

**ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ТЕХНИКУМ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Методические рекомендации

к выполнению практических работ
по дисциплине «Техническая механика»
для студентов специальностей

15.02.12 «Монтаж и техническая эксплуатация оборудования
(по отраслям)»

22.02.01 «Металлургия черных металлов»

13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание оборудования
(по отраслям)»

22.02.03 «Литейное производство черных и цветных металлов»

22.02.05 "Обработка металлов давлением"

Алчевск
2023 г.

Разработал:

Филатова Людмила Николаевна



(подпись)

Утверждаю

Зам. директора по УМР



Л.Л. Кузьмина

(подпись)

Рассмотрено и одобрено на заседании
комиссии механо - металлургических дисциплин
протокол № 5 от 15 мая 2023 г.

Председатель



Ш.А. Кебадзе

Комиссии

(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Наименование темы или раздела	Название работы	стр.
	АННОТАЦИЯ		4
	Раздел 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА		
1	СТАТИКА <i>Плоская система сходящихся сил.</i>	«Определение усилий в стержнях системы сходящихся сил»	6
2	Плоская система произвольно расположенных сил	«Определение опорных реакций балок»	10
3	Центр тяжести	«Определение положения центра тяжести плоских фигур»	14
4	КИНЕМАТИКА Кинематика точки. Кинематические графики.	«Построение графиков пути скорости и ускорения точки»	19
5	Простейшие движения твёрдого тела. Враща- тельное движение.	«Определение кинематических характеристик вращающегося тела»	24
6	ДИНАМИКА Движение несвободной материальной точки. Сила инерции.	«Применение принципа Даламбера к решению задач на прямолинейное и криволинейное движение точки»	28
7	Работа и мощность. Коэффициент полезного действия.	«Определение работы, мощности, к.п.д. тела на наклонной плоскости»	32
8	Раздел 2 СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ Растяжение и сжатие	«Определение перемещений свободного конца стержня, построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений»	36

9	Геометрические характеристики плоских сечений	«Определение главных центральных моментов сечения»	41
10	Кручение	«Определение диаметров ступеней вала с построением эпюры углов поворота сечений»	47
11	Прямой поперечный изгиб	«Определение диаметра балки из расчёта на изгиб»	53
12	Сочетание основных деформаций. Изгиб с кручением. Гипотезы прочности.	«Определение эквивалентных напряжений по III и V теориям прочности, определение диаметра вала»	58
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	«Определение критической силы и критического напряжения»	
	ЛИТЕРАТУРА		

АННОТАЦИЯ

В процессе усвоения программного материала по «Технической механике» большая роль отводится практической работе студентов. В процессе усвоения программного материала необходимо добиваться привития навыков решения задач и выполнения расчётов. Все задачи и расчёты обязательно должны быть доведены до окончательного числового результата. Изучать курс технической механики необходимо в строгом порядке, предусмотренном программой, это обеспечит систематичность получаемых знаний и логическую связь между различными разделами и темами предмета. В решении этой проблемы значительная роль отводится формированию у студентов умений и навыков самостоятельно - логического мышления и практического применения знаний, научить их приобретать знания из различных источников информации, овладеть как можно большим разнообразием видов практической работы, которая выполняется по заданию преподавателя, под его руководством, но без его непосредственного участия. Данная дисциплина включает в себя такие разделы, как «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов».

В методических рекомендациях систематизировано и последовательно изложен материал, необходимый для выполнения практических работ с расчетно-графическими заданиями.

Методические рекомендации предназначены для проведения практических работ студентов технических специальностей.

Каждая практическая работа включает в себя цели работ, необходимые теоретические вопросы для повторения пройденного материала, методические рекомендации к выполнению, пример решения, критерии оценки знаний, тест на проверку знаний и необходимую литературу.

Методические рекомендации используются при организации и проведении практических работ по ОП.02 «Техническая механика» преподавателями и студентами.

Методические указания к выполнению и оформлению

Вариант расчётно-графического задания определяется по номеру фамилии студента в журнале. Например, студент, имеющий номер фамилии 2, выполняет вариант 02, номер 11 – вариант 11 и т.д.

При выполнении расчётно-графического задания необходимо соблюдать следующие требования:

1. Расчётно-графическое задание выполнять строго в соответствии с вариантом студента. В противном случае оно не зачитывается и возвращается студенту.
2. Работы выполнять в отдельной тетради в клетку.
3. Задания выполнять чернилами, чётко и аккуратно в тетради. Каждое задание начинать с новой страницы.
4. Решение задач пояснить аккуратно с выполненными схемами (эскизами).

5. Рекомендуется задачи решать в общем виде, а затем, подставляя числовые значения величин, вычислять результат.
6. Выполненные расчётно-графические работы необходимо сдавать преподавателю своевременно.
7. После получения работы студент должен внимательно изучить рецензию и все замечания преподавателя, обратить внимание на допущенные ошибки, доработать материал. Неудовлетворительную работу студент или выполняет заново, или переделывает частично по указанию преподавателя.

2.1 Практические задания.

Тема: «Плоская система сходящихся сил»

Практическая работа № 1: «*Определить усилия в стержнях кронштейна от приложенной внешней силы*»

1. Задание. Определить усилия в стержнях кронштейна от приложенной внешней силы. Трением в блоке пренебречь. Данные для своего варианта взять из таблицы 1.

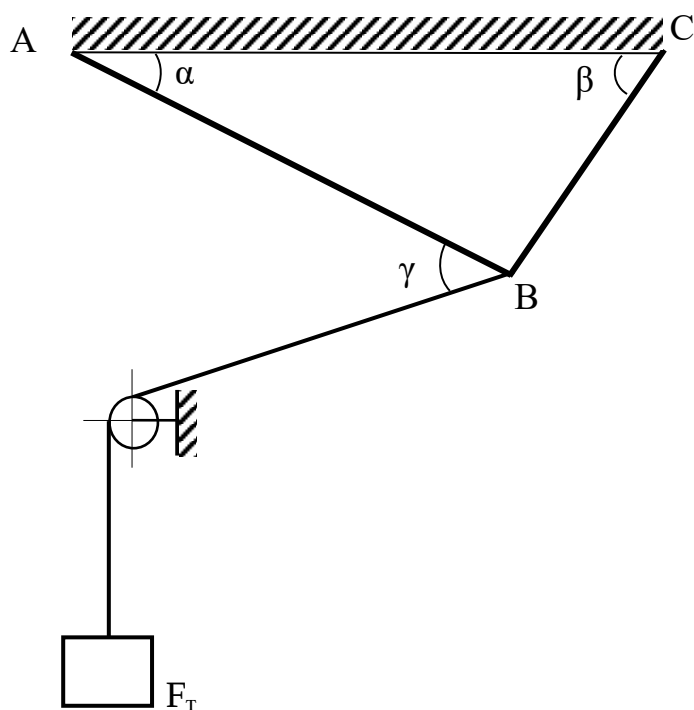


Рис. 1

Таблица № 1

Вариант	F _T , кН	Углы, град.		
		α	β	γ
1	50	30	70	35
2	60	10	80	70
3	70	20	50	50
4	80	40	70	20
5	90	30	60	70
6	55	15	85	40
7	65	45	65	30
8	75	20	40	10
9	85	30	80	70
10	95	10	60	40
11	55	28	68	30
12	54	30	67	28
13	56	32	65	32
14	58	31	66	33
15	60	32	70	35
16	62	30	68	34
17	64	31	72	36
18	58	28	68	32
19	60	30	70	30
20	55	26	64	28
21	65	32	68	30
22	64	30	70	32
23	68	26	66	34
24	70	30	68	32
25	74	28	72	30
26	78	32	70	32
27	80	30	75	34
28	75	25	70	32
29	70	28	68	28
30	80	30	75	34

Прежде, чем приступить к выполнению практической работы № 1, необходимо изучить тему «Плоская система сходящихся сил».

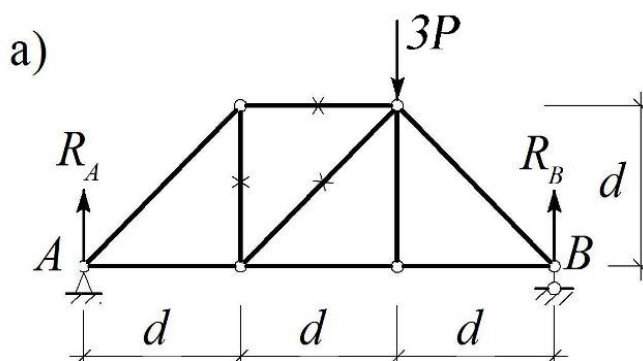
2.

- 2.1 Научиться расставлять активные
- 2.2 Научиться составлять расчетные
- 2.3 Научиться определять усилия

3. Повторение теории

- 3.1 Какие силы образуют плоскую
- 3.2 Что такое силовой многоугольник
- 3.3 Как определяется равновесие
- 3.4 Геометрическое условие равновесия

- 3.5 Какие уравнения и сколько можно составить для уравновешенной плоской системы сходящихся сил?



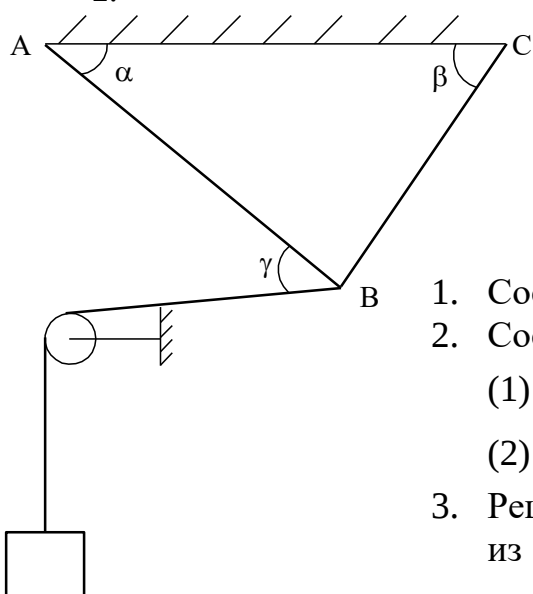
4. Методические рекомендации к выполнению

- 4.1 Внимательно прочитать условие задачи, записать, что дано, и что требуется определить.
- 4.2 Составить расчетную схему.
- 4.3 Составить и решить относительно неизвестных два уравнения равновесия.
- 4.4 Если в результате вычислений хотя бы одно неизвестное получилось со знаком «-» необходимо объяснить.
- 4.5 Написать ответ.
- 4.6 Если при выполнении практической работы появились затруднения – это значит, что материал темы не усвоен.

5. Пример выполнения задания

Определить усилия в стержнях кронштейна от приложенной внешней силы. Трением в блоке пренебречь. Данные из задачи своего варианта взять из таблицы

1.



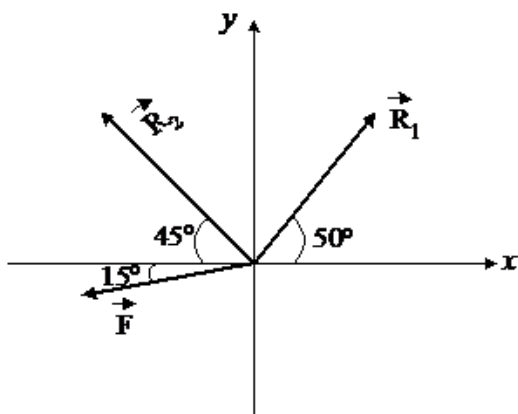
Дано: $F = 50 \text{ кН}$

$\alpha = 45^\circ; \beta = 50^\circ; \gamma = 60^\circ$

Определить: R_1 и R_2

Решение:

1. Составим расчетную схему (рис. 1)
2. Составим уравнения проекций сил системы на оси x и y :
 - (1) $\sum F_{ix} = 0; R_1 \cos 50^\circ - R_2 \cdot \cos 45^\circ - F \cos 15^\circ = 0$
 - (2) $\sum F_{iy} = 0; R_1 \cdot \cos 40^\circ + R_2 \cos 45^\circ - F \cos 75^\circ = 0$
3. Решим их относительно неизвестных R_1 и R_2 :
из 1-го уравнения:



$$R_1 = \frac{R_2 \cdot \cos 45^\circ + F \cos 15^\circ}{\cos 50^\circ} = \frac{R_2 \cdot 0,7071 + 50 \cdot 0,9659}{0,6428} =$$

$$= R_2 \cdot 1,1 + 75,13, H$$

уравнение:

$$(R_2 \cdot 1,1 + 75,13) \cos 40^\circ + R_2 \cos 45^\circ = F \cos 75^\circ$$

$$R_2 \cdot 0,8426 + 57,55 + R_2 \cdot 0,7071 = 50 \cdot 0,2588$$

$$R_2 (0,8426 + 0,7071) = 12,94 - 57,55$$

$$R_2 = -\frac{44,61}{1,55} = -28,78 H$$

Следовательно, R_1 будет равно:

$$R_1 = R_2 \cdot 1,1 + 75,13, H$$

$$R_1 = -28,78 \cdot 1,1 + 75,13 = 43,47, H$$

Рис. 1, а

Ответ: $R_1 = 43,47$ Н; $R_2 = -28,78$ Н

Знак «-» в реакции R_2 получился из-за того, что первоначально направление реакции было выбрано ошибочно.

6. Критерии оценки знаний

Оценка	Основные критерии оценки
«5»	Работа выполнена правильно, без ошибок, оформлена согласно методическим указаниям.
«4»	Работа выполнена правильно, но в оформлении допущены небольшие погрешности.
«3»	В работе допущены ошибки, оформление небрежное, есть погрешности.

7. Тест на проверку знаний по теме «Плоская система сходящихся сил»

№ п/п	Вопрос		Ответы
1	Как должны располагаться силы, чтобы получилась плоская система сходящихся сил?	А В С	Линии действия всех сил расположены в одной плоскости и пересекаются в одной точке Линии действия всех сил расположены в разных плоскостях Линии действия всех сил параллельны между собой
2	Сколько уравнений равновесия необходимо составить для равновесия плоской системы сил	А В С	2 уравнения 1 уравнение 3 уравнение

3	Сколько неизвестных величин может быть при решении задач на эту тему?	А В С	Не более 2-х величин Не более 1-ой величины Количество неизвестных значений не имеет
4	Можно ли, построив силовой многоугольник, определить, уравновешена или нет заданная система сходящихся сил?	А В С	Можно Нельзя Построением силового многоугольника ответить на вопрос нельзя
5	Сколько способов решения задач для плоской системы сходящихся сил существует?	А В С	3 способа 2 способа сколько угодно
Время выполнения 5 – 10 минут.			

8. Литература

1. Аркуша А. И. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учеб. для ссузов /под ред. А. И. Аркуша. - 6-е изд. - М.: Высш. шк., 2010.
2. Богомаз И. В. Теоретическая механика: Ученое пособие /под ред. И. В. Богомаз. – М., 2011.
3. Олофинская В. П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий, Москва: ФОРУМ – ИНФРА – М, 2012.
4. Образовательные сайты по технической механике, задачи с решениями, литература, справочники. Форма доступа: www.toehelp.ru; www.teormex.net.

Тема: «Плоская система произвольно расположенных сил»
Практическая работа № 2: «Определить опорные реакции балки лежащей на 2-ух опорах»

1. Задание. Определить опорные реакции балки лежащей на 2-ух опорах. Данные своего варианта взять из таблицы 2.

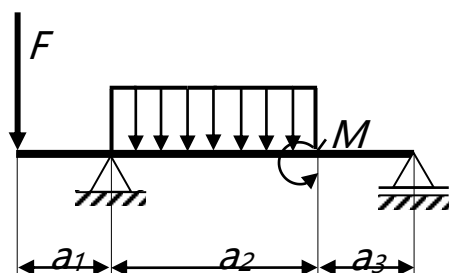


Рис. 2

Таблица № 2

Вариант	F, кН	q, кН/м	M, кН·м	a ₁ , м	a ₂ , м	a ₃ , м
1	6	2	4	0,6	1,5	0,4
2	5	3	5	0,2	2	0,2
3	4	4	4	0,4	3	0,4
4	2	3	2	1,5	2	1,5
5	3	4	4	1,2	3	1,4
6	4	4	5	1,5	2	1,4
7	4	6	6	1,6	2,2	1,6
8	2	3	3	1,5	1,6	1,5
9	4	4	6	1,3	1,4	1,3
10	3	3	3	1,2	1,6	1,2
11	6	5	5	1,3	1,6	1,3
12	8	4	4	1,2	2	1,2
13	6	6	5	1,2	2	1,4
14	7	3	4	1,1	2	1,3
15	4	2	4	1,2	2	1,5
16	2	3	3	1,1	2	1,4
17	2	4	3	1,5	2	1,3
18	2	3	2	1,4	2,2	1,2
19	3	4	5	1,3	2,4	1,2
20	4	4	4	1,4	2,4	1,4
21	6	2	4	0,5	2	0,2
22	7	4	5	0,7	2,2	0,4
23	9	5	8	0,8	1,4	0,3
24	10	8	7	1,0	0,8	0,2
25	12	9	6	1,2	1,2	0,5
26	11	10	4	0,4	1,6	0,7
27	14	4	2	0,7	1,8	0,6
28	12	6	4	0,8	2	1,2
29	10	7	6	1,0	2,2	0,6
30	8	8	10	1,4	1,6	0,8

Прежде, чем приступить к выполнению практической работы № 2, необходимо изучить тему «Плоская система произвольно расположенных сил».

2. Цель работы

- 2.1 Ознакомиться с устройством опор балок.
- 2.2 Научиться составить расчетную схему.
- 2.3 Научиться определять реакции их опор.

