

**Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Иркутской области
«Иркутский техникум транспорта и строительства»**

Методические указания для выполнения практических работ

**По учебной дисциплине
ОП.09 «Техническая механика»**

по специальности среднего профессионального образования

23.02.01. Организация перевозок и управления на транспорте (автомобильном)

Квалификация: техник

Форма обучения: очная

Нормативный срок обучения: 3 года 10 месяцев
на базе основного общего образования

Методические указания для выполнения практических работ по **ОП.09.Техническая механика** предназначены для обучающихся образовательных учреждений СПО по специальности **23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (автомобильном)**. Методические указания разработаны на основе рабочей программы дисциплины «Техническая механика». Методические указания содержат рекомендации к практическим работам, требования к знаниям и умениям. Приведен список основной литературы и нормативных документов, рекомендуемых для подготовки к работам.

Организация — разработчик: ГБПОУ ИО «Иркутский техникум транспорта и строительства»

Разработчик:

Рассмотрена и одобрена на заседании
ДЦК
Протокол № 10 от 1.06. 2023г.

1. Пояснительная записка

Настоящие методические указания предназначены для проведения практических занятий по программе дисциплины «Техническая механика» утвержденной для специальности: **23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (автомобильном)**

Задачи практических занятий обусловлены необходимостью получения студентом знаний и умений согласно требованиям ФГОС СПО, на основе которых формируются следующие компетенции: учебно-познавательная, информационная, коммуникативная. Формирование соответствующих компетенций связано с решением задач по развитию у студентов соответствующих знаний и умений.

В результате выполнения практических работ, предусмотренных программой по данным специальностям, студент должен

Уметь:

- У. 1. Производить расчет на растяжение и сжатие на срез, смятие, кручение и изгиб;
- У. 2. Выбирать детали и узлы на основе анализа их свойств для конкретного применения.

Знать:

- З. 1. Основные понятия и аксиомы теоретической механики, законы равновесия и перемещения тел;
- З. 2. Методики выполнения основных расчетов по теоретической механике, сопротивлению материалов и деталям машин;
- З. 3. Основы проектирования деталей и сборочных единиц;
- З. 4. Основы конструирования.

Перед началом каждой работы необходимо ознакомиться с ее содержанием. При выполнении работы студенты записывают исходные данные и производят соответствующие расчеты. После выполнения работы студент должен представить отчет о проделанной работе. Отчет о проделанной работе следует делать на листах формата А4. Содержание отчета указано в описании работы. Таблицы и рисунки следует выполнять чертежным инструментом, карандашом с соблюдением ЕСКД.

Защита практических работ проводится на плановых занятиях. Во время защиты студент сдает отчет, содержащий все пункты задания, и отвечает на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях к выполненной работе.

Выполнение практических работ по дисциплине техническая механика направлено на формирование общих и профессиональных компетенций, включающими в себя способность:

В части общих компетенций:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ОК 10. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

В части профессиональных компетенций:

ПК 1.1. Организовывать и проводить работы по техническому обслуживанию и ремонту автотранспорта.

ПК 1.2. Осуществлять технический контроль при хранении, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств.

ПК 1.3. Разрабатывать технологические процессы ремонта узлов и деталей.

ПК 2.3. Организовывать безопасное ведение работ при техническом обслуживании и ремонте автотранспорта.

**2. Перечень практических работ предусмотренных рабочей программы
ОП.09. Техническая механика**

№ п/п	Наименование практической работы	Кол-во часов
1	ПЗ № 1. Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил	2
2	ПЗ № 2. Определение реакций балок	2
3	ПЗ № 3. Определение центра тяжести плоской фигуры практическим и аналитическим способами	2
4	ПЗ № 4. Испытание на растяжение образца из низкоуглеродистой стали	2
5	ПЗ № 5. Определение нормальных сил, напряжений, перемещений и построение эпюр.	2
6	ПЗ № 6. Решение задач на определение главных моментов инерции простых и сложных фигур	2
7	ПЗ № 7. Опытная проверка закона Гука при кручении.	2
8	ПЗ № 8. Решение задач на определение крутящего момента, требуемого диаметра вала и напряжений	2
9	ПЗ № 9. Проектирование и конструирование неразъемных и разъемных соединений. Расчеты на прочность	2
10	ПЗ № 10. Изучение устройства механических передач. Расчет механических передач	2

Практическая работа № 1 **«Определение равнодействующей ПССС»**

Цели:

1. Обучающая: закрепить знания по определению равнодействующей ПССС аналитическим и графическим способами
2. Развивающая: выяснить, уравновешена ли заданная система сил, сформировать навыки построения силового многоугольника и определения проекций сил на оси
3. Воспитательная: воспитать трудолюбие, аккуратность

Оборудование: инструкция к практической работе, калькулятор, чертежные инструменты

Порядок выполнения работы

1. Запишите в отчет название работы и цель.
2. Прочитайте теоретическое обоснование, внимательно рассмотрите алгоритм решения задачи и приведенные примеры.
3. Самостоятельно выполните задания по предложенному преподавателем варианту, сделайте вывод по решенной задаче.
4. Запишите в отчет ответы на контрольные вопросы.
5. Сформулируйте вывод по практической работе

Теоретическое обоснование

Исследование любой системы сил начинают с определения взаимного расположения этих сил. Если линии действия всех сил расположены в одной плоскости и пересекаются в одной точке, то они образуют плоскую систему сходящихся сил.

Число сил, образующих данную систему может быть любым. Последовательно складывая силы, их приводят к одной равнодействующей силе. Один из главных вопросов, который следует решить, исследуя систему сил, - это вопрос о том, является ли данная система уравновешенной или неуравновешенной.

Необходимым и достаточным признаком уравновешенности системы сходящихся сил, является равенство нулю их равнодействующей силы. Точка, к которой приложена уравновешенная система сил, находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

Сложение сил можно производить двумя способами: графическим и аналитическим. Графическое сложение плоской системы сходящихся сил производят путем построения силового многоугольника. Последовательность построения силового многоугольника приведена в таблице 1.1

Графический способ позволяет довольно быстро и наглядно произвести сложение системы сил, но точность определения величины и направления сил зависит от точности выполненных построений.

Более точные результаты можно получить, применяя аналитический способ, основанный на вычислении проекций сил на оси координат. Последовательность вычисления равнодействующей плоской системы сходящихся сил аналитическим способом приведена в таблице 1.2.

Определение проекций силы на ось для различных вариантов расположения силы относительно оси представлено на рисунке 1.1

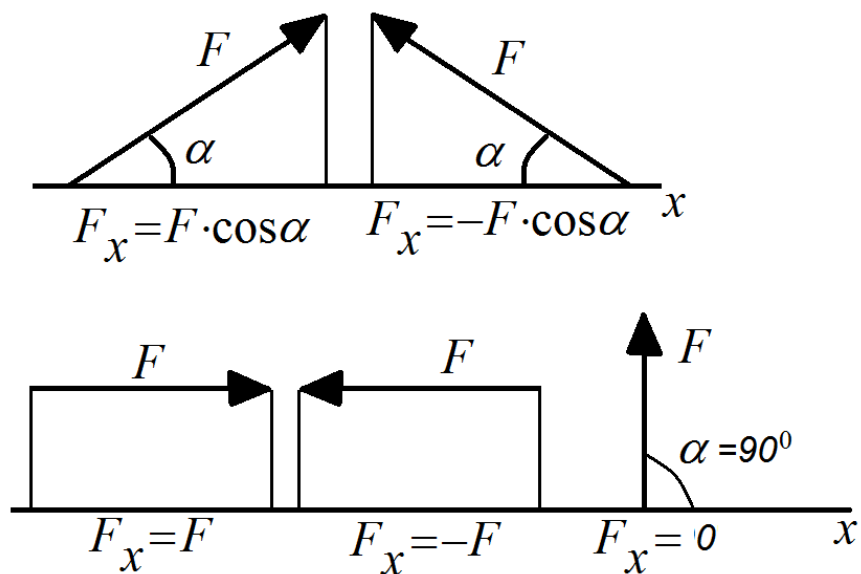


Рисунок 1.1

Алгоритм решения задачи

Таблица 1.1 — Последовательность действий при построении силового многоугольника

№ п/п	Наименование операций	Эскиз
1	Из произвольной точки отложить первый вектор силы	
2	Из конца первого вектора отложить вектор второй силы	
3	Из конца второго вектора отложить вектор третьей силы и т. д. Повторить n-1 раз	
4	Направить замыкающий вектор от начала первого вектора в конец последнего	
5	Определить величину и направление равнодействующей и сделать вывод об	

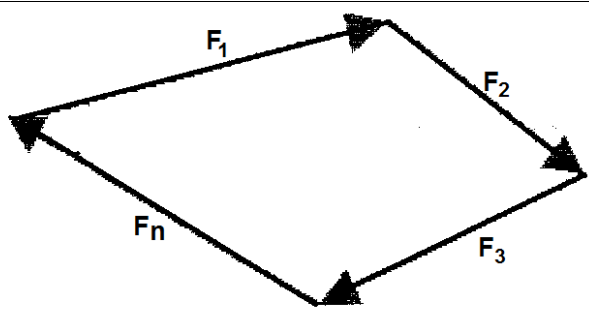
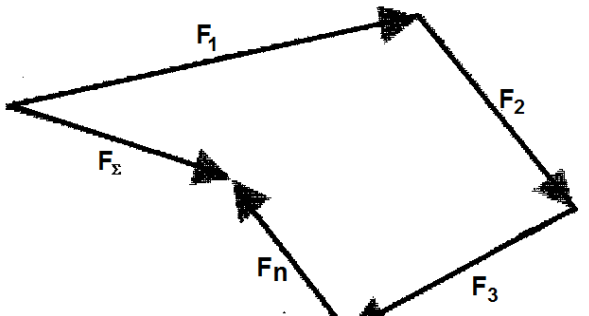
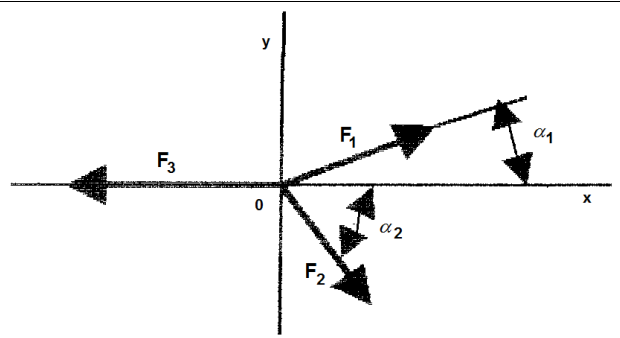
№ п/п	Наименование операций	Эскиз
	уравновешенности системы:	
	а) система уравновешена, если силовой многоугольник замкнут	
	б) если силовой многоугольник не замкнут, то система сил не уравновешена	

Таблица 1.2 — Последовательность действий при определении равнодействующей аналитическим способом

№ п/п	Наименование операций	Эскиз
1	Изобразить схематически тело и заданные силы. Найти точку пересечения этих сил.	
2	Провести оси координат так, чтобы одна ось была перпендикулярна некоторым силам. Начало координат совместить с точкой пересечения сил. Указать острые углы, образованные с осями координат.	
3	Вычислить величину проекций равнодействующей силы на оси координат. Она определяется как сумма проекций всех сил системы на эти оси.	$F_{\Sigma X} = \Sigma F_{nx} = F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 - F_3$ $F_{\Sigma Y} = \Sigma F_{ny} = F_1 \cos(90^\circ - \alpha_1) - F_2 \cos(90^\circ - \alpha_2)$
4	Вычислить равнодействующую по формуле	$F_{\Sigma} = \sqrt{F_{\Sigma X}^2 + F_{\Sigma Y}^2}$
5	Вычислить тангенс угла наклона равнодействующей к оси абсцисс и определить угол α	$\operatorname{tg} \alpha = \left \frac{F_{\Sigma Y}}{F_{\Sigma X}} \right \quad \alpha = \operatorname{arctg} \left \frac{F_{\Sigma Y}}{F_{\Sigma X}} \right $
6	Определить, уравновешена ли система	а) при $F_{\Sigma} = 0$ система уравновешена б) при $F_{\Sigma} \neq 0$ система сил не уравновешена

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_Σ , α

Решение

I. Аналитический способ

1. Перестраиваем силы согласно заданных углов (рисунок 1.2)

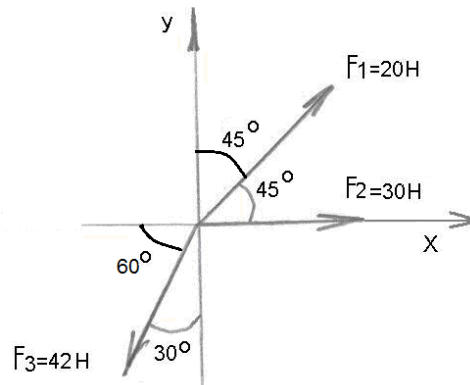


Рисунок 1.2

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 3 данные оси координат.

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

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

4. Определяем величину равнодействующей

$$F_\Sigma = \sqrt{F_{\Sigma X}^2 + F_{\Sigma Y}^2} = \sqrt{23,1^2 + \dots}$$

5. Вычисляем тангенс угла наклона равнодействующей к оси абсцисс и определяем угол α

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

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

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

II. Графический способ.

1. Выбираем масштаб построения, исходя из величины заданных сил. Для нашей задачи принимаем масштаб $\mu = 5 \frac{\text{H}}{\text{см}}$

2. Определяем длины отрезков, изображающих силы.

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

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

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

3. Строим силовой многоугольник (рисунок 1.3). Из произвольной точки o откладываем отрезок oa , изображающий вектор силы F_1 . Следует помнить, что силы необходимо строить так, как они заданы на рисунке, т.е. с учетом расположения сил под определенными углами и с учетом их направления. К концу отрезка oa (сила F_1) достраиваем отрезок ab , изображающий вектор силы F_2 . Далее к концу отрезка ab достраиваем отрезок bc , изображающий вектор силы F_3 . Проводим равнодействующую силу – это будет вектор, выходящий из начала первого вектора (точки o) и идущий в конец последнего вектора (к точке c)

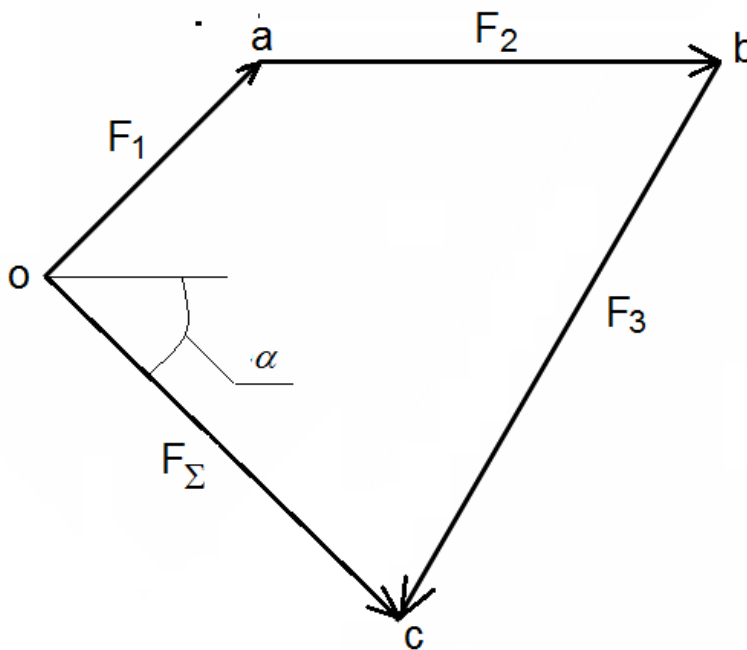


Рисунок 1.3

4. Определяем величину равнодействующей и угол ее наклона к оси абсцисс. Для определения величины равнодействующей линейкой замеряем отрезок oc . $oc = 6,6 \text{ см}$

Определяем равнодействующую: $F_{\Sigma} = oc \cdot \mu = 6,6 \cdot 5 = 33 \text{ Н}$

С помощью транспортира измеряем угол наклона равнодействующей к оси абсцисс (угол α): $\alpha = 46^\circ$

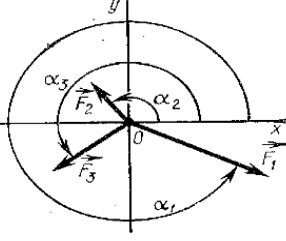
5. Делаем вывод об уравновешенности системы. Т.к. силовой многоугольник не замкнут, то система не уравновешена.

III. Окончательный вывод по задаче: Т.к. результаты определения равнодействующей и угла ее наклона к оси абсцисс в обоих способах решения примерно равны, то задача решена верно. Данная система не уравновешена.

Задания для практической работы

Для заданной плоской системы сходящихся сил определить равнодействующую аналитическим и графическим способами. Выявить, уравновешена ли система. Исходные данные по вариантам представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 — Исходные данные

Вариант						
	Заданные силы, Н			Угол между силой и осью x. град		
	F_1	F_2	F_3	α_1	α_2	α_3
1	9	7	4	330	120	210
2	6	5	3	60	135	270
3	2	3	8	120	180	300
4	3	4	6	45	150	240
5	5	2	9	30	180	225
6	4	6	8	90	150	270
7	3	9	6	270	120	60
8	1	7	8	300	60	150
9	8	6	4	135	210	330
10	2	7	9	20	110	200
11	3	5	6	40	160	270
12	4	7	1	60	140	220
13	5	4	3	75	180	225
14	6	3	9	80	120	330
15	7	5	4	210	130	30
16	8	1	3	180	225	45
17	5	7	8	45	190	240
18	4	9	2	20	200	270
19	3	2	9	140	80	120
20	2	8	5	135	30	290
21	7	8	9	150	45	330
22	1	7	3	120	60	20
23	3	4	5	60	300	90
24	2	1	9	150	240	270
25	4	3	6	45	90	180

Вывод о достигнутых целях работы.

