

Министерство образования и науки РБ  
ГБПОУ «Бурятский лесопромышленный колледж»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Специальность 270103. 270110.190604. 250403. 250402

Дисциплина Техническая механика

2016г.

**Методические указания по выполнению лабораторных работ и практических занятий Улан-Удэ: 2016 г. 38 стр.**

Специальность 270103.270110.190604. 250403.250402

(код специальности и ее наименование):

«Техническая механика»

(наименование дисциплины)

Научно-методический совет  
БЛПК

«\_\_»\_\_\_\_\_200\_\_г.

Автор: Громакина Е.М.  
(Ф. И.О.)

преподаватель  
(занимаемая должность и место работы)

Рецензент: Петушкин В.Г.  
(Ф. И. О.)

Зав. автомеханическим отделением БЛПК  
(занимаемая должность и место работы)

## Оглавление

Введение	
Раздел I. Общие требования.....	4
Раздел II. Указания к выполнению практических и лабораторных работ.	
Практические работы	
1. Построение силового многоугольника.....	6
2. Определение реакций связей.....	9
3. Определение опорных реакций.....	13
4. Определение центра тяжести плоских сечений.....	15
5. Определение положения центра тяжести сечения, состоящего, из профилей проката.....	15
6. Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений.....	21
7. Построение эпюр крутящих моментов.....	27
8. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.....	31
Лабораторные работы	
1. Испытание материалов на сжатие.....	34
2. Изучение устройства зубчатого редуктора и определение его КПД..	39
Библиографический список.....	41

## Введение

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам II курса для изучения дисциплины «Техническая механика»:

- в организации эффективной работы по усвоению методики расчета конструкции на прочность, определение внутренних силовых факторов, возникающих в сечениях при деформациях: сжатия (растяжения), изгиба, кручения и построение эпюр  $N, Q, M$  и  $M_k$ ;

- в организации их деятельности по проведению эксперимента;

- в формировании практических навыков работы с техническими устройствами, со справочным материалом, исследовательских умений (сравнивать, анализировать, делать выводы, оформлять результаты).

Задания включают в себя примеры по разделам: «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов» и «Детали машин».

### Раздел I. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Требования к теоретической готовности студентов.

Для выполнения практических работ необходимы теоретические знания тем: «Плоская система сходящихся сил», «Плоская система произвольно расположенных сил», «Центр тяжести», «Виды деформаций»

Для выполнения лабораторных работ по темам: «Статические испытания материалов», «Основные механические характеристики», «Зубчатые передачи», «Расчет зубчатых передач», «Редукторы»

- Требования по технике безопасности:

Лабораторные работы проводить под наблюдением преподавателя.

**Запрещается!**- проводить испытание на прессе П-125 без ограждения

- переключать ручки пресса во время его работы

## Общие указания

### Цели:

1. Освоить методику расчета силовых систем с помощью уравнений равновесия.
2. Научиться определять центр тяжести сечений
3. Строить эпюры  $N$ ,  $Q$ ,  $M_k$

**Оснащение:** Методические рекомендации. Литература

### Ход работы

1. Изучить по учебнику (1) теоретический материал.
2. Начертить расчетную схему.
3. Заполнить таблицу и сходных данных
4. Выполнить работу по образцу.
5. Оформить отчет на формате  $A_4$  и защитить работу преподавателю.
6. **Литература**

Литература

1. А. И. Аркуша «Техническая механика»
2. Г. М. Ицкович «Сопроотивление материалов».
3. А. А. Эрдэни «Техническая механика».
4. В. И. Мадуева «Методические указания к выполнению практических работ» 2006 г.

## Практическая работа №1,2

**Тема: 1. Определение равнодействующей системы сходящихся сил геометрическим способом.**

**2. Определение равнодействующей системы сходящихся сил аналитическим способом.**

**Цель: Определить графическим способом равнодействующую ПССС.**  
**Общие сведения**

В системе координат изображаются все действующие на тело силы, сходящиеся в точке  $O$  в определенном масштабе.

Строится силовой многоугольник. Для этого в некоторой точке плоскости путем параллельного переноса изображается вектор первой силы. Конец этого вектора соединяется с началом следующего и т.д. Все векторы сил переносятся параллельно самим себе.

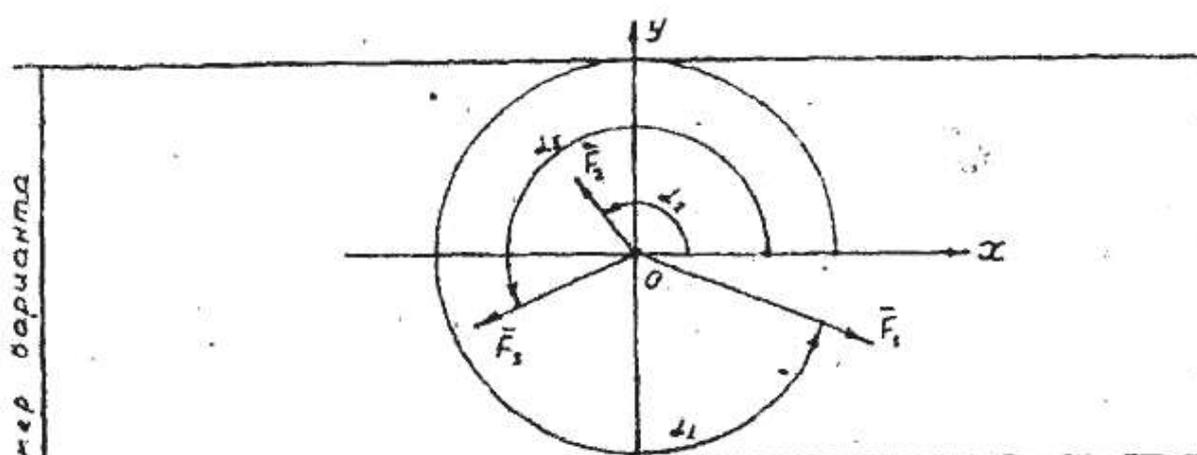
Чтобы определить равнодействующую, надо измерить отрезок, соединяющий начало первого вектора с концом последнего (учитывать масштаб)

Если многоугольник замкнут, то  $R=0$

### **Контрольные вопросы:**

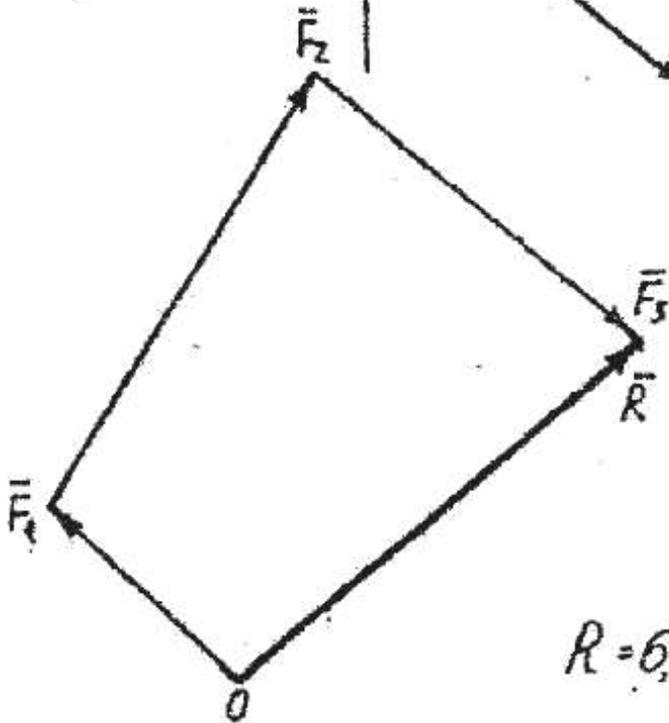
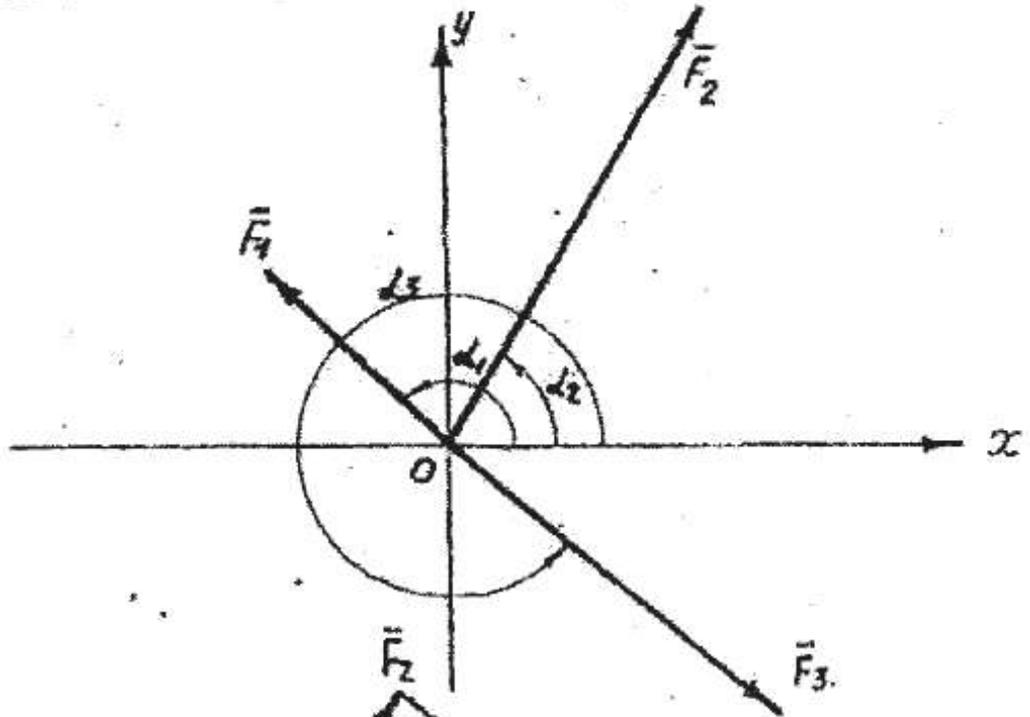
- 1)Что называется равнодействующей?
- 2)Чем отличается плоская система сил от пространственной?
- 3)В каких единицах измеряется  $R$ ?