3. Повторение теоретического материала

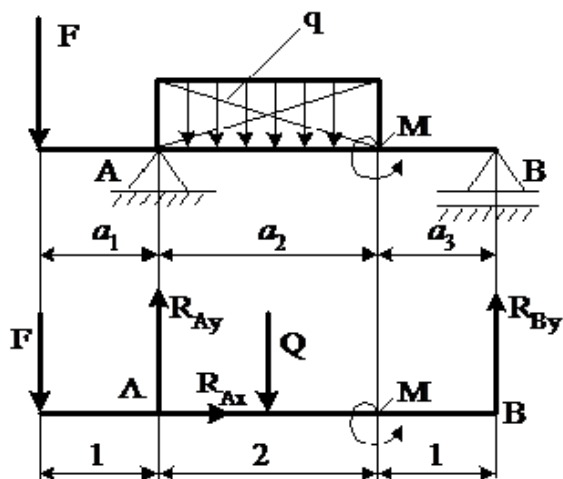
- 3.1 Сколько реакций и какие дают шарнирно-подвижная и шарнирно-неподвижная опоры?
- 3.2 Сколько реакций и какие дает жесткая заделка (защемление)?
- 3.3 Какую точку на балке обычно берут за центр моментов?
- 3.4 Сколько независимых уравнений равновесия можно составить для плоской системы параллельных сил?
- 3.5 Что собой представляет консольная балка?

4. Методические рекомендации к выполнению

- 4.1 Внимательно прочитайте условие задачи, записать, что дано и что требуется определить.
- 4.2 Расставить все активные и реактивные силы.
- 4.3 Составить расчетную схему.
- 4.4 Составить и решить относительно неизвестных три уравнения равновесия (для системы параллельных сил – два уравнения).
- 4.5 Сделать проверку правильности решения. Если в уравнении проверки не получается «0», то может быть два объяснения:
 - а) в проверке получается число > 1 – ищите ошибки в составлении и решении уравнений равновесия;
 - б) в проверке получается число < 1 – это значит, что при вычислении реакций опор округлялись. В таком случае требуется объяснение.
- 4.6 Написать ответ. Если хотя бы одно неизвестное получилось со знаком «-» - требуется объяснение.

5. Пример выполнения задания

Определить опорные реакции балки, лежащей на двух опорах. Данные своего варианта взять из таблицы 2.



Дано: $F = 102 \text{ кН}$
 $q = 4 \text{ кН/м}$; $M = 8 \text{ кН} \cdot \text{м}$,
 $a_1 = 1 \text{ м}$; $a_2 = 2 \text{ м}$; $a_3 = 1 \text{ м}$

Определить: R_{Ax} ; R_{Ay} ; R_{By}

1. Составим расчетную схему (рис. 1)
2. Составим уравнения равновесия для системы параллельных сил:
 - (1) $\sum M_A(\vec{F}_i) = 0$; $F \cdot 1 - Q \cdot 1 - M + R_{By} \cdot 3 = 0$
 - (2) $\sum M_B(\vec{F}_i) = 0$; $F \cdot 4 - R_{Ay} \cdot 3 + Q \cdot 2 + M = 0$
 - (3) $\sum F_{ix} = 0$; $R_{Ax} = 0$

Рис. 2, а

3. Решим их относительно неизвестных:

из 1-го уравнения:

$$R_{By} = \frac{-F \cdot 1 + Q \cdot 1 - M}{3}, \text{ кН}$$

$$Q = q \cdot 2 = 4 \cdot 2 = 8 \text{ кН}$$

$$R_{By} = \frac{-10 \cdot 1 + 8 \cdot 1 - 8}{3} = -3,33 \text{ кН}$$

из 2-го уравнения:

$$R_{Ay} = \frac{F \cdot 4 + Q \cdot 2 + M}{3} = \frac{40 + 16 + 8}{3} = 21,33 \text{ кН}$$

Проверка:

Для проверки правильности решения задачи примем уравнение, которое не использовалось при решении:

$$\sum F_{iy} = 0; -F_y + R_{Ay} - Q + R_{By} = 0$$

$$-10 + 21,33 - 8 - 3,33 = 0$$

$0 = 0$, следовательно, опорные реакции определены правильно.

6. Критерии оценки знаний

Оценка	Основные критерии оценки
«5»	Уравнение равновесия составлены и решены правильно, оформление работы соответствует методическим рекомендациям
«4»	Уравнения равновесия составлены и решены правильно в оформлении работы есть небольшие погрешности
«3»	Есть ошибки и в оформлении и в расчете

7. Тест на проверку знаний по теме «Плоская система произвольно расположенных сил»

№ п/п	Вопрос		Ответы
1	К скольким величинам в общем случае приводится плоская система произвольно расположенных сил?	А В С	К двум величинам К трем величинам К скольким угодно
2	Будет ли изменяться момент силы относительно произвольной точки,	А В С	Момент изменится Момент не изменится Изменится знак момента

	если, не меняя направления, переносить силу, вдоль линии ее действия		
3	Сколько видов балочных опор существует?	А В С	Два вида опор Три вида опор Сколько угодно
4	Сколько уравнений равновесия необходимо составить в общем случае для плоской системы произвольно расположенных сил?	А В С	Два уравнения Три уравнения Сколько угодно
5	Какую точку принимают за центр моментов при определении реакций опор?	А В С	Точку, в которой приложены максимальное количество неизвестных величин Точку, в которой приложены минимальное количество неизвестных величин Точку, в которой не приложены неизвестные величины
Время выполнения 5 – 10 минут			

8. Литература

1. Аркуша А. И. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учеб. для ссузов /под ред. А. И. Аркуша. - 6-е изд. - М.: Высш. шк., 2010.
2. Богомаз И. В. Теоретическая механика: Ученое пособие /под ред. И. В. Богомаз. – М., 2011.
3. Олофинская В. П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий, Москва: ФОРУМ – ИНФРА – М, 2012.
4. Образовательные сайты по технической механике, задачи с решениями, литература, справочники. Форма доступа: www.toehelp.ru; www.teormex.net.

Тема: «Центр тяжести»
Практическая работа № 3: «Определить положение центра тяжести плоской фигуры»

1. Задание. Определить положение центра тяжести плоской фигуры. Данные своего варианта взять из таблицы 3.

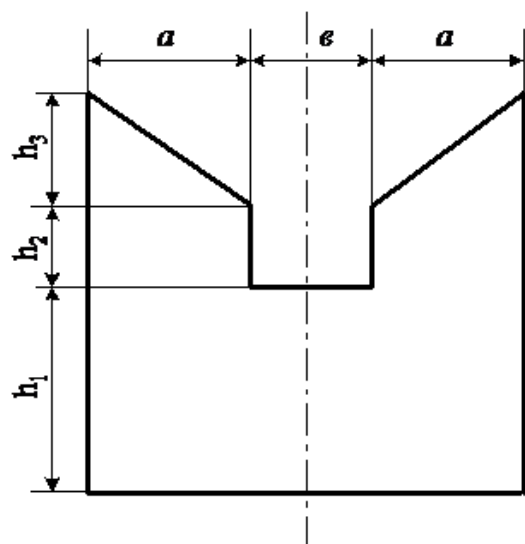


Рис. 3

Таблица № 3

Вариант	а, м	в, м	h ₁ , м	h ₂ , м	h ₃ , м
1	0,9	0,2	0,8	0,1	0,6
2	0,6	0,2	0,4	0,2	0,3
3	0,75	0,15	0,5	0,1	0,3
4	0,51	0,14	0,7	0,8	0,3
5	0,66	0,18	0,8	0,15	0,36
6	0,48	0,12	0,6	0,5	0,15
7	0,36	0,15	0,5	0,1	0,2
8	0,63	0,16	0,7	0,1	0,4
9	0,45	0,1	0,5	0,8	0,3
10	0,8	0,2	0,4	0,2	0,5
11	1,1	1,0	1,4	1,3	1,2
12	1,2	1,1	1,5	1,3	1,1
13	1,4	1,2	1,1	1,2	1,1
14	1,5	1,3	1,5	1,3	1,1
15	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2
16	1,2	1,1	1,3	1,2	1,0
17	1,3	1,2	1,5	1,4	1,2
18	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2
19	1,7	1,6	1,5	1,4	1,1
20	1,8	1,7	1,6	1,4	1,2
21	2,0	1,8	1,5	1,3	1,1
22	1,8	1,7	1,6	1,4	1,2
23	2,2	1,8	1,8	1,6	1,4
24	2,2	2,1	1,9	1,7	1,6
25	2,1	2,0	2,0	1,8	1,5
26	2,3	1,9	2,2	1,9	1,7
27	2,1	1,7	2,4	2,1	2,0
28	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6
29	2,5	2,3	2,2	2,0	1,8
30	2,2	2,0	2,2	1,9	1,6

Прежде чем, приступить к выполнению практической работы № 3, необходимо изучить тему «Центр тяжести».

2. Цель работы

- 2.1 Проверить степень усвоения студентами темы «Центр тяжести».
- 2.2 Научиться определять координаты центра тяжести плоских фигур аналитическим путём.

3. Повторение теоретического материала

- 3.1 Можно ли рассматривать силу тяжести как равнодействующую параллельных сил?
- 3.2 Может ли располагаться центр тяжести вне самого тела?
- 3.3 Как можно определить положение центра тяжести опытным путем?
- 3.4 Как необходимо рационально производить разбиение пластины сложной формы на простые фигуры при определении центра тяжести всей пластины?
- 3.5 В чем заключается метод симметрии при решении задач?
- 3.6 Что называется статическим моментом сечения?

4. Методические рекомендации к выполнению

- 4.1 Внимательно прочитайте условие задачи, нарисовать эскиз фигуры с заданными размерами и записать, что требуется определить.
- 4.2 Проанализировать, каким способом необходимо решать заданную задачу – разбиения (достраивания) или симметрии.
- 4.3 Если выбран способ разбиения (достраивания), то последовательность действий такова:

- Приложить систему координат;
- Разбить (достроить) фигуру на наименьшее число простейших геометрических фигур;
- Определить положение центра тяжести каждой простейшей геометрической фигуры (графически);
- Определить координаты центра тяжести каждой простейшей геометрической фигуры, считая от начала координат $x_1, y_1; x_2, y_2 \dots x_n, y_n$;
- Определить площади поперечных сечений каждой простейшей геометрической фигуры $A_1, A_2 \dots A_n$;
- Вычислить координаты всей фигуры по формулам:

$$x_c = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i}, m \qquad y_c = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}, m$$

- По найденным координатам показать центр тяжести на фигуре.
- 4.4 Если выбран способ симметрии, то последовательность действий такова:
 - Разбить симметричную фигуру на наименьшее число простейших геометрических фигур;
 - Определить (графически) центры тяжести каждой из них, координаты центров тяжести $x_1, x_2 \dots x_n$ или $y_1, y_2 \dots y_n$;
 - Вычислить площади поперечных сечений каждой фигуры $A_1, A_2 \dots A_n$; вычислить статический момент каждой фигуры $Sx_1, Sx_2 \dots Sx_n$ или $Sy_1, Sy_2 \dots Sy_n$;

- Найти общую площадь поперечного сечения и общий статический момент сечения $A = A_1 + A_2 + \dots + A_n$, мм², $S_y = S_{y1} + S_{y2} + S_{yn}$; или $S_x = S_{x1} + S_{x2} + S_{xn}$, мм²;
- Определить положение центра тяжести симметричного сечения по одной из формул

$$y_C = \frac{S_x}{A}, \text{ мм} \quad x_C = \frac{S_y}{A}, \text{ мм}$$

- Нанести на ось координат центр тяжести С с найденной координаты.

5. Пример выполнения задания

Определить положение центра тяжести сечения (рис. 3, а). Данные своего варианта взять из таблицы 3.

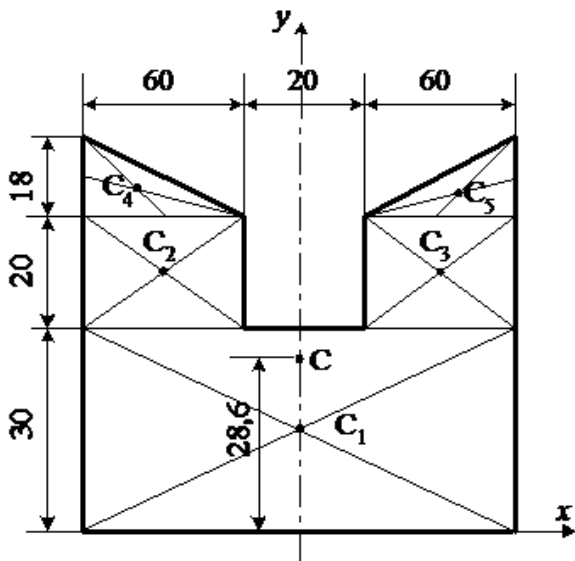


Рис. 3, а

1. Т.к. сечение симметрично относительно вертикальной оси, требуется определить только ординату центра тяжести, от вспомогательной оси x , которую проводим через основание сечения.
2. Разбиваем сечение на элементарные площади: I – прямоугольник 140×30 с центром тяжести C_1 . II два прямоугольника 60×20 с центрами тяжести C_2 и C_3 . III два треугольника 60×18 с центрами тяжести C_4 и C_5 .

3. Вычислим необходимые данные для определения центра тяжести сечения: площади отдельных геометрических фигур, координаты их центров тяжести и статические моменты площадей относительно оси x :

$$A_1 = 140 \cdot 30 = 4200 \text{ мм}^2; \quad y_1 = 15 \text{ мм}$$

$$A_2 = 60 \cdot 20 = 1200 \text{ мм}^2; \quad y_2 = 40 \text{ мм}$$

$$A_3 = 1200 \text{ мм}^2; \quad y_3 = 40 \text{ мм}$$

$$A_4 = \frac{1}{2} 60 \cdot 18 = 540 \text{ мм}^2; \quad y_4 = 56 \text{ мм}$$

$$A_5 = 540 \text{ мм}^2; \quad y_5 = 56 \text{ мм}$$

$$S_{x1} = A_1 \cdot y_1 = 4200 \cdot 15 = 63000 \text{ мм}^3$$

$$S_{x2} = A_2 \cdot y_2 = 1200 \cdot 40 = 48000 \text{ мм}^3$$

$$S_{x3} = A_3 \cdot y_3 = 48000 \text{ мм}^3$$

$$S_{x4} = A_4 \cdot y_4 = 540 \cdot 56 = 30240 \text{ мм}^3$$

$$S_{x5} = S_{x4} = 30240 \text{ мм}^3$$

4. Определим статический момент и площадь всего сечения:

$$S_x = S_{x1} + S_{x2} + S_{x3} + S_{x4} + S_{x5} = 219480 \text{ мм}^3$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = 7680 \text{ мм}^2$$

5. Определим положение центра тяжести сечения:

$$y_c = \frac{Sx}{A} = \frac{219480}{7680} = 28,6 \text{ мм}$$

6. Наносим на ось у центр тяжести всего сечения

Ответ: центр тяжести С имеет координаты С (0; 28,6).

6. Критерии оценки знаний

Оценка	Основные критерии оценки
«5»	Работа выполнена правильно, без ошибок, оформлена согласно методическим указаниям.
«4»	Работа выполнена правильно, но в оформлении допущены небольшие погрешности.
«3»	В работе допущены ошибки, оформление небрежное, есть погрешности.

7. Тест на проверку знаний по теме «Центр тяжести»

№ п/п	Вопрос		Ответы
1	Можно ли считать силу тяжести тела равнодействующей системы параллельных сил?	А В С	Можно считать Так считать нельзя Сила тяжести тела не имеет отношения к системе параллельных сил
2	Может ли центр тяжести располагаться вне самого тела?	А В	Да, может располагаться вне тела Нет, не может быть вне тела
3	В каких единицах измеряется статический момент сечения?	А В С	Единица длины в третьей степени Единица длины во второй степени Единица длины в первой степени
4	Где располагается центр тяжести тела, имеющего ось симметрии?	А В С	На оси симметрии Вне оси симметрии, в любой точке тела Вне самого тела
5	В каком отношении делит центр тяжести прямоугольного треугольника противоположные катеты	А В С	В отношении один к трем В отношении один к двум Определить нельзя
Время выполнения 5 – 10 минут.			

8. Литература

1. Аркуша А. И. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учеб. для ссузов /под ред. А. И. Аркуша. - 6-е изд. - М.: Высш. шк., 2010.
2. Богомаз И. В. Теоретическая механика: Ученое пособие /под ред. И. В. Богомаз. – М., 2011.
3. Олофинская В. П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий, Москва: ФОРУМ – ИНФРА – М, 2012.
4. Образовательные сайты по технической механике, задачи с решениями, литература, справочники. Форма доступа: www.toehelp.ru; www.teormex.net.

КИНЕМАТИКА

Тема: «Кинематика точки. Кинематические графики»

Практическая работа № 4: «Построить графики пути, скорости и ускорения точки»

1. Задание. Построить графики пути, скорости и ускорения точки, движущейся прямолинейно согласно закону для первых пяти секунд движения. Данные из своего варианта взять из таблицы 4.

Таблица № 4

Вариант	Уравнение движения точки	Вариант	Уравнение движения точки
1	$S = 20t - 5t^2$	16	$S = 16t - 5t^2$
2	$S = 20t - 4t^2$	17	$S = 16t - 4t^2$
3	$S = 20t - 3t^2$	18	$S = 16t - 3t^2$
4	$S = 20t - 2t^2$	19	$S = 16t - 2t^2$
5	$S = 19t - 5t^2$	20	$S = 15t - 5t^2$
6	$S = 19t - 4t^2$	21	$S = 15t - 4t^2$
7	$S = 19t - 3t^2$	22	$S = 15t - 3t^2$
8	$S = 19t - 2t^2$	23	$S = 15t - 2t^2$
9	$S = 18t - 5t^2$	24	$S = 14t - 5t^2$
10	$S = 18t - 4t^2$	25	$S = 14t - 4t^2$
11	$S = 18t - 3t^2$	26	$S = 14t - 3t^2$
12	$S = 18t - 2t^2$	27	$S = 14t - 2t^2$
13	$S = 17t - 5t^2$	28	$S = 13t - 5t^2$
14	$S = 17t - 4t^2$	29	$S = 13t - 4t^2$
15	$S = 17t - 3t^2$	30	$S = 13t - 3t^2$

Прежде, чем приступить к выполнению практической работы № 4, необходимо изучить тему «Кинематика точки. Кинематические графики».

2. Цель работы

- 2.1 Проверить степень усвоения студентами темы «Кинематика точки. Кинематические графики».
- 2.2 Научиться строить кинематические графики.

