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при овладении учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов

удовлетворительно	Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при овладении учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы
неудовлетворительно	Обучающийся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов

## 2. Задания для контроля и оценки освоения программы УД.

### 2.1 Задания для текущего контроля.

#### Примеры решения практических заданий.

##### Практическое Занятие №1

Тема: «Определение равнодействующей сходящейся системы сил».

**Пример:** Для заданной плоской системы сходящихся сил (рисунок 1.4) определить равнодействующую аналитическим и графическим способами. Выявить, уравновешена ли система.

Дано:  $F_1 = 20\text{H}$ ,  $\alpha_1 = 45^\circ$

$F_2 = 30\text{H}$ ,  $\alpha_2 = 0^\circ$

$F_3 = 42\text{H}$ ,  $\alpha_3 = 240^\circ$

Найти:  $F_\Sigma$ ,  $\alpha$

Решение

##### I. Аналитический способ.

1. Перестраиваем силы согласно заданных углов (рисунок 1.2)

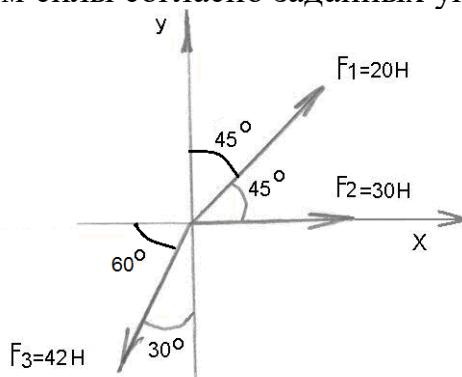


Рисунок 1.2

2. Задаем оси координат так, чтобы одна ось была перпендикулярна некоторым силам. Начало координат совмещаем с точкой пересечения сил. Указываем острые углы, образованные силами с осями координат

3. Определяем проекции равнодействующей на з данные оси координат.

$$F_{\Sigma x} = \sum F_{nx} = F_1 \cos 45^\circ + F_2 - F_3 \cos 60^\circ = 20 \cdot 0,707 + 30 - 42 \cdot 0,5 = 23,1\text{H}$$

$$F_{\Sigma Y} = \Sigma F_{ny} = F_1 \cos 45^\circ - F_3 \cos 30^\circ = 20 \cdot 0,707 - 42 \cdot 0,866 = -24,1H$$

4. Определяем величину равнодействующей

$$F_\Sigma = \sqrt{F_{\Sigma X}^2 + F_{\Sigma Y}^2} = \sqrt{23,1^2 + (-24,1)^2} = 33,4H$$

5. Вычисляем тангенс угла наклона равнодействующей к оси абсцисс и определяем угол  $\alpha$

$$\operatorname{tg} \alpha = \left| \frac{F_{\Sigma Y}}{F_{\Sigma X}} \right| = \left| \frac{-24,1}{23,1} \right| = \left| -1,043 \right| = 1,043$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left| \frac{F_{\Sigma Y}}{F_{\Sigma X}} \right| = \operatorname{arctg} 1,043 \approx 46^\circ$$

6. Определяем, уравновешена ли система. Т.к.  $F_\Sigma = 33,4H \neq 0$ , то система не уравновешена

## II. Графический способ.

1. Выбираем масштаб построения, исходя из величины заданных сил.

Для нашей задачи принимаем масштаб  $\mu = 5 \frac{H}{cm}$

2. Определяем длины отрезков, изображающих силы.

$$oa = l_1 = \frac{F_1}{\mu} = \frac{20}{5} = 4cm$$

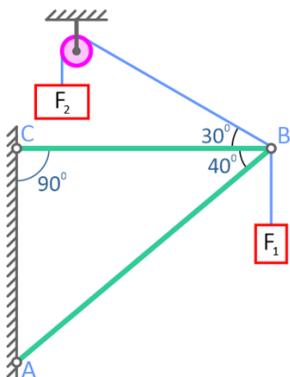
$$ab = l_2 = \frac{F_2}{\mu} = \frac{30}{5} = 6cm$$

$$bc = l_3 = \frac{F_3}{\mu} = \frac{42}{5} = 8,4cm$$

## Практическое занятие №2.

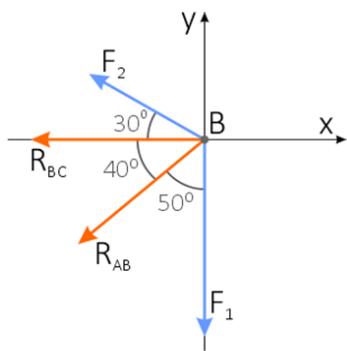
Тема: «Определение величины и направления реакций связей и построение силового треугольника»

**Пример:** Определить реакции стержней,держивающих грузы  $F_1=1,2kN$  и  $F_2=0,8kN$ .



## Решение.

1. Рассмотрим равновесие шарнира B.
2. Освобождаем соединяющий стержни шарнир B от связей и изображаем действующие на него активные силы и реакции связей.



3. Выбираем систему координат x-y и составляем уравнения равновесия для системы сил, действующих на шарнир В.

Сумма проекций всех сил на оси x и y

$$\sum X = -F_2 \cdot \cos 30^\circ - R_{AB} \cdot \cos 40^\circ - R_{BC} = 0 \quad (1)$$

$$\sum Y = -F_1 + F_2 \cdot \sin 30^\circ - R_{AB} \cdot \sin 40^\circ = 0 \quad (2)$$

4. Определяем реакции стержней  $R_{AB}$  и  $R_{BC}$ , решая уравнения (1) и (2).