Для заданной схемы сходящихся сил построить в масштабе силовой многоугольник



Номер варианта	Заданные силы в кН			Углы между силой и осью X, град.		
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$
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	120
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	2	140	80	120
20	2	8	5	135	30	280
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
26	8	7	9	60	120	300
27	9	1	4	20	210	90
28	3	4	6	110	20	310
29	1	6	9	60	110	225
30	4	8	2	45	135	315
31	5	4	7	20	180	290

$F_1$	$F_2$	$F_3$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$
кН	кН	кН	град.		
3	6	5	135	60	320



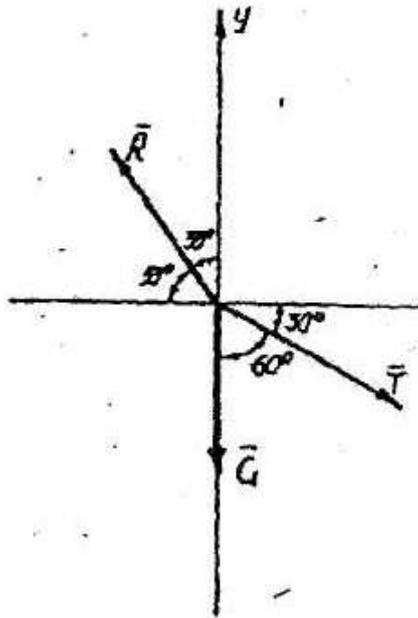
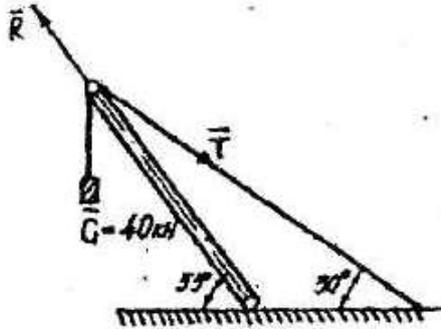
$R = 6,2 \text{ кН}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	РГР № Построение силового многоугольника 8	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Провер.								
Т.контр.								
						Лис 1	Листов	

### Практическая работа №3

Тема: Определение реакций связей системы сходящихся сил

Цель: Аналитическим способом определить величину и направление реакций связей.



	X	Y
G	0	-G
R	$-R \cos 55^\circ$	$R \cdot \cos 35^\circ$
T	$T \cos 30^\circ$	$-T \cos 60^\circ$

$$1. \sum X = 0 \quad -R \cos 55^\circ + T \cdot \cos 30^\circ = 0;$$

$$1. -R \cdot 0.57 + T \cdot 0.86 = 0;$$

$$\text{Из ур - я (1.) } T = \frac{R \cdot 0.57}{0.86} = 0.66 \cdot R;$$

$$T = 0.66 \cdot R = 0.66 \cdot 81.6 = 53.8 \text{ кН};$$

$$2. \sum Y = 0 \quad -G + R \cos 35^\circ - T \cdot \cos 60^\circ = 0;$$

$$2. -40 + R \cdot 0.82 - T \cdot 0.5 = 0;$$

$$\text{Из ур - я (2.) } -40 + R \cdot 0.82 - 0.33 \cdot R = 0;$$

$$-40 + 0.49 \cdot R = 0;$$

$$R = \frac{40}{0.49} = 81.6 \text{ кН}$$

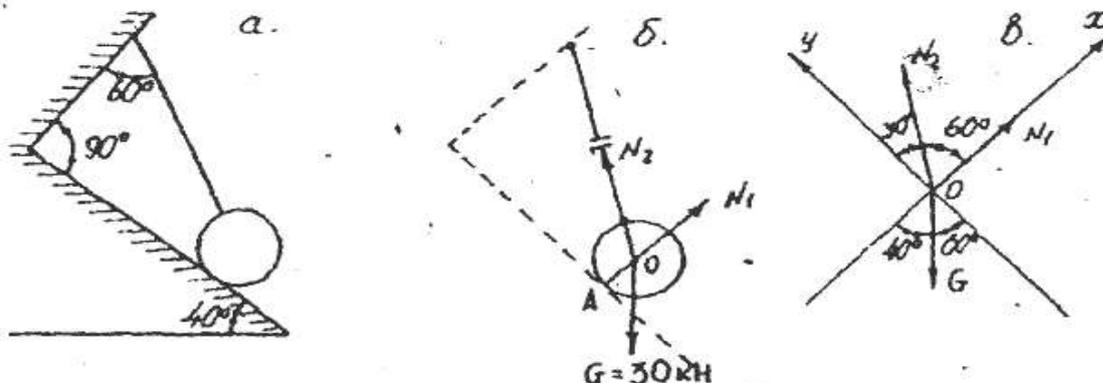
Ответ :  $R = 81.6 \text{ кН}; T = 53.8 \text{ кН}.$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.					РГР № Определение реакций связи	Лит.	Масса	Масштаб
Провер.								
Т.контр.								
Н. контр.								
Утверд.								
					9	Лис 1	Листов	

## Общие сведения

Определить величину и направление реакций связей для заданной схемы.

Задачу решить двумя способами: аналитическим и графическим.



Решение: - аналитический способ

1. Заменяем тело точкой, совпадающей с центром его тяжести. Обозначим её точкой  $O$ .

2. Приложим к точке  $O$  активную силу, которой является вес тела  $G$ . Направим её вниз (рис. б).

3. Мысленно отбросим связи - плоскость и нить. Заменяем их действие на точку  $O$  реакциями связей. Реакция плоскости  $N_1$  проходит по нормали к плоскости в точке  $A$ , а реакция нити  $N_2$  по нити от точки. Линии действия реакций и веса тела должны пересекаться в точке  $O$  (рис. в).

4. Выберем положение системы координат. Начало координат совместим с точкой  $O$ . Ось  $X$  совместим с направлением линии действия реакции  $N_1$ , а ось  $Y$  направим перпендикулярно оси  $X$  (рис. в). Определим углы между осями координат и реакциями  $N_1$  и  $N_2$ .

5. Составим сумму проекций всех сил на координатные оси:

$$\Sigma X = 0, N_1 + N_2 \cdot \cos 60^\circ - G \cdot \cos 40^\circ = 0 \quad (1);$$

$$\Sigma Y = 0, N_2 \cdot \cos 30^\circ - G \cdot \cos 50^\circ = 0 \quad (2).$$

Решим систему уравнений:

$$\text{из ур-я 2: } N_2 = \frac{G \cdot \cos 50^\circ}{\cos 30^\circ} = \frac{30 \cdot 0.643}{0.866} = 22.3 \text{ кН};$$

$$\text{из ур-я 1: } N_1 = -N_2 \cdot \cos 60^\circ + G \cdot \cos 40^\circ = -22.27 \cdot 0.5 + 30 \cdot 0.766 = 11.8 \text{ кН};$$

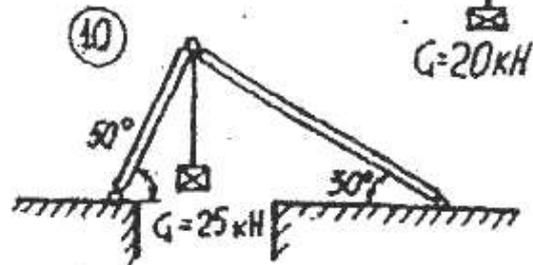
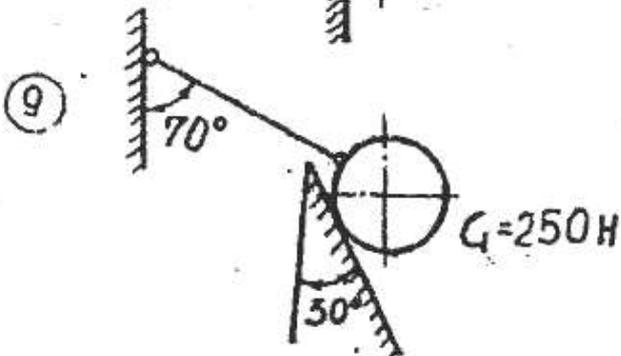
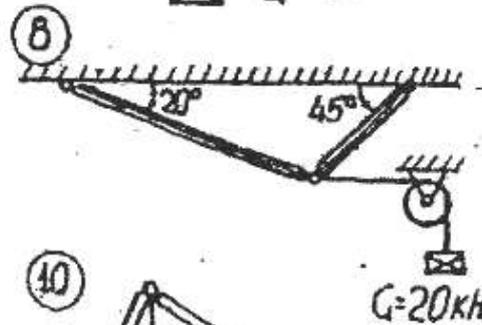
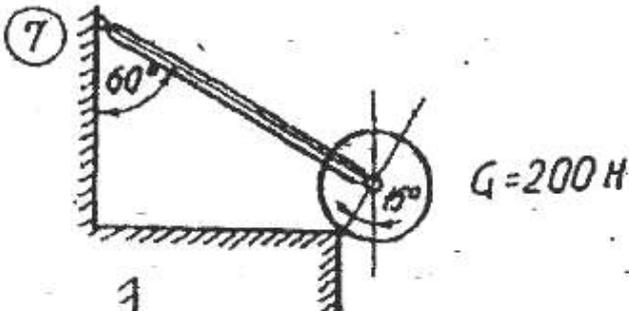
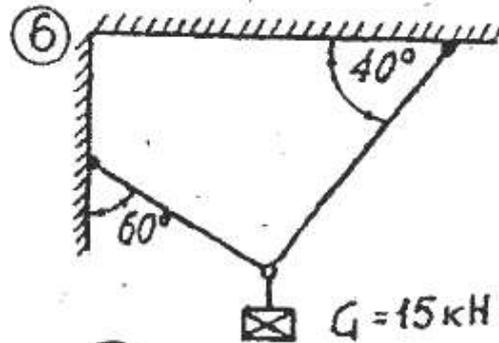
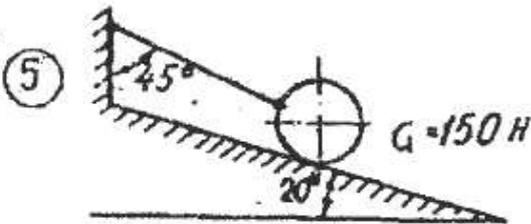
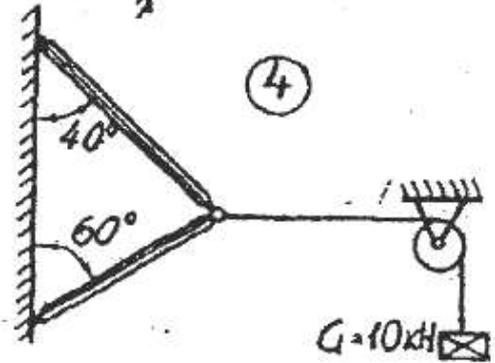
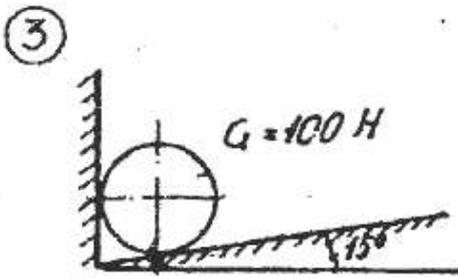
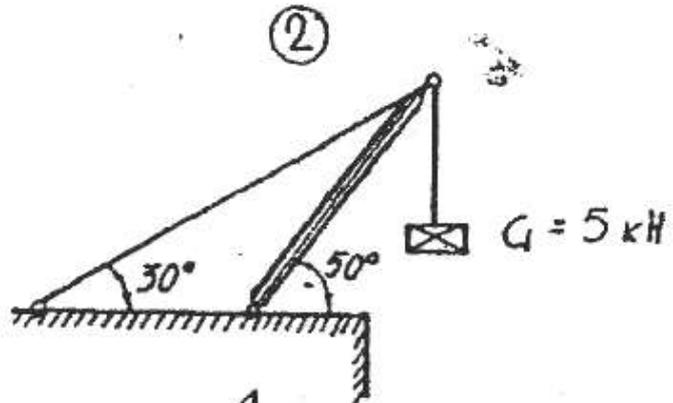
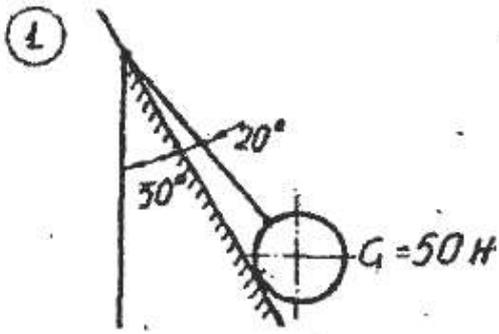
- графический способ