3. Повторение теоретического материала

- 3.1 Что такое «закон движения точки» и какими способами он задаётся?
- 3.2 Что характеризует нормальное и касательное ускорение и как их можно определить?
- 3.3 Как определить числовое значение и направление скорости точки в данный момент?
- 3.4 Что называется равнопеременным движением и какие виды его существуют?
- 3.5 Что такое средняя скорость движения точки и как она определяется?

4. Методические рекомендации к выполнению

- 4.1 Продифференцировать заданное уравнение движения, чтобы получить уравнение скорости:

$$v = \frac{dS}{dt}, \text{ м/с}$$

- 4.2 Продифференцировать уравнение скорости, чтобы получить значение касательного ускорения:

$$a_t = \frac{dv}{dt}, \text{ м/с}^2$$

- 4.3 Составить свободную таблицу числовых значений S, v, a_t при значениях времени t от 0 до 4 с.
- 4.4 Построить графики S, v, a_t выбрав масштабы для изображения по осям ординат, а также одинаковой для всех графиков масштаб времени по оси абсцисс.

5. Пример выполнения задания

Точка движется прямолинейно согласно уравнению $S = 17t - 2t^2$ м. Построить графики расстояний, скорости и ускорения для первых пяти секунд движения.

- 5.1 Определим закон изменения скорости движения точки.

$$v = \frac{dS}{dt}, \text{ м/с}$$

$$v = (17t - 2t^2)' = 17 - 4t, \text{ м/с}$$

- 5.2 Определим ускорение точки

$$a_t = \frac{dv}{dt}, \text{ м/с}^2$$

$$a_t = (17 - 4t)' = -4 \text{ м/с}^2$$

Поскольку ускорение постоянное, т.е. $a_t = \text{const}$, следовательно, движение точки является равнопеременным (равнозамедленным).

- 5.3 Составим свободную таблицу значений S, v, a_t , для первых пяти секунд движения

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5
$S = 17t - 2t^2, \text{ м}$	0	15	26	33	36	35
$v = 17 - 4t, \text{ м/с}$	17	13	9	5	1	-3
$a_t = -4 \text{ м/с}^2$	от времени не зависит					

5.4 Построим графики S , v , a_t , выбрав масштаб.

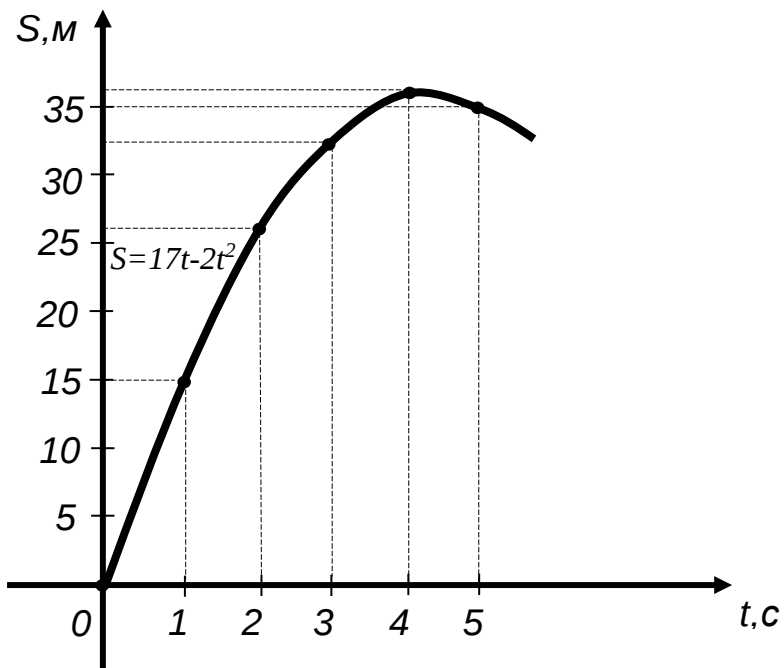


Рис.4

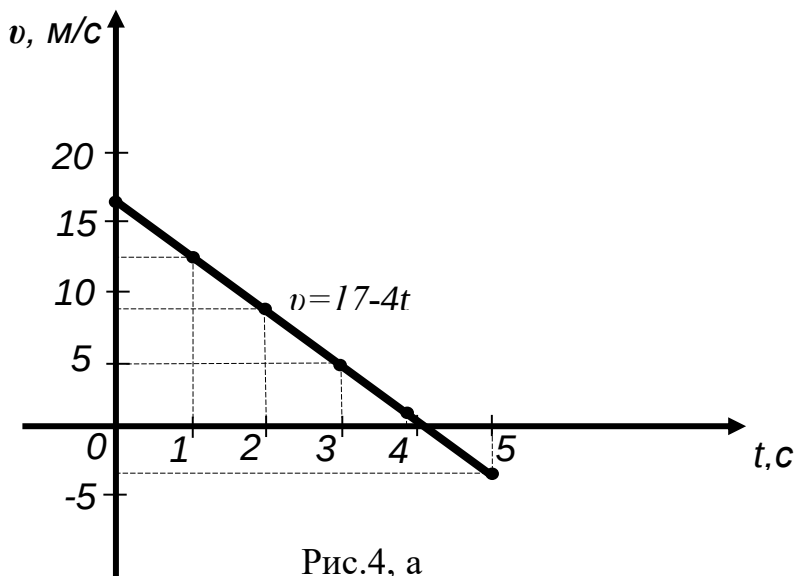


Рис.4, а

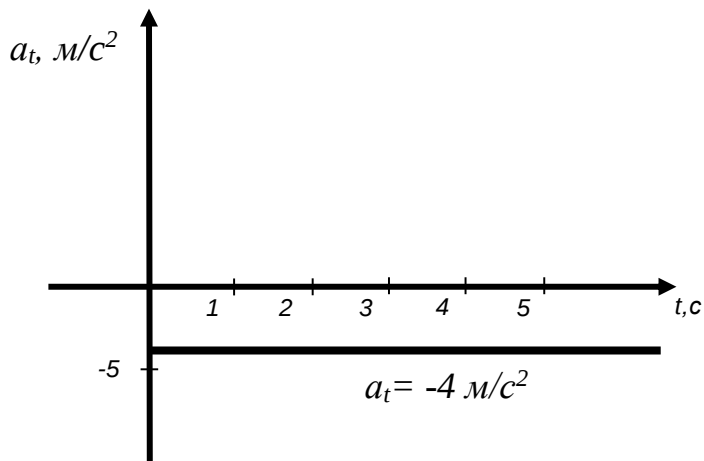


Рис.4, б

Если условно принять ускорение свободного падения $g \approx 10 \text{ м/с}^2$ и пренебречь сопротивлением воздуха, то можно сказать, что графики описывают движение материальной точки (камня, например), брошенного вертикально вверх со скоростью $v_0 = 17 \text{ м/с}$.

6. Критерии оценки знаний

Оценка	Основные критерии оценки
«5»	Работа выполнена правильно, без ошибок, оформлена согласно методическим указаниям.
«4»	Работа выполнена правильно, но в оформлении допущены небольшие погрешности.
«3»	В работе допущены ошибки, оформление небрежное, есть погрешности.

7. Тест на проверку знаний по теме «Кинематика точки. Кинематические графики»

№ п/п	Вопрос	Ответы
1	Как направлена скорость движения точки в любой момент времени?	А. По касательной к траектории движения. Б. Под углом к траектории движения. В. Параллельно траектории.
2	Что называется равномерным движением точки?	А. Движение точки с постоянной скоростью. Б. Движение точки с непостоянной скоростью.
3	Что называется равнопеременным движением?	А. Движение точки, при котором касательное ускорение постоянно. Б. Движение точки, при котором нормальное ускорение постоянно.
4	Может ли быть касательное ускорение отрицательным?	А. Может Б. Не может
5	Есть ли различие между понятиями «путь» и «расстояние»?	А. Есть Б. Нет
Время выполнения 5 – 10 минут.		

8. Литература

1. Аркуша А. И. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учеб. для вузов /под ред. А. И. Аркуша. - 6-е изд. - М.: Высш. шк., 2010.
2. Богомаз И. В. Теоретическая механика: Ученое пособие /под ред. И. В. Богомаз. – М., 2011.
3. Олофинская В. П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий, Москва: ФОРУМ – ИНФРА – М, 2012.
4. Образовательные сайты по технической механике, задачи с решениями, литература, справочники. Форма доступа: www.toehelp.ru; www.teormex.net.

Тема: «Простейшие движения твердого тела. Вращательное движение»
Практическая работа № 5: «Определение кинематических характеристик вращающегося тела»

1. Задание. Вал вращается согласно заданному уравнению. Определить угловую скорость, угловое ускорение, линейную скорость и полное ускорение вала в момент времени $t = 1$ с. Сколько оборотов сделает вал за 20 секунд? Данные своего варианта взять из таблицы 5.

Таблица № 5

Вариант	Уравнение вращения вала	d, м	Вариант	Уравнение вращения вала	d, м
1	$\varphi = 1,2t^2 + 2t - 3$	0,1	16	$\varphi = 1,1t^2 + 2t - 3$	0,2
2	$\varphi = 1,2t^2 + t + 2$	0,2	17	$\varphi = 1,2t^2 + t - 5$	0,1
3	$\varphi = 1,1t^2 + 2t + 1$	0,3	18	$\varphi = 1,2t^2 + t - 7$	0,3
4	$\varphi = 1,2t^2 + t - 4$	0,1	19	$\varphi = 1,1t^2 + 2t - 6$	0,2
5	$\varphi = 1,3t^2 - t + 5$	0,2	20	$\varphi = 1,1t^2 + 2t - 8$	0,4
6	$\varphi = 1,3t^2 - 2t - 4$	0,3	21	$\varphi = 1,1t^2 + t + 5$	0,1
7	$\varphi = 1,3t^2 - t + 8$	0,2	22	$\varphi = 1,1t^2 + t - 6$	0,2
8	$\varphi = 1,2t^2 + t + 2$	0,3	23	$\varphi = 1,3t^2 + 2t - 7$	0,3
9	$\varphi = 1,3t^2 - 2t + 5$	0,2	24	$\varphi = 1,2t^2 - t + 8$	0,4
10	$\varphi = 1,1t^2 + 2t - 3$	0,4	25	$\varphi = 1,1t^2 + t + 5$	0,2
11	$\varphi = 1,1t^2 + t - 4$	0,1	26	$\varphi = 1,1t^2 + 2t - 4$	0,1
12	$\varphi = 1,2t^2 + t - 8$	0,2	27	$\varphi = 1,2t^2 - t + 5$	0,4
13	$\varphi = 1,1t^2 + 2t - 4$	0,3	28	$\varphi = 1,2t^2 - t + 8$	0,2
14	$\varphi = 1,2t^2 + t - 5$	0,4	29	$\varphi = 1,2t^2 - 2t - 6$	0,3
15	$\varphi = 1,1t^2 + 2t - 3$	0,1	30	$\varphi = 1,2t^2 + t - 7$	0,1

Прежде, чем приступить к выполнению практической работы № 5, необходимо изучить тему «Простейшие движения твердого тела. Вращательное движение».

2. Цель работы

- 2.1 Проверить степень усвоения студентами темы «Простейшие движения твердого тела. Вращательное движение ».
- 2.2 Научиться определять угловые характеристики вращающегося тела.

3. Повторение теоретического материала

- 3.1 Что называется вращательным движением твердого тела?
- 3.2 Какими угловыми кинематическими характеристиками можно описать вращательное движение твердого тела?
- 3.3 Что называется равномерным и равнопеременным вращательным движением?
- 3.4 Какая связь существует между линейными и угловыми характеристиками?

- 3.5 Какая связь существует между угловой скоростью ω , с^{-1} и частотой вращения n , мин^{-1} .

4. Методические рекомендации к выполнению

- 4.1 Записать условие задачи, что дано и что требуется определить, исходя из данных для своего варианта.
- 4.2 Определить уравнение угловой скорости вала и вычислить её значение при $t = 1\text{с}$, $\omega = \varphi^1$, с^{-1} .
- 4.3 Определить уравнение углового ускорения вала и вычислить его значение при $t = 1\text{с}$; $\Sigma = \omega^1$, с^{-2} .
- 4.4 Определить линейную скорость: $v = \omega \cdot r$, м/с
- 4.5 Определить касательное и нормальное ускорения: $a_t = \Sigma \cdot r$, м/с^2 ,
 $a_n = \omega^2 \cdot r$ м/с^2 .
- 4.6 Определить полное ускорение

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}, \text{ м/с}^2$$

- 4.7 Определить угол поворота вала φ за 20с.
- 4.8 Найти число оборотов вала N

$$N = \frac{\varphi}{2\pi}, \text{ оборотов.}$$

5. Пример выполнения задания

Вал диаметром 0,2м вращается согласно уравнению: $\varphi = 1,2t^2 - t + 9$, рад.
 Определить угловую скорость, угловое ускорение, линейную скорость, полное ускорение в момент времени $t = 1\text{с}$. Сколько оборотов сделает вал за 15 с?

Дано: $\varphi = 1,2t^2 - t + 9$, рад
 $d = 0,2\text{м}$; $t = 1\text{с}$

Определить: ω , Σ , v , a_n , a_t , a , N .

- 5.1 Определим угловую скорость вращения по формуле:

$$\omega = \varphi^1 = (1,2t^2 - t + 9)' = 2,4t - 1, \text{ с}^{-1}$$

Подставив $t = 1\text{с}$, получим

$$\omega = 2,4 \cdot 1 - 1 = 1,4 \text{ с}^{-1}$$

- 5.2 Определим угловое ускорение:

$$\Sigma = \omega' = (2,4t - 1)' = 2,4 \text{ с}^{-2}$$

Угловое ускорение от времени не зависит и является постоянным.

- 5.3 Линейная скорость определяется по формуле:

$$v = \omega \cdot r = 2,4 \cdot 0,1 = 0,24 \text{ м/с}$$

- 5.4 Касательное ускорение определяется по формуле:

$$a_t = \Sigma \cdot r = 2,4 \cdot 0,1 = 0,24 \text{ м/с}^2$$

- 5.5 Нормальное ускорение определяется по формуле:

$$a_n = \omega^2 \cdot r = 1,4^2 \cdot 0,1 = 0,154 \text{ м/с}^2$$

- 5.6 Полное ускорение вала

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{0,24^2 + 0,154^2} = 0,29 \text{ м/с}^2$$

5.7 Угол поворота вала за 15 секунд вращения будет:

$$\varphi = 1,2t^2 - t + 9 = 1,2 \cdot 15^2 - 15 + 9 = 264 \text{ рад}$$

5.8 Число оборотов вала за 15 секунд будет:

$$N = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{264}{2\pi} \approx 42 \text{ оборота}$$

Ответ: $\omega = 1,14 \text{ с}^{-1}$; $\Sigma = 2,4 \text{ с}^{-2}$; $v = 0,24 \text{ м/с}$; $a_t = 0,24 \text{ м/с}^2$; $a_n = 0,154 \text{ м/с}^2$; $a = 0,29 \text{ м/с}^2$; $N = 42 \text{ оборота}$.

6. Критерии оценки знаний

Оценка	Основные критерии оценки
«5»	Работа выполнена правильно, без ошибок, оформлена согласно методическим указаниям.
«4»	Работа выполнена правильно, но в оформлении допущены небольшие погрешности.
«3»	В работе допущены ошибки, оформление небрежное, есть погрешности.

7. Тест на проверку знаний по теме «Простейшие движения твердого тела. Вращательное движение»

№ n/n	Вопрос		Ответы
1	Какой должна быть угловая скорость при равномерном вращательном движении?	А Б	$\omega = const$ $\omega \neq const$
2	Как определить угловую скорость в равномерном вращательном движении?	А Б В	$\omega = \frac{\varphi}{t}, \text{ с}^{-1}$ $\omega = \varphi', \text{ с}^{-1}$ $\omega = \omega_0 + \Sigma t, \text{ с}^{-1}$
3	Когда вращательное движение равнопеременным?	А Б В	если $\Sigma = const$ если $\omega = const$ если $\Sigma = \omega', \text{ с}^{-1}$
4	Как определяется число оборотов тела за определенное время?	А Б	$N = \frac{\varphi}{2\pi}, \text{ об}$ $N = \frac{2\pi}{\varphi}, \text{ об}$
5	Какая связь существует между угловой скоростью и частотой вращения?	А Б В	$\omega = \frac{\pi n}{30}, \text{ с}^{-1}$ $\omega = \frac{30}{\pi n}, \text{ с}^{-1}$ $\omega = \pi n \cdot 30, \text{ с}^{-1}$
Время выполнения			5 – 10 минут.

8. Литература

1. Аркуша А. И. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учеб. для вузов /под ред. А. И. Аркуша. - 6-е изд. - М.: Высш. шк., 2010.
2. Богомаз И. В. Теоретическая механика: Ученое пособие /под ред. И. В. Богомаз. – М., 2011.
3. Олофинская В. П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий, Москва: ФОРУМ – ИНФРА – М, 2012.
4. Образовательные сайты по технической механике, задачи с решениями, литература, справочники. Форма доступа: www.toehelp.ru; www.teormex.net.

ДИНАМИКА

Тема: «Движение несвободной материальной точки. Сила инерции»
Практическая работа № 6: «Применение принципа Даламбера к решению задач на прямолинейное и криволинейное движение точки»

1. Задание. С какой скоростью мотоциклист должен проехать по выпуклому мосту, радиус кривизны которого задан, чтобы в самой верхней точке моста сила давления мотоциклиста на мост была в n раз меньше (из таблицы) его общей с мотоциклистом силы тяжести. Данные своего варианта взять из таблицы 6.

Таблица № 6

<i>Вариант</i>	<i>$r, м$</i>	<i>n</i>	<i>Вариант</i>	<i>$r, м$</i>	<i>n</i>
1	25	2	16	20	3
2	22	3	17	21	2
3	24	2	18	23	3
4	23	3	19	24	2
5	20	2	20	25	3
6	21	3	21	20	2
7	24	2	22	21	3
8	23	3	23	22	2
9	22	2	24	24	3
10	20	3	25	23	2
11	21	2	26	22	3
12	22	3	27	25	2
13	21	2	28	23	3
14	23	3	29	21	2
15	25	2	30	20	3

Прежде, чем приступить к выполнению практической работы № 6, необходимо изучить тему «Движение несвободной материальной точки. Сила инерции».