Из уравнения (2)

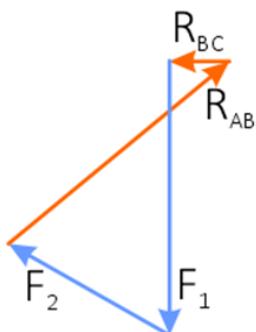
$$R_{AB} = \frac{-F_1 + F_2 \cdot \sin 30^\circ}{\sin 40^\circ} = \frac{-1,2 + 0,8 \cdot \sin 30^\circ}{\sin 40^\circ} = -1,24 \text{ кН}$$

Отрицательное значение указывает на то, что реакцию надо направить в противоположную сторону.

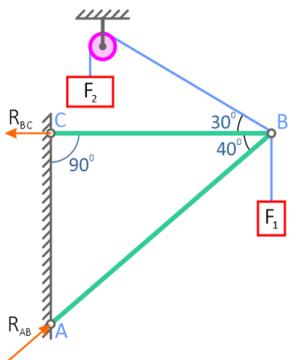
Подставляем найденное значение  $R_{AB}$  в уравнение (1) и получаем

$$R_{BC} = -F_2 \cdot \cos 30^\circ - R_{AB} \cdot \cos 40^\circ = \\ = -0,8 \cdot \cos 30^\circ - (-1,24) \cdot \cos 40^\circ = 0,26 \text{ кН}$$

5. Проверяем правильность полученных результатов, решая задачу графически. Полученная система сил находится в равновесии, следовательно, силовой многоугольник, построенный для этой системы сил, должен быть замкнутым. Строим силовой многоугольник



Силовой многоугольник замкнут. Графическое решение подтверждает правильность первого решения.



**Ответ:**  $R_{AB}=1,24\text{кН}$ ,  $R_{BC}=0,26\text{кН}$ .

### Практическое занятие №3.

Тема: «Определение усилий в стержнях кронштейна».

**Пример:** к кронштейну, изображенному на рис. 1, а, в узле  $B$  подвешен груз весом 36 кН. Соединения элементов кронштейна шарнирные. Определить усилия, возникающие в стержнях  $AB$  и  $BC$ , считая их невесомыми.

#### Решение.

Рассмотрим равновесие узла  $B$ , в котором сходятся стержни  $AB$  и  $BC$ . Узел  $B$  представляет собой точку на чертеже. Так как груз подвешен к узлу  $B$ , то в точке  $B$  прикладываем силу  $F$ , равную весу подвешенного груза. Стержни  $BA$  и  $BC$ , шарнирно соединенные в узле  $B$ , ограничивают возможность любого его линейного перемещения в вертикальной плоскости, т.е. являются связями по отношению к узлу  $B$ .

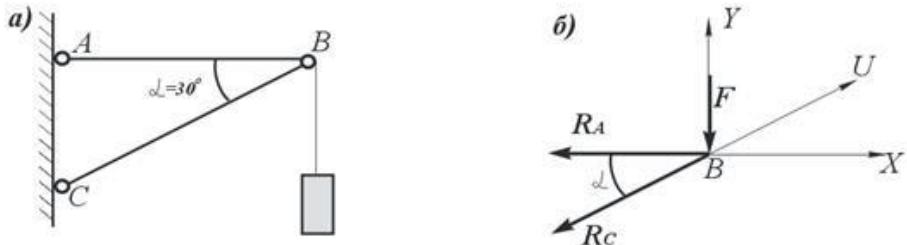


Рис. 1. Расчетная схема кронштейна к примеру:  
а – расчетная схема; б – система сил в узле  $B$

Мысленно отбрасываем связи и заменяем их действия силами - реакциями связей  $R_A$  и  $R_C$ . Так как стержни невесомые, то реакции этих стержней (усилия в стержнях) направлены вдоль оси стержней. Предположим, что оба стержня растянуты, т.е. их реакции направлены от шарнира внутрь стержней. Тогда, если после расчета реакция получится со знаком минус, то это будет означать, что на самом деле реакция направлена в сторону, противоположную указанной на чертеже, т.е. стержень будет сжат.

На рис. 29, б показано, что в точке  $B$  приложены активная сила  $F$  и реакции связей  $R_A$  и  $R_C$ . Видно, что изображенная система сил представляет плоскую систему сил, сходящихся в одной точке. Выбираем произвольно оси координат  $OX$  и  $OY$  и составляем уравнения равновесия вида:

$$\Sigma F_x = 0; -R_A - R_C \cos(90^\circ - \alpha) = 0;$$

$$\Sigma F_y = 0; -F - R_C \sin(90^\circ - \alpha) = 0.$$

Учитывая, что  $\cos(90 - \alpha) = \sin\alpha$ , из второго уравнения находим

$$R_c = -F/\sin\alpha = -36/0,5 = -72 \text{ кН.}$$

Подставив значение  $R_c$  в первое уравнение, получим

$$R_a = -R_c \cos\alpha = -(-72) \cdot 0,866 = 62,35 \text{ кН.}$$

Таким образом, стержень  $AB$  - растянут, а стержень  $BC$  - сжат.

Для проверки правильности найденных усилий в стержнях спроектируем все силы на любую ось, не совпадающую с осями  $X$  и  $Y$ , например, ось  $U$ :

$$\Sigma F_u = 0; -R_c - R_a \cos\alpha - F \cos(90 - \alpha) = 0.$$

После подстановки значений найденных усилий в стержнях (размерность в килоньютонах) получим

$$-(-72) - 62,35 \cdot 0,866 - 36 \cdot 0,5 = 0; 0 = 0.$$

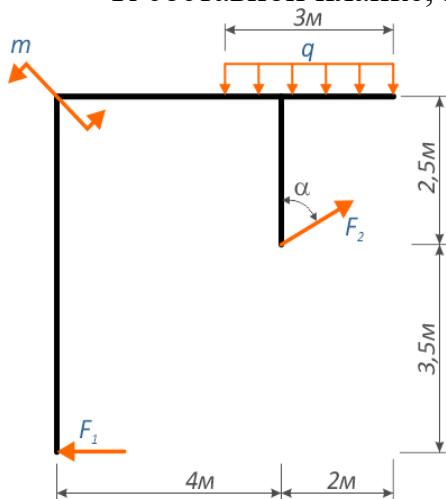
Условие равновесия выполняется, таким образом, найденные усилия в стержнях верны.