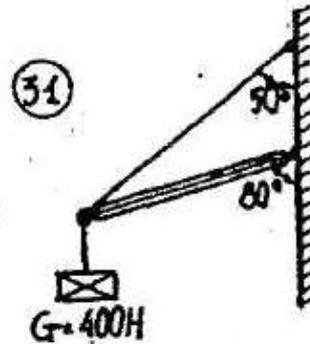
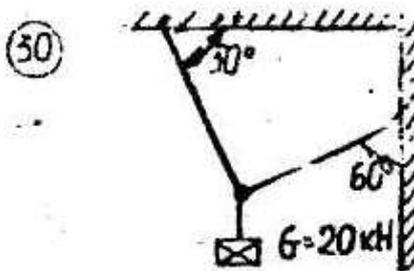
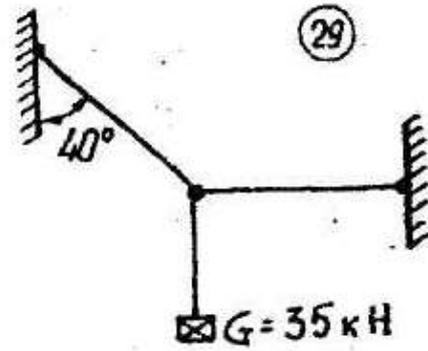
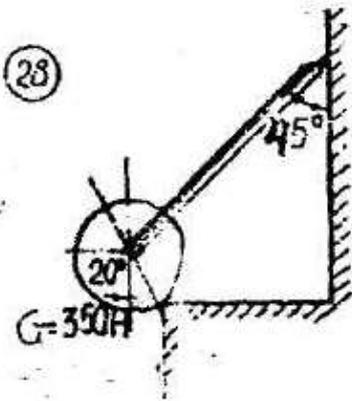
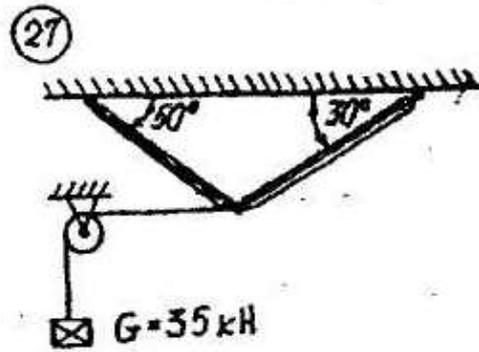
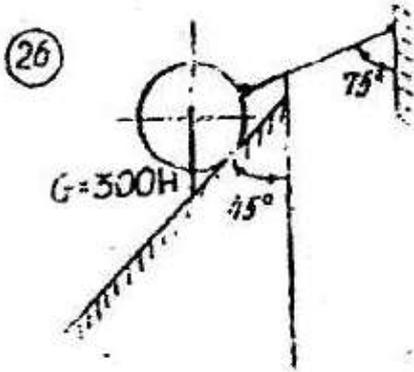
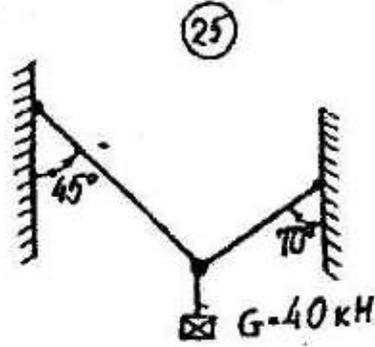
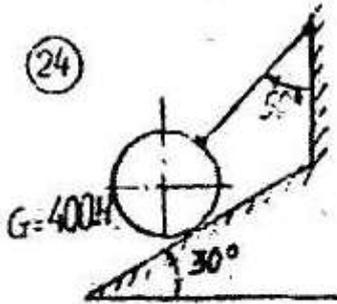
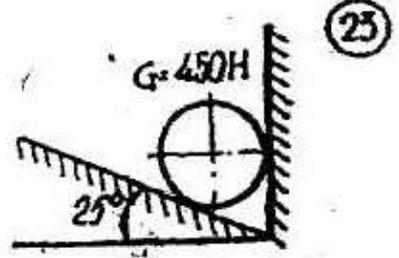
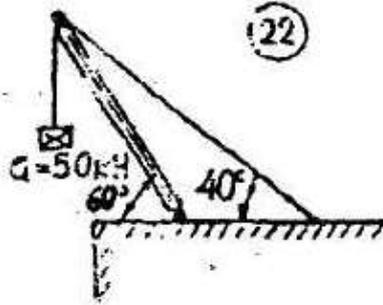
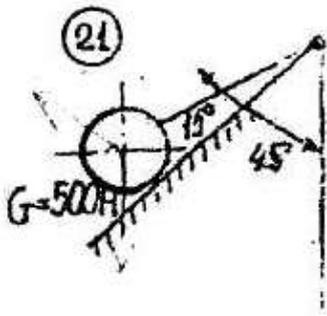
$$ac = 23,7 \text{ мм}; \quad bc = 44,5 \text{ мм}; \quad N_1 = 11.8 \text{ кН}; \quad N_2 = 22.3 \text{ кН};$$

### Контрольные вопросы:

- 1) Как рационально выбрать систему координат для определения реакций связей?
- 2) Что называется проекцией вектора на ось координат и как ее определить?
- 3) Какие силы называют активными, а какие реактивными?

Определить величину и направление реакций связей





## Практические работы № 5

### Тема: Определение величины реакции в опоре защемлённой балки

**Цель:** Освоить методику определения опорных реакций балок.

**Задание:** Для балки, жестко защемленной в стене и нагруженной силами  $F_1, F_2$  и моментом  $M$  определить реакции заделки. Провести проверку.

С	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
хе										
ма										
$F_1$ ( кН)	5	10	20	15	5	10	20	15	12	10
$F_2$ ( кН)	20	15	12	10	15	5	10	20	5	10
$M$ (к Н· м)	1	3	2	4	1	3	2	4	1	3

### Тема: Плоская система произвольно расположенных сил. Определение опорных реакций балок

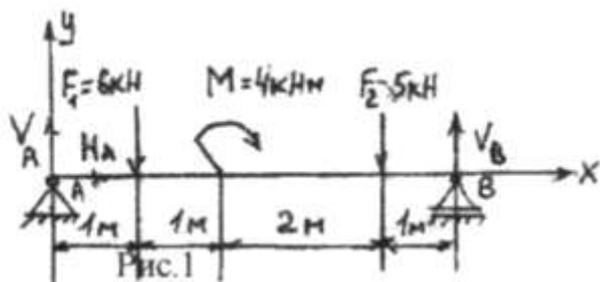
**Цель:** Освоить методику определения опорных реакций балок.