Контрольные вопросы

1. Какая система сил приложена в точке, находящейся в покое?
2. Чему равна равнодействующая уравновешенной системы сил?
3. Укажите последовательность построения силового многоугольника для системы сходящихся сил.
4. Можно ли, построив силовой многоугольник, определить, уравновешена ли система?
5. Как методом проекций вычислить величину равнодействующей плоской системы сходящихся сил и угол, определяющий ее направление?

Практическая работа №2

«Определение опорных реакций балок, нагруженных плоской системой произвольно расположенных сил»

Цель работы: овладение студентами навыками определения реакций опор балок.

Оборудование: ПК, проектор, методические рекомендации

Задание №1.

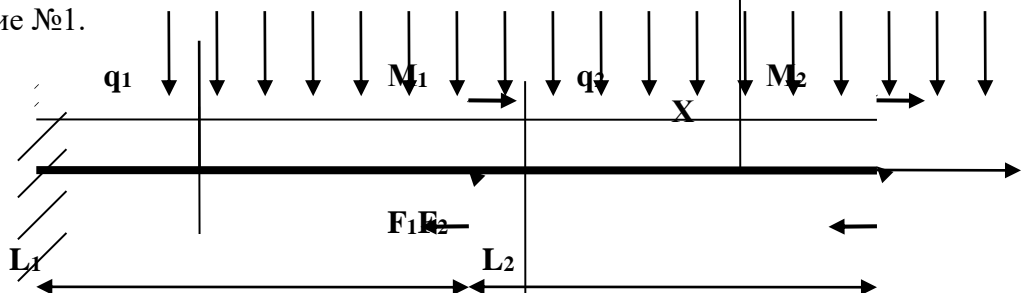


Рис. 3 Общая расчётная схема задания №1

Задание №2.

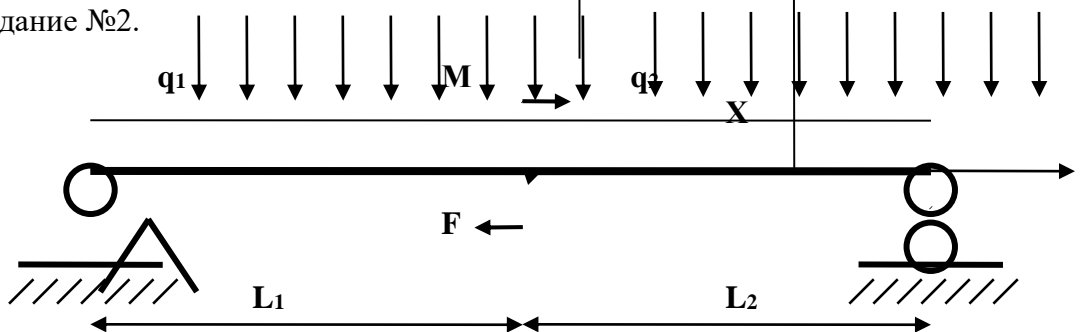


Рис. 4 Общая расчётная схема задания №2

Для расчётных схем (Рис. 3 и Рис.4) требуется определить *опорные реакции* балок.

Задания

Варианты задания №1 практической работы №2 (Рис. 3)

№	q_1	q_2	F_1	F_2	M_1
1	1q	0q	0F	2F	3M
2	0q	1q	2F	0F	0M
3	2q	0q	0F	3F	4M
4	0q	2q	3F	0F	0M
5	3q	0q	0F	4F	5M
6	0q	3q	4F	0F	0M
7	4q	0q	0F	5F	1M
8	0q	4q	5F	0F	0M

Примечания. 1. Общую расчётную схему (Рис. 3) следует преобразовать в заданную расчётную схему в соответствии с исходными данными из таблицы.

2. Знак «минус» перед значением нагрузки означает, что она должна быть направлена в сторону, противоположную указанному на рис. 3 направлению.

3. Коэффициент 0 перед значением нагрузки означает её отсутствие на расчётной схеме.

4. При выполнении работы принимаем $F=q \cdot L$, $M=q \cdot L^2$.

Варианты задания 2 практической работы №2 (Рис. 4)

№	q_1	q_2	F	M	L_1	L_2
1	1q	0q	2F	3M	4L	5L
2	0q	1q	2F	3M	4L	5L
3	2q	0q	3F	4M	5L	1L
4	0q	2q	3F	4M	5L	1L
5	3q	0q	4F	5M	1L	2L
6	0q	3q	4F	5M	1L	2L
7	4q	0q	5F	1M	2L	3L
8	0q	4q	5F	1M	2L	3L
9	5q	0q	1F	2M	3L	4L
10	0q	5q	1F	2M	3L	4L
11	-1q	0q	2F	3M	4L	5L
12	0q	-1q	2F	3M	4L	5L
13	-2q	0q	3F	4M	5L	1L
14	0q	-2q	3F	4M	5L	1L
15	-3q	0q	4F	5M	1L	2L
16	0q	-3q	4F	5M	1L	2L
17	-4q	0q	5F	1M	2L	3L
18	0q	-4q	5F	1M	2L	3L
19	-5q	0q	1F	2M	3L	4L
20	0q	-5q	1F	2M	3L	4L
21	1q	0q	-2F	3M	4L	5L
22	0q	1q	-2F	3M	4L	5L
23	2q	0q	-3F	4M	5L	1L
24	0q	2q	-3F	4M	5L	1L
25	3q	0q	-4F	5M	1L	2L
26	0q	3q	-4F	5M	1L	2L
27	4q	0	-5F	1M	2L	3L
28	0q	4q	-5F	1M	2L	3L
29	5q	0q	-1F	2M	3L	4L
30	0q	5q	-1F	2M	3L	4L

Примечания. 1. Общую расчётную схему (Рис. 4) следует преобразовать в заданную расчётную схему в соответствии с исходными данными из таблицы вариантов.

2. Знак «минус» перед значением нагрузки означает, что она должна быть направлена в сторону, противоположную указанному на рис. 4 направлению.

3. Коэффициент 0 перед значением нагрузки означает её отсутствие на расчётной схеме.

4. При выполнении работы принимаем $F=qL$, $M=qL^2$.

Алгоритм выполнения задания №1

Расчетная схема балки, представленная на **рис 6**. составлена из общей расчётной схемы (Рис.3) для следующих исходных данных:

q_1	q_2	F_1	F_2	M_1	M_2	L_1	L_2
$4q$	$0q$	$0F$	$-2F$	$4M$	$0M$	$2L$	$2L$

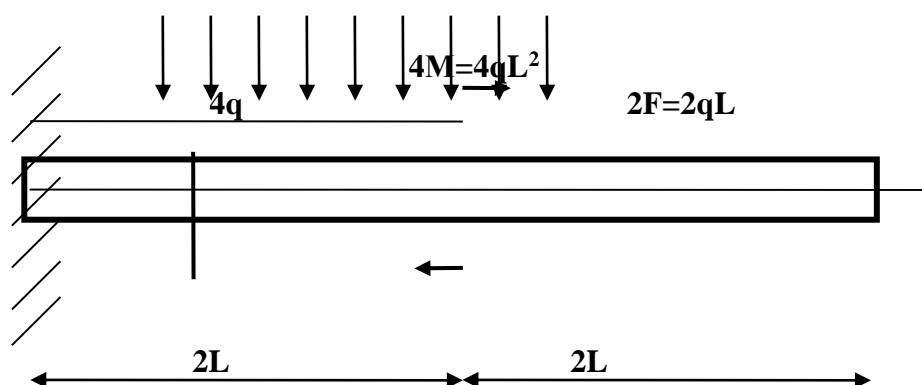


Рис. 6

Вначале проведём **подготовительную работу**(рис.7).

1. Направляем оси координат X – вдоль оси бруса, Y – вертикально вверх.
2. Так как в данном случае брус не нагружен внешними силами, действующими *вдоль* его оси, очевидно, что в заделке возникают 2 реакции. Предварительно *произвольно* направляем вертикальную реакцию R и реактивный момент M_R . Если в результате расчёта получим реакцию или реактивный момент со знаком «минус», это значит, что момент (реакция) направлен(а) в противоположную сторону.

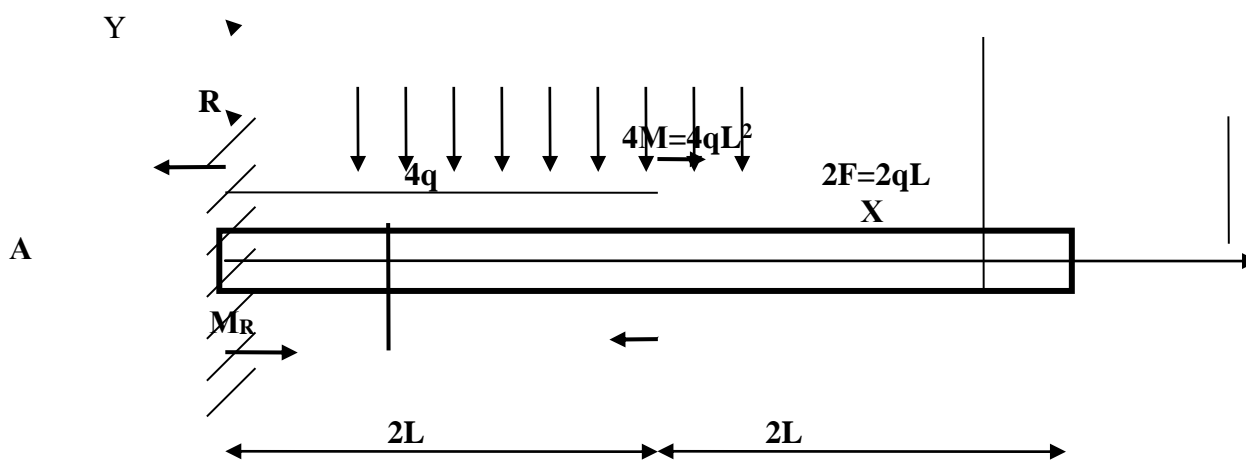


Рис. 7

Определение опорных реакций

Реакции в заделке (Рис.7) определяем из *уравнений равновесия*:

$$\Sigma Y = 0; \quad \Sigma M_A = 0;$$

Условимся считать *проекцию силы на ось Уположительной*, если её направление *совпадает с положительным направлением оси*.

$$1) \Sigma Y = 0; \quad R - 4q \cdot 2L - 2qL = 0; \Rightarrow R = 10qL;$$

Условимся считать момент *положительным*, если он направлен *против часовой стрелки*, в противном случае – отрицательным.

$$2) \Sigma M_A = 0; \quad M_R - 4q \cdot 2L \cdot L - 4M - 2F \cdot 4L = 0;$$

$$M_R - 4q \cdot 2L \cdot L - 4qL^2 - 2qL \cdot 4L = 0; \Rightarrow M_R = 20qL^2;$$

Т.к. обе реакции имеют знак «плюс», их предварительное направление выбрано верно.

Проведём *проверку*, составив уравнение равновесия: $\Sigma M_B = 0$.

$$3) \Sigma M_B = 0; \quad M_R - R \cdot 4L + 4q \cdot 2L \cdot 3L - 4qL^2 = (20 - 40 + 24 - 4)qL^2 = 0.$$

Реакции определены верно: $R = 10qL$; $M_R = 20qL^2$

Алгоритм выполнения задания №2

Расчетная схема балки, представленная на **рис 8**, составлена из общей расчётной схемы (Рис.4) для следующих исходных данных:

q_1	q_2	F	M	L_1	L_2
$3q$	$0q$	$3F$	$4M$	L	L

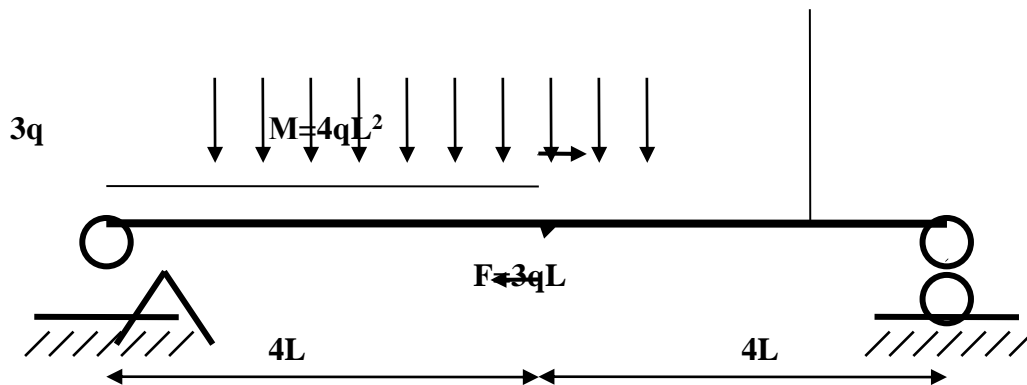


Рис. 8

Вначале проведём *подготовительную работу*(рис.9).

1. Направляем оси координат X – вдоль оси бруса, Y – вертикально вверх.
2. Так как в данном случае брус *не нагружен* внешними *силами*, действующими *вдоль его оси*, очевидно, что в опорах возникают только вертикальные реакции. Предварительно *произвольно* направляем вертикальные реакции R_A и R_B . Если в результате расчёта получим реакцию со знаком «минус», это значит, что она направлена в противоположную сторону.

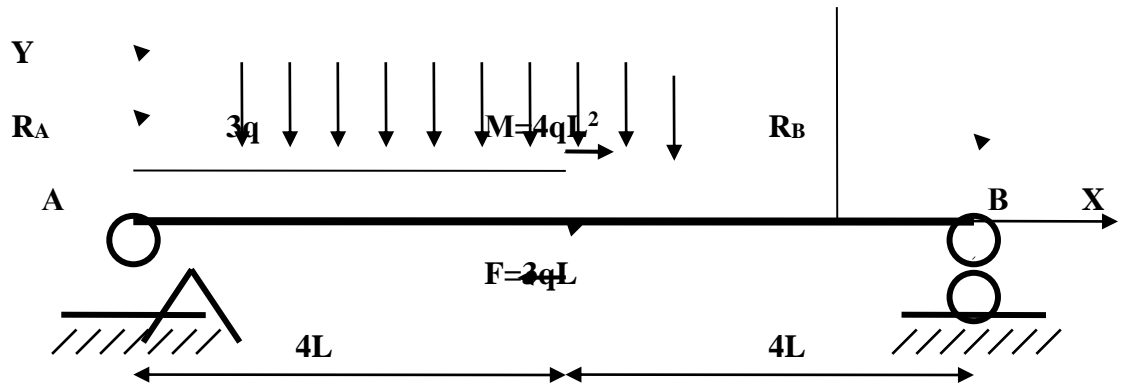


Рис. 9

Определение опорных реакций

Реакции в опорах А и В (Рис.9) определяем из *уравнений равновесия*:

$$\Sigma M_A = 0; \Sigma M_B = 0.$$

Условимся считать момент *положительным*, если он направлен *против часовой стрелки*, в противном случае – отрицательным.

- 1) $\Sigma M_A = 0; -3q \cdot 4L \cdot 2L - M + 3F \cdot 4L + R_B \cdot 8L = 0;$
 $-3q \cdot 4L \cdot 2L - 4qL^2 + 3qL \cdot 4L + R_B \cdot 8L = 0;$
 $\Rightarrow R_B = (3q \cdot 4L \cdot 2L + 4qL^2 - 3qL \cdot 4L) / 8L = 2qL ;$
 $R_B = 2qL .$
- 2) $\Sigma M_B = 0; 3q \cdot 4L \cdot 6L - M - 3F \cdot 4L - R_A \cdot 8L = 0;$
 $3q \cdot 4L \cdot 6L - 4qL^2 - 3qL \cdot 4L - R_A \cdot 8L = 0;$
 $\Rightarrow R_A = (3q \cdot 4L \cdot 6L - 4qL^2 - 3qL \cdot 4L) / 8L = 7qL ;$
 $R_A = 7qL .$

Т.к. обе реакции имеют знак «плюс», их предварительное направление выбрано верно.

Проведём *проверку*, составив уравнение равновесия: $\Sigma Y = 0$.

Условимся считать *проекцию силы на ось Y положительной*, если её направление *совпадает с положительным направлением оси*.

$$3) \Sigma Y = 0; R_A - 3q \cdot 4L + 3F + R_B = 7qL - 12qL + 3qL + 2qL = 0;$$

Реакции определены верно: $R_A = 7qL ; R_B = 2qL .$

Контрольные вопросы и задачи к защите практической работы №2

1. *Сколько уравнений* необходимо составить для определения реакций балки, нагруженной произвольной *плоской системой сил*?

2. Какая из форм уравнений равновесия *рациональна* для определения *реакций балки в заделке*?

- а) $\Sigma Y=0; \Sigma M_A=0;$ б) $\Sigma Y=0; \Sigma M_B=0;$ в) $\Sigma M_A=0; \Sigma M_B=0;$

3. Какая из форм уравнений равновесия *рациональна* для определения *реакций двухопорной балки*?

- а) $\Sigma Y=0; \Sigma M_A=0;$ б) $\Sigma Y=0; \Sigma M_B=0;$ в) $\Sigma M_A=0; \Sigma M_B=0;$

4. Определите реакции в заделке.

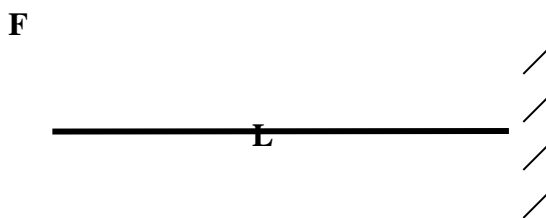


Рис.10

5. Определите реакции в заделке.