2. Цель работы

- 2.1 Проверить степень усвоения студентами темы «Движение несвободной материальной точки. Силы инерции».
- 2.2 Научиться решать задачи динамики, применяя принцип Даламбера (кинетостатики).

3. Повторение теоретического материала

- 3.1 Что называется силой инерции и в каком виде движения она возникает?
- 3.2 В чем заключается принцип Даламбера (кинетостатики)?
- 3.3 Что такое центробежная сила и куда она направлена?
- 3.4 По какой формуле необходимо определять центробежную силу?
- 3.5 Когда возникает касательная составляющая силы инерции и куда она направлена?

4. Методические указания к выполнению

- 4.1 Нарисовать рисунок согласно условию, записать, что дано и что требуется определить.
- 4.2 Расставить все активные, реактивные силы и силу инерции $F_{yб.}$.
- 4.3 Приложить ось координат.
- 4.4 Составить уравнение равновесия, спроектировать все силы на ось.

- 4.5 Вычислить неизвестную величину $F_{yб}$ из уравнения и определить скорость движения.
- 4.6 Написать ответ.

5. Пример решения задания

С какой скоростью мотоциклист должен проехать по выпуклому мосту, радиус кривизны которого равен 25 м, чтобы в самой верхней точке моста сила давления мотоцикла на мост была в три раза меньше его общей с мотоциклом силы тяжести?

Решение:

- 5.1 Составим расчетную схему, на которой покажем активную силу ($\vec{F}_T$), реактивную силу $\vec{R}$ и силу инерции $\vec{F}_{yб}$.

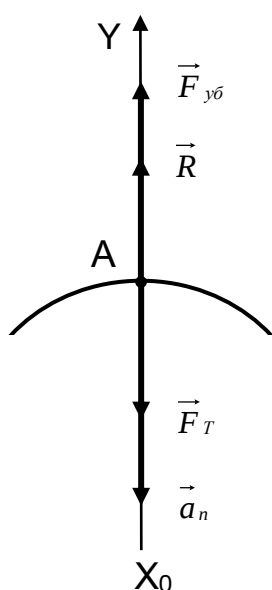


Рис. 5

Дано:

$$r = 25 \text{ м}$$

$$R = \frac{F_T}{n} = \frac{mg}{3}, \text{ Н}$$

$$n = 3$$

Определить: v - ?

- 5.2 Спроектируем все силы на ось Y:

$$\sum F_{iy} = 0; \quad F_{yб} + R - F_m = 0.$$

- 5.3 Поскольку необходимо определить скорость движения мотоциклиста, а она входит в формулу центральной силы следовательно выразим $F_{yб}$:

$$F_{yб} = F_m - R$$

- 5.4 Выразим все величины через исходные данные для расчета

$$\frac{mv^2}{r} = mg - \frac{mg}{3}$$

- 5.5 Сокращая на величину массы получаем:

$$\frac{v^2}{r} = g - \frac{g}{3}$$

- 5.6 Определим скорость движения:

$$v = r \left(g - \frac{g}{3} \right)$$

$$v = \sqrt{r \left(g - \frac{g}{3} \right)}$$

Ответ: $v = 12,8 \text{ м/с}$.

6. Критерии оценки знаний

Оценка	Основные критерии оценки
«5»	Работа выполнена правильно, без ошибок, оформлена согласно методическим указаниям.
«4»	Работа выполнена правильно, но в оформлении допущены небольшие погрешности.
«3»	В работе допущены ошибки, оформление небрежное, есть погрешности.

7. Тест на проверку знаний по теме «Движение несвободной материальной точки. Сила инерции»

№ n/n	Вопрос	Ответы
1	Когда возникает сила инерции?	А. Сила инерции возникает при неравномерном движении. Б. Сила инерции возникает при равномерном движении. В. Вид движения роли не играет.
2	Куда направлена сила инерции в прямолинейном движении?	А. Сила инерции направлена в сторону противоположную движению. Б. Сила инерции направлена по направлению движения.
3	Возникает ли сила инерции при равномерном криволинейном движении?	А. Да, возникает. Б. Нет, не возникает.
4	В каком движении возникает центробежная сила инерции?	А. В прямолинейном движении. Б. В криволинейном движении.
5	Когда возникает касательная сила инерции?	А. При наличии касательного ускорения. Б. При наличии нормального ускорения.
Время выполнения 5 – 10 минут.		

8. Литература

1. Аркуша А. И. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учеб. для ссузов /под ред. А. И. Аркуша. - 6-е изд. - М.: Высш. шк., 2010.
2. Богомаз И. В. Теоретическая механика: Учебное пособие /под ред. И. В. Богомаз. – М., 2011.

3. Олофинская В. П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий, Москва: ФОРУМ – ИНФРА – М, 2012.
4. Образовательные сайты по технической механике, задачи с решениями, литература, справочники. Форма доступа: www.toehelp.ru; www.teormex.net.

Тема: «Работа и мощность. Коэффициент полезного действия»
Практическая работа № 7: «Определение работы, мощности, к.п.д. тела на наклонной плоскости»

1. Задание. Определить работу при передвижении груза по наклонной плоскости $AB = l$ вверх постоянной силой $F \parallel$ наклонной плоскости. Коэффициент трения f_3 . Движение груза с ускорением a . Принять угол наклона $\alpha = 30^\circ$. Данные своего варианта взять из таблицы 7.

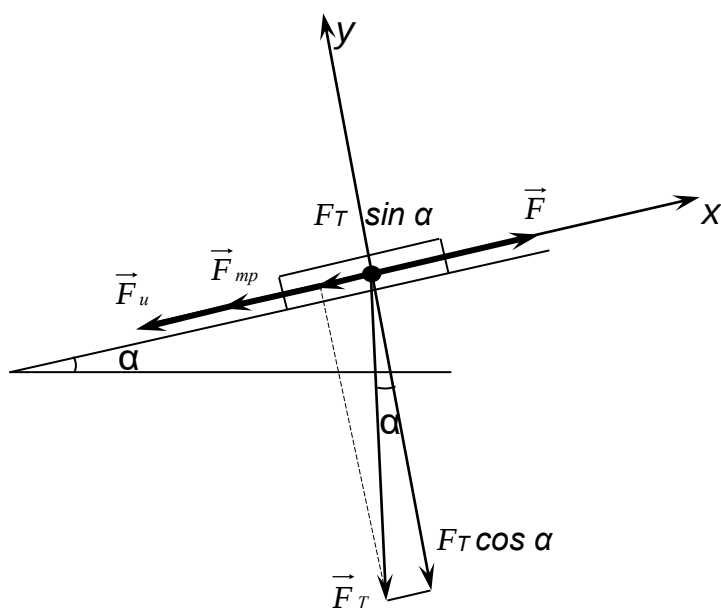


Рис. 6

Таблица № 7

Вариант	$F_T Н$	$\ell, м$	$a, м/с^2$	f	Вариант	$F_T Н$	$\ell, м$	$a, м/с^2$	f
1	200	4	1,5	0,01	16	200	3	1,3	0,01
2	220	5	1,8	0,02	17	400	5	1,6	0,03
3	240	3,5	1,7	0,03	18	600	4,5	1,7	0,02
4	300	3	1,9	0,02	19	800	3	1,8	0,03
5	400	4	1,2	0,01	20	400	5	1,2	0,02
6	500	3	2,0	0,03	21	700	3,5	1,5	0,01
7	600	5	2,1	0,01	22	600	3	1,6	0,01
8	300	3,5	1,8	0,02	23	400	4,5	1,8	0,03
9	400	4,5	1,9	0,03	24	300	4	1,9	0,02
10	500	5	1,4	0,01	25	800	5	2,0	0,03
11	600	4	1,3	0,03	26	500	3,5	1,2	0,01
12	300	3,5	2,0	0,03	27	400	4,5	1,4	0,02
13	400	3	1,5	0,01	28	200	5	1,6	0,03
14	500	4	1,6	0,03	29	400	3	1,9	0,01
15	600	5	1,9	0,02	30	600	4	2,0	0,02

Прежде, чем приступить к выполнению практической работы № 7, необходимо изучить тему «Работа и мощность. Коэффициент полезного действия».

2. Цель работы

2.1 Проверить степень усвоения темы: «Работа, мощность, КПД».

2.2 Научиться определять работу и мощность при поступательном и вращательном движениях твердого тела.

2.3 Научиться определять работу и мощность тела на наклонной плоскости.

3. Повторение теоретического материала

- 3.1 Что такое работа и когда она производится?
- 3.2 Как определяется работа при поступательном и вращательном движениях твердого тела?
- 3.3 Что такое мощность и по какой формуле её можно определить?
- 3.4 Что такое коэффициент полезного действия и чему он равен?
- 3.5 Как определить коэффициент полезного действия многоступенчатой передачи?

4. Методические рекомендации к выполнению

- 4.1 Нарисовать рисунок и записать исходные данные для своего варианта (взять из таблицы 7).
- 4.2 Расставить все силы, действующие в данной задаче: силу тяжести, активную силу $\vec{F}$, силу инерции $\vec{F}_u$ и силу трения $\vec{F}_{тр}$, причем $\vec{F}_u$ и $\vec{F}_{тр}$ направить в сторону, противоположную движению груза, т.е. вниз.
- 4.3 Приложить систему координат X, Y. Ось X направить в направлении движения, ось Y перпендикулярно к оси X.
- 4.4 Спроектировать силу тяжести $\vec{F}_T$ на оси координат: $F_T \cos \alpha$ на ось Y и $F_T \sin \alpha$ на ось X и показать эти проекции на рисунке.
- 4.5 Составить 2 уравнения суммы проекций всех сил на оси и приравнять их к нулю.
- 4.6 Из первого уравнения выразить заданную силу $\vec{F}$. Перемножив её на расстояние АВ, найдем работу.
- 4.7 Написать ответ.

5. Пример выполнения задания

По наклонной плоскости АВ длиной 4 м равноускорено передвигают груз с ускорением $1,5 \text{ м/с}^2$ силой F // наклонной плоскости. Сила тяжести груза $F_T = 200 \text{ Н}$. Коэффициент трения $f = 0,01$. Определить работу, которая выполняется в данном случае.

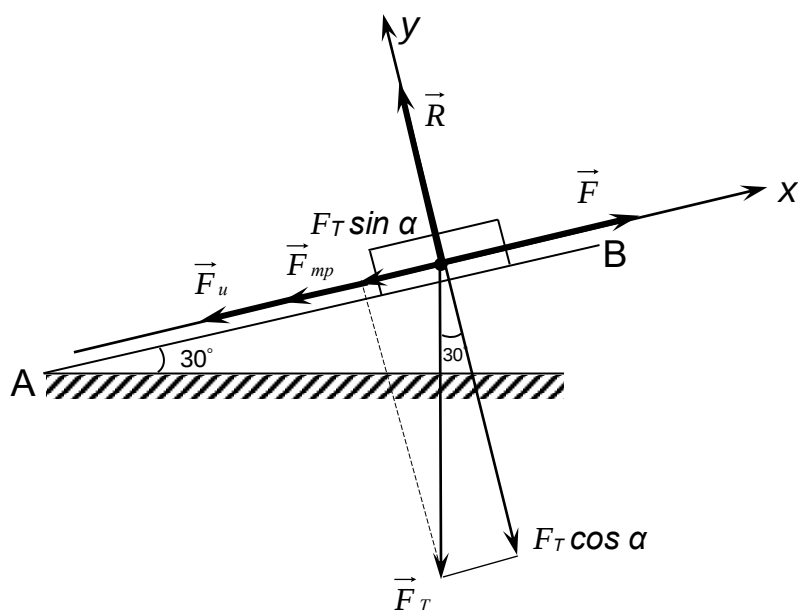


Рис. 6, а

5.1 Для решения данной задачи необходимо нарисовать наклонную плоскость под углом $\alpha = 30^\circ$ и расставить все силы, которые действуют в данном случае (см. рис.).

5.2 Приложить систему координат X, Y.

5.3 Спроектировать все силы на ось X и Y и составить 2 уравнения суммы проекций:

$$\sum F_{ix} = 0; \quad F - F_T \sin \alpha - F_{mp} - F_u = 0$$

$$\sum F_{iy} = 0; \quad R - F_T \cos \alpha = 0$$

5.4 Решая эти уравнения необходимо вычислить силу F. Из 1^{го} уравнения

$$F = F_T \sin \alpha + F_{mp} + F_u$$

5.5 Сила трения определяется по формуле:

$$F_{mp} = f \cdot R, \quad \text{где } R - \text{нормальная реакция}$$

5.6 Нормальную реакцию R определить из 2^{го} уравнения:

$$R = F_T \cos \alpha$$

$$R = 200 \cdot 0,87 = 174 \text{ Н}$$

$$\text{Тогда сила трения: } F_{mp} = f \cdot R = 0,01 \cdot 174 = 1,74 \text{ Н}$$

5.7 Сила инерции определяется:

$$F_u = ma = \frac{F_T}{g} \cdot a = \frac{200}{9,81} \cdot 0,3 = 6,32 \text{ Н}$$

5.8 Движущую силу F определим по формуле:

$$F = F_T \sin \alpha + F_{mp} + F_u = 200 \cdot 0,5 + 1,74 + 6,32 = 108,06 \text{ Н}$$

5.9 Работа при передвижении груза по наклонной плоскости будет

$$W = F \cdot S = 108,06 \cdot 4 = 432,24 \text{ Дж}$$

Ответ: $W = 529,36 \text{ Дж}$.

6. Критерии оценки знаний

Оценка	Основные критерии оценки
«5»	Работа выполнена правильно, без ошибок, оформлена согласно методическим указаниям.
«4»	Работа выполнена правильно, но в оформлении допущены небольшие погрешности.
«3»	В работе допущены ошибки, оформление небрежное, есть погрешности.

7. Тест на проверку знаний по теме «Работа и мощность. Коэффициент полезного действия»

№ n/n	Вопрос	Ответы
1	По какой формуле определяется работа постоянной силы на прямолинейном перемещении?	А. $W = F \cdot S \cdot \cos \alpha$; Дж Б. $W = \frac{F}{S} \cdot \cos \alpha$; Дж В. $W = \frac{S}{F} \cdot \cos \alpha$; Дж
2	Какая зависимость существует между мощностью и скоростью движения?	А. Прямо пропорциональная Б. Обратно пропорциональная
3	Чему равен механический КПД?	А. $\eta = \frac{P_n}{P_{\text{вып}}}$ Б. $\eta = \frac{P_{\text{вып}}}{P_n}$
4	Как определяется КПД многоступенчатой передачи?	А. $\eta_{\text{общ}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n$ Б. $\eta_{\text{общ}} = \eta_1 + \eta_2 + \dots + \eta_n$
5	Может ли работа быть отрицательной?	А. Да, может Б. Нет, не может
Время выполнения 5 – 10 минут.		

8. Литература

1. Аркуша А. И. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учеб. для ссузов /под ред. А. И. Аркуша. - 6-е изд. - М.: Высш. шк., 2010.
2. Богомаз И. В. Теоретическая механика: Ученое пособие /под ред. И. В. Богомаз. – М., 2011.
3. Олофинская В. П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий, Москва: ФОРУМ – ИНФРА – М, 2012.

Раздел 2 СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Тема: «Растяжение и сжатие»

Практическая работа № 8: «Определение перемещений свободного конца стержня, построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений»

1. Задание. Определение перемещений свободного конца стержня, построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений.

Двухступенчатый стальной брус, длины ступеней которого указаны на рис.7 (схемы I X), нагружен силами $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить перемещение Δl нижнего торцового сечения бруса, приняв $E = 2 \cdot 10^5$ МПа. Числовые значения F_1 и F_2 , а также площади поперечных сечений A_1 и A_2 для своего варианта взять из таблицы 8.