#### Практическое занятие №4.

Тема: «Определение моментов сил относительно точки»

##### Пример.

К составной планке, показанной на рисунке



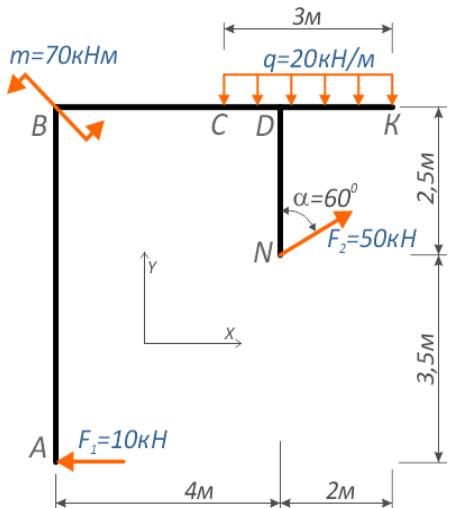
приложены следующие нагрузки:

1. Внешние сосредоточенные силы  $F_1=10 \text{ кН}$  и  $F_2=50 \text{ кН}$  расположенная под углом
2. Сосредоточенный момент  $m=70 \text{ кНм}$
3. Равномерно-распределённая нагрузка  $q$  интенсивностью  $20 \text{ кН/м}$

Требуется составить и определить алгебраическую сумму моментов относительно точек А, В и D.

##### Решение

Обозначим характерные точки системы буквами и покажем систему координат x-y.



Для записи и расчета уравнений суммы моментов надо мысленно закрепить систему в рассматриваемой точке и записать все внешние усилия, которые стремятся повернуть систему.

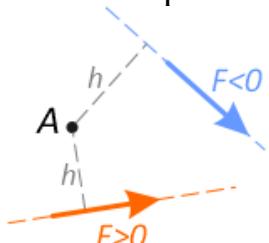
Момент силы определяется по формуле

$$M = F \cdot h$$

где  $h$  — расстояние от точки до линии действия силы, называемое плечом.

Другие видео

При этом, по правилу знаков, нагрузки, поворачивающие систему против хода часовой стрелки записываются положительными и наоборот.



При записи уравнений суммы моментов:

- Силы умножаются на плечо;
- Равномерно распределенные нагрузки умножаются на длину (получается равнодействующая сила), полученное произведение умножается на плечо, которым служит расстояние от её середины до рассматриваемой точки;
- Сосредоточенный момент в сумме моментов записывается как есть (с учётом знака).

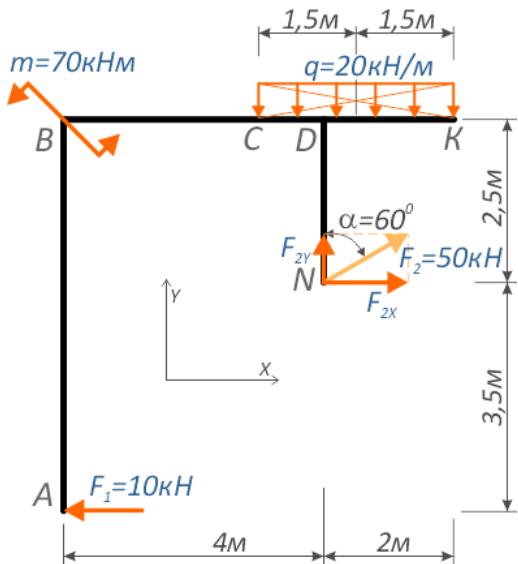
Примеры составления суммы моментов сил.

Определим алгебраические суммы моментов сил относительно произвольных точек системы.

Для некоторого упрощения решения задачи, распределенную нагрузку можно заменить её равнодействующей

$$R_q = q \cdot l = 20 \cdot 3 = 60 \text{kN}$$

которая при равномерном распределении приложена посередине:

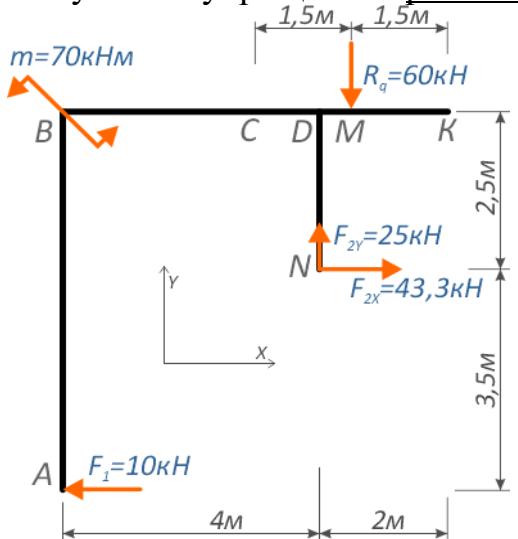


а сосредоточенную силу  $F_2$  можно разложить на составляющие, спроецировав её на оси  $x$  и  $y$ .

$$F_{2X} = F_2 \cdot \sin \alpha = 50 \cdot \sin 60^\circ = 43,3 \text{ kN}$$

$$F_{2Y} = F_2 \cdot \cos \alpha = 50 \cdot \cos 60^\circ = 25 \text{ kN}$$

Получается упрощенная расчетная схема:

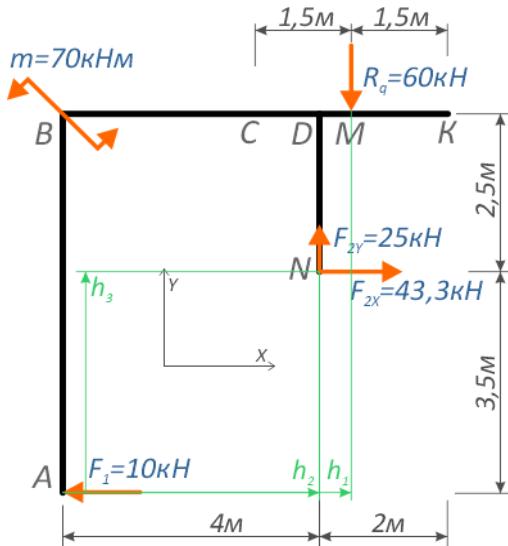


Расчет суммы моментов относительно точки, к которой приложена сила.

Для точки А:

Силы  $R_q$  и  $F_{2X}$  создают момент, вращающий по ходу часовой стрелки, поэтому будут записаны со знаком минус.

Сила  $F_{2Y}$  относительно точки А имеет обратное направление и создает положительный момент.



Здесь  $h_1$ ,  $h_2$  и  $h_3$  плечи моментов соответствующих сил и равнодействующей распределенной нагрузки относительно точки А.

Линия действия силы  $F_1$  проходит через саму точку А, следовательно, плечо равно нулю, поэтому момент этой силой в данном случае не создается.

Таким образом, относительно точки А уравнение суммы моментов будет иметь вид:

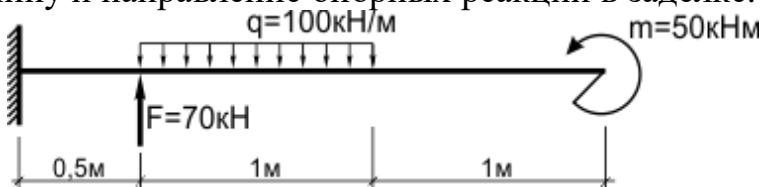
$$\begin{aligned}
 M_A &= \sum m(A) = \\
 &= m - q \cdot 3 \cdot \left(6 - \frac{3}{2}\right) + F_2 \cos 60^\circ \cdot 4 - F_2 \sin 60^\circ \cdot 3,5 = \\
 &= m - R_q \cdot h_1 + F_{2Y} \cdot h_2 - F_{2X} \cdot h_3 = \\
 &= 70 - 60 \cdot (6 - 1,5) + 25 \cdot 4 - 43,3 \cdot 3,5 = -251,55 \text{ кНм}
 \end{aligned}$$

Здесь сумма моментов относительно точки А отрицательна, поэтому, если данную систему закрепить в этой точке, она будет вращаться по ходу часовой стрелки.

### Практическое занятие №5.

Тема: «Определение опорных реакций консольной балки»

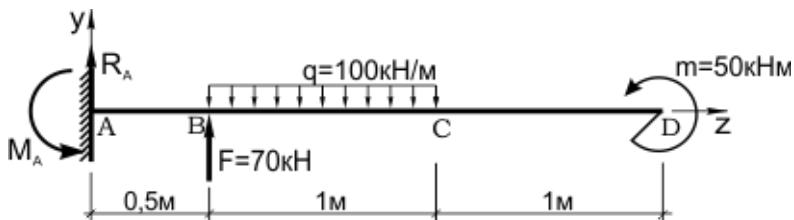
**Пример:** консольная балка нагружена сосредоточенными силой  $F$  и моментом  $m$ , а также равномерно распределенной нагрузкой  $q$ . Определить величину и направление опорных реакций в заделке.



### Решение.

В данном случае имеет место случай плоского поперечного изгиба, поэтому реакции, очевидно, также будут располагаться исключительно в плоскости чертежа.

Для удобства обозначим характерные сечения балки точками А, В, С и Д и установим систему координат с началом в т. А



Как известно заделка препятствует одновременно перемещению и вращению балки, поэтому в защемлении возникнут сила  $R$  и момент  $M$ .

Не зная истинного направления, направим их произвольно, например: реакцию  $R$  направим вверх, а опорный момент  $M$  против хода часовой стрелки

Для определения неизвестных усилий запишем уравнения равновесия системы (уравнения статики):

$$\sum F(y) = 0 = R_A + F - q \cdot 1$$

$$\sum m(A) = 0 = M_A + F \cdot 0,5 - q \cdot 1 \cdot \left(\frac{1}{2} + 0,5\right) + m$$

Правила знаков для сил и моментов.

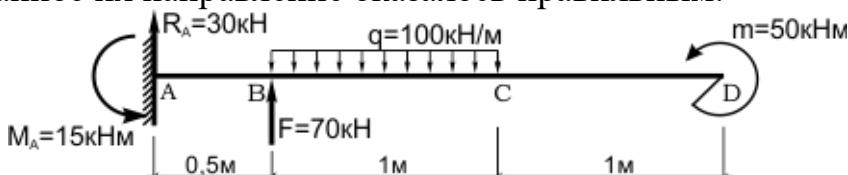
из первого уравнения определяем опорную силу

$$R_A = q \cdot 1 - F = 100 \cdot 1 - 70 = 30 \text{ kN}$$

из второго — момент в заделке

$$M_A = q \cdot 1 \cdot 1 - 0,5F - m = 100 - 0,5 \cdot 70 - 50 = 15 \text{ kNm}$$

Положительный знак найденных реакций показывает, что произвольно выбранное их направление оказалось правильным.