#### Общие сведения

Момент силы  $M$  относительно точки определяется  $M = F \cdot \ell$ , где  $F$  – сила [Н], [М] = [Н\*м] момент силы,  $\ell$  - плечо силы

Правило знаков. Если сила стремится вращать тело по часовой стрелке, то  $M$  - отрицательный, если против часовой стрелки, то  $M$ - положительный

Условия равновесия системы сил:  $\sum M_A = 0$   $\sum M_B = 0$   $\sum Y = 0$  (проверочное уравнение)



**Пример :** определить опорные реакции балки

(рис.1)

**Решение:** -обозначим опоры А и В, укажем опорные реакций

$V_A, V_B, \text{ и } H_A$

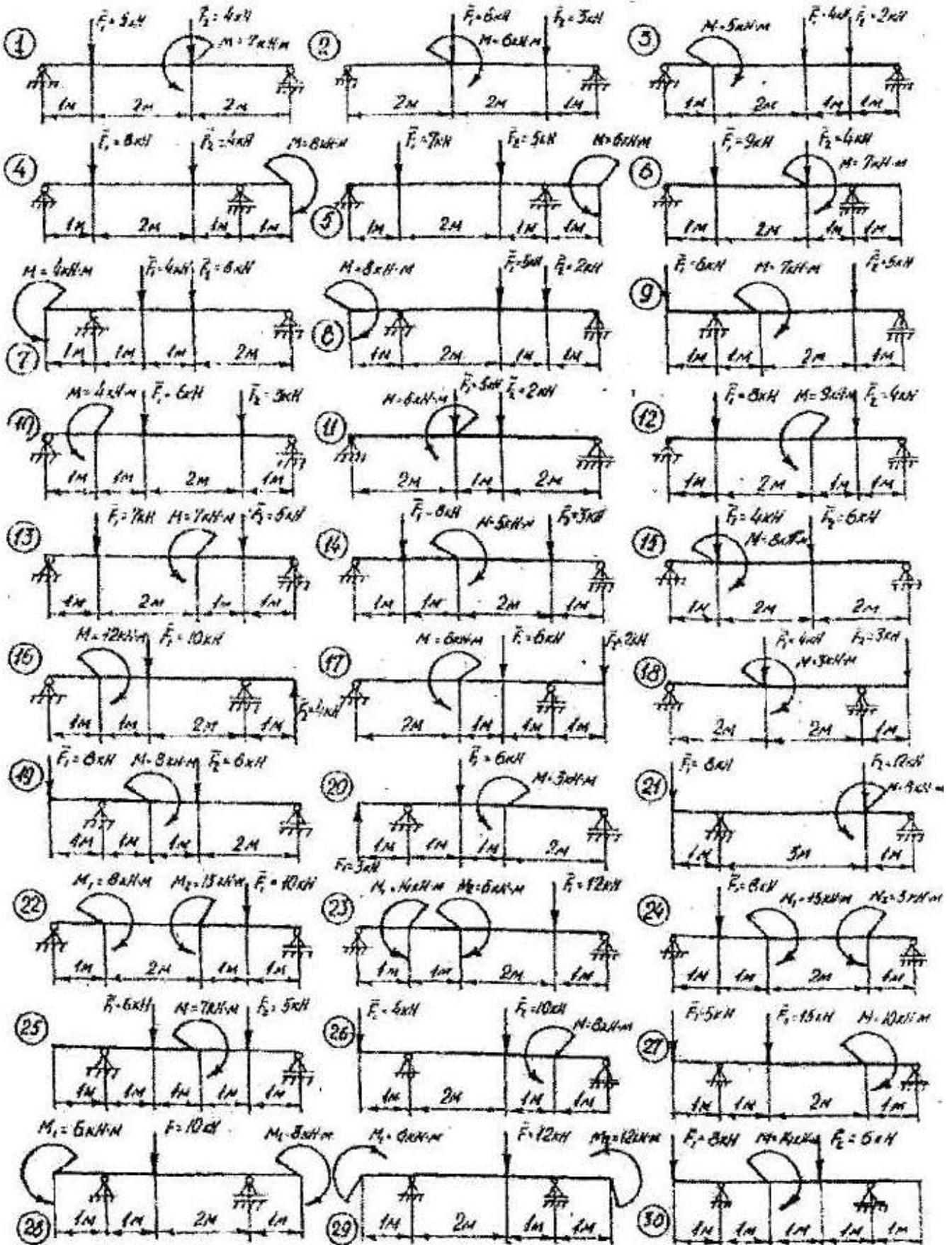
- выберем положение системы координат;

- составим уравнения равновесия и определим опорные реакции.
- Сумма проекций всех сил на ось X:  $\Sigma X=0$  , откуда  $H_A=0$
- Сумма моментов всех сил относительно точки A :  $\Sigma M_A (F_k)=0$
- $F_1 \cdot 1 - M - F_2 \cdot 4 + V_B \cdot 5 = 0$  , откуда  $V_B = 1/5 ( F_1 \cdot 1 + M + F_2 \cdot 4 ) = 1/5 ( 6 + 4 + 5 \cdot 4 ) = 6$  кН
- Сумма моментов всех сил относительно точки B: :  $\Sigma M_B (F_k)=0$
- $F_2 \cdot 1 - M + F_1 \cdot 4 - V_A \cdot 5 = 0$  , откуда  $V_A = 1/5 ( 5 \cdot 1 - 4 + 6 \cdot 4 ) = 1/5 \cdot 25 = 5$  кН
- Проверка  $\Sigma Y=0$   $V_A - F_1 - F_2 + V_B = 5 - 6 - 5 + 6 = 0$  Реакции определены верно.

#### Контрольные вопросы:

1. Как надо изменить силу, чтобы момент не изменился, если плечо силы увеличится в 4 раза?
2. В каком случае проекция силы на ось y положительна?
3. Какие изменения происходят в системе сил при их параллельном переносе в некоторую точку?

Для заданной балки определить опорные реакции, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов



## Практические работы № 4, №5

**Тема:** Центр тяжести. Определение центра тяжести.

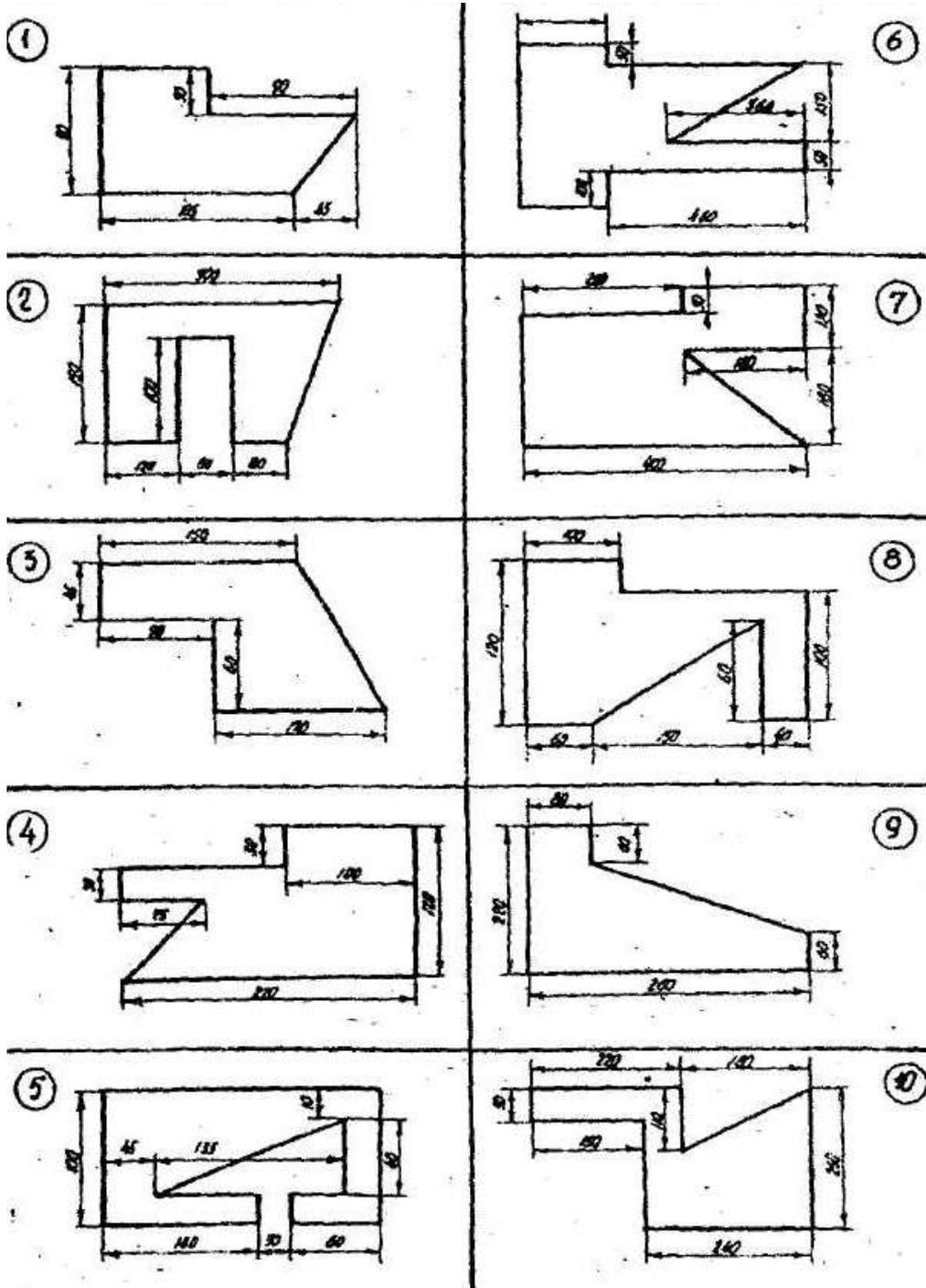
**Цель:** Освоить методику определения центра тяжести составной плоской фигуры.