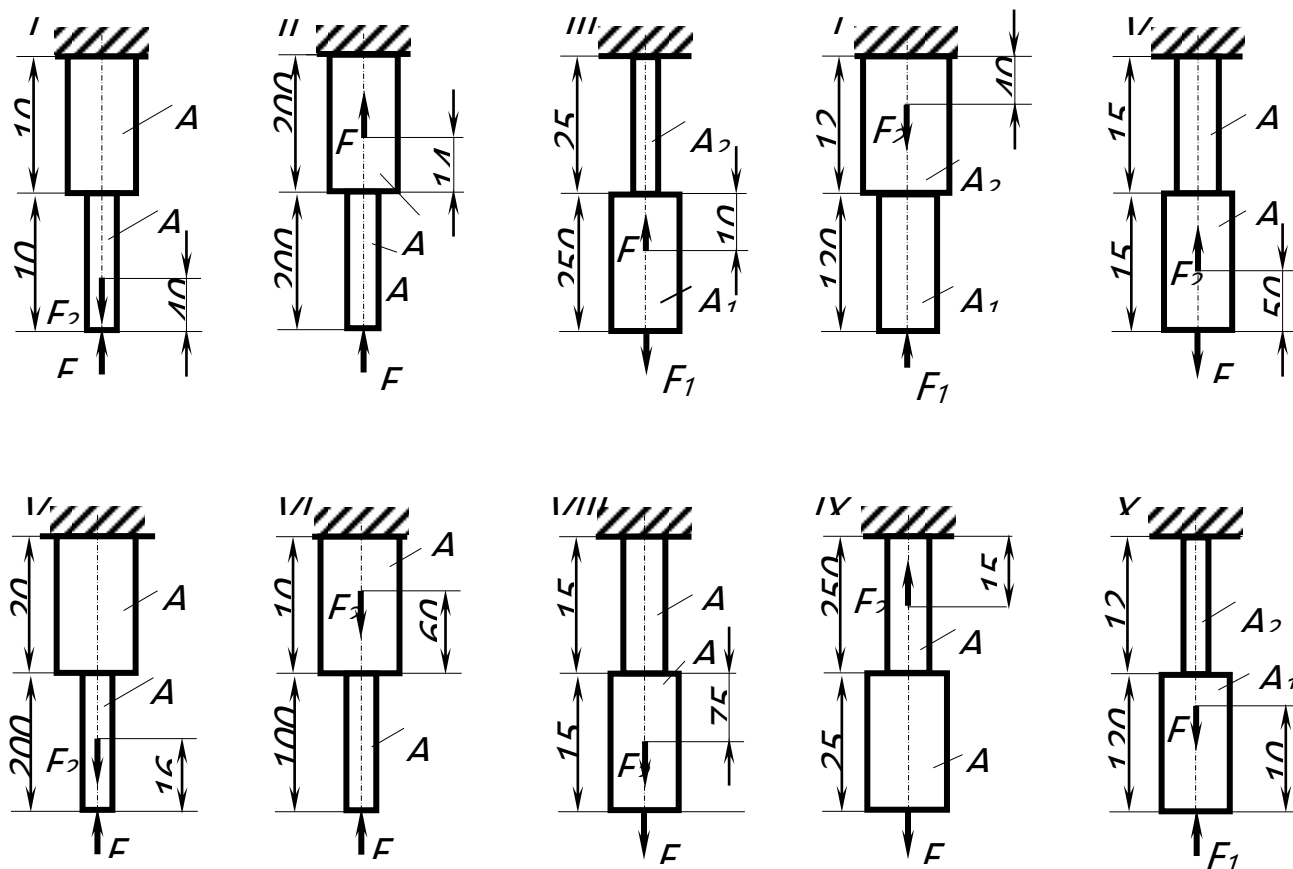


Рис.7

Таблица № 8

№ схемы на рис.1	Вариант	F_1 , кН	F_2 , кН	A_1 , см ²	A_2 , см ²
1	01	3	8,4	0,2	0,6
2	02	34	16	1,5	2
3	03	13,8	39	2	2,5
4	04	1,6	3,8	0,2	0,5
5	05	4,5	12	2,5	2
6	06	15,0	17	2	2,5
7	07	15	10	1,2	2,5
8	08	16,8	34,4	3,1	1,5
9	09	12	30	2,5	2
10	10	13	6	1,5	1,8
1	11	20	40	1,5	3,8
2	12	24	12	2,4	2
3	13	4,8	28,8	2	2,5
4	14	3,6	6,6	0,3	0,6
5	15	7,2	17,4	2,8	2
6	16	6	12	2,5	3
7	17	18,3	30,5	1,5	3,8
8	18	12	42	3	2
9	19	10,8	30,8	2,8	2
10	20	10	18	2	2,5
1	21	12	10	0,9	2,4
2	22	7	21,5	2,8	3
3	23	40	42	2,8	2,2
4	24	6,2	9,4	0,4	0,8
5	25	8	18,8	2,2	1,8
6	26	11,9	16,1	2,8	3,0
7	27	9,9	19,8	0,9	2,4
8	28	11,2	31	3,5	2,2
9	29	12,8	34,89	2,2	1,8
10	30	15	37,5	3	1,8

Прежде, чем приступить к выполнению практической работы № 8, необходимо изучить тему «Растяжение и сжатие».

2. Цель работы

- 2.1 Научить определять продольную силу N и нормальное напряжение σ в сечении ступенчатого бруса (стержня) при действии на него нескольких внешних сил;
- 2.2 Научить строить эпюры N и σ ;
- 2.3 Научить определять перемещение свободного конца бруса (стержня).

3. Повторение теоретического материала

- 3.1 Какие внутренние силовые факторы возникают при растяжении и сжатии;
- 3.2 Какое напряжение возникает при растяжении и сжатии и почему?
- 3.3 Что такое эпюра?
- 3.4 Как определяется абсолютная деформация стержня по закону Гука?
- 3.5 Что такое модуль продольной упругости материала (модуль Юнга)?

4. Методика рекомендации к выполнению

- 4.1 Разбиваем стержень на участки, начиная от свободного конца. Границами участков будут сечения, в которых приложены внешние силы или в которых изменяются площади поперечного сечения стержня.
- 4.2 Пользуясь методом сечения, определяем значение продольных сил в сечениях стержня, не определяя опорной реакции в его заделке.
- 4.3 Отбрасывая верхнюю часть стержня, составляем уравнение равновесия $\sum F_{iy} = 0$, для каждого участка, из которых определяем значения продольных сил N на каждом участке (знак «+» в значении N говорит, что это растяжение, «-» показывает, что стержень на этом участке сжат).
- 4.4 По полученным данным строим эпюру N .
- 4.5 Определяем нормальные напряжения σ на всех участках по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{A}, \text{ МПа.}$$

- 4.6 По полученным данным строим эпюру σ .
- 4.7 Определяем абсолютное удлинение стержня (если результат получился отрицательным, то стержень укоротился) по формуле: $\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \dots + \Delta l_n$, где $\Delta l_n = \frac{Nl}{AE}$, мм.

5. Пример решения задания

- 5.1 Двухступенчатый стальной брус (длины ступеней указаны на рисунке 7, а) нагружен силами F_1 и $F_2=200$ кН. Площади поперечных сечений $A_1=18$ см², $A_2=12$ см². Модуль продольной упругости материала $E=2 \cdot 10^5$ МПа. Построить эпюры N , σ и определить абсолютное удлинение стержня.

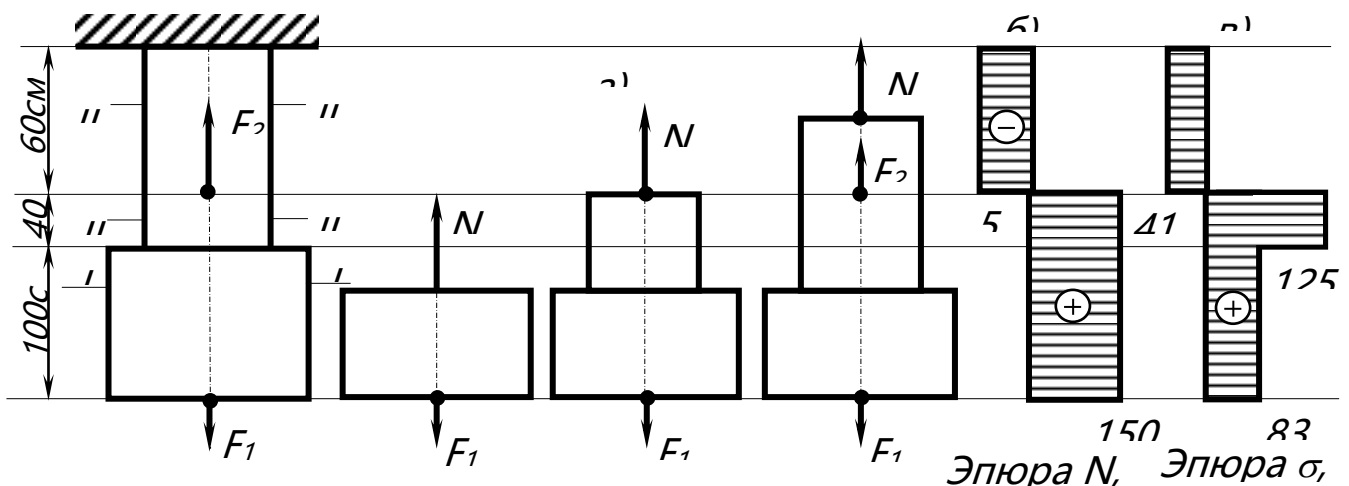


Рис. 7, а

Решение:

5.2 Определяем продольные силы N на каждом участке:

I участок: $\Sigma F_{iy} = 0$; $N_1 - F_1 = 0 \Rightarrow N_1 = F_1 = 150 \text{ кН}$

II участок: $\Sigma F_{iy} = 0$; $N_2 - F_1 = 0 \Rightarrow N_2 = F_1 = 150 \text{ кН}$

III участок: $\Sigma F_{iy} = 0$; $N_3 + F_2 - F_1 = 0 \Rightarrow N_3 = F_1 - F_2 = 150 - 200 = -50 \text{ кН}$

5.3 Определяем нормальные напряжения σ на каждом участке:

I участок: $\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{150 \cdot 10^3}{18 \cdot 10^2} = 83,3 \text{ МПа (растяжение)}$

II участок: $\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{150 \cdot 10^3}{12 \cdot 10^2} = 125 \text{ МПа (растяжение)}$

III участок: $\sigma_3 = \frac{N_3}{A_2} = \frac{-50 \cdot 10^3}{12 \cdot 10^2} = -41,7 \text{ МПа (сжатие)}$

5.4 Определяем абсолютное удлинение стержня:

$$\Delta \ell = \Delta \ell_1 + \Delta \ell_2 + \Delta \ell_3, \text{ мм}$$

$$\Delta \ell_1 = \frac{N_1 \ell_1}{A_1 E} = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 1000}{18 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,042 \text{ мм}$$

$$\Delta \ell_2 = \frac{N_2 \ell_2}{A_2 E} = \frac{150 \cdot 10^3 \cdot 400}{12 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,25 \text{ мм}$$

$$\Delta \ell_3 = \frac{N_3 \ell_3}{A_2 E} = \frac{-50 \cdot 10^3 \cdot 600}{12 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5} = -0,125 \text{ мм}$$

$$\Delta \ell = 0,042 + 0,25 - 0,125 = 0,167 \text{ мм.}$$

Следовательно, стержень удлинился на 0,167 мм.

Примечание: при построении эпюр N и σ допускается не изображать рис. 7, а.

6. Критерии оценки знаний

Оценка	Основные критерии оценки
«5»	Не допущено ошибок при вычислении и оформлении задания
«4»	Допущены несущественные ошибки при вычислении задания
«3»	Допущены ошибки и при вычислении, и при оформлении задания

7. Тест на проверку знаний по теме «Растяжение и сжатие»

№ n/n	Вопрос	Ответы
1	При чистом растяжении в сечениях возникают:	А. Касательные напряжения. Б. Нормальные напряжения. В. Касательные и нормальные напряжения.
2	Какие напряжения в поперечном сечении бруса называют нормальными?	А. Не вызывающие критическую деформацию и разрушение бруса. Б. Направленные параллельно плоскости сечения. В. Направленные перпендикулярно плоскости сечения.
3	Напряжение в сечениях бруса обратно пропорционально:	А. Площади сечения. Б. Прилагаемой нагрузке. В. Удлинению бруса.
4	Внутренние силовые факторы в поперечном сечении стержня находят с помощью:	А. Метода нормальных сил. Б. Метода сечений. В. Метода перемещений.
5	Укажите формулу, по которой определяются нормальные напряжения в сечениях бруса:	А. $\sigma = N / A$ Б. $\sigma = E / \varepsilon$ В. $\sigma = G \gamma$
Время выполнения 5 – 10 минут.		

8. Литература

1. Аркуша А. И. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учеб. для ссузов /под ред. А. И. Аркуша. - 6-е изд. - М.: Высш. шк., 2010.
2. Богомаз И. В. Теоретическая механика: Ученое пособие /под ред. И. В. Богомаз. – М., 2011.
3. Олофинская В. П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий, Москва: ФОРУМ – ИНФРА – М, 2012.
4. Образовательные сайты по технической механике, задачи с решениями, литература, справочники. Форма доступа: www.toehelp.ru; www.teormex.net.

Тема: «Геометрические характеристики плоских сечений»
Практическая работа № 9: «Определение главных центральных моментов сечения»

1. Задание. Определение главных центральных моментов сечения.
 Найти главные центральные моменты инерции геометрического сечения (рис. 8). Данные задачи взять из таблицы 9.

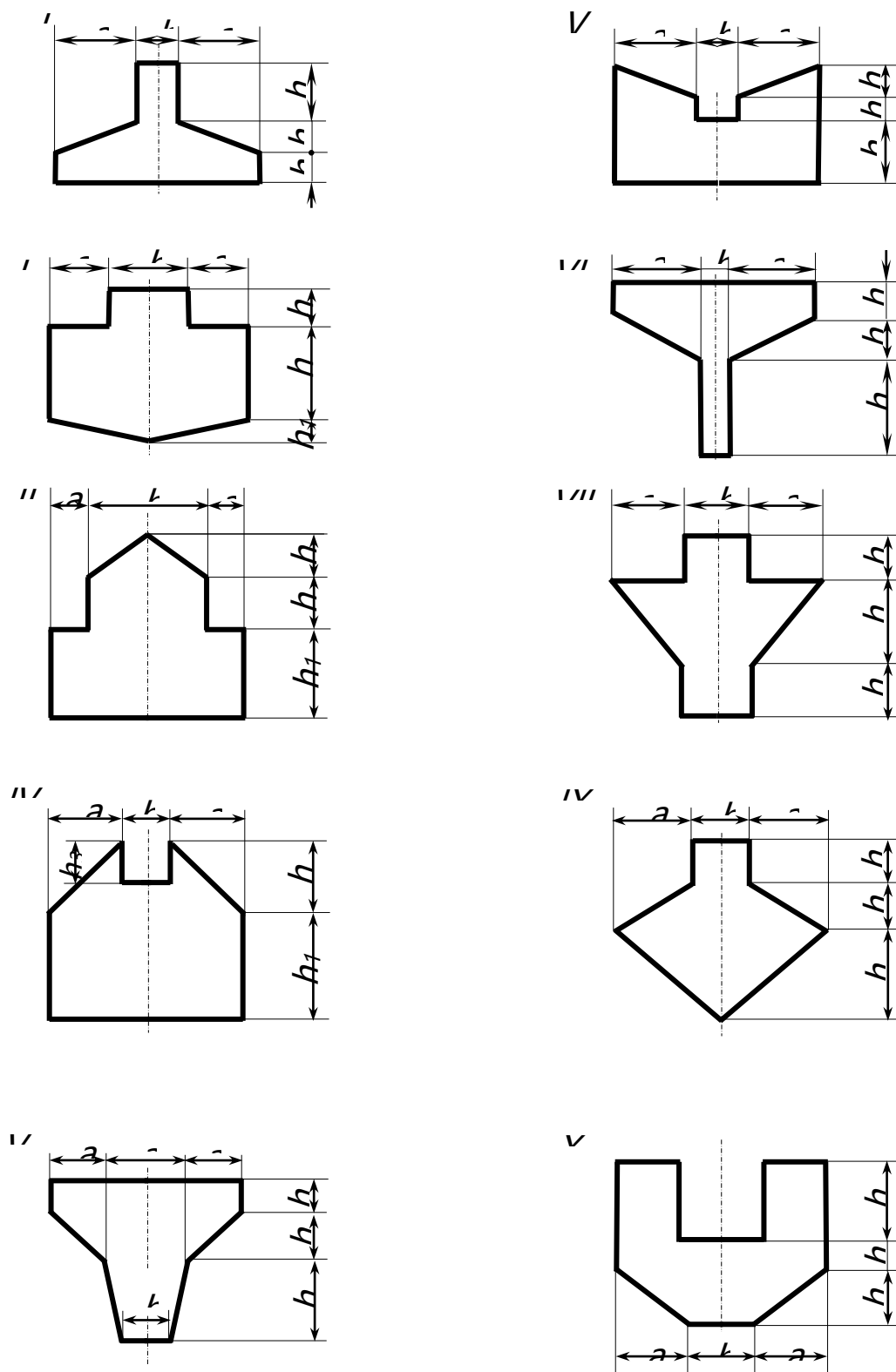


Рис. 8

Схема	Вариант	a, см	b, см	h ₁ , см	h ₂ , см	h ₃ , см
1	01	90	20	10	15	50
2	02	20	180	40	10	30
3	03	90	20	80	60	10
4	04	90	20	80	10	60
5	05	75	40	60	60	10
6	06	36	25	60	45	15
7	07	72	20	100	15	10
8	08	75	30	60	15	50
9	09	30	18	45	21	30
10	10	50	50	30	40	20
1	11	60	20	5	15	40
2	12	20	120	50	15	45
3	13	60	20	40	21	5
4	14	60	20	40	15	21
5	15	45	27	75	21	5
6	16	45	45	45	66	30
7	17	90	90	150	27	25
8	18	36	36	21	10	40
9	19	45	45	60	30	45
10	20	70	70	36	50	10
1	21	75	75	8	30	50
2	22	75	75	50	30	8
3	23	15	15	70	10	36
4	24	75	75	50	10	30
5	25	63	63	90	30	8
6	26	66	66	60	72	40
7	27	132	132	200	45	20
8	28	51	51	39	25	55
9	29	51	51	75	18	50
10	30	50	50	15	70	15

Прежде, чем приступить к выполнению практической работы № 9, необходимо изучить тему «Геометрические характеристики плоских сечений».

2. Цель работы

- 2.1 Проверить степень усвоения студентами темы «Геометрические характеристики плоских сечений».
- 2.2 Научиться определять моменты инерции сечений относительно собственных главных центральных осей.
- 2.3 Научиться определять моменты инерции относительно главных центральных осей.