В качестве проверки полученных данных запишем уравнение суммы моментов относительно любой другой точки балки, например точки D:

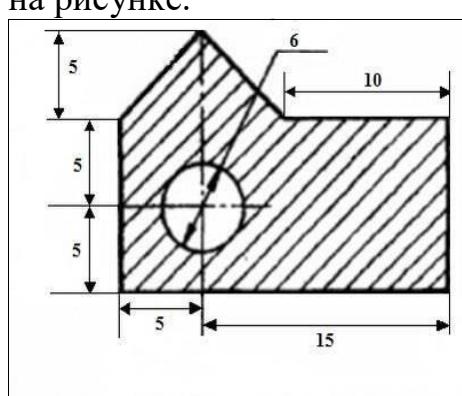
$$\sum m(D) = M_A - R_A \cdot 2,5 - F \cdot 2 + q \cdot 1 \cdot \left(\frac{1}{2} + 1\right) + m = 15 - 30 \cdot 2,5 - 70 \cdot 2 + 100 \cdot 1,5 + 50 = 0$$

Ноль говорит о том, что опорные реакции определены верно.

### Практическое занятие №6.

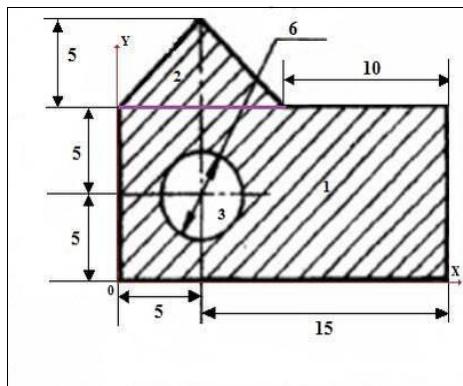
Тема: «Определение центра тяжести плоских фигур»

**Пример:** Найти координаты центра тяжести плоской фигуры, изображенной на рисунке.



### Решение.

Выбираем оси координат так, чтобы нижний и левый край фигуры совпали с ними:



Делим заданную плоскую фигуру на прямоугольник (1), треугольник (2) и круг (3).

Вычисляем площади этих фигур:

$$S_1 = 10 \cdot 20 = 200; S_2 = 0,5 \cdot 5 \cdot 10 = 25; S_3 = \pi \cdot 9 = 28,3.$$

Определяем координаты центров тяжести фигур:

$$x_1 = 10; y_1 = 5.$$

$$x_2 = 5; y_2 = 11,7.$$

$$x_3 = 5; y_3 = 5.$$

Координаты центра тяжести всей плоской фигуры:

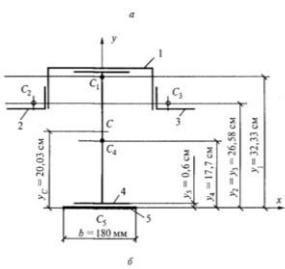
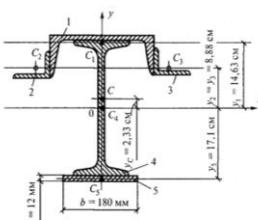
$$x = \frac{\sum x_i \cdot S_i}{\sum S_i} = \frac{x_1 S_1 + x_2 S_2 - x_3 S_3}{S_1 + S_2 - S_3} = \frac{10 \cdot 200 + 5 \cdot 25 - 5 \cdot 28,3}{200 + 25 - 28,3} = 10$$

$$y = \frac{\sum y_i \cdot S_i}{\sum S_i} = \frac{y_1 S_1 + y_2 S_2 - y_3 S_3}{S_1 + S_2 - S_3} = \frac{5 \cdot 200 + 11,7 \cdot 25 - 5 \cdot 28,3}{200 + 25 - 28,3} = 5,9$$

### Практическое занятие №7.

Тема: «Определение положения центра тяжести составного сечения»

**Пример:** Определить координаты центра тяжести сечения, составленного из профилей проката, как показано на рис. 14, а. Сечение состоит из двутавровой балки № 33, швеллера № 27, двух уголков 90×56×6 мм и листа сечением 12×180 мм.



**Решение:**

1. Разобьем сечение в соответствии с профилями проката и обозначим их 1, 2, 3, 4, 5.

2. Укажем центры тяжести каждого профиля и обозначим их  $C_1, C_2, C_3, C_4$  и  $C_5$ .

3. Выберем систему осей координат. Ось  $y$  совместим с осью симметрии, а ось  $x$  направим перпендикулярно оси  $y$  и проведем через центр тяжести двутавровой балки.

4. Выпишем формулы для определения координат центра тяжести сечения:  $x_c=0$ , так как ось  $y$  совпадает с осью симметрии;

Учитывая, что  $A_2 = A_3$ , а также, что  $y_2 = y_3$ , получим:

5. Определим площади и координаты центров тяжести отдельных профилей проката, используя сечение.

$$A_1 = 35,2 \text{ см}^2; A_2 = A_3 = 8,54 \text{ см}^2; A_4 = 53,8 \text{ см}^2;$$

$$A_5 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ см}^2;$$

$$y_1 = h_{\text{дв}} / 2 + d_{\text{шв}} - z_{0(\text{шв})} = 33/2 + 0,6 - 2,47 = 14,63 \text{ см};$$

$$y_2 = y_3 = h_{\text{дв}} / 2 + d_{\text{шв}} - b_{\text{шв}} + x_{0(\text{уг})} = 33/2 + 0,6 - 9,5 + 1,28 = 8,88 \text{ см};$$

$y_4 = 0$ , так как ось  $x$  проходит через центр тяжести двутавра;

$$y_5 = -(h_{\text{дв}} / 2 + \delta_{\text{листа}}/2) = -(33/2 + 1,2/2) = -17,1 \text{ см}.$$

Подставим полученные значения в формулу для определения  $y_c$ :

$$y_c = \frac{35,2 \cdot 14,63 + 2 \cdot 8,54 \cdot 8,88 + 53,8 \cdot 0 + 21,6 \cdot (-17,1)}{35,2 + 2 \cdot 8,54 + 53,8 + 21,6} = \frac{297,3}{127,7} = 2,33 \text{ см}$$

Укажем положение центра тяжести сечения  $C$  на схеме.