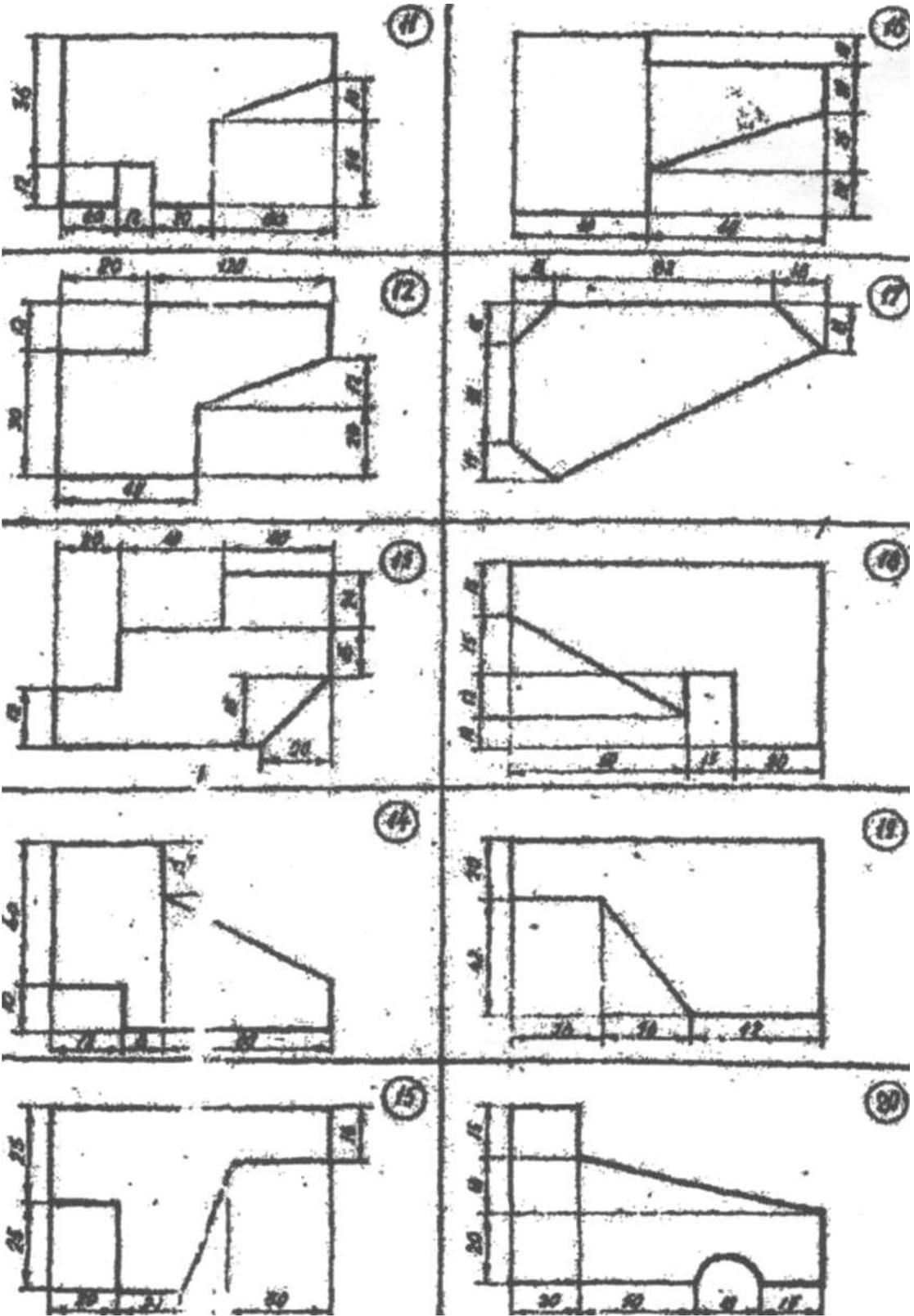
**Общие сведения:** Для определения центра тяжести составной плоской фигуры необходимо разделить ее на простые фигуры (прямоугольник, квадрат, круг и т.д.)

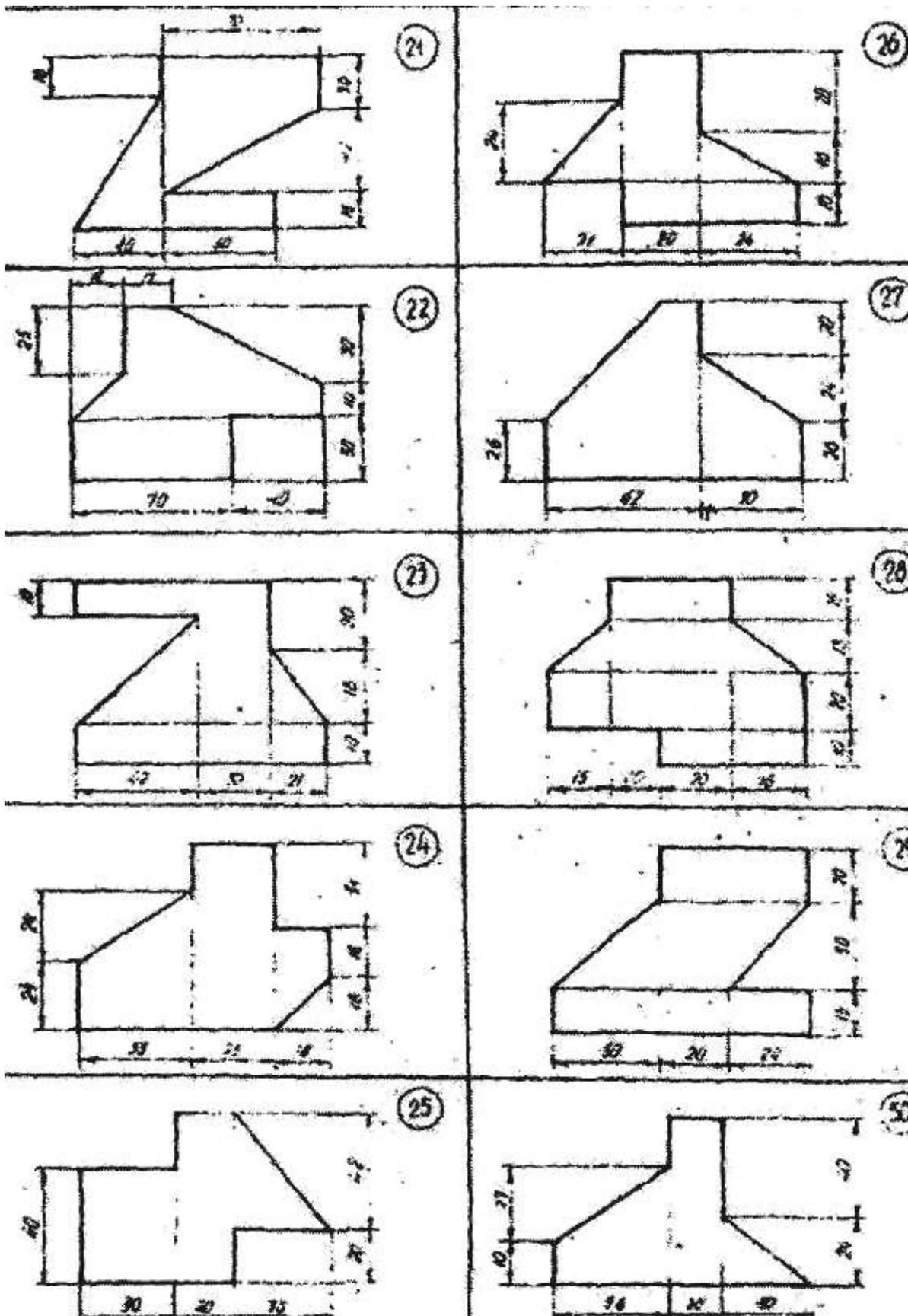
Поместить фигуру в систему координат и определить координаты центров тяжести простейших составных сечений. Определить координаты центра тяжести всей фигуры  $X_c$  и  $Y_c$ .

Площадь сечения считать положительной ( $A > 0$ ), если она добавляет основную фигуру и  $A < 0$  если фигура «вырезается» из основной.

### Определение центра тяжести плоских сечений

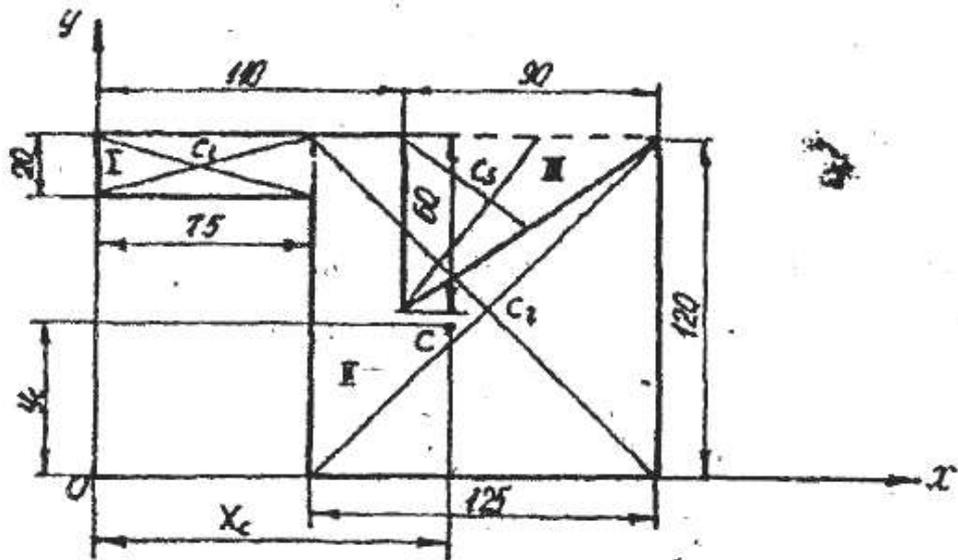






### Контрольные вопросы

1. Как определить центр тяжести треугольника?
2. Как определить координаты центров тяжести простых фигур?
3. Как на опыте можно определить координаты центра тяжести плоской фигуры?