Повторение теоретического материала

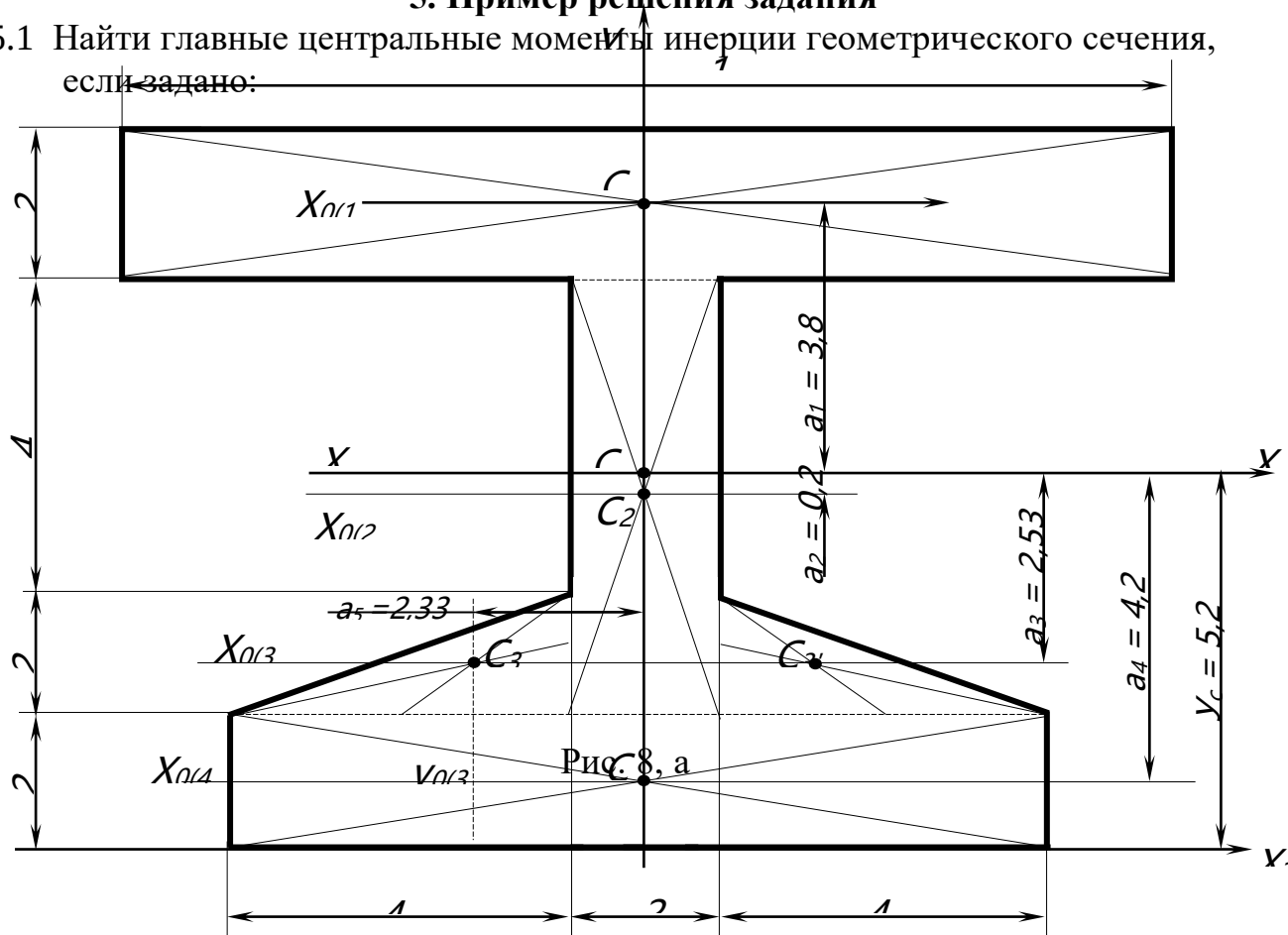
- 3.1 Что называется статическим моментом сечения? Дать формулу.
- 3.2 Что называется осевым моментом инерции сечения и как он определяется?
- 3.3 Что такое главные оси? Какими они могут быть?
- 3.4 Формула параллельного переноса при определении момента инерции сечения.
- 3.5 Что называется центральным моментом инерции?

4. Методика рекомендации к выполнению

- 4.1 Разбить данную фигуру на простые составные части (прямоугольник, круг, треугольник). Если в состав фигуры входит стандартный прокатный профиль, то последний на части не разбивают – положение его центра тяжести и площадь выбирают из таблицы ГОСТ. Если фигура имеет отверстия, то площади и моменты инерции считаются отрицательными.
- 4.2 Определить положение центра тяжести всей фигуры.
- 4.3 Через найденный центр тяжести провести главные центральные оси (для фигур, имеющих ось симметрии, главные оси совпадают с осями симметрии).
- 4.4 Определить моменты инерции всех составных частей относительно собственных главных центральных осей каждой составной части (y_x^0 ; y_y^0).
- 4.5 Определить расстояние между собственной главной осью каждой составной части и главной центральной осью всей фигуры. Если между указанными осями имеется некоторое расстояние a , то необходимо применить формулу параллельного переноса оси $I_x = I_x^0 + a^2 A$.
- 4.6 Просуммировать вычисленные моменты инерции относительно главных центральных осей.

5. Пример решения задания

- 5.1 Найти главные центральные моменты инерции геометрического сечения, если задано:



5.2 Поскольку сечение симметрично относительно вертикальной оси, нужно определить только ординату центра тяжести Y_c , относительно оси X_1 , проходящей через основание сечения.

5.3 Разобьем сечение на элементарные площади:

I – прямоугольник 2×14 см с центром тяжести C_1

II – прямоугольник 2×6 см с центром тяжести C_2

III – два треугольника 2×4 см с центром тяжести C_3 и C_3'

IV – прямоугольник 2×10 см с центром тяжести C_4

5.4 Вычислим необходимые данные для определения центра тяжести сечения – площади поперечных сечений этих фигур, координаты их центров тяжести и статические моменты площадей относительно оси X .

$$A_1 = 14 \cdot 2 = 28 \text{ см}^2; Y_1 = 9 \text{ см}$$

$$A_2 = 2 \cdot 6 = 12 \text{ см}^2; Y_2 = 5 \text{ см}$$

$$2A_3 = 2 \cdot \frac{2 \cdot 4}{2} = 8 \text{ см}^2; Y_3' = Y_3 = 2,67 \text{ см}$$

$$A_4 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ см}^2; Y_4 = 1 \text{ см}.$$

Площадь всего сечения $A = 68 \text{ см}^2$.

$$S_{x1} = A_1 \cdot Y_1 = 28 \cdot 9 = 252 \text{ см}^3$$

$$S_{x2} = A_2 \cdot Y_2 = 12 \cdot 5 = 60 \text{ см}^3$$

$$S_{x3} = A_3 \cdot Y_3 = 8 \cdot 2,67 = 21,3 \text{ см}^3$$

$$S_{x4} = A_4 \cdot Y_4 = 20 \cdot 1 = 20 \text{ см}^3$$

5.5 Статический момент всего сечения:

$$S_x = S_{x1} + S_{x2} + S_{x3} + S_{x4} = 353,3 \text{ см}^3$$

5.6 Определяем положение центра тяжести всего сечения:

$$Y_c = \frac{S_x}{A} = \frac{353,3}{68} = 5,2 \text{ см}$$

Итак, точка C имеет координаты $(0; 5,2)$.

Наносим на ось ординат точку C – центр тяжести сечения.

5.7 Наносим главные центральные оси.

5.8 Определяем расстояния от главной центральной оси до центров тяжести простейших геометрических фигур, составляющих данное сечение:

$$a_1 = 3,8 \text{ см};$$

$$a_2 = 0,2 \text{ см};$$

$$a_3 = 2,53 \text{ см};$$

$$a_4 = 4,2 \text{ см}.$$

5.9 По формуле перехода $I_x = I_{x1}^0 + a^2 A$ определяем главный момент инерции сечения, учитывая, что для прямоугольника $I_x^0 = \frac{bh^3}{12}$, для треугольника

$$I_x^0 = \frac{bh^3}{36}.$$

$$I_x = \frac{14 \cdot 2^3}{12} + 3,8^2 \cdot 28 + \frac{2 \cdot 6^3}{12} + 4,2^2 \cdot 20 = 2018 \text{ см}^4$$

Аналогично находим I_y .

Расстояние от оси y -у до центра тяжести C_3 (треугольника) $a_5 = 2,33 \text{ см}$.

$$I_{y_{\text{пр-ка}}}^o = \frac{bh^3}{12}; I_{y_{\text{тр-ка}}}^o = \frac{bh^3}{36}$$

$$I_y = \frac{2 \cdot 14^3}{12} + \frac{6 \cdot 2^3}{12} + \frac{2 \cdot 10^3}{12} + 2 \left(\frac{2 \cdot 4^3}{36} + 2,33^2 \cdot 4 \right) = 678 \text{ см}^4.$$

6. Критерии оценки знаний

Оценка	Основные критерии оценки
«5»	Не допущено ошибок при вычислении и оформлении задания
«4»	Допущены несущественные ошибки при вычислении задания
«3»	Допущены ошибки и при вычислении, и при оформлении задания

7. Тест на проверку знаний по теме «Геометрические характеристики плоских сечений»

№ n/n	Вопрос	Ответы
1	Полярный момент инерции плоской фигуры относительно полюса равен сумме произведений площадей элементарных площадок...	А. На их расстояние до полюса. Б. На радиус инерции этой фигуры. В. На квадрат расстояний до полюса.
2	Статический момент площади фигуры относительно оси равен произведению площади фигуры...	А. На квадрат расстояния от центра тяжести оси. Б. На расстояние её центра тяжести до этой оси. В. На радиус инерции этой фигуры.
3	Сумма осевых моментов инерции относительно двух взаимно перпендикулярных осей равна...	А. Полярному моменту инерции относительно начала координат. Б. Произведению полярного момента инерции на расстояние до этих осей. В. Нулю.
4	Главные центральные моменты инерции рассчитываются относительно ...	А. Главных осей, проходящих через центр тяжести. Б. Поперечных осей. В. Продольных осей
5	Единица измерения статического момента площади ...	А. m^3 Б. m^2 В. m

Время выполнения 5 – 10 минут.

8. Литература

1. Аркуша А. И. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учеб. для ссузов /под ред. А. И. Аркуша. - 6-е изд. - М.: Высш. шк., 2010.
2. Богомаз И. В. Теоретическая механика: Ученое пособие /под ред. И. В. Богомаз. – М., 2011.
3. Олофинская В. П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий, Москва: ФОРУМ – ИНФРА – М, 2012.
4. Образовательные сайты по технической механике, задачи с решениями, литература, справочники. Форма доступа: www.toehelp.ru; www.teormex.net.

Тема: «Кручение»

Практическая работа № 10: «Определение диаметров ступеней вала с построением эпюры углов поворота сечений»

1. Задание. Определение диаметров ступеней вала с построением эпюры углов поворота сечений. Для ступенчатого вала (рис. 9), согласно своего варианта, построить эпюру крутящих моментов, определить диаметры ступеней вала и построить эпюру углов поворота сечений вала. Данные для своего варианта взять из таблицы 10.

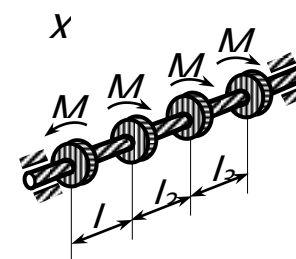
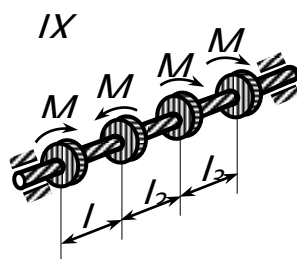
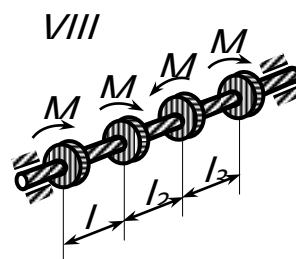
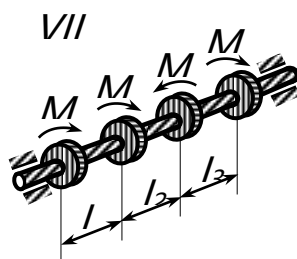
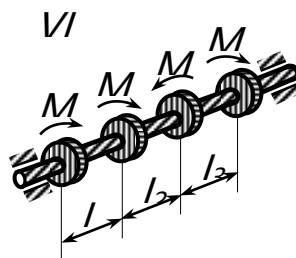
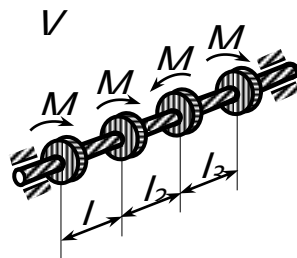
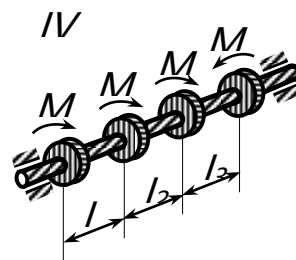
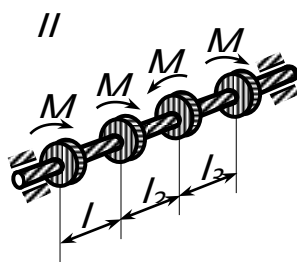
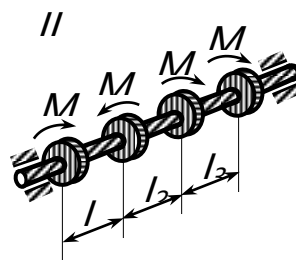
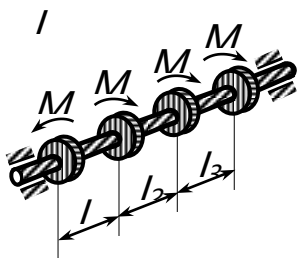


Рис. 9

Таблица 10

Вариант	Схема	$\ell_1, \text{ м}$	$\ell_2, \text{ м}$	$\ell_3, \text{ м}$	$M_1, \text{ Н}\cdot\text{м}$	$M_2, \text{ Н}\cdot\text{м}$	$M_3, \text{ Н}\cdot\text{м}$	$[\tau_{кр}], \text{ МПа}$
1	01	0,4	0,1	0,7	300	400	220	25
2	02	0,1	0,4	0,4	350	350	280	28
3	03	0,4	0,6	0,7	380	320	300	25
4	04	0,2	0,2	0,7	420	280	350	35
5	05	0,4	0,2	0,5	450	200	380	25
6	06	0,3	0,6	0,5	320	380	250	35
7	07	0,2	0,3	0,3	320	280	350	35
8	08	0,3	0,6	0,4	400	380	220	25
9	09	0,7	0,5	0,4	400	250	420	30
10	10	0,7	0,4	0,6	320	280	300	25
1	11	0,5	0,2	0,6	320	380	250	28
2	12	0,3	0,6	0,8	320	280	300	25
3	13	0,5	0,5	0,6	300	200	500	25
4	14	0,3	0,6	0,9	200	250	350	30
5	15	0,1	0,4	0,7	250	350	400	35
6	16	0,1	0,3	0,8	350	320	280	28
7	17	0,2	0,4	0,2	300	250	300	25
8	18	0,3	0,5	0,7	250	250	300	25
9	19	0,4	0,6	0,8	400	200	250	30
10	20	0,3	0,4	0,5	200	250	300	30
1	21	0,4	0,5	0,6	220	280	300	28
2	22	0,1	0,5	0,7	200	300	400	28
3	23	0,2	0,5	0,7	220	280	300	30
4	24	0,3	0,6	0,8	350	350	200	30
5	25	0,2	0,5	0,7	300	250	200	30
6	26	0,1	0,4	0,5	350	300	250	25
7	27	0,2	0,3	0,6	300	300	250	25
8	28	0,3	0,5	0,8	320	350	400	30
9	29	0,4	0,5	0,8	300	350	250	25
10	30	0,4	0,6	0,8	320	280	300	30

Прежде, чем приступить к выполнению практической работы № 10, необходимо изучить тему «Кручение».

2. Цель работы

- 2.1 Научиться строить эпюру крутящих моментов.
- 2.2 Научиться определить диаметры ступеней вала.

2.3 Научиться строить эпюру углов поворота сечений вала.

3. Повторение теоретического материала

- 3.1 Что называется деформацией кручения?
- 3.2 Какие напряжения возникают при кручении и почему?
- 3.3 Как определяется угол закручивания вала?
- 3.4 Как записывается условие прочности вала при кручении?
- 3.5 Как записывается условие жесткости вала при кручении?

4. Методика рекомендации к выполнению

- 4.1 Разбить вал на участки и пронумеровать их.
- 4.2 Применяя метод сечений определить $M_{кр}$ на каждом участке.
- 4.3 Построить эпюру $M_{кр}$ для всего вала.
- 4.4 Применяя уравнение 2^{го} типа задач из условия прочности вала определить диаметры всех ступеней вала (участков).
- 4.5 Нарисовать эскиз вала.
- 4.6 Определить углы закручивания участков вала.
- 4.7 Построить эпюру углов поворота сечений.
- 4.8 Определить полный угол закручивания вала.

5. Пример выполнения задания

- 5.1 На ступенчатом валу жестко закреплены четыре шестерни. Ведущая шестерня сообщает валу вращающий момент $M_1 = 1200 \text{ Н}\cdot\text{м}$, другие передают моменты: $M_2 = 400 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $M_3 = 600 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $M_4 = 200 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Требуется построить эпюру крутящих моментов, определить диаметры ступеней вала и полный угол закручивания с построением эпюры углов поворота сечений, если $[\tau_{кр}] = 32 \text{ МПа}$, $G = 8 \cdot 10^{10} \text{ Па}$.

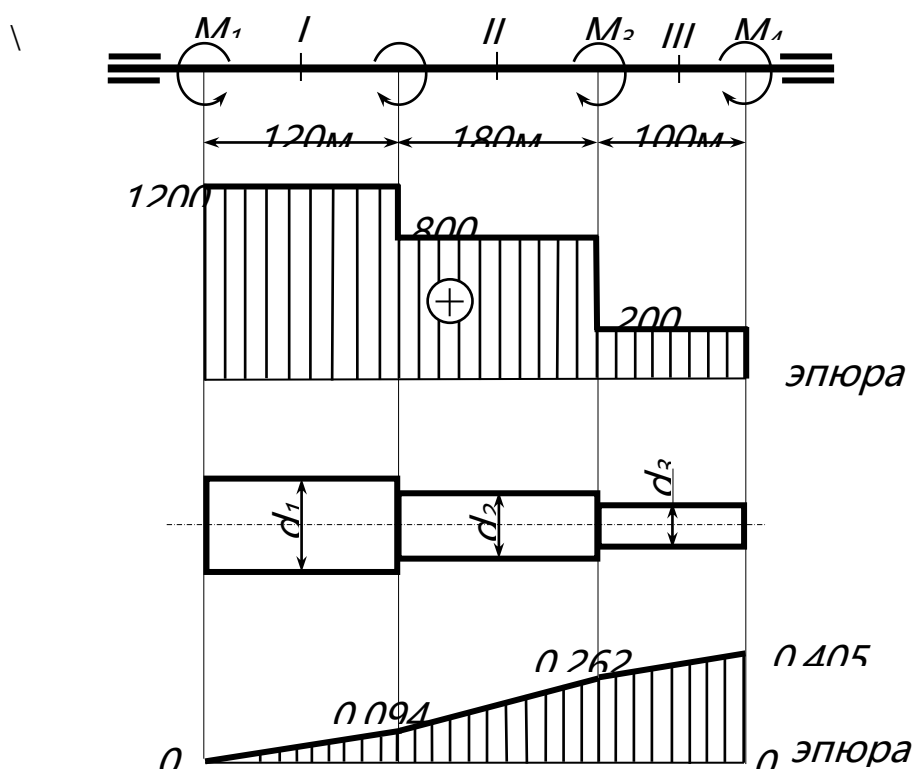


Рис. 9, а

5.2 Определим значения $M_{кр}$ на каждом участке вала:

$$I \ M_{кр} = M_1 = 1200 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$II \ M_{кр} = M_1 - M_2 = 1200 - 400 = 800 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$III \ M_{кр} = M_1 - M_2 - M_3 = 1200 - 400 - 600 = 200 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

5.3 Строим эпюру $M_{кр}$ (положительные значения откладываются от оси эпюры вверх).