**Устные вопросы для проверки усвоения материала.**

1. Дайте определение абсолютно твердого тела.
2. Дайте определение материальной точке.
3. Объясните понятие абсолютно твердое тело.
4. Какие в природе бывают тела?
5. Объясните принцип освобождаемости от связей.
6. Что такое сила? Охарактеризуйте эту физическую величину и единицу ее измерения в системе СИ.
7. Перечислите и охарактеризуйте основные аксиомы статики.
8. Что такое «эквивалентная», «равнодействующая» и «уравновешивающая» система сил?
9. Теорема о равновесии плоской системы трех непараллельных сил и ее доказательство.
10. В чем разница между активными силами (нагрузками) и реактивными силами (реакциями)? Перечислите и охарактеризуйте наиболее распространенные виды связей между несвободными телами.
11. В чем разница между распределенной и сосредоточенной нагрузкой?
12. Что такое «интенсивность» плоской системы распределенных сил, и в каких единицах она измеряется?
13. Что такое «плоская система сходящихся сил»?

14. Объясните определение равнодействующей плоской системы сил - геометрическим и графическим методом.
15. Сформулируйте условия равновесия плоской системы произвольно расположенных сил.
16. Сформулируйте и докажите теорему о равнодействующей двух неравных антипараллельных сил.
17. Что такое момент силы относительно точки, и в каких единицах (в системе СИ) он измеряется? Что такое момент пары сил, и какие пары сил считаются эквивалентными?
18. Сформулируйте основные свойства пары сил в виде теорем.
19. Сформулируйте и докажите теорему о сложении пар сил.  
Сформулируйте условие равновесия плоской системы пар.
20. Перечислите виды балок.
21. Объясните сосредоточенную нагрузку.
22. Дайте понятие распределенная нагрузка.
23. Перечислите виды опор.
24. Сформулируйте и докажите теорему о параллельном переносе силы.
25. Сформулируйте и докажите теорему о приведении системы произвольно расположенных сил к данному центру. Что такое главным моментом плоской системы произвольно расположенных сил?
26. Перечислите свойства главного вектора и главного момента системы произвольно расположенных сил.
27. Сформулируйте условия равновесия пространственной системы произвольно расположенных сил.
28. Дайте определение центра тяжести тела и опишите основные методы его нахождения.
29. Что называют устойчивым равновесием?
30. Охарактеризуйте неустойчивое равновесие.
31. Что называют безразличным состоянием?

### **Тестовые задания.**

#### **1. Материальной точкой называется...**

- А) тело малых размеров;
- Б) тело, формой и размерами которого можно пренебречь в условиях данной задачи;
- В) минимальная частица материи;
- Г) тело, размерами которого можно пренебречь в условиях данной задачи.

#### **2. Силой называют:**

- А) модуль вектора силы;
- Б) мера механического воздействия сил;
- В) мера механического взаимодействия тел;
- Г) векторная величина.

#### **3. Назовите единицы измерения силы.**

- А) МПа;
- Б) Н;

В) Дж;

Г) А.

**4. Сколько реакций имеет заделка в стену (зашемление)...**

А) две реакции и момент;

Б) две реакции и два момента;

Г) три реакции и один момент.

**5. Проекцией силы на ось называют произведение модуля силы на...**

А) синус угла между направлением силы и выбранной осью;

Б) косинус угла между направлением силы и выбранной осью;

В) тангенс угла между направлением силы и выбранной осью;

Г) котангенс угла между направлением силы и выбранной осью.

**6. Какой угол составляет вектор силы с осью, если он проектируется в натуральную величину.**

А) острый;

Б) тупой;

В)  $0^\circ$ ;

Г)  $180^\circ$ .

**7. Парой сил называют...**

А) две параллельные силы;

Б) две равные по модулю силы, противоположно направленные, параллельные и не лежащие на одной прямой силы;

В) две силы, лежащие в одной плоскости;

Г) две силы, противоположно направленные, параллельные друг другу.

**8. Моментом пары сил называют...**

А) произведение модуля силы на плечо пары;

Б) произведение модуля одной из сил на плечо пары;

В) произведение модуля одной из сил на расстояние;

Г) произведение силы на расстояние.

**9. Момент пары сил измеряется в следующих единицах.**

А) Н/м;

Б) Н м;

В) Кгсм;

Г) Джм.

**10. Какую силу называют равнодействующей?**

А) сила, действующая на тело со стороны других тел;

Б) сила, эквивалентная данной системе сил;

В) мера механического воздействия на систему;

Г) сила, производимая на тело механическое воздействие.

**11. Статика - это раздел теоретической механики, который занимается...**

А) изучением сил и условием их равновесия;

Б) движением точек;

В) движением тел;

Г) законами движения.

**13. Системой сил называют...**

А) совокупность сил, приложенных к телу;

- Б) мера механического воздействия на тело;
- В) сила эквивалентная данной системе;
- Г) равнодействующая сила.