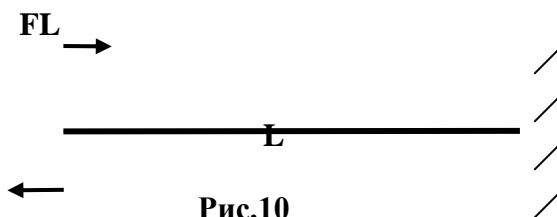
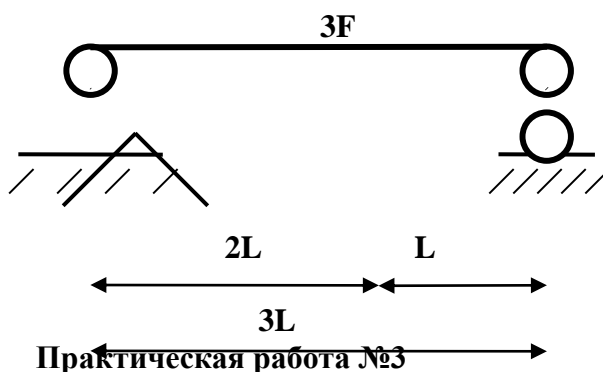


Рис.10

6. Определите реакции в опорах балки.



Практическая работа №3

«Определение положения центра тяжести плоской составной фигур»

Цель работы: овладение студентами навыками определения центра тяжести плоских составных фигур

Оборудование: ПК, проектор, методические рекомендации

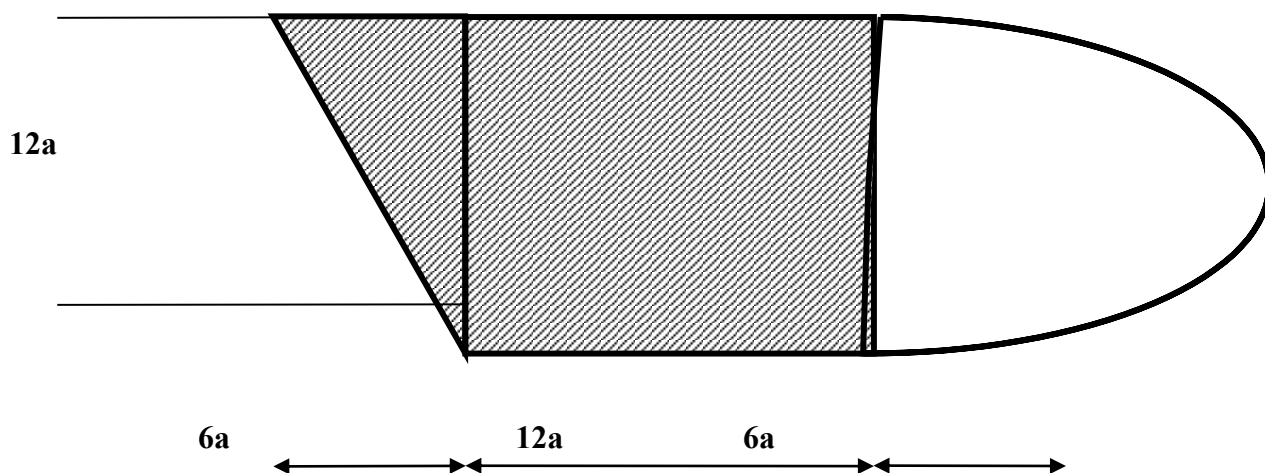
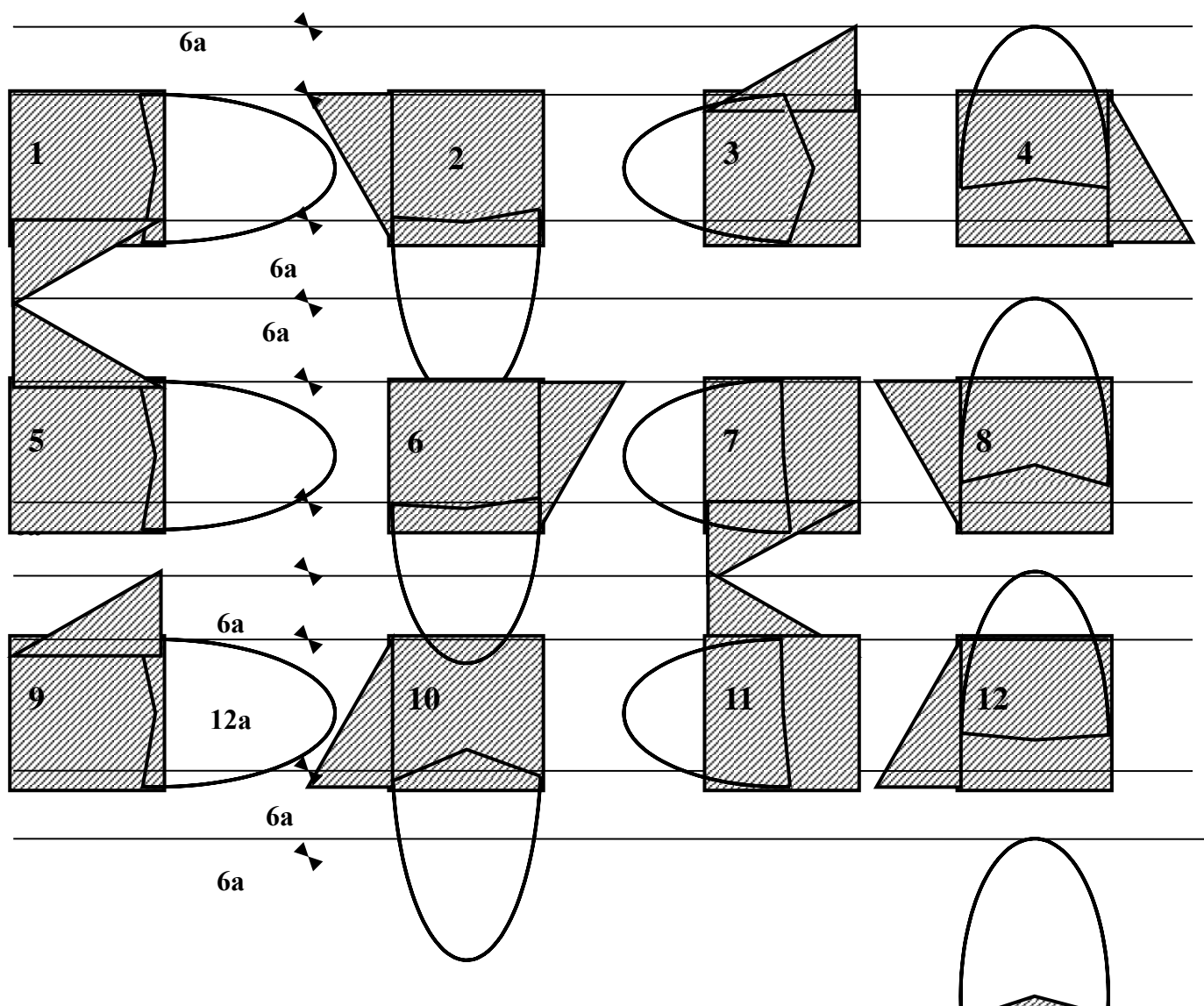


Рис. 8

Для заданной расчётной схемы требуется определить *центр тяжести* составного

Задания

Варианты практической работы № 3



Координаты центров тяжести и площади *элементарных фигур*:

Треугольник: $z_{c1} = -1/3 \cdot (6a) = -2a$; $y_{c1} = 2/3 \cdot 12a = 8a$; $A_1 = 6a \cdot 12a/2 = 36a^2$

Квадрат: $z_{c2} = 6a$; $y_{c2} = 6a$; $A_2 = 12a \cdot 12a = 144a^2$;

Полукруг: $z_{c3} = 12a + (4 \cdot 6a/3\pi) = 14,5a$; $y_{c3} = 6a$; $A_3 = \pi \cdot (6a)^2/2 = 56,5a^2$;

Координаты центра тяжести *всей фигуры*:

$z_c = \Sigma(A_i z_i) / \Sigma A_i = (-2a) \cdot 36a^2 + 6a \cdot 144a^2 + 14,5a \cdot 56,5a^2 / (36a^2 + 144a^2 + 56,5a^2) = 6,81a$

$y_c = \Sigma(A_i y_i) / \Sigma A_i = 8a \cdot 36a^2 + 6a \cdot 144a^2 + 6a \cdot 56,5a^2 / (36a^2 + 144a^2 + 56,5a^2) = 6,3a$

$z_c = 6,81 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \approx 34 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ $y_c = 6,3 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 31,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Контрольные задачи к защите практической работы №3

Определите координаты центров тяжести *прямоугольника* (Рис.11), *треугольника* (Рис.12) и *полукруга* (Рис.13) в системе координат **Z – Y**.

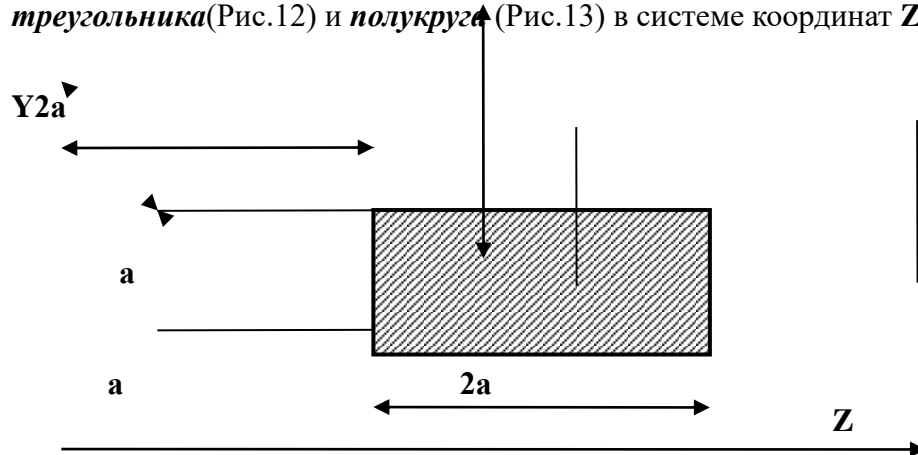


Рис. 11

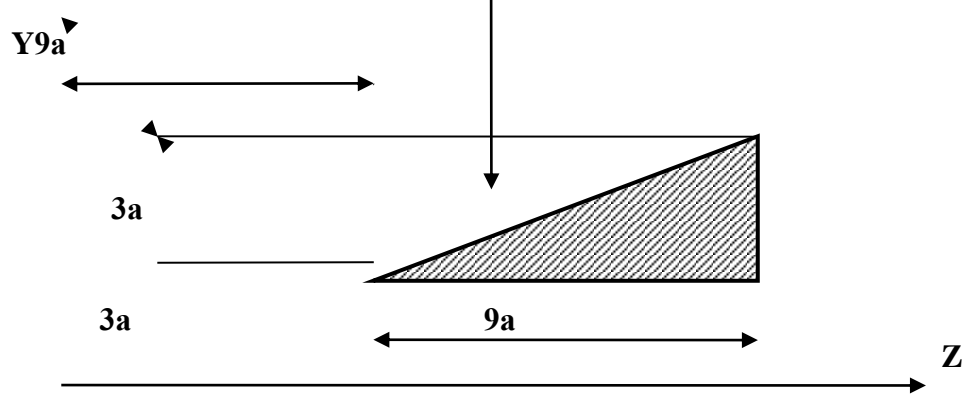
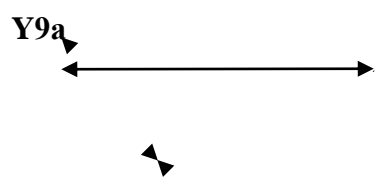


Рис. 12



Практическая работа № 4

Определение положения центра тяжести сложных геометрических фигур

Цель работы: Закрепить теоретические знания и умения определять реакции в опорах балочных систем.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме:

Центр тяжести применяется при исследовании устойчивости положений равновесия тел и сплошных сред, находящихся под действием сил тяжести и в некоторых других случаях, а именно: в сопротивлении материалов и в строительной механике – при использовании правила Верещагина.

При определении координат центра тяжести используются следующие методы:

- 1) метод симметрии: если сечение имеет центр симметрии или ось симметрии, то центр тяжести находится в центре симметрии или на оси симметрии;
- 2) метод разделения: сложные сечения разделяем на несколько простых частей, положение центров тяжести которых, легко определить;
- 3) метод отрицательных площадей: этот способ является частным случаем способа разделения. Он используется, когда сечение имеет вырезы, срезы, полости (отверстия), которые рассматриваются как часть сечения с отрицательной площадью.

При решении задач на определение центра тяжести сложных сечений следует придерживаться следующего порядка:

1. Выбрать метод, который наиболее применим к данной задаче.
2. Разбить сложное сечение на простые части, для которых центры тяжести известны.
3. Выбрать оси координат. При этом необходимо помнить, что: если тело имеет плоскость симметрии, то его центр тяжести лежит в этой плоскости; если тело имеет ось симметрии, то его центр тяжести лежит на этой оси; если тело имеет центр симметрии, то его центр тяжести совпадает с центром симметрии.
4. Определить координаты центров тяжести отдельных частей относительно выбранных осей.
5. Используя формулы определить искомые координаты центра тяжести заданного сечения.

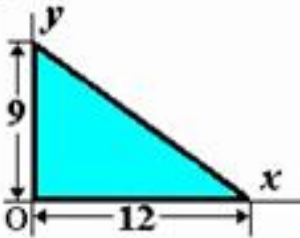
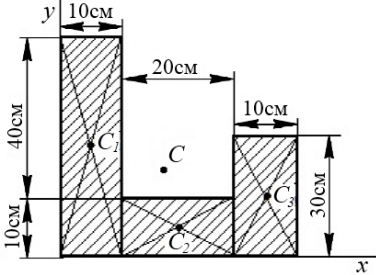
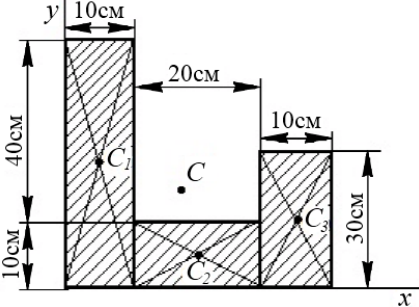
$$X_C = \frac{\sum A_k \cdot X_k}{\sum A_k} = \frac{A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + A_3 \cdot X_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$
$$Y_C = \frac{\sum A_k \cdot Y_k}{\sum A_k} = \frac{A_1 \cdot Y_1 + A_2 \cdot Y_2 + A_3 \cdot Y_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

где, $A_1, A_2 \dots A_n$ - площади простых сечений;

$x_1, x_2 \dots x_n, y_1, y_2 \dots y_n$ — координаты центра тяжести простых сечений.

Проверка знаний и умений (необходимых для выполнения практической работы)

№ п/п	Задание	Вариант ответа
1.	Чему равны координаты X_c и Y_c однородной пластины в виде прямоугольного треугольника?	A. 4; 6 B. 4; 3 C. 8; 3 D. 8; 6

		
2.	<p>Чему равны координаты C_3 однородной пластины ?</p> 	<p>A. 35;15 B. 15;35 C. 5;25 D. 25;5</p>
3.	<p>Чему равны координаты X_c, Y_c однородной пластины ?</p> 	<p>A. 15;18 B. 5; 25 C. 17;18 D. 25;5</p>

Задание 1. Определить координаты заданного сечения.

Задание 2. Определить координаты центра тяжести составного сечения. Сечения состоят из листов с поперечными размерами $a \times \delta$ и прокатных профилей.

Порядок выполнения работы:

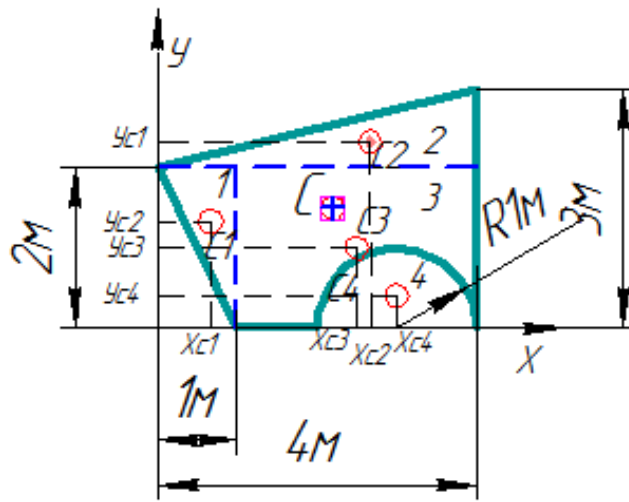
- 1) Разбить фигуру на простые геометрические фигуры, положение центров тяжести которых известны.
- 2) Выбрать систему координат.
- 3) Определить площади геометрических фигур.
- 4) Определить центр тяжести каждой фигуры относительно координат x, y .
- 5) Определить общую площадь фигуры по формуле $A = \sum A_i$.
- 6) Определить координаты центра тяжести всей фигуры.

Примеры расчета:

Задание 1. Определить координаты центра тяжести заданного сечения.

Решение:

1. Разбиваем фигуру на простые отдельные части, положение центров тяжести которых известны. Представляем фигуру в виде двух треугольников 1, 2, прямоугольника 3 и выреза 4 в виде полукруга.



2. Вычисляем площадь и координаты центра тяжести каждого элемента:

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1 = 1 \text{ м}^2, \quad x_1 = \frac{2}{3} \cdot 1 = 0,667 \text{ м}, \quad y_1 = \frac{2}{3} \cdot 2 = 1,333 \text{ м};$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 1 = 2 \text{ м}^2, \quad x_2 = \frac{2}{3} \cdot 4 = 2,667 \text{ м}, \quad y_2 = 2 + \frac{1}{3} \cdot 1 = 2,333 \text{ м};$$

$$A_3 = 3 \cdot 2 = 6 \text{ м}^2, \quad x_3 = 1 + \frac{1}{2} \cdot 3 = 2,5 \text{ м}, \quad y_3 = \frac{1}{2} \cdot 2 = 1 \text{ м};$$

$$A_4 = -\frac{3,142 \cdot 1^2}{2} = -1,571 \text{ м}^2, \quad x_4 = 3 \text{ м}, \quad y_4 = \frac{4 \cdot 1}{3 \cdot \pi} = 0,424 \text{ м}.$$

Площадь выреза берем со знаком минус.