	X	Y	A
I	37,5	110	1500
II	137,5	60	15000
III	140	100	2700

Решение:

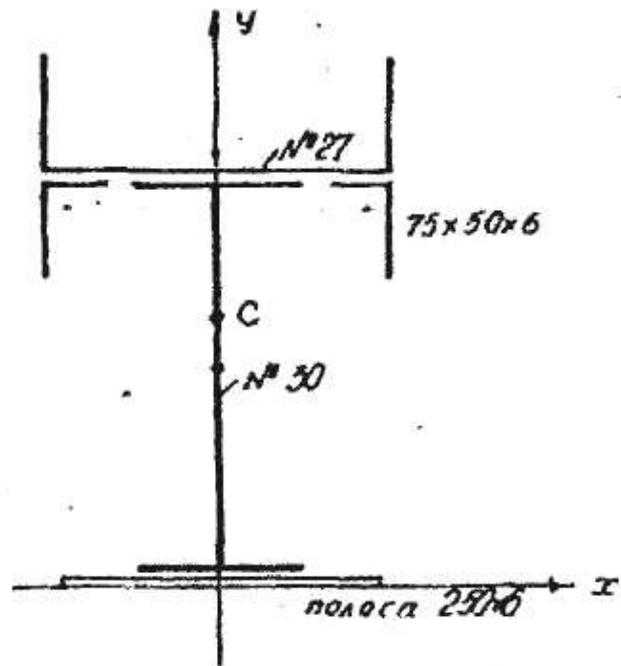
$$X_c = \frac{X_1 A_1 + X_2 A_2 - X_3 A_3}{A_1 + A_2 - A_3} = \frac{37,5 \cdot 1500 + 137,5 \cdot 15000 - 140 \cdot 2700}{1500 + 15000 - 2700} = 159,79 \text{ мм};$$

$$y_c = \frac{y_1 A_1 + y_2 A_2 - y_3 A_3}{A_1 + A_2 - A_3} = \frac{110 \cdot 1500 + 60 \cdot 15000 - 100 \cdot 2700}{1500 + 15000 - 2700} = 51,6 \text{ мм};$$

Ответ:  $X_c = 159,79 \text{ мм}$ ;  $Y_c = 51,6 \text{ мм}$ .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.					Лит.	Масса	Масштаб
Провер.							
Т.контр.					Лис 1                      Листов		
Н. контр.							
Утверд.							
РГР № Определение центра тяжести							
19							

	$y$	$A$
	33,07	35,2
	15,6	46,5
	28,16	7,25
	28,16	7,25
	0,3	15



Решение:

$$\begin{aligned}
 y_c &= \frac{y_1 \cdot A_1 + y_2 \cdot A_2 + y_3 \cdot A_3 + y_4 \cdot A_4 + y_5 \cdot A_5}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5} = \\
 &= \frac{33,07 \cdot 35,2 + 15,6 \cdot 46,5 + 28,16 \cdot 7,25 + 28,16 \cdot 7,25 + 0,3 \cdot 15}{35,2 + 46,5 + 7,25 + 7,25 + 15} = \\
 &= \frac{2302,284}{11,20} = 20,7 \text{ см}
 \end{aligned}$$

Ответ:  $y_c = 20,7 \text{ см}$ .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.					Лит.	Масса	Масштаб
Провер.							
Т.контр.					Лис 1                      Листов		
Н. контр.							
Утверд.							
РГР № Определение центра тяжести							
20							



## Практическая работа №6

Тема: «Растяжение и сжатие»

Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений.

**Цель:** Используя метод сечений, определить продольные силы, нормальные напряжения в поперечных сечениях и абсолютное удлинение.

**Общие сведения:**



При растяжении (сжатии) образца под действием продольных сил в поперечных сечениях возникают напряжения, которые согласно закону Гука определяется:

, где  $\delta$  — механическое напряжение

$$\delta = E|\varepsilon| \quad \varepsilon = \frac{\Delta l_0}{l_0} \text{ — относительное удлинение}$$

$l_0$  — первоначальная длина образца

$E$  — модуль упругости материала [М Па]

Нормальное напряжение в любой точке образца можно определить по формуле:

$$\delta = \frac{N}{A} \quad \text{где } N \text{ — нормальная сила}$$

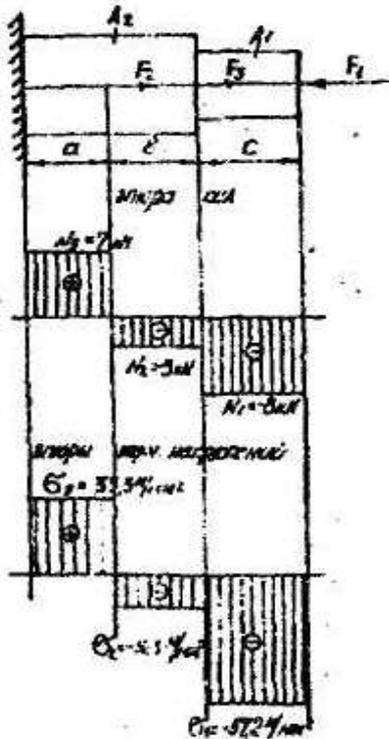
$A$  — площадь поперечного сечения

**Правила знаков:** Проекция внешних сил, направленных от сечения положительны и наоборот.

**Контрольные вопросы:**

1. Что называется растяжением (сжатием)?
2. Как изменится напряжение в сечении бруса, если его площадь увеличить в 2 раза?
3. Что называют относительным удлинением?

$F_1$	$F_2$	$F_3$	$A_1$	$A_2$	$a$	$b$	$c$
кН			мм <sup>2</sup>		м		
8	10	5	140	210	0,3	0,4	0,6



Решение:

$$-\delta = N / A, \text{ } \mu\text{м}^2;$$

$$-\delta_1 = N_1 / A_1 = 8000 / 140 = 57,2 \text{ } \mu\text{м}^2;$$

$$-\delta_2 = N_2 / A_2 = 3000 / 210 = 14,3 \text{ } \mu\text{м}^2;$$

$$\delta_3 = N_3 / A_2 = 7000 / 210 = 33,3 \text{ } \mu\text{м}^2;$$

$$\Delta l = \frac{\delta \cdot l}{E}, \text{ мм}; E = 2 \cdot 10^5 \text{ } \mu\text{м}^2;$$

$$-\Delta l_1 = \frac{\delta_1 \cdot c}{E} = \frac{57,2 \cdot 600}{2 \cdot 10^5} = 0,17 \text{ мм};$$

$$-\Delta l_2 = \frac{\delta_2 \cdot b}{E} = \frac{14,3 \cdot 400}{2 \cdot 10^5} = 0,0286 \text{ мм};$$

$$\Delta l_3 = \frac{\delta_3 \cdot a}{E} = \frac{33,3 \cdot 300}{2 \cdot 10^5} = 0,05 \text{ мм};$$

$$\Delta l = -\Delta l_1 - \Delta l_2 + \Delta l_3, \text{ мм};$$

$$\Delta l = -0,17 - 0,028 + 0,05 = -0,148 \text{ мм};$$

Ответ:  $\Delta l = -0,148 \text{ мм}.$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.					Лит.	Масса	Масштаб
Провер.							
Т.контр.					Лис 1                      Листов		
Н. контр.							
Утверд.							

РГР № Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений

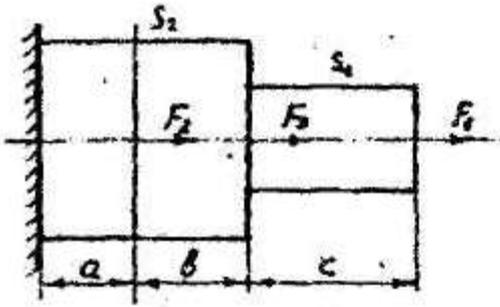
Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений

Схема	Вариант	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$A_1$	$A_2$	$a$	$b$	$c$
		кН			мм <sup>2</sup>		м		
1	1	12	6	12	120	260	0,2	0,4	0,6
	2	13	5	12	110	270	0,25	0,45	0,5
	3	11	8	13	130	280	0,35	0,35	0,4
	4	10	9	14	125	250	0,40	0,35	0,5
2	5	15	7	30	100	320	0,15	0,40	0,55
	6	14	8	27	125	310	0,18	0,25	0,65
	7	16	9	28	130	300	0,22	0,35	0,70
	8	15	7	30	140	350	0,25	0,45	0,75
3	9	18	22	9	160	360	0,20	0,50	0,65
	10	17	23	8	150	350	0,22	0,48	0,70
	11	16	24	7	155	370	0,25	0,62	0,75
	12	13	23	10	160	380	0,30	0,75	0,8
4	13	18	32	5	120	310	0,10	0,25	0,5
	14	17	33	6	125	320	0,20	0,35	0,8
	15	16	40	6	130	300	0,55	0,55	0,9
	16	15	32	7	120	200	0,25	0,45	0,8
5	17	20	40	30	140	350	0,6	0,8	0,3
	18	21	42	31	145	340	0,5	0,75	0,4
	19	21	51	32	150	330	0,65	0,75	0,50
	20	18	48	26	160	360	0,45	0,80	0,6
6	21	20	13	53	130	410	0,10	0,30	0,6
	22	21	12	50	125	400	0,25	0,4	0,5
	23	22	14	54	130	420	0,35	0,5	0,4
	24	23	12	55	135	420	0,4	0,2	0,3
7	25	20	52	23	150	410	0,65	0,5	0,3
	26	21	54	22	140	440	0,65	0,55	0,3
	27	22	55	22	145	450	0,45	0,4	0,8
	28	23	56	23	155	450	0,45	0,4	0,7
8	29	30	41	8	160	420	0,3	0,5	0,75
	30	21	39	9	165	400	0,4	0,4	0,6