**14. Когда момент силы относительно точки равен нулю?**

- А) когда сила равна нулю;
- Б) когда расстояние до точки равно нулю;
- В) когда плечо равно нулю;
- Г) когда линия действия силы проходит через точку.

**15. Интенсивность распределённой нагрузки обозначается буквой...**

- А)  $M$ ;
- Б)  $F$ ;
- В)  $q$ ;
- Г)  $a$ .

Г) Расчёт на контактную прочность.

**17. Какое действие оказывает на тело пара сил?**

- А) никакого;
- Б) вращательное;
- В) заставляет двигаться поступательно;
- Г) придаёт ускорение.

**18. Когда плоская система сил находится в равновесии?**

- А) когда уравновешивающая сила равна нулю;
- Б) когда равнодействующая сила равна нулю;
- В) когда равнодействующая сила не равна нулю;
- Г) когда уравновешивающая сила не равна нулю;

**19. Когда две пары сил эквивалентны?**

- А) когда равны модули их сил;
- Б) когда равны их плечи;
- В) когда равны их моменты;
- Г) когда не равны модули сил пар, но равны их плечи.

**20. Что называют связью?**

- А) брус;
- Б) тело;
- В) тело, которое препятствует движению другого тела;
- Г) стена.
- Г) растяжение и сдвиг.

## 2.2 Задания для промежуточной аттестации.

### Вопросы к экзамену.

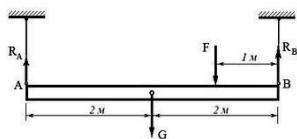
1. Дайте определение материальной точки.
2. Объясните, чем характеризуется материальная точка.
3. Охарактеризуйте абсолютно твердое тело.
4. Перечислите свойства твердого тела, охарактеризуйте их.
5. Сформулируйте и графически изобразите 1-ю и 2-ю аксиомы статики.
6. Сформулируйте и графически изобразите 3-ю и 4-ю аксиомы статики.
7. Дайте определение понятию сила, изобразите графически и укажите единицы измерения силы.

8. Объясните понятие системы сил, изобразите графически.
9. Охарактеризуйте эквивалентные системы сил, изобразите графически.
10. Дайте понятие равнодействующей силе.
11. Дайте понятие уравновешивающей силе.
12. Перечислите виды связей, изобразите графически.
13. Охарактеризуйте реакции связей.
14. Объясните определение направления реакций связей основных типов.
15. Охарактеризуйте плоскую систему сходящихся сил, изобразите графически.
16. Дайте определение силового многоугольника.
17. Перечислите алгоритм построения силового многоугольника.
18. Запишите геометрическое условие равновесия системы.
19. Опишите проекцию силы на оси координат.
20. Запишите правило знаков проекции силы на оси координат.
21. Объясните аналитическое определение равнодействующей системы.
22. Дайте определение пары сил и ее характеристикам.
23. Опишите момент пары сил, запишите формулу для определения момента, единицы измерения.
24. Объясните эквивалентность пар сил.
25. Запишите теоремы об эквивалентности пар сил.
26. Расскажите о плоской системе произвольно расположенных сил, изобразите графически.
27. Дайте определение моменту силы относительно точки, напишите формулу для вычисления момента.
28. Расскажите о плоской системе произвольно расположенных сил.
29. Объясните приведение плоской системы сил к центру.
30. Объясните приведение к главному вектору в плоской системе произвольно расположенных сил, изобразите графически.
31. Объясните приведение к главному моменту в плоской системе произвольно расположенных сил, изобразите графически.
32. Объясните равновесие плоской системы сил.
33. Перечислите и запишите формы уравнения равновесия.
34. Дайте определение понятию балка, перечислите виды балок.
35. Перечислите классификацию нагрузок и охарактеризуйте их.
36. Перечислите виды опор, изобразите графически.
37. Опишите пространственную систему сил, изобразите графически.
38. Объясните равновесие пространственной системы сил.
39. Охарактеризуйте пространственную систему сходящихся сил, изобразите графически.
40. Запишите аналитические уравнения равновесия пространственной системы произвольно расположенных сил.
41. Дайте определение центру тяжести тела.
42. Охарактеризуйте координаты центра параллельных сил.
43. Перечислите методы определения центра тяжести фигур.
44. Запишите формулы для определения центра тяжести простых геометрических фигур.

45. Запишите формулы для определения центра тяжести фигур, имеющих ось симметрии.
46. Объясните понятие устойчивость равновесия.
47. Охарактеризуйте неустойчивое и безразличное равновесие твердого тела.
48. Объясните условие равновесия твердого тела, имеющего неподвижную точку.
49. Объясните условие равновесия твердого тела, имеющего ось вращения.
50. Объясните условие равновесия тела, имеющего опорную плоскость.

### Задачи к экзамену.

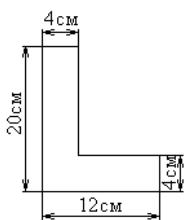
- Сила пары равна  $F = 2\text{H}$ , плечо пары  $l=5\text{m}$ , чему равен момент пары сил?
- Определить момент пары сил, если  $F_1=F=20 \text{ H}$ ,  $l=0,5 \text{ m}$  и  $\alpha=30^\circ$ .
- Балка висит на гибких связях горизонтально, нагружена собственным весом  $\mathbf{G}$ , силой  $\mathbf{F}$  и находится в состоянии равновесия.



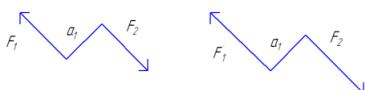
Определить реакцию гибкой связи  $R_A$ . Исходные данные: вес балки  $G = 1200 \text{ H}$ , сила  $F = 600 \text{ H}$ .

Расположение гибких связей и силовых факторов приведено на схеме.