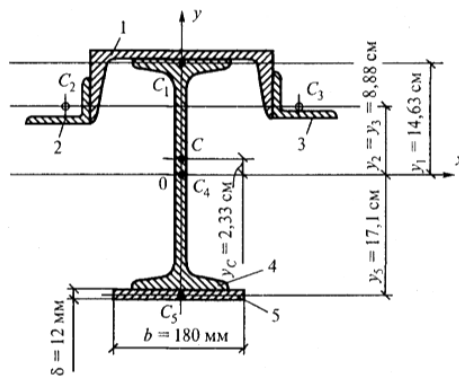
3. Площадь фигуры $A = \Sigma A_i = 1 + 2 + 6 - 1,571 = 7,429 \text{ м}^2$.

4. Находим координаты центра тяжести всей фигуры:

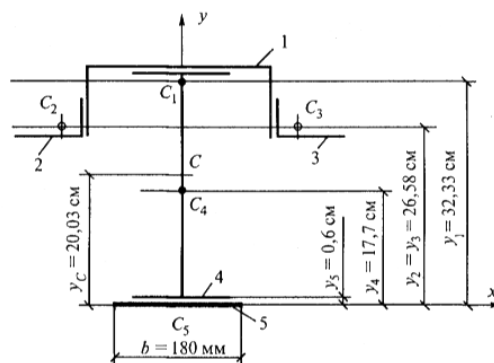
$$x_c = \frac{\Sigma A_i x_i}{A} = \frac{0,667 \cdot 1 + 2,667 \cdot 2 + 2,5 \cdot 6 - 3 \cdot 1,571}{7,429} = 2,192 \text{ м};$$

$$y_c = \frac{\Sigma A_i y_i}{A} = \frac{1,333 \cdot 1 + 2,333 \cdot 2 + 1 \cdot 6 - 0,424 \cdot 1,571}{7,429} = 1,526 \text{ м}.$$

Задание 2. 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.



a



б

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;

$$y_c = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3 + A_4 y_4 + A_5 y_5}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}$$

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

$$y_c = \frac{A_1 y_1 + 2A_2 y_2 + A_4 y_4 + A_5 y_5}{A_1 + 2A_2 + A_4 + A_5}$$

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

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

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

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

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

$$y_4 = 0, \text{ так как ось } x \text{ проходит через центр тяжести двутавра};$$

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

Подставим полученные значения в формулу для определения y_c :

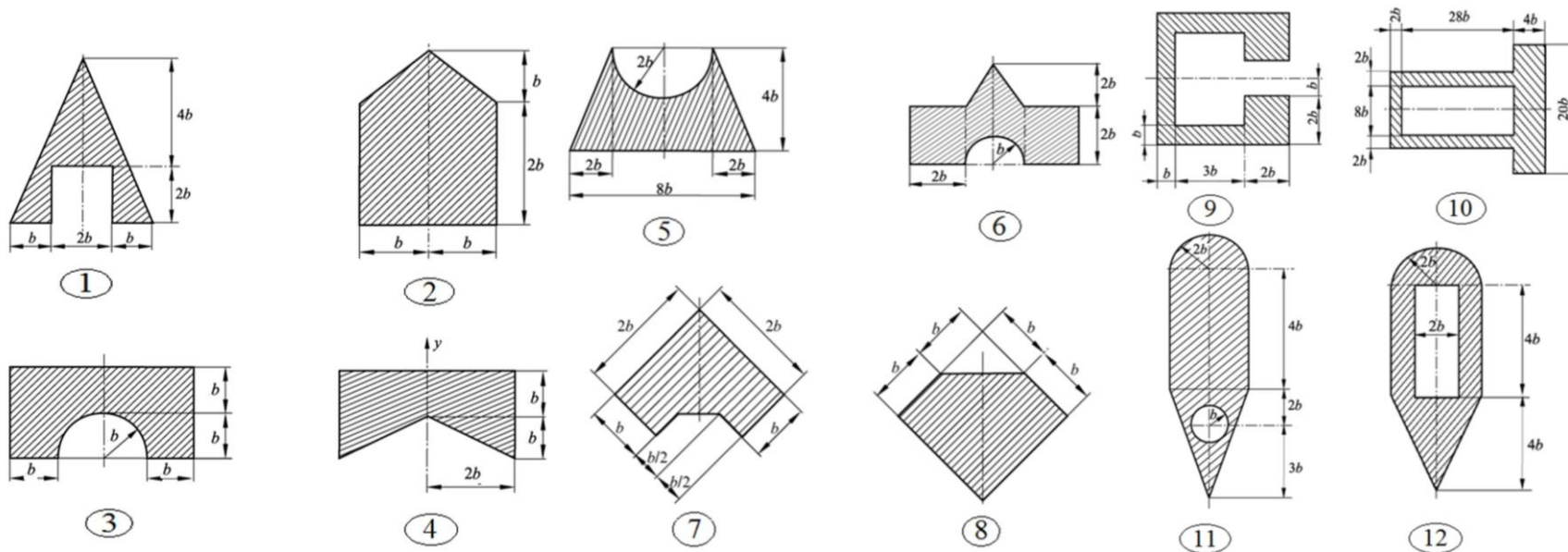
$$y_c = \frac{35,2 \cdot 14,63 + 2 \cdot 8,54 \cdot 8,88 + 53,8 \cdot 0 + 21,6 \cdot (-17,1)}{35,2 + 2 \cdot 8,54 + 53,8 + 21,6} = \frac{297,3}{127,7} = 2,33 \text{ см}$$

Укажем положение центра тяжести сечения C на схеме.

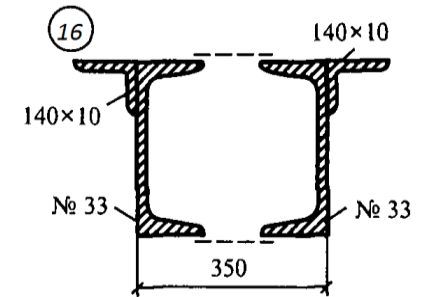
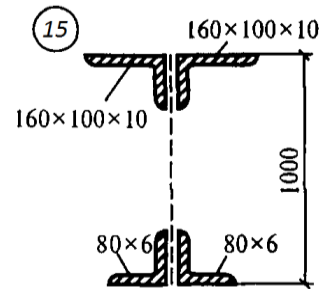
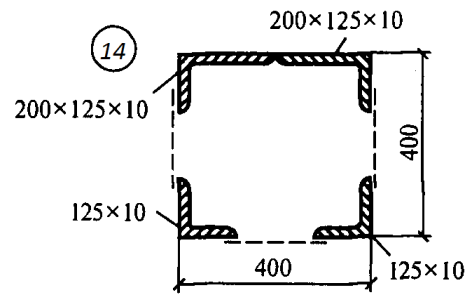
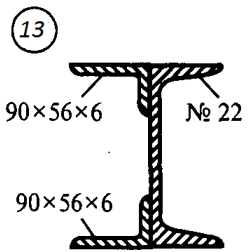
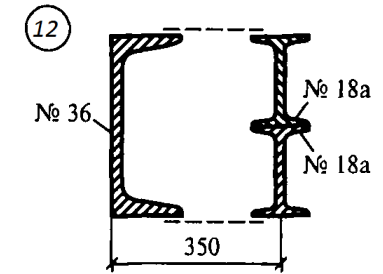
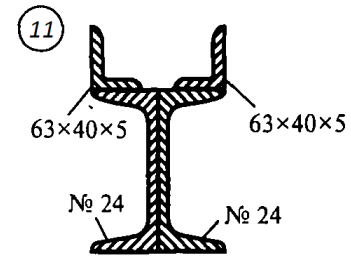
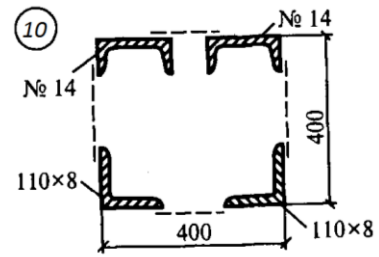
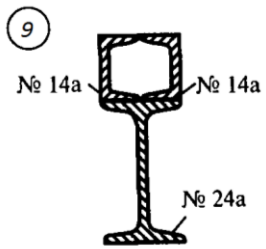
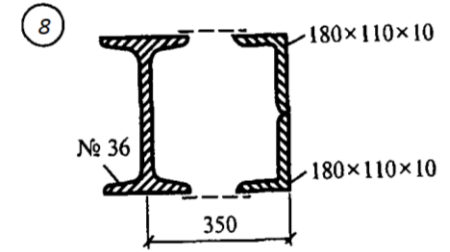
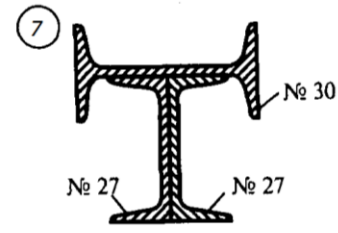
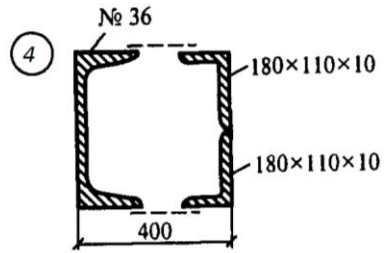
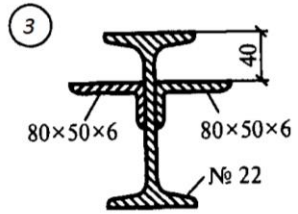
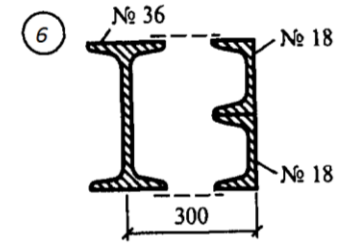
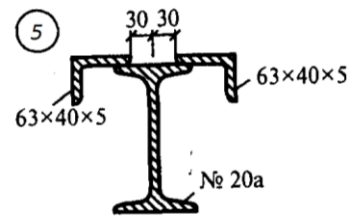
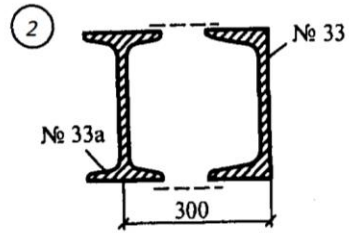
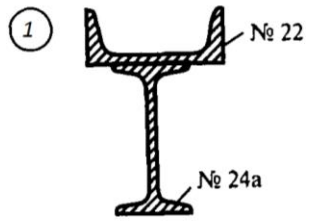
Данные для выполнения практической работы

Задание 1

Параметр	Вариант																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Схема 1 уровня сложности	1	2	3	4	2	4	1	3	4	3	2	1	4	2	3	1	3	2	1	4	2	4	3	1	2	3	4	1	3	2
Схема 2 уровня сложности	5	6	7	8	7	5	8	6	6	5	8	7	7	5	8	6	5	7	5	8	6	7	5	7	8	6	5	8	7	5
Схема 3 уровня сложности	9	10	11	12	9	11	10	12	10	9	12	11	9	11	10	12	11	10	12	10	9	11	12	10	11	9	12	9	10	12
b, мм	25	12	16	18	40	23	15	10	20	25	34	28	15	22	32	38	20	22	27	25	10	8	17	26	15	22	24	30	10	17



Задание 2



Контрольные вопросы:

1. Запишите формулы для определения положения центра тяжести простых геометрических фигур: прямоугольника, треугольника и половины круга.
2. Сформулируйте способы определения координат центра тяжести составного сечения.
3. Приведите алгоритм определения координат центра тяжести составного сечения.
4. Назовите особенность определения координат центра тяжести для сечений, составленных из стандартных профилей?

Практическая работа № 5

Построение эпюр. Расчеты на прочность при растяжении и сжатии

Цель работы: Закрепить теоретические знания и умения строить эпюры и выполнять расчёты на прочность при растяжении и сжатии

Обучающийся должен уметь выполнять расчеты на прочность

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме:

Растяжением или сжатием называют вид нагружения, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один внутренний силовой фактор — продольная сила.

Если внешняя сила направлена от сечения, то продольная сила положительна, брус растянут; если внешняя сила направлена к сечению, то продольная сила отрицательна, брус сжат.

Эпюрой продольной силы называется график распределения продольной силы вдоль оси бруса.

Ось эпюры параллельна продольной оси бруса.

Нулевая линия проводится тонкой линией. Значения сил откладывают от оси, положительные - вверх, отрицательные - вниз.

В пределах одного участка значение силы не меняется, поэтому эпюра очерчивается отрезками прямых линий, параллельными оси Oz.

На эпюре проставляются значения Nz. Величины продольных сил откладывают в заранее выбранном масштабе.

Эпюра по контуру обводится толстой линией и заштриховывается поперек оси.

При растяжении и сжатии в сечении действует только нормальное напряжение, которое определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{A},$$

где N – продольная сила в сечении,

A - площадь поперечного сечения.

При определении напряжений брус разбивают на участки нагружений, в пределах которых продольные силы не изменяются, и учитывают места изменений площади поперечных сечений. Рассчитывают напряжения по сечениям, и расчет оформляют в виде эпюры нормальных напряжений.

Строится и оформляется такая эпюра так же, как и эпюра продольных сил.

Расчеты на прочность ведутся по условиям прочности - неравенствам, выполнение которых гарантирует прочность детали при данных условиях.

Для обеспечения прочности расчетное напряжение не должно превышать допустимого напряжения:

$$\sigma \leq [\sigma], \quad \text{где } \sigma = \frac{N_{\Sigma}}{A}$$

Расчетное напряжение σ зависит от нагрузки и размеров поперечного сечения, допускаемое только от материала детали и условий работы.

Существуют три вида расчета на прочность.

1. Проектировочный расчет - задана расчетная схема и нагрузки. Необходимо подобрать размеры детали:

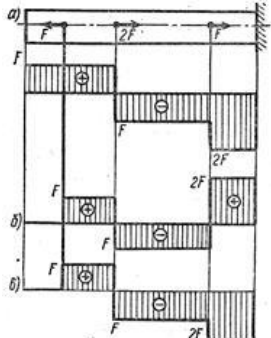
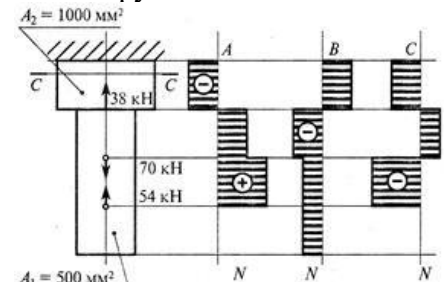
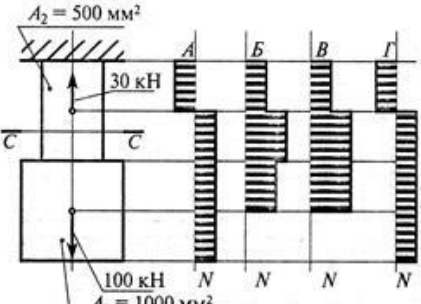
$$A = \frac{N_{\Sigma}}{[\sigma]}$$

2. Проверочный расчет - известны нагрузки, материал, размеры детали; необходимо проверить, обеспечена ли прочность.

Проверяется неравенство $\sigma \leq [\sigma]$

3. Определение нагрузочной способности (максимальной нагрузки): $[N] = [\sigma]A$.

Проверка знаний и умений (необходимых для выполнения практической работы)

№ п/п	Задание	Вариант ответа
1.	<p>Какая из эпюр, приведенных на рисунке, соответствует эпюре продольных сил стержня?</p> 	<p>А. Б. В.</p>
2.	<p>Укажите эпюру, соответствующую эпюре нормальных напряжений для данного бруса</p> 	<p>А. Б. В.</p>
3.	<p>Обеспечена ли прочность бруса в сечении С-С, если допустимое напряжение $[\sigma] = 260$ МПа?</p> 	<p>А. $\sigma < [\sigma]$. Б. $\sigma = [\sigma]$; В. $\sigma > [\sigma]$;</p>

Задание.

Для стального бруса круглого поперечного сечения диаметром D требуется:

- 1) построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений;
- 2) проверить прочность стержня, если $[\sigma] = 160$ МПа. Данные своего варианта взять из таблицы.

Порядок выполнения работы:

1. Изобразить расчётную схему.
2. Разделить брус на участки нагружения, границы которых находятся в точках приложения сил.
3. Определить продольные силы на участках бруса, используя метод сечений.
4. Провести нулевую линию параллельно оси бруса.

5. Найденные величины продольных сил отложить в масштабе в виде ординат, перпендикулярных оси бруса (положительные значения вверх от нулевой линии, отрицательные вниз). Через концы ординат провести линии параллельно оси бруса; поставить знаки и заштриховать эпюру параллельно ординатам.
6. Разделить брус на участки нагружения для построения эпюры нормальных напряжений, с учётом площади поперечного сечения бруса.
7. Найти значение нормальных напряжений для каждого участка нагружения.
8. Построить эпюру нормальных напряжений по найденным значениям.
9. Определить опасный участок.
10. Сравнить расчётное напряжение с допустимым напряжением.
11. Сделать вывод о прочности бруса.

Пример расчета:

Для стального ступенчатого бруса нагруженного осевыми внешними силами $F_1 = 25$ кН и $F_2 = 60$ кН при площадях поперечных сечений $A_1 = 500$ см², $A_2 = 1000$ см² определить продольные силы и напряжения. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений. Проверьте прочность бруса, если $[\sigma] = 160$ МПа

Решение:

1. Два участка нагружения для продольной силы:

участок 1: $N_1 = + 25$ кН; растянут;

участок 2: $25 - 60 + N_2 = 0$; $N_2 = - 35$ кН; сжат.