5.4 Определим значения диаметров ступеней вала.

Подбор сечения производится согласно условию:

$$W_p \geq \frac{M_{кр}}{[\tau_{кр}]}; W_p = \frac{\pi d^3}{16} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{16 W_p}{\pi}}, \text{ мм}$$

$$W_{p1} = \frac{1200 \cdot 10^3}{32} = 37,5 \cdot 10^3 \text{ мм}^3 \Rightarrow d_1 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 37,5 \cdot 10^3}{\pi}} = 57,6 \text{ мм}$$

принимаем $d_1 = 58 \text{ мм}$

$$W_{p2} = \frac{800 \cdot 10^3}{32} = 25 \cdot 10^3 \text{ мм}^3 \Rightarrow d_2 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 25 \cdot 10^3}{3,14}} = 50,4 \text{ мм}$$

принимаем $d_2 = 50 \text{ мм}$

$$W_{p3} = \frac{200 \cdot 10^3}{32} = 6,25 \cdot 10^3 \text{ мм}^3 \Rightarrow d_3 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 6,25 \cdot 10^3}{3,14}} = 31,8 \text{ мм}$$

принимаем $d_3 = 32 \text{ мм}$

5.5 Определяем углы закручивания (поворота) соответствующих участков вала по формуле:

$$\varphi^o = \frac{M_{кр} \cdot \ell}{G \cdot I_p} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}, \text{ где } I_p - \text{полярный момент инерции вала;}$$

$$I_p = \frac{\pi d^4}{64}, \text{ мм}^4$$

$$\varphi^o_1 = \frac{1200 \cdot 10^3 \cdot 120 \cdot 3,14 \cdot 58^4}{64 \cdot 0,8 \cdot 10^5} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 0,094^\circ$$

$$\varphi^o_2 = \frac{800 \cdot 10^3 \cdot 180 \cdot 3,14 \cdot 50^4}{64 \cdot 0,8 \cdot 10^5} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 0,168^\circ$$

$$\varphi^o_3 = \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 3,14 \cdot 32^4}{64 \cdot 0,8 \cdot 10^5} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 0,143^\circ$$

5.6 Полный угол закручивания:

$$\varphi^o = \varphi^o_1 + \varphi^o_2 + \varphi^o_3 = 0,094^\circ + 0,168^\circ + 0,143^\circ = 0,405^\circ \text{ или } \varphi = 24'.$$

5.7 По этим данным строим эпюру углов поворота сечений.

6. Критерии оценки знаний

Оценка	Основные критерии оценки
«5»	Не допущено ошибок при вычислении и оформлении задания
«4»	Допущены несущественные ошибки при вычислении задания
«3»	Допущены ошибки и при вычислении, и при оформлении задания

7. Тест на проверку знаний по теме «Кручение»

№ n/n	Вопрос	Ответы
1	Кручение круглого бруса происходит при нагружении его парами сил с моментами в плоскостях...	А. перпендикулярных продольной оси. Б. параллельных продольной оси.
2	Длина бруса и размеры поперечного сечения при кручении не изменяется	А. Да. Б. Нет.
3	Возникающие при кручении круглого бруса напряжения в поперечных сечениях зависят от:	А. полярного момента инерции сечения относительно продольной оси бруса. Б. только от величины крутящего момента и площади поперечного сечения бруса. В. только от величины крутящего момента. Г. осевого момента инерции сечения относительно продольной оси бруса.
4	Кручением называют такой вид деформации, при котором в поперечном сечении вала возникает единственный силовой фактор ...	А. крутящий момент. Б. изгибающий момент. В. осевой момент инерции.
5	При кручении возникает напряжённое состояние...	А. «чистый сдвиг». Б. сдвиг. В. изгиб.
Время выполнения 5 – 10 минут.		

8. Литература

1. Аркуша А. И. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учеб. для ссузов /под ред. А. И. Аркуша. - 6-е изд. - М.: Высш. шк., 2010.
2. Богомаз И. В. Теоретическая механика: Ученое пособие /под ред. И. В. Богомаз. – М., 2011.
3. Олофинская В. П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий, Москва: ФОРУМ – ИНФРА – М, 2012.
4. Образовательные сайты по технической механике, задачи с решениями, литература, справочники. Форма доступа: www.toehelp.ru; www.teormex.net.

Тема: «Прямой поперечный изгиб»

Практическая работа № 11: «Определение диаметра балки из расчёта на изгиб»

1. Задание. Определение диаметра балки из расчёта на изгиб.

Для двухопорной балки, нагруженной, как показано на рис. 10, определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов и подобрать диаметр, приняв $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

Числовые значения взяты из таблицы 11.

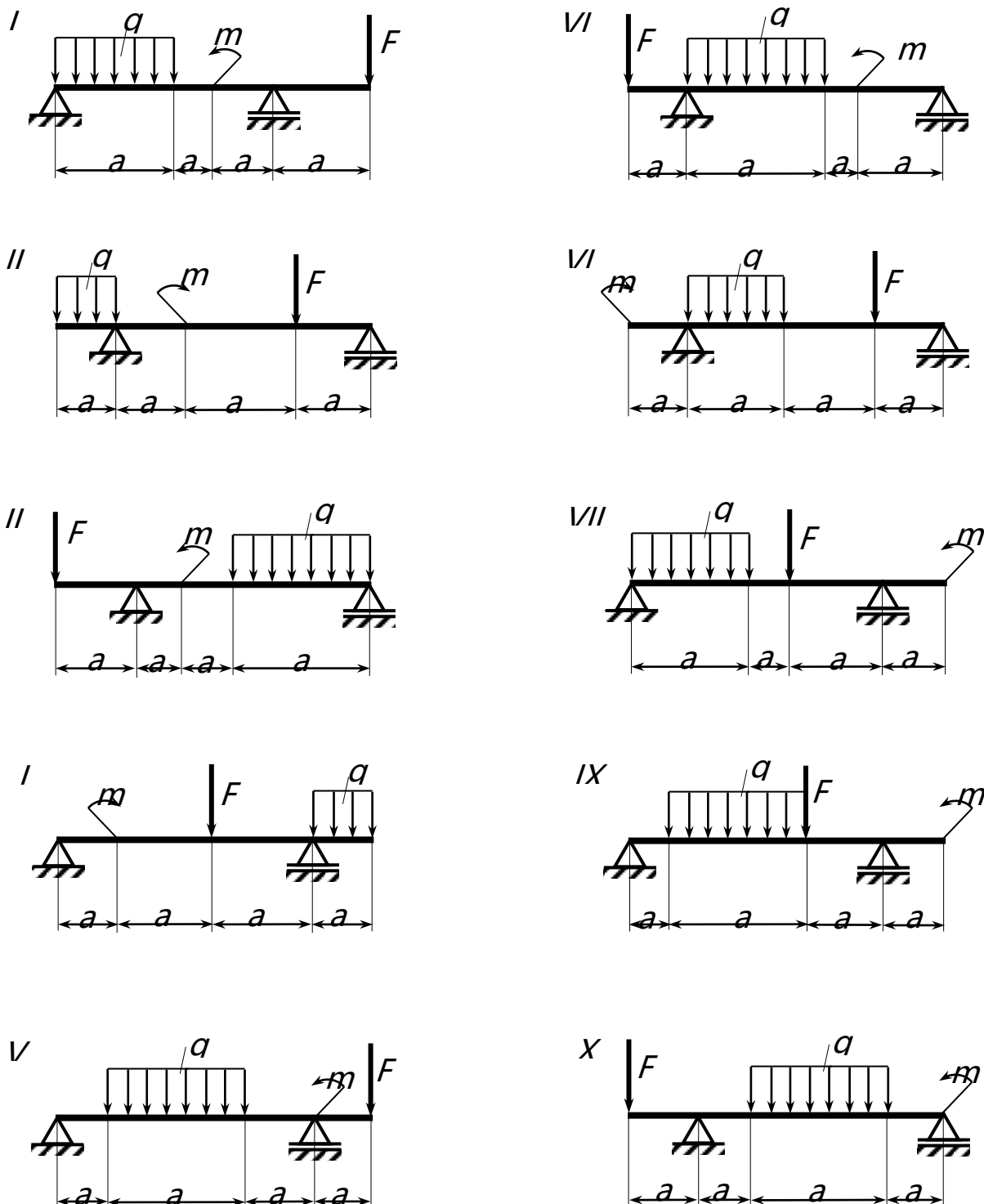


Рис. 10

Таблица 11

Схема	Вариант	q, кН	M, кН·м	F, кН	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
					M			
1	01	8	60	40	4,5	1	1	1,5
2	02	12	45	15	2,5	0,5	0,5	5
3	03	25	35	20	2	2	2	2,5
4	04	12	35	70	2	5	0,5	1
5	05	12	25	40	0,5	5	0,5	2,5
6	06	20	40	40	4,5	1	1	1,5
7	07	25	40	20	1,5	3,5	2	0,5
8	08	25	40	20	2,5	20	1,5	1
9	09	10	60	25	0,5	5	0,5	2
10	10	8	50	20	1	1	2	1
1	11	10	100	15	4	1	1	1
2	12	15	30	20	2	1	2	1
3	13	50	70	40	1,5	2,5	2	1
4	14	15	50	40	2,5	2	1	1
5	15	15	10	15	1	4	2	1
6	16	25	15	20	2	1	1	1
7	17	50	15	15	2	3	1	2
8	18	40	20	25	2	0,5	0,5	1
9	19	15	100	50	1	4	1	2
10	20	40	20	30	2,5	1,5	2	1,5
1	21	12	40	100	4	1	1	2
2	22	40	25	15	1	2	1,5	1,5
3	23	20	20	10	1	1,5	2	1,5
4	24	18	10	50	2	1	2	1
5	25	20	40	40	1	2	1	1
6	26	30	100	50	1,5	1,5	2	1
7	27	40	100	20	2,5	3,5	1	1
8	28	30	10	40	1	2	1	1
9	29	40	50	40	1	1	1	1
10	30	20	40	30	1,5	1,5	1	1

Прежде, чем приступить к выполнению практической работы № 11, необходимо изучить тему «Прямой поперечный изгиб».

2. Цель работы

- 2.1 Проверить степень усвоения студентами темы «Прямой поперечный изгиб».
- 2.2 Научиться строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.
- 2.3 Научиться проверять балки на прочность, подбирать сечения.

3. Повторение теоретического материала

- 3.1 Что такое прямой поперечный изгиб?
- 3.2 Как определить поперечную силу Q и изгибающий момент $M_{изг}$ в любом сечении балки? Правило знаков для Q и $M_{изг}$.

3.3 Условие прочности балки при изгибе.

3.4 Что называется опасным сечением на балке?

3.5 Какие виды задач можно решить из условия прочности?

4. Методика рекомендации к выполнению

4.1 Составить расчётную схему.

4.2 Определить опорные реакции для балки, для этого необходимо составить и решить 2 уравнения: $\sum M_A (\vec{F}_i) = 0$ и $\sum M_B (\vec{F}_i) = 0$.

4.3 Сделать проверку правильности решения.

4.4 Определить значения поперечных сил в каждой характерной точке.

4.5 Построить эпюру Q по найденным значениям.

4.6 Определить значения $M_{изг}$ в каждой характерной точке.

4.7 Построить эпюру $M_{изг}$.

4.8 Найти значение $M_{изг}$ в опасном сечении и взять его для дальнейшего расчета.

4.9 Определить осевой момент сопротивления сечения по формуле:

$$W_x = \frac{M_{изг}}{[\sigma]}, мм^3$$

4.9.1 Определить диаметр балки по формуле:

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32}, мм^3 \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{32 W_x}{\pi}}, мм.$$

5. Пример выполнения задания

Для двухопорной балки, нагруженной, как показано на рис.10, а, определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов и подобрать диаметр, если задано: $q = 8 \text{ кН/м}$, $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

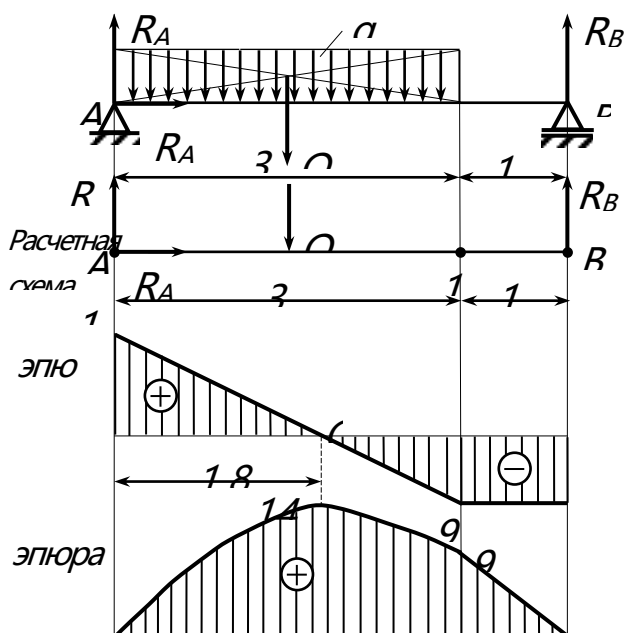
Дано:

$q = 8 \text{ кН/м}$,

$[\sigma] = 160 \text{ МПа}$

Определить: R_A и R_B , d - ?

Решение:



$$Q = q \cdot \ell = 8 \cdot 3 = 24 \text{ кН.}$$

1. Составим расчётную схему.

2. Определим опорные реакции балки:

$$\sum M_A (\vec{F}_i) = 0.$$

$$- Q \cdot 1,5 + R_{By} \cdot 4 = 0 \quad (1)$$

$$\sum M_B (\vec{F}_i) = 0$$

$$- R_{Ay} \cdot 4 + Q \cdot 2,5 = 0 \quad (2)$$

Из 1^{го} уравнения:

$$R_{By} = \frac{Q \cdot 1,5}{4} = \frac{24 \cdot 1,5}{4} = 9 \text{ кН}$$

Из 2^{го} уравнения:

$$R_{Ay} = \frac{Q \cdot 2,5}{4} = \frac{24 \cdot 2,5}{4} = 15 \text{ кН}$$

Проверка:

$$\Sigma F_{iy} = 0; R_{Ay} - Q + R_{By} = 15 - 24 + 9 = 0,$$

следовательно, опорные реакции найдены верно.

3. Расставим характерные точки на балке и определим значения поперечной силы Q в каждой из них:

$$(\cdot) A \quad Q = R_{Ay} = 15 \text{ кН}$$

$$(\cdot) 1 \quad Q = R_{Ay} - q \cdot 3 = 15 - 8 \cdot 3 = -9 \text{ кН}$$

$$(\cdot) B \quad Q = -R_{By} = -9 \text{ кН}$$

4. Строим эпюру Q по найденным значениям.

5. Определим значения $M_{изг}$ в каждой характерной точке:

$$(\cdot) A \quad M_{изг} = 0$$

$$(\cdot) 1 \quad M_{изг} = R_{Ay} \cdot 3 - Q \cdot 1,5 = 15 \cdot 3 - 24 \cdot 1,5 = +9 \text{ кН}$$

$$(\cdot) B \quad M_{изг} = 0$$

6. Строим эпюру $M_{изг}$ по найденным значениям.

7. Поскольку эпюра Q пересекает ось в точке C , то на эпюре $M_{изг}$ в этой точке будет максимальное значение. Чтобы его определить, необходимо сначала выяснить расстояние AC , где $Q = 0$.

$$Q(C) = 0; R_{Ay} - q \cdot x = 0; \Rightarrow x = \frac{R_{Ay}}{q} = \frac{15}{8} = 1,875 \text{ м}$$

Наибольший изгибающий момент:

$$M_{max} = R_{Ay} \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{x}{2} = 15 \cdot 1,875 - 8 \cdot 1,875 \cdot \frac{1,875}{2} = 14,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

8. Для дальнейших расчетов принимаем значение $M_{изг} = M_{max} = 14,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$ (значение в опасном сечении).

9. Для определения диаметра балки необходимо написать условие проектного расчета балки на изгиб:

$$W_x = \frac{M_{max}}{[\sigma]} = \frac{14,1 \cdot 10^6}{160} = 0,088 \cdot 10^6 \text{ мм}^3$$

$$\text{Зная, что } W_x = \frac{\pi d^3}{32} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{32 W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 0,088 \cdot 10^6}{3,14}} = \sqrt[3]{0,897 \cdot 10^6} = 96,5 \text{ мм}.$$

Принимаем $d = 98 \text{ мм}$.

6. Критерии оценки знаний

Оценка	Основные критерии оценки
«5»	Не допущено ошибок при вычислении и оформлении задания
«4»	Допущены несущественные ошибки при вычислении задания
«3»	Допущены ошибки и при вычислении, и при оформлении задания

7. Тест на проверку знаний по теме «Прямой поперечный изгиб»

№ n/n	Вопрос	Ответы
1	Вид нагружения, при котором в поперечном сечении бруса возникает внутренний силовой фактор...	А. изгиб. Б. растяжение. В. сжатие.
2	Вид деформации, при котором в любом поперечном сечении балки возникает только изгибающий момент ...	А. чистый изгиб. Б. поперечный изгиб.
3	Линия пересечения нейтрального слоя с плоскостью поперечного сечения называется...	А. нейтральной осью. Б. главной осью. В. осью симметрии.
4	Изгибающий момент есть результирующий момент относительно нейтральной оси внутренних нормальных сил, действующих ...	А. в поперечном сечении балки. Б. в продольном сечении балки. В. в косом сечении балки.
5	Изгиб, при котором в поперечном сечении балки действуют изгибающий момент и поперечная сила, называется...	А. поперечный. Б. прямой. В. косой.
Время выполнения 5 – 10 минут.		