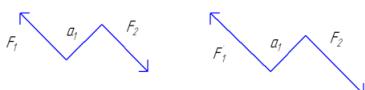
- Как изменится величина сил пары, если плечо увеличить в два раза при сохранении величины момента.
- Момент пары сил равен  $M=100\text{nm}$ , плечо пары  $l=0,2\text{m}$ . Определить величину силы пары.
- Определить координаты центра тяжести фигуры.



- Дана пара сил  $F_1=F_2=42\text{kH}$ , плечо 3 м. заменить заданную пару сил эквивалентной парой сил с плечом 1,9 м.

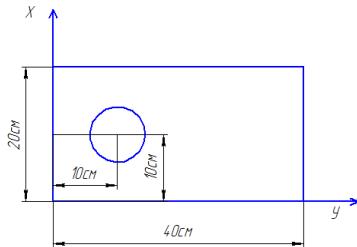


- Дана пара сил  $F_1=F_2=38\text{kH}$ ; плечо 5 м. заменить заданную пару сил эквивалентной парой сил с плечом 1,2 м.



- Сила пары равна  $F = 5\text{H}$ , плечо пары  $l=4\text{m}$ , чему равен момент пары сил?

10. Определить положение центра тяжести фигуры.

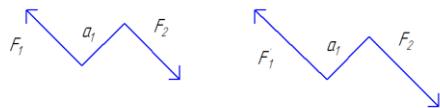


11. Определить момент пары сил, если  $F_1=F=18\text{H}$ ,  $l=0,7\text{ м}$  и  $\alpha=40^\circ$ .

12. Найдите момент уравновешивающей пары сил.



13. Данна пара сил  $F_1=F_2=38\text{kH}$ ; плечо 5 м, заменить заданную пару сил эквивалентной парой сил с плечом 1,2 м.



14. Определить момент пары сил, если  $F_1=F=10\text{ н}$ ,  $l=0,7\text{ м}$  и  $\alpha=35^\circ$ .

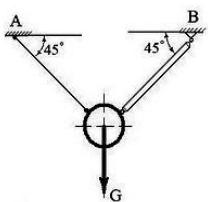
15. Найдите момент уравновешивающей пары сил



16. Рассчитать сумму моментов сил относительно точки О.

$F_1=10\text{H}$ ;  $F_2=5\text{H}$ ;  $F_3=100\text{H}$ ;  $F_4=20\text{H}$ ;  $F_5=10\text{H}$ .

17. Груз **G** удерживается гибкой связью (нитью) и тонким стержнем в состоянии равновесия. Определить силу натяжения гибкой связи (нити).

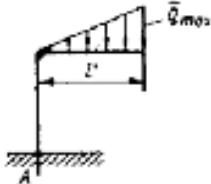


Углы между элементами растяжки представлены на схеме.

Масса груза  $m = 10\text{ кг}$ .

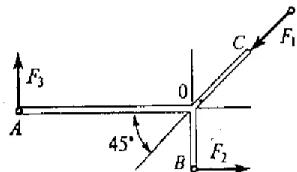
Ускорение свободного падения  $g$  принять равным  $10\text{ м/сек}^2$ .

18. Определить длину  $l$  кронштейна при которой момент в заделке  $M_A=3$  Нм, если интенсивность распределенной нагрузки  $q_{\max}=1$  Н/м.



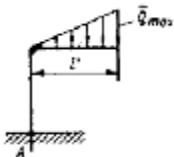
19. Сила пары равна  $F = 5$  Н, плечо пары  $l=2,5$  м, чему равен момент пары сил?

20. Определить сумму моментов относительно точки O.  $AO = 1,5$  м;  $OC = OB = 2$  м.  $F_1 = 10$  Н;  $F_2 = 15$  Н;  $F_3 = 8$  Н.

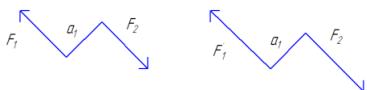


$$AO = 2 \text{ м}; OC = OB = 1 \text{ м}; \\ F_1 = 12 \text{ Н}; F_2 = 18 \text{ Н}; F_3 = 9 \text{ Н}$$

21. Определить длину  $l$  кронштейна, при которой момент в заделке  $M_A=4$  Нм, если интенсивность распределенной нагрузки  $q_{\max}=2$  Н/м.



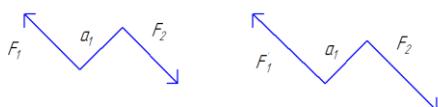
22. Данна пара сил  $F_1=F_2=42$  кН, плечо 2 м, заменить заданную пару сил эквивалентной парой сил с плечом 1,8 м.



23. Определить момент пары сил, если  $F_1=F=25$  н,  $a_f=0,4$  м и  $\alpha=20^\circ$ .

24. Сила пары равна  $F = 5$  Н, плечо пары  $l = 7$  м, определить, чему равен момент пары сил.

25. Данна пара сил  $F_1=F_2=27$  кН, плечо 6 м. заменить заданную пару сил эквивалентной парой сил с плечом 1,5 м.



### **3. Рекомендуемая литература и иные источники**

#### **3.1. Основные источники:**

1. А. М. Бусыгин, «Основы теоретической механики» - М.: КноРус, 2020.
2. Вереина Л.И., Краснов М.М. Техническая механика - М.: ОИЦ «Академия», 2021.
3. Олофинская В.П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и технических заданий. – М.: Форум «Инфра-М», 2020.

#### **3.2. Электронные ресурсы:**

1. Информационный ресурс по дисциплине «Теоретическая механика механика». Форма доступа: <http://www.ostemex.ru/>.
2. <https://e.lanbook.com/>.
3. ЭБС-ЛАНЬ.