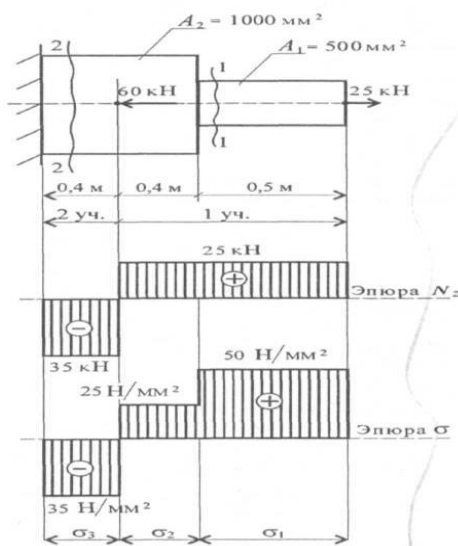
2. Три участка нагружения по напряжениям:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{25 \cdot 10^3}{500} = 50 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{N_1}{A_2} = \frac{25 \cdot 10^3}{1000} = 25 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

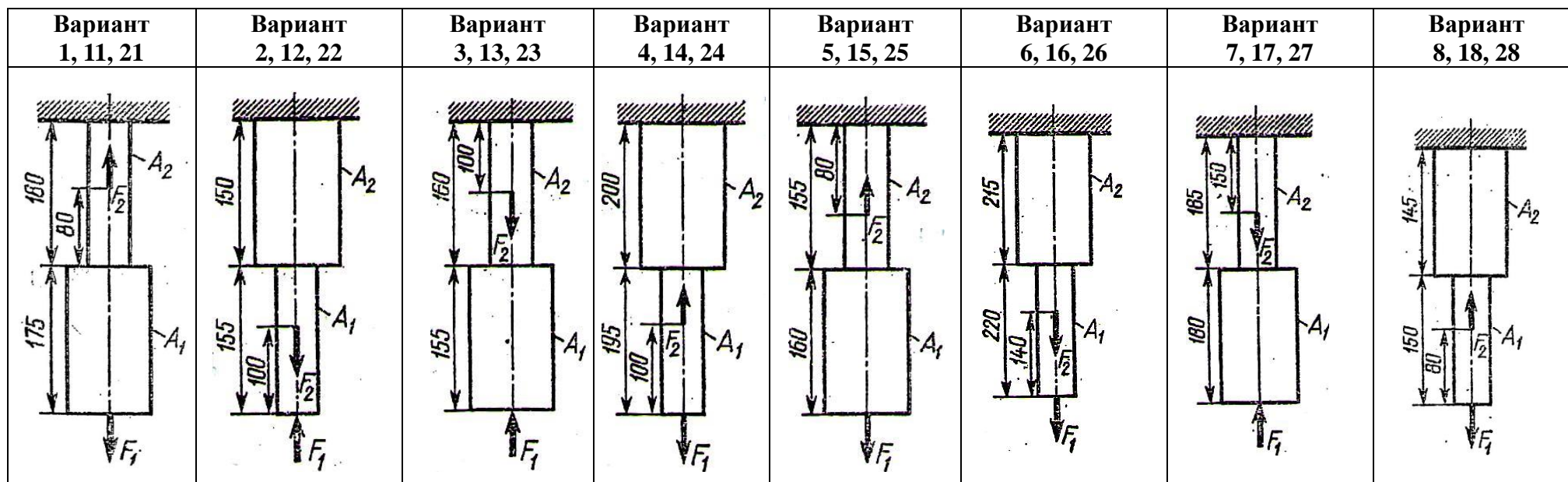
$$\sigma_3 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{-35 \cdot 10^3}{1000} = -35 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

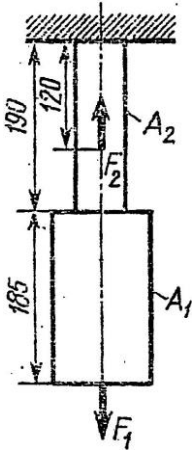
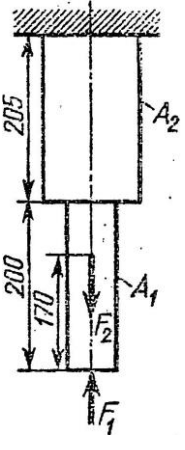
3. На опасном участке напряжение $50 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} < [160 \text{ МПа}]$, значит прочность бруса обеспечена.



Данные для выполнения практической работы

Параметр	Вариант																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$F_1, \text{кН}$	10	15	20	25	30	35	40	12	14	15	22	24	26	28	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25
$F_2, \text{кН}$	40	12	14	15	22	24	26	45	42	10	15	20	25	30	12	14	15	22	24	26	28	8	10	14	15	16	18	19	20	21
$A_1, \text{см}^2$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	2	4	6	8	10	12	4	5	6	7	8	9	10	3	6	9	15
$A_2, \text{см}^2$	7	8	9	10	11	12	13	14	2	18	16	14	12	8	9	10	11	12	13	14	2	4	6	2	3	4	5	6	7	8



Вариант 9, 19, 29	Вариант 10, 20, 30
	

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте условие прочности при растяжении и сжатии. Отличаются ли условия прочности при расчете на растяжение и расчете на сжатие.
2. Какие внутренние силовые факторы возникают в сечении бруса при растяжении и сжатии?
3. Как распределены напряжения по сечению при растяжении и сжатии?
4. Запишите формулу для расчета нормальных напряжений при растяжении и сжатии.
5. Как назначаются знаки продольной силы и нормального напряжения?
6. Что показывает эпюра продольной силы?
7. Как изменится величина напряжения, если площадь поперечного сечения возрастет в 4 раза?

Практическая работа № 6

Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов по длине балки

Цель работы: Закрепить теоретические знания и умения определять внутренние силовые факторы при изгибе и строить эпюры

Обучающийся должен уметь выполнять расчеты на прочность

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме:

Изгиб возникает при нагрузке бруса силами, перпендикулярными его продольной оси, и парами сил, действующими в плоскостях, проходящих через эту ось.

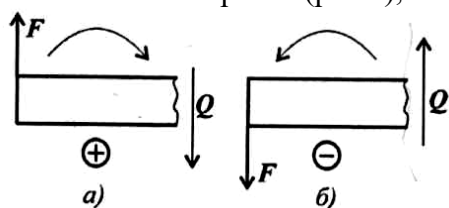
Изгибом будем называть такой вид деформирования бруса, при котором в его поперечных сечениях возникают изгибающие моменты.

Если изгибающий момент в сечении является единственным силовым фактором, а поперечные и продольные силы отсутствуют, изгиб называется чистым изгибом. Очень часто в сечении бруса возникают поперечные силы, поэтому такой изгиб называют поперечным.

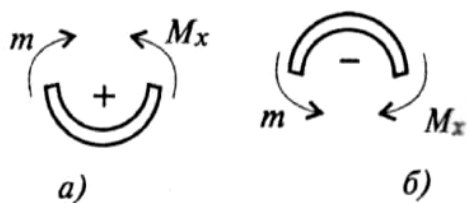
Изгибающий момент в поперечном сечении численно равен сумме моментов внешних сил, приложенных к отсеченной части балки, относительно центра ее тяжести.

Поперечная сила в сечении численно равна сумме проекций внешних сил, приложенных к отсеченной части балки, на ось, перпендикулярную ее продольной оси.

Поперечная сила в сечении считается положительной, если она стремится развернуть сечение по часовой стрелке (рис.а), если против, - отрицательной (рис.б).



Если действующие на участке внешние силы стремятся изогнуть балку выпуклостью вниз, то изгибающий момент считается положительным (рис.а), если наоборот – отрицательным (рис.б).



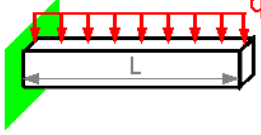
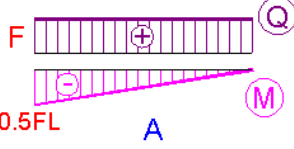
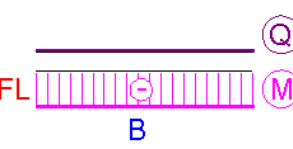
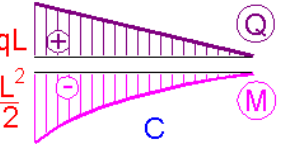
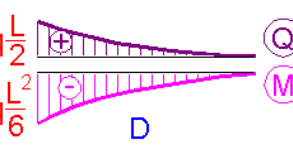
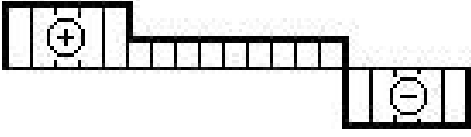
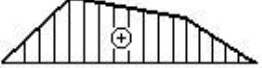

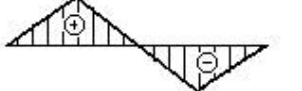
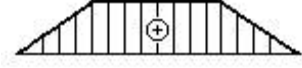
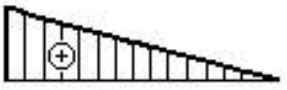
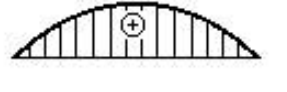
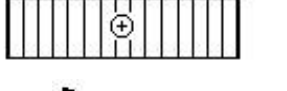
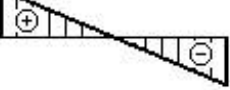
Влияние вида нагрузки на характер эпюр Q и M:

	Нет распределенной нагрузки	Есть распределенная нагрузка $q = \text{const}$	Есть сосредоточенная сила	Есть пара сил
На балке				
На эпюре Q	Прямоугольник	Наклонная прямая	Скачок на величину силы	Никак не отражается
На эпюре M	Наклонная прямая	Парабола Выпуклость навстречу нагрузке	Перелом	Скачок на величину момента пары сил

В сечении на конце балки поперечная сила равна приложенной в этом сечении сосредоточенной силе или реакции в заделке.

На свободном конце балки или шарнирно опертом конце момент равен нулю, за исключением случаев, когда в этом сечении приложена пара сил (внешний момент).

Проверка знаний и умений (необходимых для выполнения практической работы)

№ п/п	Задание	Вариант ответа
.	<p>Какие эпюры изгибающего момента и поперечных сил соответствуют схеме нагружения?</p>  <p>     </p>	<p>A. B. C. D.</p>
.	<p>Дана эпюра поперечных сил, какая из эпюр изгибающих моментов ей соответствует?</p> 	<p>A. </p> <p>B. </p> <p>C. </p> <p>D. </p>
.	<p>Какая из эпюр изгибающих моментов соответствует наличию в изгибаемом элементе распределённой нагрузки?</p>	<p>A. </p> <p>B. </p> <p>C. </p> <p>D. </p>

Задание. Для заданной балки построить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил, указать положение опасного сечения.

Порядок выполнения работы:

1. Изобразить расчетную схему и обозначить характерные точки.
2. Заменить действие опор на балку силами реакций.
3. Составить уравнение равновесия для плоской системы параллельных сил:

$$\sum M_A = 0; \sum M_B = 0.$$
4. Найти из уравнений равновесия неизвестные силы реакций.
5. Определить поперечную силу в каждом из характерных точек.
6. Построить эпюру поперечных сил.
7. Определить величину изгибающего момента для каждой характерной точки.
8. Построить эпюру изгибающих моментов.
9. Выбрать опасный участок, где $M_{и} = max$.

Пример расчета:

Для данной балки построить эпюры поперечных сил и изгибающихся моментов.

Решение:

1. Определяем опорные реакции балки.

$$\sum M_A(F_i) = 0; 3q \cdot 1,5 + M + F \cdot 5 - V_B \cdot 6 = 0;$$

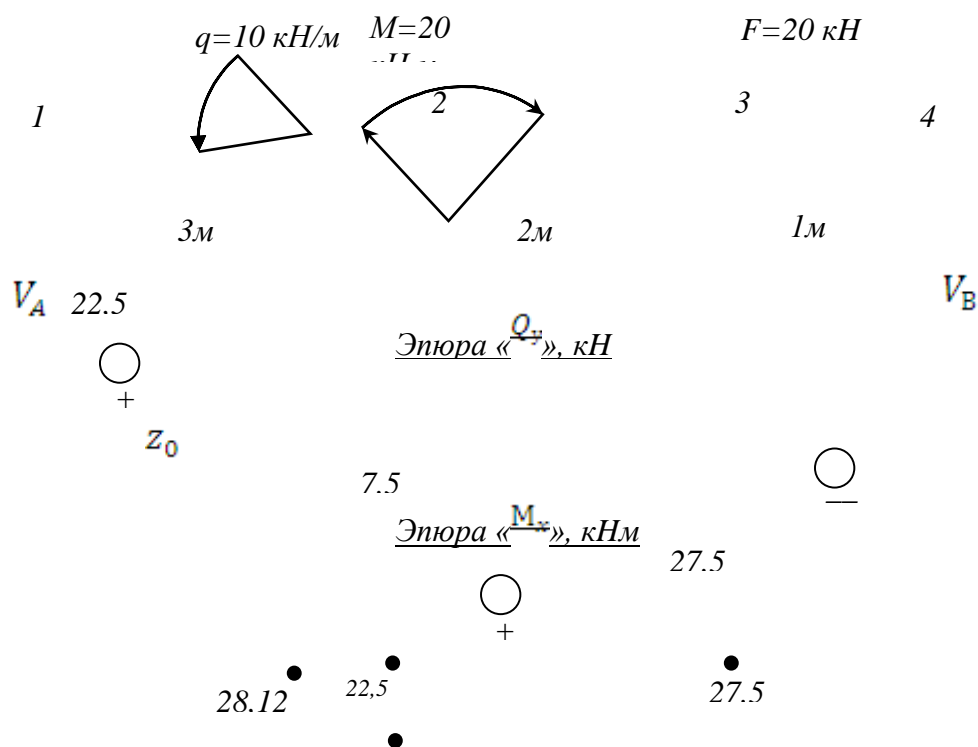
$$\sum M_B(F_i) = 0; V_A \cdot 6 + 3q \cdot 4,5 + M - F \cdot 1 = 0;$$

$$V_B = \frac{3q \cdot 1,5 + M + F \cdot 5}{6} = \frac{3 \cdot 10 \cdot 1,5 + 20 + 20 \cdot 5}{6} = 27,5 \text{ кН}$$

$$V_A = \frac{3q \cdot 4,5 - M + F \cdot 1}{6} = \frac{3 \cdot 10 \cdot 4,5 - 20 + 20 \cdot 1}{6} = 22,5 \text{ кН}$$

Проверка: $\sum Y_A = 0; V_A - F + V_B = 22,5 - 3 \cdot 10 - 20 + 27,5 = 50 - 50 = 0$

Опорные реакции найдены верно.



2. Определяем поперечные силы в характерных точках балки и строим эпюру поперечных сил.

$$Q_1^{\text{прав.}} = V_A = 22,5 \text{ кН};$$

$$Q_2 = V_A - q \cdot 3 = 22,5 - 10 \cdot 3 = -7,5 \text{ кН};$$

$$Q_3^{\text{лев.}} = Q_2 = -7,5 \text{ кН};$$

$$Q_3^{\text{прав.}} = V_A - q \cdot 3 - F = 22,5 - 10 \cdot 3 - 20 = -27,5 \text{ кН};$$

$$Q_4^{\text{лев.}} = Q_3^{\text{прав.}} = -27,5 \text{ кН}.$$

Определим положение сечения, в котором поперечная сила равна нулю:

$$Q_{z_0} = V_A - q \cdot z_0 = 0; \quad z_0 = \frac{V_A}{q} = \frac{22,5}{10} = 2,25 \text{ м}.$$

3. Определяем изгибающие моменты в характерных точках балки и строим эпюру изгибающих моментов.

$$M_1 = 0;$$

$$M_2^{\text{лев.}} = V_A \cdot 3 - q \cdot 3 \cdot 1,5 = 22,5 \cdot 3 - 10 \cdot 3 \cdot 1,5 = 22,5 \text{ кНм};$$

$$M_2^{\text{прав.}} = V_A \cdot 3 - q \cdot 3 \cdot 1,5 + M = 22,5 \cdot 3 - 10 \cdot 3 \cdot 1,5 + 20 = 42,5 \text{ кНм}$$

$$M_3 = V_A \cdot 5 - q \cdot 3 \cdot 3,5 + M = 22,5 \cdot 5 - 10 \cdot 3 \cdot 3,5 + 20 = 27,5 \text{ кН};$$

$$M_4 = V_A \cdot 6 - q \cdot 3 \cdot 4,5 + M - F \cdot 1 = 22,5 \cdot 6 - 10 \cdot 3 \cdot 4,5 + 20 - 20 \cdot 1 = 0$$

Определяем значение изгибающего момента сечения z_0 (вершина параболы):

$$M_{z_0} = \frac{V_A \cdot z_0 - q \cdot z_0^2}{2} = \frac{22,5 \cdot 2,25 - 10 \cdot 2,25^2}{2} = 28,1 \text{ кНм}$$

4. По эпюре изгибающихся моментов определяем положение опасного сечения балки, сечения в котором изгибающийся момент имеет наибольшее значение по абсолютной величине.