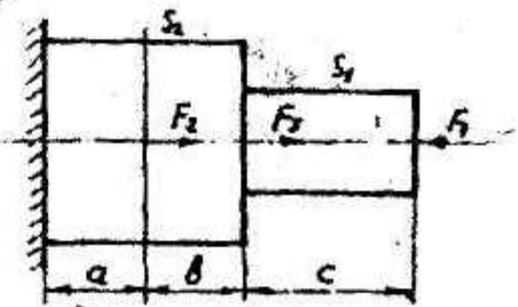
### Построение эпюр крутящих моментов

Схема	Вариант	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$a$	$b$	$c$
		Н · м			м		
1	1	200	150	100	0,15	0,20	0,30
	2	190	160	110	0,16	0,21	0,31
	3	180	170	120	0,17	0,22	0,32
	4	170	180	130	0,18	0,23	0,33
2	5	200	150	600	0,20	0,30	0,20
	6	210	160	610	0,21	0,31	0,21
	7	220	170	620	0,22	0,32	0,22
	8	230	180	630	0,23	0,33	0,23
3	9	400	100	200	0,30	0,25	0,30
	10	410	110	210	0,31	0,26	0,31
	11	420	120	220	0,32	0,27	0,32
	12	430	130	230	0,33	0,28	0,33
4	13	100	300	150	0,40	0,10	0,15
	14	110	310	160	0,41	0,11	0,16
	15	120	320	170	0,42	0,12	0,17
	16	130	330	180	0,43	0,13	0,18
5	17	200	100	700	0,15	0,20	0,10
	18 ✓	210	110	710	0,16	0,21	0,11
	19	220	120	720	0,17	0,22	0,12
	20	230	130	730	0,18	0,23	0,13
6	21	300	400	800	0,20	0,35	0,20
	22	310	410	810	0,21	0,36	0,21
	23	320	420	820	0,22	0,37	0,22
	24	330	430	830	0,23	0,38	0,23
7	25	400	210	300	0,30	0,15	0,20
	26	410	220	310	0,31	0,16	0,21
	27	420	230	320	0,32	0,17	0,22
	28	430	250	330	0,33	0,18	0,23
8	29	300	800	150	0,25	0,26	0,27
	30	310	810	160	0,26	0,27	0,28

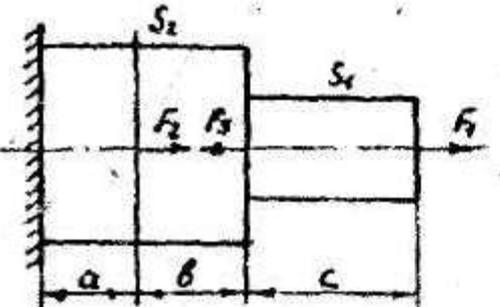
①



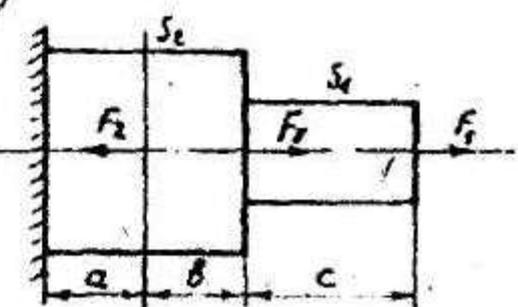
②



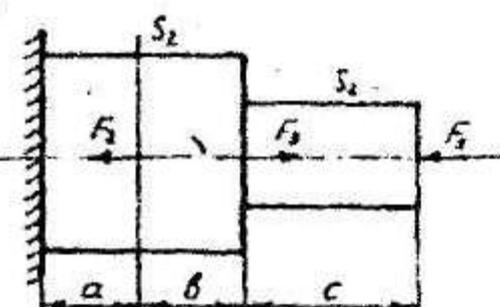
③



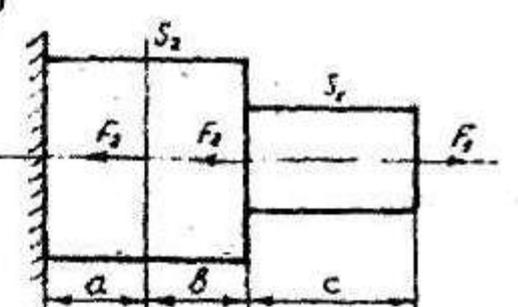
④



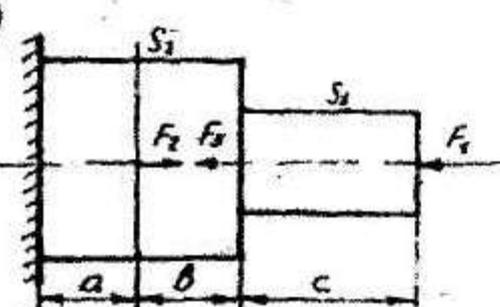
⑤



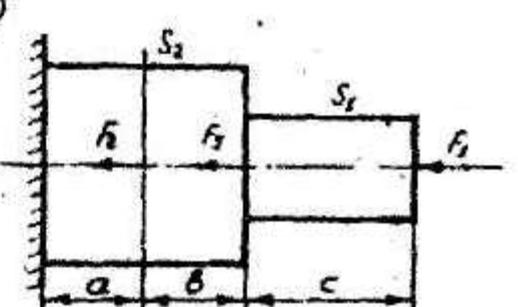
⑥



⑦



⑧



Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений

Схема	Вариант	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$A_1$	$A_2$	$a$	$b$	$c$
		кН			мм <sup>2</sup>		м		
1	1	12	6	12	120	260	0,2	0,4	0,6
	2	13	5	12	110	270	0,25	0,45	0,5
	3	11	8	13	130	280	0,35	0,35	0,4
	4	10	9	14	125	250	0,40	0,35	0,5
2	5	15	7	30	100	320	0,15	0,40	0,55
	6	14	8	27	125	310	0,18	0,25	0,65
	7	16	9	28	130	300	0,22	0,35	0,70
	8	15	7	30	140	350	0,25	0,45	0,75
3	9	18	22	9	160	360	0,20	0,50	0,65
	10	17	23	8	150	350	0,22	0,48	0,70
	11	16	24	7	155	370	0,25	0,62	0,75
	12	13	23	10	160	380	0,30	0,75	0,8
4	13	18	32	5	120	310	0,10	0,25	0,5
	14	17	33	6	125	320	0,20	0,35	0,8
	15	16	40	6	130	300	0,55	0,55	0,9
	16	15	32	7	120	200	0,25	0,45	0,8
5	17	20	40	30	140	350	0,6	0,8	0,3
	18	21	42	31	145	340	0,5	0,75	0,4
	19	21	51	32	150	330	0,65	0,75	0,50
	20	18	48	26	160	360	0,45	0,80	0,6
6	21	20	13	53	130	410	0,10	0,30	0,6
	22	21	12	50	125	400	0,25	0,4	0,5
	23	22	14	54	130	420	0,35	0,5	0,4
	24	23	12	55	135	420	0,4	0,2	0,3
7	25	20	52	23	150	410	0,65	0,5	0,3
	26	21	54	22	140	440	0,65	0,55	0,3
	27	22	55	22	145	450	0,45	0,4	0,8
	28	23	56	23	155	450	0,45	0,4	0,7
8	29	30	41	8	160	420	0,3	0,5	0,75
	30	21	39	9	165	400	0,4	0,4	0,6

## Практическая работа №7

### Тема; Кручение. Построение эпюр крутящих моментов

**Цель работы:** Для стального ступенчатого вала определить значения внешних моментов, соответствующих передаваемым мощностям, крутящих моментов и произвести проектировочный расчет (определить  $d$ - диаметр вала).

Общие сведения: Крутящие моменты  $M_k$  находятся из уравнения равновесия

$$M_z = \sum m_z, \quad m = \frac{N}{\omega} \quad \text{где}$$

$m$  — внешний момент

$N$  — мощность

$\omega$  — угловая скорость

Условие прочности при кручении:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau_k]$$

Где  $M_k$  - крутящий момент в сечении [Нм]

$W_p$  - момент сопротивления при кручении [м<sup>3</sup>]

$[\varphi_0]$  — допускаемый угол закручивания [рад/м]

$[\tau_0]$  — допускаемое значение касательного напряжения

для круглого сечения

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2d^3$$

Условия жесткости при кручении

$$\varphi_0 = \frac{M_k}{GJ_p} \leq [\varphi_0]$$

Где  $G$  — модуль упругости при сдвиге

$J_p$  — полярный момент инерции в сечении [м<sup>4</sup>]

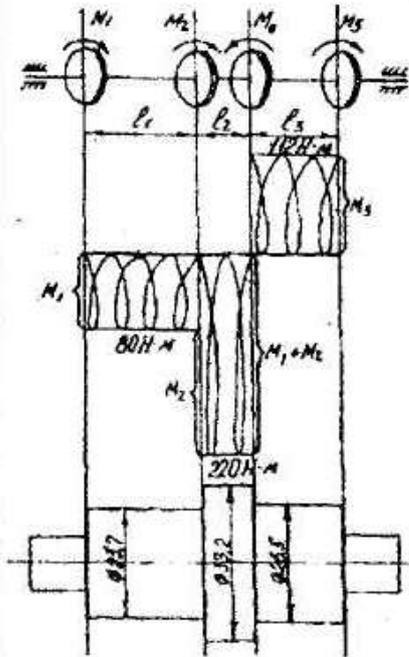
$[\varphi_0]$  — допускаемый угол закручивания

для круга  $J_p = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1d^4$

Контрольные вопросы:

1. Что называется кручением?
2. Указать размерность величины  $[W_p]$
3. Как изменится угол закручивания вала, если крутящий момент увеличится в 2 раза, а диаметр увеличится в 4 раза?