8. Литература

1. Аркуша А. И. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учеб. для ссузов /под ред. А. И. Аркуша. - 6-е изд. - М.: Высш. шк., 2010.
2. Богомаз И. В. Теоретическая механика: Ученое пособие /под ред. И. В. Богомаз. – М., 2011.
3. Олофинская В. П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий, Москва: ФОРУМ – ИНФРА – М, 2012.
4. Образовательные сайты по технической механике, задачи с решениями, литература, справочники. Форма доступа: www.toehelp.ru; www.teormex.net.

Тема: «Гипотезы прочности. Сочетание основных деформаций – совместное действие изгиба и кручения»

Практическая работа № 12: «Определение эквивалентных напряжений по III и V теориям прочности, определение диаметра вала»

1.Задание. Определение эквивалентных напряжений по III и V теориям прочности, определение диаметра вала.

Определить величину наибольших эквивалентных напряжений, исходя из III и V теорий прочности для вала, нагруженного, как показано на рис. 11.

Определить диаметр вала, если допускаемое напряжение $[\sigma] = 90 \text{ МПа}$

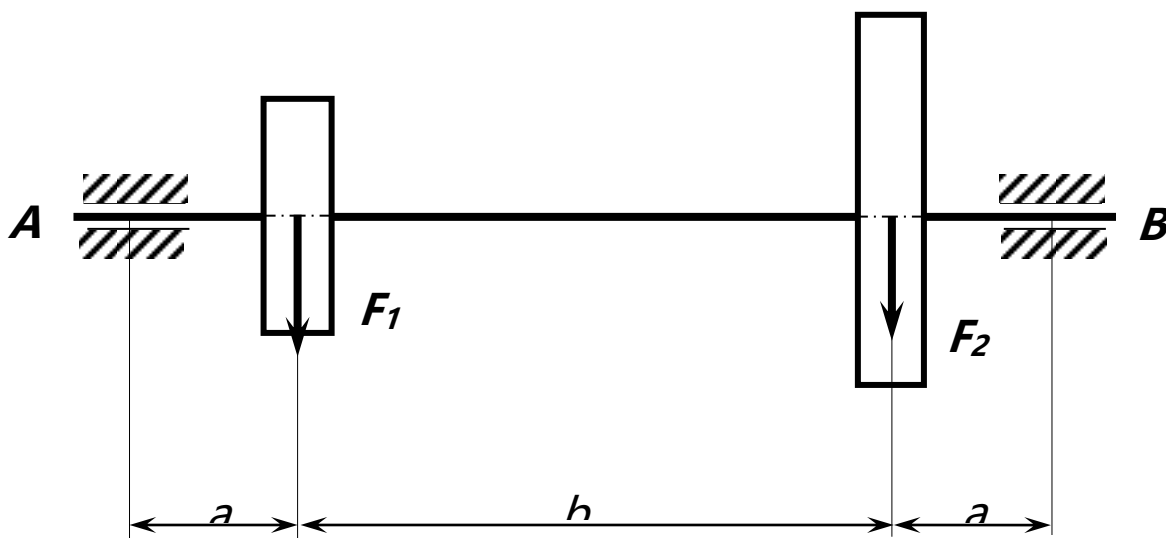


Рис. 11

Таблица 12

<i>Вариант</i>	<i>Данные для расчета</i>					
	<i>a, м</i>	<i>b, м</i>	<i>F₁, кН</i>	<i>F₂, кН</i>	<i>P, кВт</i>	<i>ω, $\frac{рад}{с}$</i>
01	0,3	0,4	2	4,0	6,0	50
02	0,2	0,3	2,5	4,5	5,0	52
03	0,1	0,3	0,1	3,0	4,0	55
04	0,2	0,4	2,2	3,5	4,5	48
05	0,3	0,5	2,3	3,5	4,0	50
06	0,1	0,2	2,1	3,0	5,5	48
07	0,1	0,3	2,4	4,5	7,0	58
08	0,3	0,5	3,5	5,0	7,5	70
09	0,2	0,5	3,0	6,0	6,0	60
10	0,1	0,3	3,0	5,0	5,0	50
11	0,2	0,3	4,0	5,0	6,0	60
12	0,3	0,4	2,0	4,0	5,0	40
13	0,2	0,3	2,5	4,5	6,0	52
14	0,3	0,4	3,5	5,0	3,0	45
15	0,2	0,3	4,0	5,0	5,0	50
16	0,2	0,4	3,0	5,0	7,0	60
17	0,3	0,5	5,0	7,0	7,0	55
18	0,2	0,3	3,0	4,0	6,0	60
19	0,1	0,3	2,5	4,5	5,0	60
20	0,2	0,4	3,0	5,0	7,0	60
21	0,3	0,5	6,0	8,0	6,0	65
22	0,2	0,4	2,0	4,0	5,0	55
23	0,3	0,5	2,5	4,0	4,0	60
24	0,2	0,4	3,5	5,5	6,0	70
25	0,3	0,4	4,0	5,0	6,0	55
26	0,2	0,3	4,0	5,5	5,5	60
27	0,1	0,2	3,0	6,0	6,0	50
28	0,3	0,5	4,0	5,0	7,0	60
29	0,3	0,4	3,5	6,0	6,0	55
30	0,2	0,3	4,0	5,0	7,0	60

Прежде, чем приступить к выполнению практической работы № 12, необходимо изучить тему «Гипотезы прочности. Сочетание основных деформаций – совместное действие изгиба и кручения».

2. Цель работы

- 2.1 Научить студентов применять гипотезы прочности в расчетах по «Сопротивлению материалов».
- 2.2 Научить определять диаметр вала при совместном действии изгиба и кручения.

3. Повторение теоретического материала

- 3.1 Что такое сложное напряженное состояние в точке тела?
- 3.2 Что называется эквивалентным напряжением?
- 3.3 Сколько всего теорий прочности существует и как определить эквивалентное напряжение в каждой из них?
- 3.4 Как записывается условие прочности при совместном действии изгиба и кручения?
- 3.5 Как определить диаметр вала при совместном действии изгиба и кручения?

4. Методика рекомендации к выполнению

- 4.1 Определить опорные реакции вала (для этого составить два уравнения моментов относительно опор - подшипников).
- 4.2 Сделать проверку правильности решения – составить уравнение проекций всех сил на ось ОУ.
- 4.3 Определить значение $M_{изг.}$ во всех характерных точках.
- 4.4 Построить эпюру $M_{изг.}$.
- 4.5 Определить опасное сечение, где $M_{изг.} = M_{max.}$
- 4.6 Определить крутящий момент, передаваемый валом.
- 4.7 Построить эпюру $M_{кр.}$.
- 4.8 Определить эквивалентные моменты и эквивалентные напряжения по различным теориям прочности.
- 4.9 Определить диаметр вала согласно заданной теории прочности.

5. Пример решения задания

- 5.1 На валу диаметром 60 мм насажены два зубчатых колеса. Давления зубчатых колес на вал направлены вертикально вниз и равны $F_1 = 5 \text{ кН}$ и $F_2 = 2 \text{ кН}$. От одного колеса к другому передается мощность $P = 7 \text{ кВт}$ при угловой скорости вращения $\omega = 8,4 \text{ рад/с}$. Определить величину наибольших эквивалентных напряжений, исходя из III и V теорий прочности.

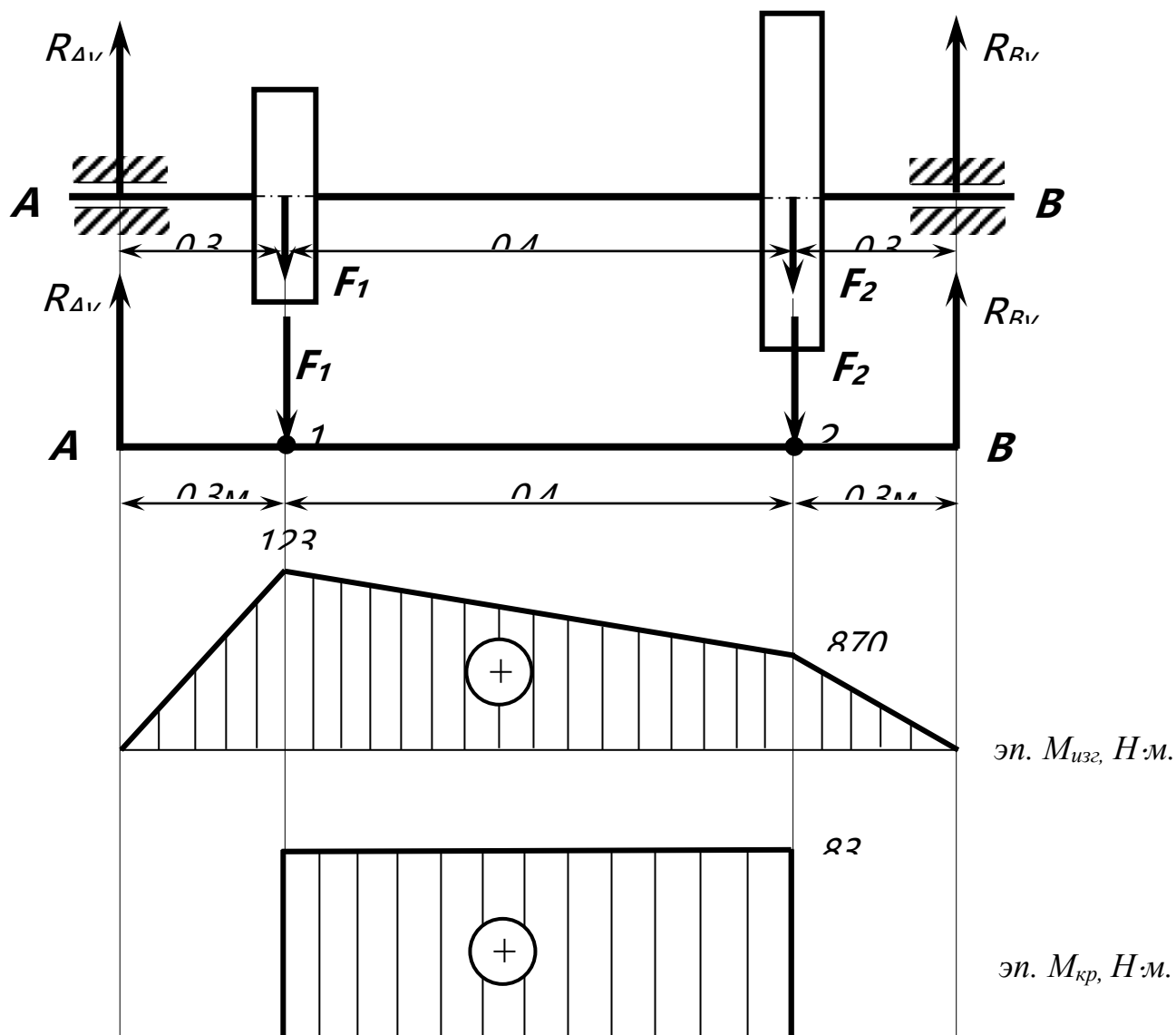


Рис. 11, а

Решение:

5.2 Определим опорные реакции:

$$\sum M_A(\vec{F}_i) = 0$$

$$- F_1 \cdot 0,3 - F_2 \cdot 0,7 + R_{By} \cdot 1 = 0 \quad (1)$$

$$\sum M_B(\vec{F}_i) = 0$$

$$- R_{Ay} \cdot 1 + F_1 \cdot 0,7 + F_2 \cdot 0,3 = 0 \quad (2)$$

Из 1-го уравнения:

$$R_{By} = F_1 \cdot 0,3 + F_2 \cdot 0,7 = 5000 \cdot 0,3 + 2000 \cdot 0,7 = 2900 \text{ Н}$$

Из 2-го уравнения:

$$R_{Ay} = F_1 \cdot 0,7 + F_2 \cdot 0,3 = 5000 \cdot 0,7 + 2000 \cdot 0,3 = 4100 \text{ Н}$$

Проверка: $\sum F_{iy} = 0$; $R_{Ay} - F_1 - F_2 + R_{By} = 4100 - 5000 - 2000 + 2900 = 0$;

следовательно, опорные реакции найдены правильно.

5.3 Построим эпюру $M_{изг.}$, для чего определим изгибающие моменты во всех характерных точках:

(•) А; $M_{изг.} = 0.$

(•) 1; $M_{изг.} = R_{Ay} \cdot 0,3 = 4100 \cdot 0,3 = 1230 \text{ Н} \cdot \text{м}$

(•) 2; $M_{изг.} = R_{Ay} \cdot 0,7 - F_1 \cdot 0,4 = 4100 \cdot 0,7 - 5000 \cdot 0,4 = 870 \text{ Н} \cdot \text{м}$

(•) В; $M_{изг.} = 0.$

Максимальный изгибающий момент будет в точке 1, т.е. $M_{max} = 1230 \text{ Н} \cdot \text{м}$

5.4 Находим крутящий момент, передаваемый валом:

$$M_{кр} = \frac{\rho}{\omega} = \frac{7000}{8,4} = 835 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

5.5 По третьей теории прочности:

$$M_{эКВIII} = \sqrt{M_{изг.}^2 + M_{кр}^2} = \sqrt{1230^2 + 835^2} = 1490 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Эквивалентное напряжение по III теории прочности определяется:

$$\sigma_{эКВIII} = \frac{M_{эКВIII}}{W_x}, \text{ МПа, где } W_x - \text{осевой момент сопротивления сечения}$$

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,06^3}{32} = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Следовательно:

$$\sigma_{эКВIII} = \frac{1490}{2,1 \cdot 10^{-4}} = 69,4 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 69,4 \text{ МПа}$$

5.6 Эквивалентный момент по V теории прочности:

$$M_{эКВ V} = \sqrt{M_{изг.}^2 + 0,75 M_{кр}^2} = \sqrt{1230^2 + 0,75 \cdot 835^2} = 1430 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

5.7 Диаметр вала

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{эКВIII}}{0,1[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{1490 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 90}} \approx 129 \text{ мм.}$$

Принимаем $d = 130 \text{ мм.}$

6. Критерии оценки знаний

Оценка	Основные критерии оценки
«5»	Не допущено ошибок при вычислении и оформлении задания.
«4»	Допущены несущественные ошибки при вычислении и оформлении.
«3»	Допущены ошибки и при вычислении, и при оформлении задания.

7. Тест на проверку знаний по теме «Гипотезы прочности. Сочетание основных деформаций – совместное действие изгиба и кручения»

№ n/n	Вопрос	Ответы
1	Это научное предположение об основной причине достижения материалом предельного состояния при сочетании основных деформаций ...	А. Гипотезы прочности. Б. Гипотезы жёсткости. В. Гипотезы надёжности.
2	Опасное состояние материала наступает тогда, когда наибольшие касательные напряжения достигают предельной величины...	А. Гипотеза наибольших касательных напряжений. Б. Гипотеза Мора. В. Энергетическая гипотеза.
3	Опасное состояние материала наступает тогда, когда на некоторой площадке осуществляется наиболее неблагоприятная комбинация...	А. нормального и касательного напряжений. Б. эквивалентных напряжений. В. нормальные и касательные напряжения.
4	Напряжённое состояние называется объёмным (трёхосным) ...	А. если все три главных напряжения не равны нулю. Б. если одно из главных напряжений равно нулю. В. если два из главных напряжений противоположны по знаку. Г. если лишь одно из главных напряжений не равно нулю.
5	Напряжённое состояние называют линейным...	А. если все три главных напряжения не равны нулю. Б. если одно из главных напряжений равно нулю. В. если два из главных напряжений противоположны по знаку. Г. если лишь одно из главных напряжений не равно нулю.
Время выполнения 5 – 10 минут.		

8. Литература

1. Аркуша А. И. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учеб. для ссузов /под ред. А. И. Аркуша. - 6-е изд. - М.: Высш. шк., 2010.
2. Богомаз И. В. Теоретическая механика: Ученое пособие /под ред. И. В. Богомаз. – М., 2011.
3. Олофинская В. П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий, Москва: ФОРУМ – ИНФРА – М, 2012.
4. Образовательные сайты по технической механике, задачи с решениями, литература, справочники. Форма доступа: www.toehelp.ru; www.teormex.net.

РАЗДЕЛ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Эталон ответов к тестовому заданию по теме: «Плоская система сходящихся сил».

1. А
2. А
3. А
4. А
5. А

Эталон ответов к тестовому заданию по теме: «Плоская система произвольно расположенных сил».

1. А
2. Б
3. Б
4. Б
5. А

Эталон ответов к тестовому заданию по теме: «Центр тяжести».

1. А
2. А
3. А
4. А
5. А

Эталон ответов к тестовому заданию по теме: «Кинематика. Точки. Кинематические графики».

1. А
2. А
3. А
4. А
5. А

Эталон ответов к тестовому заданию по теме: «Простейшие движения твердого тела. Вращательное движение».

1. А
2. А
3. А
4. А
5. А

Эталон ответов к тестовому заданию по теме: «Движение несвободной материальной точки. Сила инерции».

1. А
2. А
3. А
4. Б
5. А

Эталон ответов к тестовому заданию по теме: «Работа и мощность. Коэффициент полезного действия».

1. А

2. А
3. А
4. А
5. А

РАЗДЕЛ 2 СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Эталон ответов к тестовому заданию по теме: «Растяжение и сжатие».

1. Б
2. В
3. А
4. Б
5. А

Эталон ответов к текстовому заданию по теме: «Геометрические характеристики плоских сечений».

1. В
2. Б
3. А
4. А
5. А

Эталон ответов к текстовому заданию по теме: «Кручение».

1. А
2. А
3. В
4. А
5. А

Эталон ответов к тестовому заданию по теме: «Прямой поперечный изгиб».

1. А
2. А
3. А
4. А
5. А

Эталон ответов к тестовому заданию по теме: Гипотезы прочности. «Сочетание основных деформаций – совместное действие изгиба и кручения».

1. А
2. А
3. А
4. А
5. Г

Эталон ответов к тестовому заданию по теме: «Устойчивость сжатых стержней».

1. А
2. А
3. А
4. А
5. А