В

нашем

случае:

$M_{max} = M_2 = 42,5 \text{ кНм}$ Данные для выполнения практической работы

Параметр	Вариант																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Номер схемы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P, кН	3	5	6	7	5	9	12	11	14	9	10	15	5	3	6	8	9	14	15	18	20	22	10	23	25	7	5	8	12	11
m, кНм	10	20	15	15	20	18	14	17	24	30	25	26	40	21	10	15	20	25	30	35	40	30	25	26	40	21	10	25	30	35
q, кН/м	12	13	15	23	21	26	28	10	15	28	24	16	18	25	10	15	28	24	16	12	13	15	23	21	26	32	31	25	22	30

Схема 1

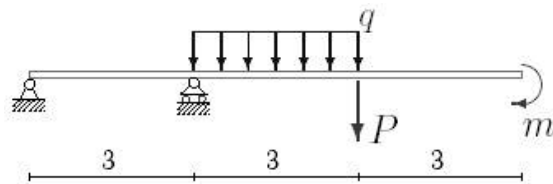


Схема 2

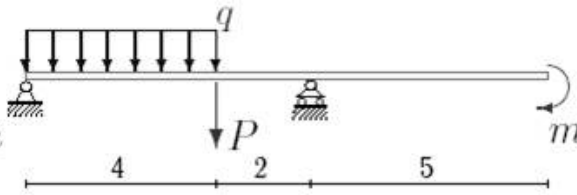


Схема 3

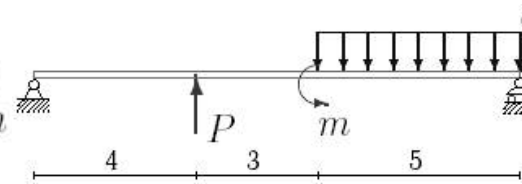


Схема 4

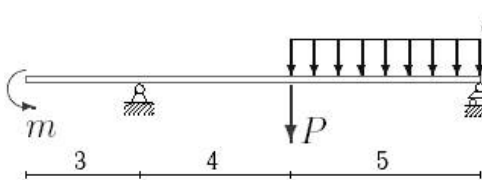


Схема 5

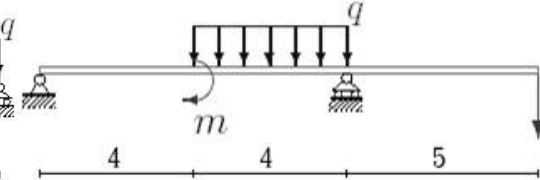


Схема 6

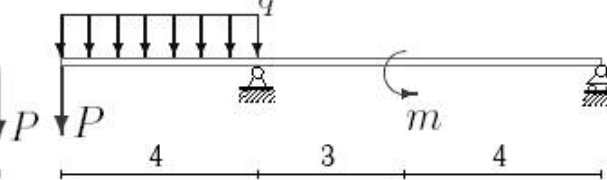


Схема 7

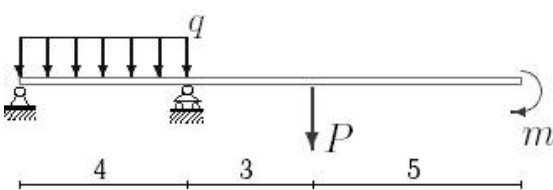


Схема 8

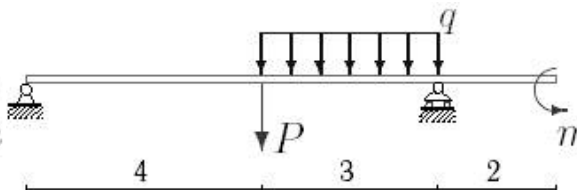
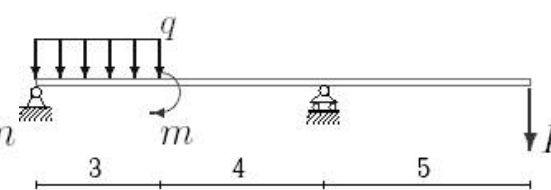


Схема 9



Практическая работа № 7

Опытная проверка закона Гука при кручении. Расчёт балок на прочность

Цель работы: Закрепить теоретические знания и умения выполнять расчёты на прочность при изгибе.

Обучающийся должен уметь выполнять расчеты на прочность.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме:

Расчёты на прочность при изгибе выполняют по условию прочности:

$$\sigma_{\text{и max}} = \frac{M_{\text{и max}}}{W_x} \leq [\sigma_{\text{и}}].$$

где $\sigma_{\text{и max}}$ – максимальное нормальное напряжение в опасных точках поперечного сечения балки (МПа),

$M_{\text{и max}}$ – максимальный изгибающий момент (Н·м),

W_x – момент сопротивления поперечного сечения балки при изгибе (м³),

$[\sigma]$ – допускаемое нормальное напряжение при изгибе (МПа).

Осевой момент сопротивления W_x является геометрической характеристикой при изгибе и для разных форм поперечного сечения балки определяется по формулам.

- для прямоугольного сечения высотой h и шириной b

$$W_x = bh^2/6,$$

- для круглого сечения диаметром d

$$W_x = \pi d^3/32 = 0,1d^3,$$

- для квадратного сечения размером b

$$W_x = b^3/6,$$

- для стандартных прокатных профилей (швеллер, двутавр, уголок) значения W_x , W_y приведены в таблицах сортамента прокатных профилей.

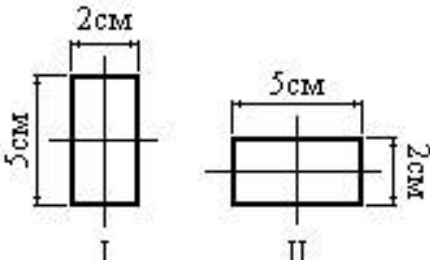
С помощью условия прочности по нормальным напряжениям при изгибе можно решать следующие задачи:

1. Проверка прочности (проверочный расчет) производится в том случае, когда известны размеры сечения балки, наибольший изгибающий момент и допускаемое напряжение. При проверочном расчете находят значение $\sigma_{\text{и max}}$, сравнивают с допускаемым напряжением $[\sigma]$ и делают вывод о прочности балки.

2. Подбор сечения (проектный расчет) производится в том случае, когда заданы действующие на балку нагрузки, т. е. можно определить наибольший изгибающий момент $|M|_{\text{и max}}$ и допускаемое напряжение. При проектном расчёте из условия прочности определяют момент сопротивления сечения W_x и для заданной формы сечения определяют его расчёты.

Проверка знаний и умений (необходимых для выполнения практической работы)

№ п/п	Задание	Вариант ответа
.	Как изменится прочность балки, если поперечное сечение будет переведено из положения “Г” в положение “П”?	А. Уменьшится в 2 раза В. Не изменится С. Уменьшится в 5 раз Д. Уменьшится в 2,5 раза

		
	Проверить прочность конструкции при изгибе, если $M_{из} = 20 \text{ кН} \cdot \text{мм}$, $W = 100 \text{ мм}^3$, $[\sigma] = 200 \text{ МПа}$	А. $\sigma \leq [\sigma]$ В. $\sigma \geq [\sigma]$ С. $\sigma = [\sigma]$ Д. $\sigma < [\sigma]$
	Задача проектировочного расчёта на прочность	А. Определение размеров поперечного сечения В. Определение соответствия условию прочности С. Подбор материала Д. Определение нагрузочной способности

Задание.

Для заданной балки построить эпюры внутренних усилий, указать положение опасного сечения. Из условия прочности подобрать размеры квадратного поперечного сечения и для стальной двутавровой балки подобрать номер прокатного профиля, если $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

Порядок выполнения работы:

1. Определить реакции в опорах балки, сделать проверку.
2. Применяя метод сечений, построить эпюру поперечных сил.
3. Построить эпюру изгибающих моментов.
4. Выявить опасные сечения.
5. Из условия прочности по допускаемым нормальным напряжениям подобрать размеры квадратного сечения балки и подобрать номер двутавра.

Пример расчета: Для данной балки построить эпюры поперечных сил и изгибающихся моментов. Подобрать размеры поперечного сечения для двух вариантов: сечение двутавр, сечение квадрат.

Решение:

1. Определяем опорные реакции балки.

$$\sum M_A(F_i) = 0; 3q \cdot 1,5 + M + F \cdot 5 - V_B \cdot 6 = 0;$$

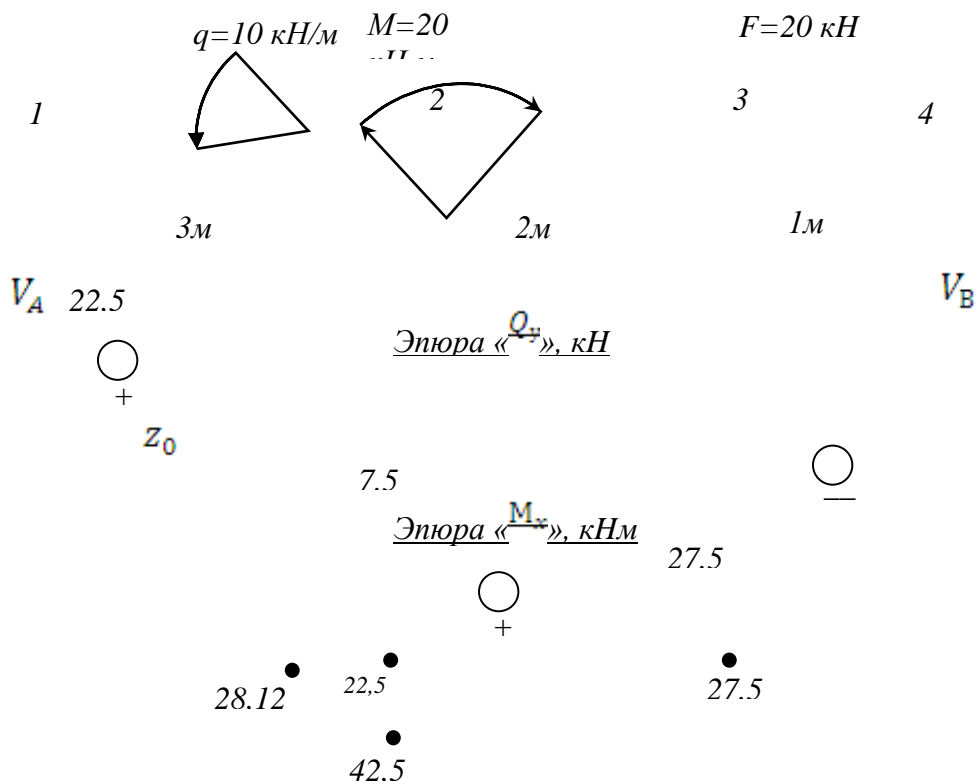
$$\sum M_B(F_i) = 0; V_A \cdot 6 + 3q \cdot 4,5 + M - F \cdot 1 = 0;$$

$$V_B = \frac{3q \cdot 1,5 + M + F \cdot 5}{6} = \frac{3 \cdot 10 \cdot 1,5 + 20 + 20 \cdot 5}{6} = 27,5 \text{ кН}$$

$$V_A = \frac{3q \cdot 4,5 - M + F \cdot 1}{6} = \frac{3 \cdot 10 \cdot 4,5 - 20 + 20 \cdot 1}{6} = 22,5 \text{ кН}$$

$$\text{Проверка: } \sum Y_A = 0; V_A - F + V_B = 22,5 - 3 \cdot 10 - 20 + 27,5 = 50 - 50 = 0$$

Опорные реакции найдены верно.



2. Определяем поперечные силы в характерных точках балки и строим эпюру поперечных сил.

$$Q_1^{\text{прав.}} = V_A = 22,5 \text{ кН};$$

$$Q_2 = V_A - q \cdot 3 = 22,5 - 10 \cdot 3 = -7,5 \text{ кН};$$

$$Q_3^{\text{лев.}} = Q_2 = -7,5 \text{ кН};$$

$$Q_3^{\text{прав.}} = V_A - q \cdot 3 - F = 22,5 - 10 \cdot 3 - 20 = -27,5 \text{ кН};$$

$$Q_4^{\text{лев.}} = Q_3^{\text{прав.}} = -27,5 \text{ кН}.$$

Определим положение сечения, в котором поперечная сила равна нулю:

$$Q_{z_0} = V_A - q \cdot z_0 = 0; \quad z_0 = \frac{V_A}{q} = \frac{22,5}{10} = 2,25 \text{ м}.$$

3. Определяем изгибающие моменты в характерных точках балки и строим эпюру изгибающих моментов.

$$M_1 = 0;$$

$$M_2^{\text{лев.}} = V_A \cdot 3 - q \cdot 3 \cdot 1,5 = 22,5 \cdot 3 - 10 \cdot 3 \cdot 1,5 = 22,5 \text{ кНм};$$

$$M_2^{\text{прав.}} = V_A \cdot 3 - q \cdot 3 \cdot 1,5 + M = 22,5 \cdot 3 - 10 \cdot 3 \cdot 1,5 + 20 = 42,5 \text{ кНм};$$

$$M_3 = V_A \cdot 5 - q \cdot 3 \cdot 3,5 + M = 22,5 \cdot 5 - 10 \cdot 3 \cdot 3,5 + 20 = 27,5 \text{ кНм};$$

$$M_4 = V_A \cdot 6 - q \cdot 3 \cdot 4,5 + M - F \cdot 1 = 22,5 \cdot 6 - 10 \cdot 3 \cdot 4,5 + 20 - 20 \cdot 1 = 0$$

Определяем значение изгибающего момента сечения z_0 (вершина параболы):

$$M_{z_0} = \frac{V_A \cdot z_0 - q \cdot z_0^2}{2} = \frac{22,5 \cdot 2,25 - 10 \cdot 2,25^2}{2} = 28,1 \text{ кНм}$$

5. По эпюре изгибающихся моментов определяем положение опасного сечения балки, сечения в котором изгибающийся момент имеет наибольшее значение по абсолютной величине.

В нашем случае:

$$M_{max} = M_2 = 42,5 \text{ кНм}$$

6. Из условия прочности балки на изгиб

$$\delta = \frac{M_{max}}{W_x} \leq [\delta_{и}] \quad \text{-- вычисляем необходимый момент сопротивления сечения}$$

$$W_x = \frac{M_{max}}{[\delta_{и}]} = \frac{42,5 \cdot 10^6 \text{ Н/мм}}{160 \text{ Н/мм}^2} = 0,265 \cdot 10^6 \text{ мм}^3 = 265 \text{ см}^3$$

В соответствии с ГОСТ 8239 – 89 принимаем сечение из стального двутавра № 24 с

$$W_x = 289 \text{ см}^3.$$

$$\delta_{max} = \frac{M_{max}}{W_x \text{ ГОСТ}} = \frac{42,5 \cdot 10^6 \text{ Н/мм}}{289 \cdot 10^3 \text{ М} \cdot \text{М}^3} = 147 \text{ МПа}$$

Для квадратного сечения момент сопротивления сечения $W_x = b^3/6$, откуда

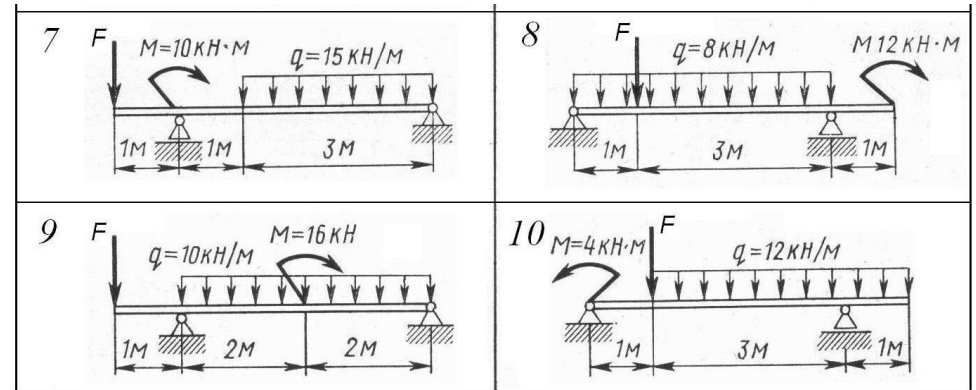
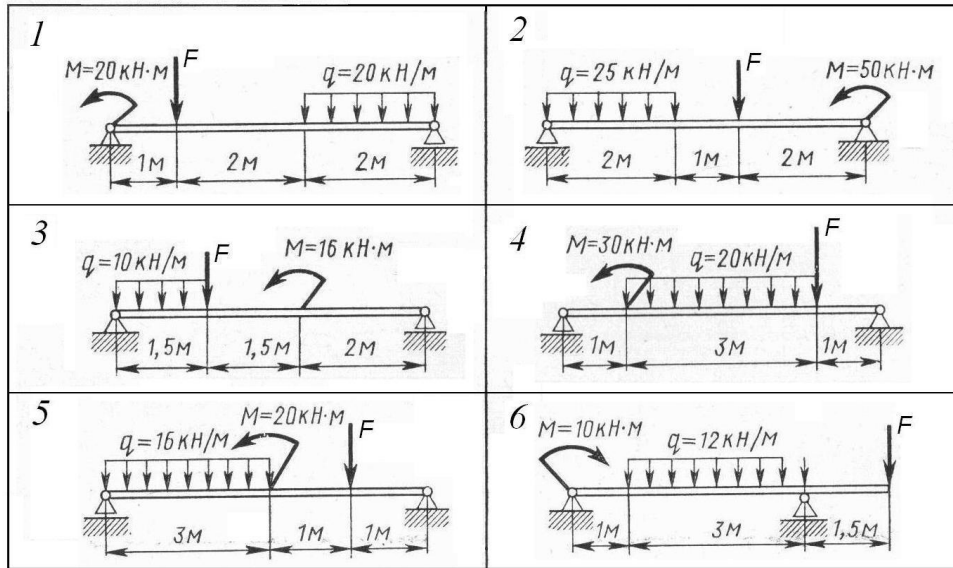
$$b = \sqrt[3]{\frac{W_x}{6}} = \sqrt[3]{\frac{265}{6}} = 3,5$$

53

см.

Данные для выполнения практической работы

Параметр	Вариант																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
схема	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2	1	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	6	5	4	3	2	1
F, кН	20	15	5	25	18	20	12	16	25	25	12	10	30	10	5	20	15	25	12	22	24	20	25	20	5	10	15	18	20	25



Практическая работа № 8

Решение задач на определение крутящего момента, требуемого диаметра вала и напряжений

1. Цель работы

1.1 Формирование умений выполнять расчеты валов на прочность при кручении

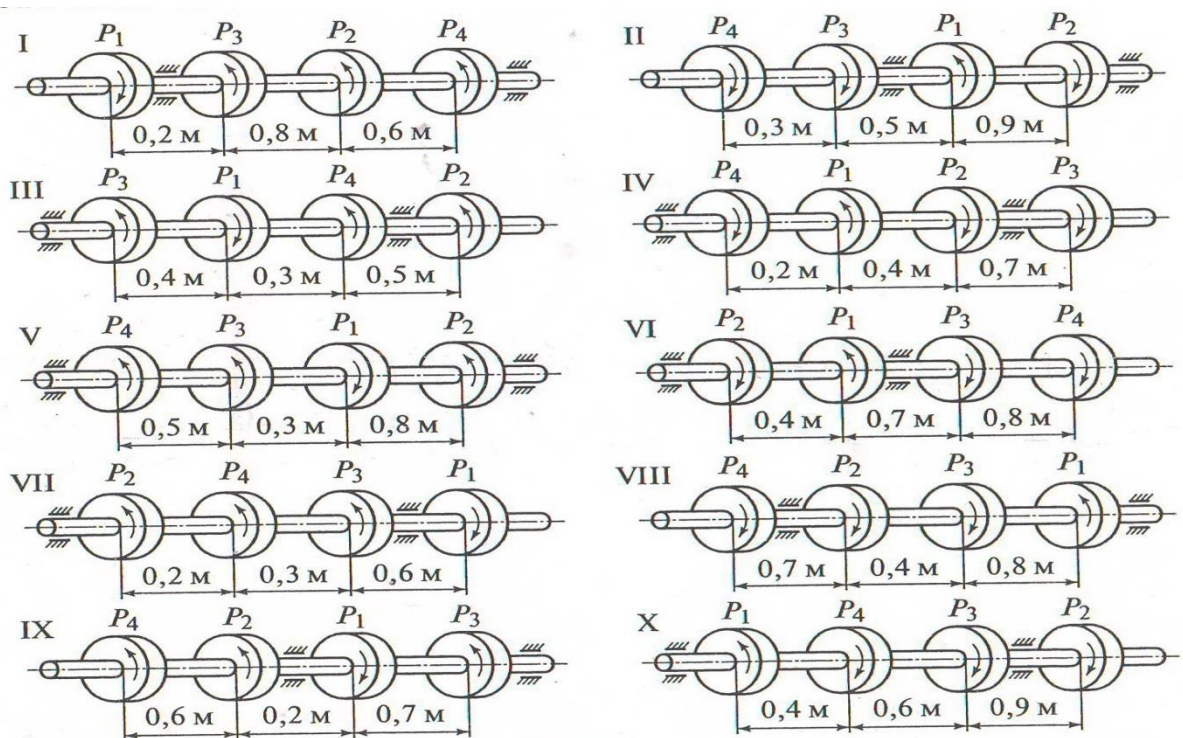
1.2 Развитие умений анализировать, сравнивать и делать выводы.

2 Задание

2.1 Для стального вала (рис.1) построить эпюру крутящих моментов; определить диаметр вала на каждом участке и полный угол закручивания. Данные для различных вариантов указаны в табл. 1.

Мощность на зубчатых колесах принять $P_2=0,5P_1$; $P_3=0,3P_1$; $P_4=0,2P_1$.

Указание. Полученное расчетное значение диаметра (в мм) округлить до ближайшего большого числа, оканчивающегося на 0, 2, 5, 8, или по СТС-В 208-75



3

Рис. 1

Таблица 1

Варианты	Схема на рис. 1	ω , рад/с	P_1 , кВт	Варианты	Схема на рис. 1	ω , рад/с	P_1 , кВт
1, 11, 21	I	24	12	6, 16, 26	VI	60	30
2, 12, 22	II	48	18	7, 17, 27	VII	36	22
3, 13, 23	III	30	20	8, 18, 28	VIII	50	26
4, 14, 24	IV	40	14	9, 19, 29	IX	28	10
5, 15, 25	V	25	60	10, 20, 30	X	62	16

Порядок выполнения работы

- 3.1 Определить вращающие моменты на шкивах
- 3.2 Построить эпюры крутящих моментов
- 3.3 Определить диаметры вала на каждом участке, используя условие прочности на кручение.

Ход работы

4.1 Вал вращается с постоянной угловой скоростью, следовательно, система вращающих моментов уравновешена. Мощность, подводимая к валу без потерь на трение, равна сумме мощностей, снимаемых с вала:

$$P_1 = P_2 + P_3 + P_4 \text{ кВт.}$$

4.2 Определяем вращающие моменты на шкивах:

$$M_1 = \frac{P_1}{\omega} \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega} \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = \frac{P_3}{\omega} \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_4 = \frac{P_4}{\omega} \text{ Н} \cdot \text{м};$$

4.3 Для построения эпюры крутящих моментов разбиваем брус на три участка, границами которых являются сечения, в которых приложены внешние моменты. В пределах каждого участка значения крутящих моментов таковы:

$$M_{кр1} \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{кр2} \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{кр3} \text{ Н} \cdot \text{м};$$

По найденным значениям строим эпюру крутящих моментов (рис. 3, б).

4.4 Из условия прочности на кручение

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_p} \leq [\tau_{кр}], \text{ где } W_p = 0,2d^3,$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{0,2d^3} \leq [\tau_{кр}]$$

определяем диаметры вала на каждом участке по формуле $d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{0,2[\tau_{кр}]}}$:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{M_{кр1}}{0,2[\tau_{кр}]}} \text{ мм,}$$
$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{M_{кр2}}{0,2[\tau_{кр}]}} \text{ мм,}$$
$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{M_{кр3}}{0,2[\tau_{кр}]}} \text{ мм,}$$

5 Вывод

Пример выполнения практического задания

2 Задание Для стального вала (рис. 3, а) построить эпюру крутящих моментов, определить из условия прочности требуемые диаметры каждого участка и углы закручивания этих участков. Угловую скорость вала принять $\omega=100$ рад/с, допускаемое напряжение $[\tau_{кр}] = 30$ МПа, модуль сдвига $G=0,8 \cdot 10^5$ Мпа.

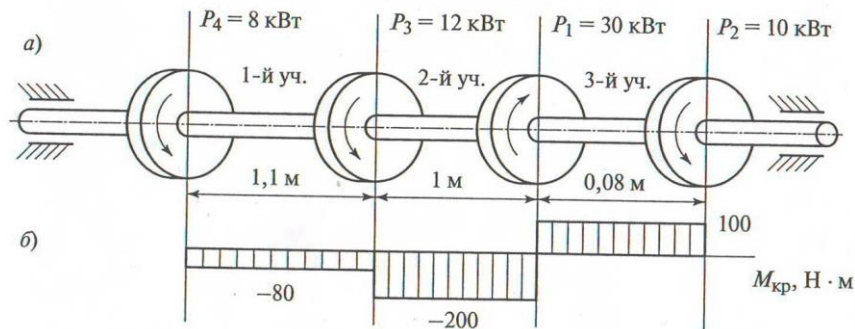


Рис. 3

Ход работы

4.1 Вал вращается с постоянной угловой скоростью, следовательно, система вращающих моментов уравновешена. Мощность, подводимая к валу без потерь на трение, равна сумме мощностей, снимаемых с вала:

$$P_1 = P_2 + P_3 + P_4 = 10 + 12 + 8 = 30 \text{ кВт.}$$

4.2 Определяем вращающие моменты на шкивах:

$$M_1 = \frac{P_1}{\omega} = \frac{30 \cdot 10^3}{100} = 300 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega} = \frac{10 \cdot 10^3}{100} = 100 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = \frac{P_3}{\omega} = \frac{12 \cdot 10^3}{100} = 120 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_4 = \frac{P_4}{\omega} = \frac{8 \cdot 10^3}{100} = 80 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

4.3 Для построения эпюры крутящих моментов разбиваем брус на три участка, границами которых являются сечения, в которых приложены внешние моменты. В пределах каждого участка значения крутящих моментов таковы:

$$M_{кр1} = -M_4 = -80 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{кр2} = -M_4 - M_3 = -80 - 120 = -200 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{кр3} = -M_4 - M_3 + M_1 = -80 - 120 + 300 = 100 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

По найденным значениям строим эпюру крутящих моментов (рис. 3, б).

4.4 Из условия прочности на кручение

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_p} \leq [\tau_{кр}], \text{ где } W_p = 0,2d^3,$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{0,2d^3} \leq [\tau_{кр}]$$

определяем диаметры вала на каждом участке по формуле $d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{0,2[\tau_{кр}]}}$:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{M_{кр1}}{0,2[\tau_{кр}]} = \sqrt[3]{\frac{80 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 25 \text{ мм,}}$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{M_{кр2}}{0,2[\tau_{кр}]} = \sqrt[3]{\frac{200 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 35 \text{ мм,}}$$

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{M_{кр3}}{0,2[\tau_{кр}]} = \sqrt[3]{\frac{100 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 28 \text{ мм,}}$$

Практическая работа № 9

Проектирование и конструирование неразъемных и разъемных соединений.

Расчеты на прочность

Цель: Познакомится с видами соединений. Научится выполнять на чертеже разъемные и неразъемные виды соединений.

Основные теоретические положения

Разъемные соединения - это соединения, которые можно неоднократно разбирать и вновь собирать без разрушения соединяемых элементов (резьбовые, штифтовые, шпоночные, шлицевые).

Неразъемные соединения - это соединения, которые нельзя разобрать без разрушения или повреждения соединенных деталей (паяные, клееные, заклепочные, сварные).

Разъемные соединения

Штифтовое соединение (рис.1, б) - это соединение при помощи штифта. Штифт- это цилиндрический или конический стержень (рис.1, а). В соединяемых деталях просверливаются отверстия (рис. 1, а), в которые вставляется штифт.

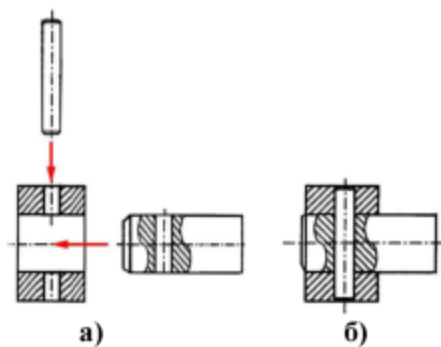


Рис.1. Штифтовое соединение.

Шпоночное соединение - это соединение, выполненное с помощью шпонки (деталь 2 на рис. 2). Шпоночное соединение предназначено для соединения вала (деталь 1 на рис. 2) с надетой на него деталью (деталь 3 на рис. 2) с целью передачи крутящего момента.

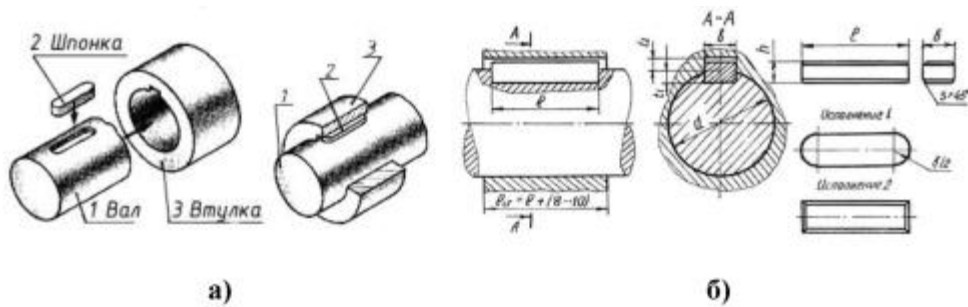


Рис. 2. Шпоночное соединение (а), чертеж шпоночного соединения и шпонки (б)

Шпонка - крепёжная деталь шпоночного соединения, которая одновременно входит в паз вала, и в паз надетой на него детали (например, в зубчатом колесе) и обеспечивает фиксацию двух деталей относительно друг друга (деталь 2 нарис. 2, а).

Призматические шпонки выпускаются трёх исполнений: с двумя скруглениями, с одним и без скруглений (рис. 2, б).

Шлицевое (зубчатое) соединение (рис. 3) - соединение вала (деталь 1 на рис. 3, а) и отверстия (деталь 2 на рис. 3, а) с помощью шлицев (пазов) и зубьев (выступов).

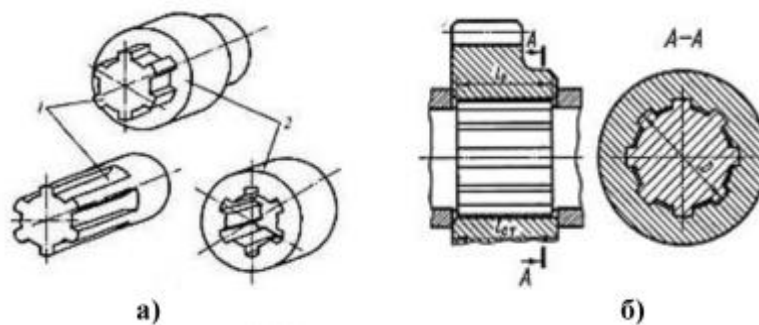


Рис. 3. Шлицевое соединение

Неразъемные соединения

Паяное соединение - это неразъемное соединение, полученное путём введения между соединяемыми деталями расплавленного материала (припоя), имеющего более низкую температуру плавления, чем материал соединяемых деталей.

Клееное соединение - это неразъемное соединение, при котором между соединяемыми поверхностями вводится слой склеивающего вещества, хорошо прилипающего к обеим поверхностям.

Заклёпочное соединение (рис. 4, а) - это неразъёмное соединение деталей при помощи заклёпок.

Условные изображения и обозначения неразъемных соединений установлены ГОСТ 2.313-82.ЕСКД.

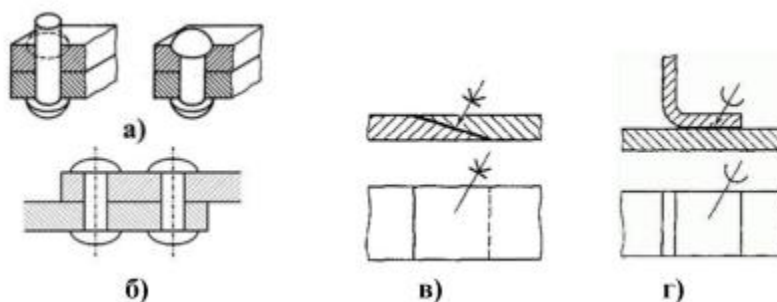
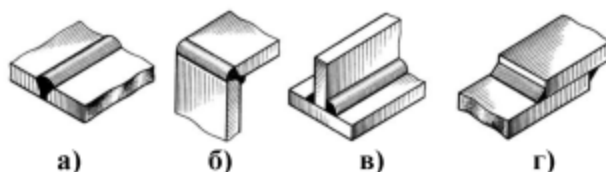


Рис. 4. Обозначение неразъемных соединений: заклепочных (б), паяных (в) и клееных (г)

Сварное соединение - это соединение, выполненное сваркой. Сварка - это технологический процесс получения неразъёмного соединения посредством установления межатомных и межмолекулярных связей между свариваемыми частями изделия при их нагреве.

Сварные соединения



Виды сварных соединений показаны на рисунке 5.

Виды сварных соединений а) С- стыковое соединение, б) У - угловое соединение, в) Т-тавровое соединение, г) Н - соединение внахлест

- а) С2 - односторонний, без скоса кромок;
- б) С21 - двусторонний, со скосом двух кромок;
- в) С1 - односторонний, с отбортовкой двух кромок;
- г) У4 - односторонний, без скоса кромок;
- д) У5 - двусторонний, без скоса кромок;
- е) У6 - односторонний, со скосом одной кромки;
- ж) У9 - односторонний, со скосом двух кромок;
- з) Т1 - односторонний без скоса кромок;
- и) Т3 - двусторонний, без скоса кромок;
- к) Н1 - односторонний, без скоса кромок.

ГОСТ 5264-80 «Ручная дуговая сварка. Соединения сварные» устанавливает типы швов с предварительной подготовкой кромок свариваемых деталей или без нее. Некоторые способы подготовки кромок приведены на рис.



Рис.6.

Рис. 6 Предварительная подготовка кромок: а) с отбортовкой кромок; б) без скоса кромок;

- в) со скосом одной кромки;
- г) со скосом двух кромок;
- д) с двумя скосами одной кромки;
- е) с двумя скосами двух кромок.

Некоторые типы сварных швов по ГОСТ 5264-80 приведены на рисунке 7.

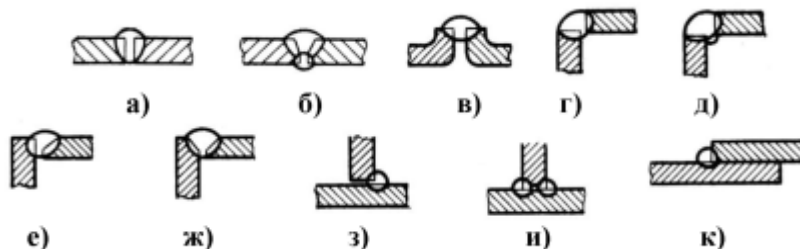


Рис.7.

Некоторые виды сварных швов по ГОСТ 5264-80

- а) С2 - односторонний, без скоса кромок;
- б) С21 - двусторонний, со скосом двух кромок;

- в) С1 - односторонний, с отбортовкой двух кромок;
- г) У4 - односторонний, без скоса кромок;
- д) У5 - двусторонний, без скоса кромок;
- е) У6 - односторонний, со скосом одной кромки;
- ж) У9 - односторонний, со скосом двух кромок;
- з) Т1 - односторонний без скоса кромок;
- и) Т3 - двусторонний, без скоса кромок; к) Н1 - односторонний, без скоса кромок.

Швы сварных соединений имеют лицевую и оборотную сторону. Лицевой является та сторона, с которой производят сварку. Для двустороннего шва с симметрично подготовленными кромками лицевой может быть любая сторона.

Согласно ГОСТ 2.312-72 видимые швы на чертежах изображают сплошной основной линией, невидимые - штриховой (рис. 8, а).

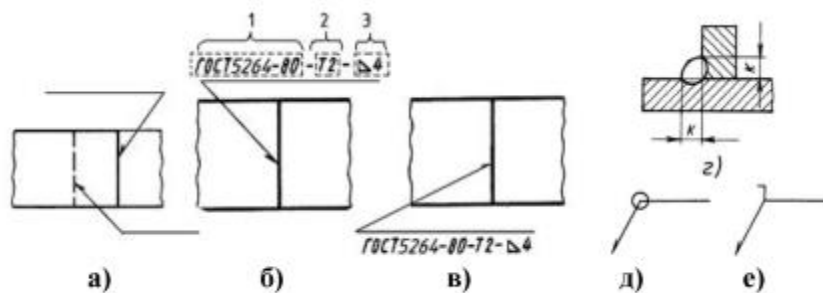


Рис.8.

От линии шва проводят линию-выноску, упирающуюся в шов односторонней стрелкой. Если линия-выноска проведена от изображения шва с лицевой стороны, то условное обозначение шва наносят над полкой линии-выноски (рис. 8, б). Если сварной шов проходит с оборотной стороны, то обозначение наносят под полкой линии-выноски (рис. 8, в).

Швы имеющие в сечении прямоугольный треугольник, характеризуются величиной катета шва К (рис.8, г).

Обозначение сварного шва по ГОСТ 2.312-72 (рис. 8, б):

- ГОСТ на тип шва (ГОСТ 5264-80);
- буквенно-цифровое обозначение шва (Т2);
- знак « к. » и размер катета шва в миллиметрах (Б4).

На изломе линии-выноски выполняют знаки: знак шва, выполненного по замкнутой линии (рис. 8, д) (диаметр кружка 3...5 мм), и знак шва, выполненного при монтаже изделия на месте применения (рис. 8, е).

Если все сварные швы выполняются по одному стандарту, то стандарт в обозначении шва не указывают (рис. 9), а указывают его в технических требованиях чертежа по типу: «Сварные швы по ГОСТ 5264-80».

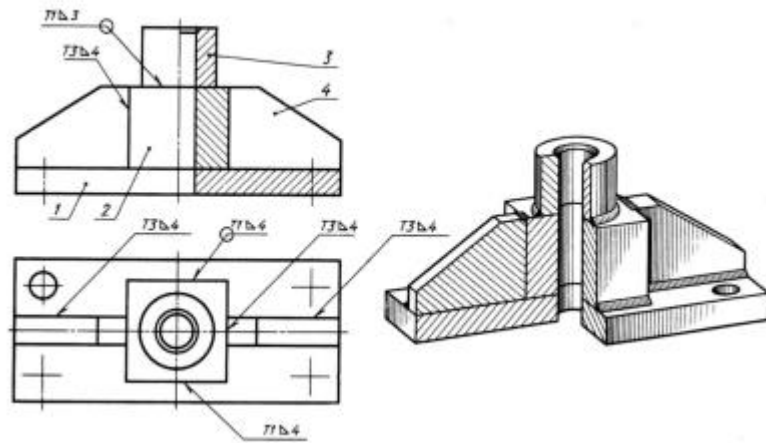
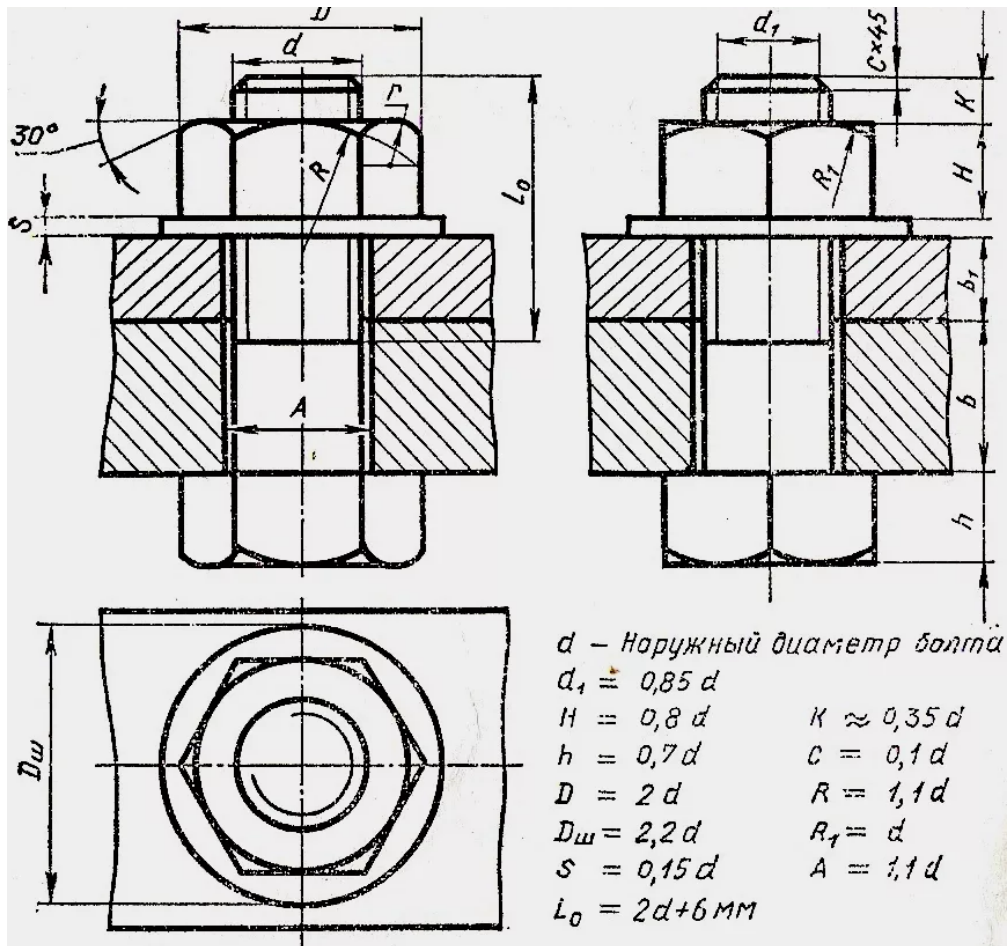


Рис.9.

Задание №1

Пользуясь приведенными условными соотношениями, построить изображения соединения деталей болтом. Размер l подобрать по ГОСТ 7798-70 так, чтобы обеспечить указанное значение K . При диаметре болта $d < 20$ мм построения выполнять в М2 :1, а при $d > 24$ мм – М1:1. $p=3,14$



Практическая № 10

Изучение устройства механических передач. Расчет механических передач

Выполнить расчет цепной передачи, если задано:

№ варианта	Вращающий момент T_1 , Нм	Частота вращения вала n_1 , мин ⁻¹	Передаточное число цепной передачи $u_{цеп}$
------------	--------------------------------	--	--

Расчет ременной передачи

№ варианта	Мощность вала редуктора P , кВт	Частота вращения вала n , мин ⁻¹	Передаточное число ременной передачи $e_{\partial ai}$
1	1,15	2810	1,25
2	1,75	1415	1,4
3	2,00	935	1,6
4	2,28	700	1,8
5	2,75	2850	2,0
6	3,00	1435	2,24
7	3,34	955	2,5
8	3,75	720	2,8
9	3,52	2840	1,25
10	3,87	1430	1,4
11	4,00	950	1,6
12	4,23	720	1,8
13	4,42	2880	2,0
14	4,94	1445	2,24
15	5,00	965	2,5
16	5,33	730	2,8
17	5,50	2880	1,25
18	5,81	1455	1,4
19	6,00	970	1,6
20	6,12	730	1,8
21	6,43	2900	2,0
22	6,75	1455	2,24
23	6,98	975	2,5
24	7,00	730	2,8
25	1,20	1420	1,4
26	1,82	935	1,6
27	2,88	700	1,8
28	3,20	2840	2,0
29	4,52	1430	2,24
30	7,32	970	2,5

Пример Расчёт клиноременной передачи

Исходные данные:

- мощность на ведущем шкиве $P_1 = P_{mp} = 3,22 \text{ кВт}$;
- частота вращения ведущего шкива $n_1 = n_{\partial в} = 1430 \text{ мин}^{-1}$;
- передаточное отношение $u = u_{рем} = 2,24$.

Условия эксплуатации:

- работа в одну смену;
- нагрузка, близкая к постоянной.

Вращающий момент на ведущем шкиве

$$T_1 = \frac{30P}{\pi n} = \frac{30 \cdot 3,22 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1430} = 21,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Выбираем сечение ремня в зависимости от вращающего момента (см. приложение табл.1).

Тип ремня 0 $h = 6 \text{ мм}$, $F_p = 0,47 \text{ см}^2$, $d_{1\text{min}} = 63 \text{ мм}$.

Диаметр меньшего шкива.

$$d_1 = (3 \dots 4) \sqrt[3]{T_1} = (3 \dots 4) \sqrt[3]{21,5 \cdot 10^3} = 83,4 \dots 111,2 \text{ мм}$$

принимаем $d_1 = 90 \text{ мм}$ [2, с. 120].

Диаметр большего шкива ($\varepsilon=0,015$ -коэффициент скольжения)

$$d_2 = d_1 \cdot u \cdot (1 - \varepsilon) = 90 \cdot 2,24 \cdot (1 - 0,015) = 198,5 \text{ мм}.$$

принимаем $d_2 = 200 \text{ мм}$.

Фактическое передаточное отношение.

$$u_{\phi} = \frac{d_2}{d_1(1 - \varepsilon)} = \frac{200}{90 \cdot (1 - 0,015)} = 2,25$$

Отклонение от принятого незначительное.

Назначаем межосевое расстояние в интервале:

$$a_{\text{min}} = 0,55(d_1 + d_2) + h = 0,55(200 + 90) + 6 = 165,5 \text{ мм},$$

где $h = T_0 = 6 \text{ мм}$ - высота сечения ремня

$$a_{\text{max}} = d_1 + d_2 = 90 + 200 = 290 \text{ мм};$$

Принимаем $a_0 = 250 \text{ мм}$.

$$l_{\phi} = 2a_0 + \Delta_1 + \frac{\Delta_2}{a_0};$$

Длина ремня

где $\Delta_1 = 0,5\pi(d_2 + d_1) = 0,5 \cdot 3,14(200 + 90) = 455,3 \text{ мм};$

$$\Delta_2 = \left(\frac{d_2 - d_1}{2}\right)^2 = \left(\frac{200 - 90}{2}\right)^2 = 3025 \text{ мм};$$

$$l_\phi = 2 \cdot 250 + 455,3 + \frac{3025}{250} = 967,4 \text{ мм}.$$

Стандартный ряд длин: 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1400, 1600, 1800, 2000, 2240, 2500, 2800, 3150, 3550, 4000, 4500, 5000, 5600, 6300, 7100, 8000, 9000, 10000, 11200, 12500, 14000, 16000, 18000.

принимаем $l = 1000 \text{ мм}$ [2, с.131].

Проверяем принятую длину ремня

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 1430}{60 \cdot 1000} = 6,7 \text{ м/с}$$

- скорость

$$v = 1000 \cdot \frac{V}{l} = 1000 \cdot \frac{6,7}{1000} = 6,7$$

- частота пробега ремня

Условие $v = 6,7 < [v] = 10$ выполняется.

Уточняем межосевое расстояние

$$a = 0,25 \left[l - \Delta_1 + \sqrt{(l - \Delta_1)^2 - 8\Delta_2} \right] =$$

$$= 0,25 \left[1000 - 455,3 + \sqrt{(1000 - 455,3)^2 - 8 \cdot 3025} \right] = 267 \text{ мм}$$

Угол обхвата ремнём меньшего шкива

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{d_2 - d_1}{a} \cdot 60^\circ = 180^\circ - \frac{200 - 90}{267} \cdot 60^\circ = 155^\circ$$

Условие $\alpha_1 = 155^\circ > [\alpha_1] = 120^\circ$ - выполняется.

Допускаемая мощность на один ремень.

$$[P] = P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_l \cdot C_p,$$

где $P_0 = 0,87 \text{ кВт}$ - номинальная мощность, передаваемая одним ремнём получена интерполированием (см. приложение табл.2);

$C_\alpha = 0,94$ - коэффициент угла обхвата [2, с.135],

при $\alpha^\circ = 180 \quad 160 \quad 140 \quad 120 \quad 100 \quad 90 \quad 70$
 $C_\alpha = 1,0 \quad 0,95 \quad 0,89 \quad 0,82 \quad 0,83 \quad 0,68 \quad 0,56$

$C_l = 0,95$ - коэффициент, учитывающий влияние длины ремня [2, с.135, табл. 7.9],

принимаем $C_p = 1,0$ - коэффициент режима работы [2, с. 136].

$$[P] = 0,87 \cdot 0,94 \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 0,78 \text{ кВт}$$

$$Z = \frac{P}{[P]} = \frac{3,22}{0,78} = 4,12$$

Потребное число ремней

7.9. Значения коэффициента C_L для клиновых ремней
(по ГОСТ 1284.3–80, с сокращениями)

L_p , мм	Сечение ремня					
	О	А	Б	В	Г	Д
400	0,79					
500	0,81					
560	0,82	0,79				
710	0,86	0,83				
900	0,92	0,87	0,82			
1000	0,95	0,90	0,85			
1250	0,98	0,93	0,88			
1500	1,03	0,98	0,92			
1800	1,06	1,01	0,95	0,86		
2000	1,08	1,03	0,98	0,88		
2240	1,10	1,06	1,00	0,91		
2500	1,30	1,09	1,03	0,93		
2800	–	1,11	1,05	0,95		
3150	–	1,13	1,07	0,97	0,86	
4000	–	1,17	1,13	1,02	0,91	
4750	–	–	1,17	1,06	0,95	0,91
5300	–	–	1,19	1,08	0,97	0,94
6300	–	–	1,23	1,12	1,01	0,97
7500	–	–	–	1,16	1,05	1,01
9000	–	–	–	1,21	1,09	1,05
10000	–	–	–	1,23	1,11	1,07

поправка на число ремней $C_Z = 0,9$ [2, с.135]

при $z = 2-3$ $4-6$ св. 6
 $C_z = 0,95$ $0,90$ $0,85$

$$Z' = \frac{Z}{C_z} = \frac{4,12}{0,9} = 4,58, \text{ принимаем } Z = 5 \langle [Z] \rangle = 8$$

Натяжение ветви ремня

$$F_0 = \frac{850 \cdot P \cdot C_p \cdot C_l}{Z \cdot V \cdot C_\alpha} + \theta \cdot V^2,$$

где θ – коэффициент, учитывающий центробежную силу [2, с.136].

$\theta = 0,06 \cdot (H \cdot c^2) / m^2$ – при сечении О

$$F_0 = \frac{850 \cdot 3,22 \cdot 1,0 \cdot 0,95}{5 \cdot 6,7 \cdot 0,94} + 0,06 \cdot 6,7^2 = 86H$$

Усилие, действующее на вал

$$F_\sigma = 2F_0 \cdot Z \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2} = 2 \cdot 86 \cdot 5 \cdot \sin \frac{155^\circ}{2} \approx 840H.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ

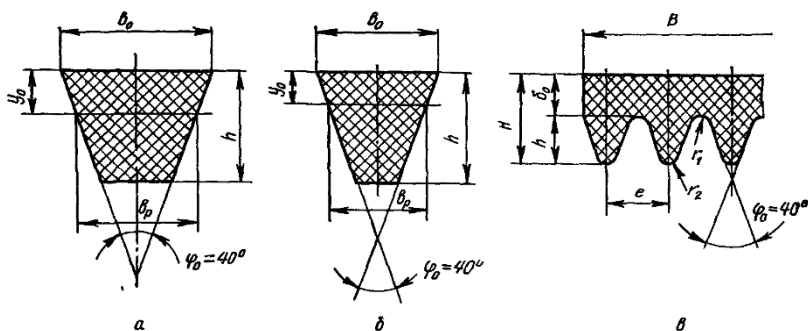


Рисунок 1- Типы клиновых ремней для передач с постоянным передаточным числом
а- нормального сечения; б- узкого сечения; в- поликлиновые

Таблица 1- Размеры клиновых ремней

Тип ремней	Обозначение	Размеры сечения, мм (рис. 2.6, а, б)				$F_1, \text{см}^2$	Расчетная длина $L, \text{мм}$	$d_p \text{ тип, мм}$	$T_0, \text{Н м}$	$q, \text{кг/м}$
		b_p	h	b_0	y_0					
Нормальные	О	8,5	6,0	10	2,1	0,47	400...2500	63	<30	0,07
	А	11,0	8,0	13	2,8	0,81	560...4000	90	15...60	0,10
	Б	14,0	10,5	17	4,0	1,38	1000...6300	125	50...150	0,18
	В	19,0	13,5	22	4,8	2,30	1800...10600	200	120...600	0,3
	Г	27,0	19,0	32	6,9	4,76	3150...15000	315	450...2400	0,62
Узкие	УО	8,5	8	10	2	0,56	630...3550	63	<150	0,07
	УА	11,0	10	13	2,8	0,95	800...4500	90	90...400	0,12
	УБ	14,0	13	17	3,5	1,58	1250...8000	140	300...2000	0,2
	УВ	19,0	18	22	4,8	2,78	2000 ..8000	224	>1500	0,37

Таблица 2- Мощность P_0 передаваемая одним клиновым ремнем при $u=1, \alpha=180^\circ$,
длине L_0 и спокойной односменной работе

Сечение ремня	нын диаметр $d_p, \text{мм}$						
		3	5	10	15	20	25
О $L_0 = 1320 \text{ мм}$	63	0,31	0,49	0,82	1,03	1,11	—
	71	0,37	0,56	0,95	1,22	1,37	1,40
	80	0,40	0,62	1,07	1,41	1,60	1,65
	90	0,44	0,67	1,16	1,56	1,73	1,90
	100	0,46	0,70	1,24	1,67	1,97	2,10
А $L_0 = 1700 \text{ мм}$	90	0,56	0,84	1,39	1,75	1,88	—
	100	0,62	0,95	1,60	2,07	2,31	2,29
	112	0,70	1,05	1,82	2,39	2,74	2,82
	125	0,74	1,15	2,00	2,66	3,10	3,27
	140	0,80	1,23	2,18	2,91	3,44	3,70
Б $L_0 = 2240 \text{ мм}$	125	0,92	1,39	2,26	2,80	—	—
	140	1,07	1,61	2,70	3,45	3,83	—
	160	1,20	1,83	3,15	4,13	4,73	4,88
	180	1,30	2,01	3,51	4,66	5,44	5,76
	200	1,40	2,15	3,79	5,08	6,00	6,43
	224	1,47	2,26	4,05	5,45	6,50	7,05
В $L_0 = 3750 \text{ мм}$	200	1,85	2,77	4,59	5,80	6,33	—
	224	2,08	3,15	5,35	6,95	7,86	7,95
	250	2,28	3,48	6,02	7,94	9,18	9,60
	280	2,46	3,78	6,63	8,86	10,4	11,1