$l_1$	$l_2$	$l_3$	$P_1$	$P_2$	$P$	$\omega$	$[\tau]_{кр}$
М			кВт			рад/с	МПа
0,6	0,3	0,5	2	3,5	2,8	25	30



$$M_1 = P_1 / \omega = 2000 / 25 = 80 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = P_2 / \omega = 3500 / 25 = 140 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = P_3 / \omega = 2800 / 25 = 112 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{M_1}{0,2 \cdot [\tau]_{кр}}} = \sqrt[3]{\frac{80 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 23,7 \text{ мм};$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{M_1 + M_2}{0,2 \cdot [\tau]_{кр}}} = \sqrt[3]{\frac{220 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 33,2 \text{ мм};$$

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{M_3}{0,2 \cdot [\tau]_{кр}}} = \sqrt[3]{\frac{112 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 26,5 \text{ мм};$$

Ответ:  $d_1 = 23,7 \text{ мм}$ ;  $d_2 = 33,2 \text{ мм}$ ;  $d_3 = 26,5 \text{ мм}$ .

$$\varphi^0 = \frac{180}{\pi} \frac{M_{кр} \cdot l}{G \cdot I_p};$$

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1 d^4; \quad G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа};$$

$$\varphi_1 = \frac{180}{3,14} \frac{80 \cdot 10^3 \cdot 600}{8 \cdot 10^4 \cdot 0,1 \cdot 33,2^4} = 0,108^\circ;$$

$$\varphi_2 = \frac{180}{3,14} \frac{220 \cdot 10^3 \cdot 300}{8 \cdot 10^4 \cdot 0,1 \cdot 23,7^4} = 0,039^\circ;$$

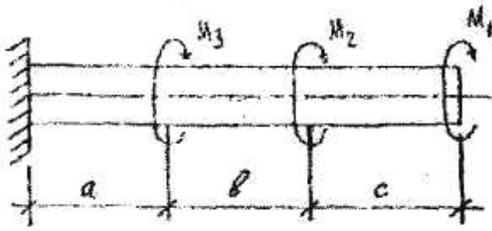
$$\varphi_3 = \frac{180}{3,14} \frac{112 \cdot 10^3 \cdot 500}{8 \cdot 10^4 \cdot 0,1 \cdot 26,5^4} = 0,81^\circ.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	РГР № Построение эпюр крутящих моментов 29	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Провер.								
Т.контр.								
Н.контр.								
Утверд.						Лис 1	Листов	

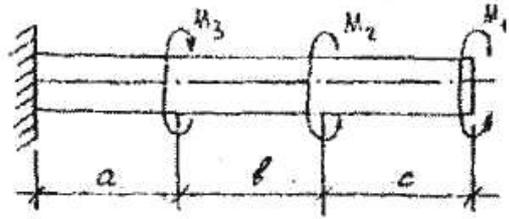
### Построение эпюр крутящих моментов

Схема	Вариант	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$a$	$b$	$c$
		Н · м					
1	1	200	150	100	0,15	0,20	0,30
	2	190	160	110	0,16	0,21	0,31
	3	180	170	120	0,17	0,22	0,32
	4	170	180	130	0,18	0,23	0,33
2	5	200	150	600	0,20	0,30	0,20
	6	210	160	610	0,21	0,31	0,21
	7	220	170	620	0,22	0,32	0,22
	8	230	180	630	0,23	0,33	0,23
3	9	400	100	200	0,30	0,25	0,30
	10	410	110	210	0,31	0,26	0,31
	11	420	120	220	0,32	0,27	0,32
	12	430	130	230	0,33	0,28	0,33
4	13	100	300	150	0,40	0,10	0,15
	14	110	310	160	0,41	0,11	0,16
	15	120	320	170	0,42	0,12	0,17
	16	130	330	180	0,43	0,13	0,18
5	17	200	100	700	0,15	0,20	0,10
	18 ✓	210	110	710	0,16	0,21	0,11
	19	220	120	720	0,17	0,22	0,12
	20	230	130	730	0,18	0,23	0,13
6	21	300	400	800	0,20	0,35	0,20
	22	310	410	810	0,21	0,36	0,21
	23	320	420	820	0,22	0,37	0,22
	24	330	430	830	0,23	0,38	0,23
7	25	400	210	300	0,30	0,15	0,20
	26	410	220	310	0,31	0,16	0,21
	27	420	230	320	0,32	0,17	0,22
	28	430	250	330	0,33	0,18	0,23
8	29	300	800	150	0,25	0,26	0,27
	30	310	810	160	0,26	0,27	0,28

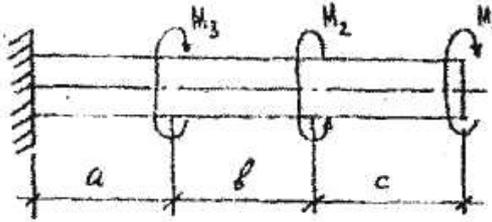
1



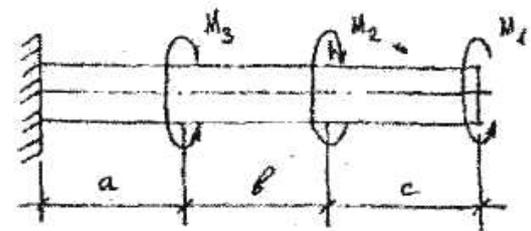
2



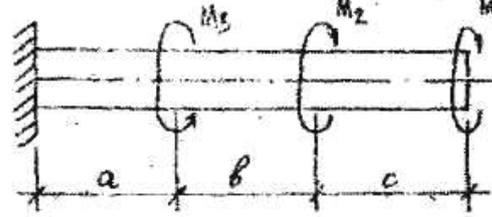
3



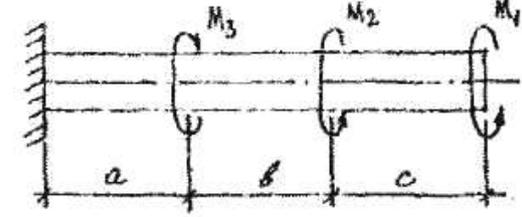
4



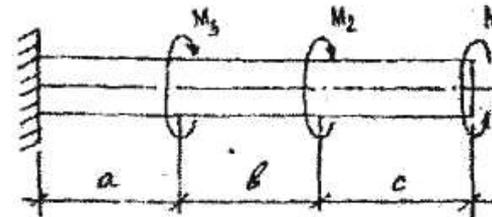
5



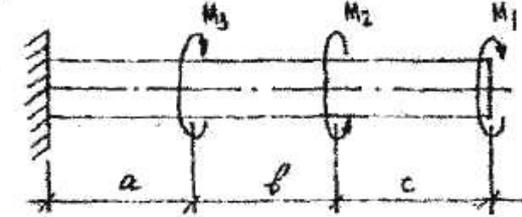
6



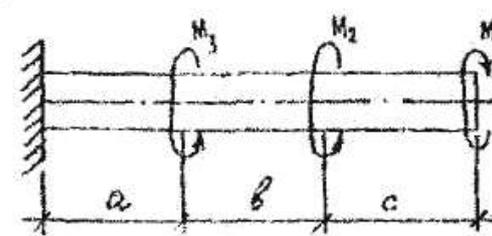
7



8



9



## Практическая работа № 8

**Тема;** Изгиб. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.

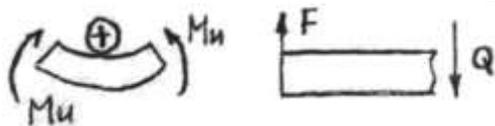
**Цель работы:** Научиться определять поперечные силы и изгибающие моменты, строить эпюры  $Q_y$  и  $M_x$  и, используя условия прочности, подбирать размеры поперечного сечения (двутавр) стальной балки.

**Общие сведения:** Для определения опорных реакций балок использовать уравнения равновесия:  $\sum M_A = 0$ ,  $\sum M_B = 0$  и  $\sum y = 0$ , (для проверки правильности решения)

Условие прочности при изгибе:

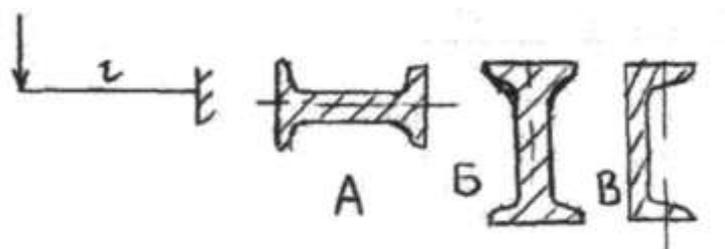
$$\sigma_{и}^{\max} = \frac{M_{и}}{W_x} \leq [\sigma_{и}], \text{ где } M_x \text{ — макс изгибающий момент (находят из эпюры } M^*)$$

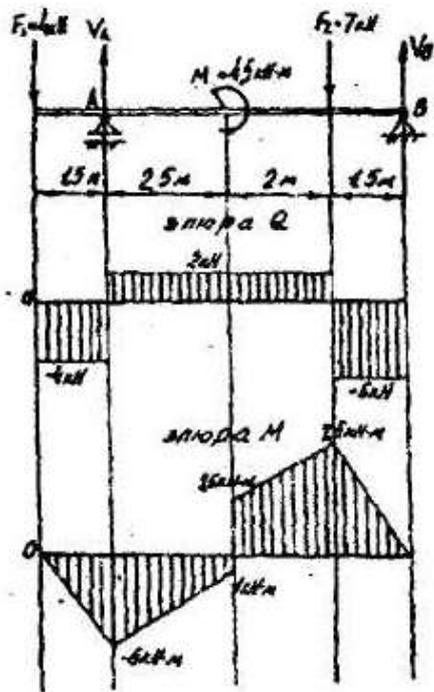
Знаки изгибающих моментов  $[\sigma_{и}]$  — допускаемое напряжение



Контрольные вопросы:

1. Что называется изгибом?
2. Чем отличается чистый изгиб от поперечного изгиба?
3. В каком из вариантов сечение балки выдержит наибольшую нагрузку?





Решение:

$$\Sigma M_A = 0; -F_1 \cdot 1.5 + M + F_2 \cdot 4.5 - V_B \cdot 6 = 0;$$

$$-4 \cdot 1.5 + 4.5 + 7 \cdot 4.5 = V_B \cdot 6;$$

$$V_B = 30 / 6 = 5 \text{ кН};$$

$$\Sigma M_B = 0; -F_1 \cdot 7.5 + V_B \cdot 6 + M + F_2 \cdot 1.5 = 0;$$

$$-4 \cdot 7.5 + V_B \cdot 6 + 4.5 - 7.5 = 0;$$

$$V_B = 36 / 6 = 6 \text{ кН};$$

$$\text{Проверка: } \Sigma Y = 0; -F_1 + V_B - F_2 + V_B = 0;$$

$$-4 + 6 - 7 + 5 = 0; 0 = 0;$$

Определение поперечных сил:

$$Q_I = -F_1 = -4 \text{ кН}; Q_{II} = -F_1 + V_B = -4 + 6 = 2 \text{ кН};$$

$$Q_{III} = -V_B = -5 \text{ кН}; Q_{IV} = -V_B + F_2 = -5 + 7 = 2 \text{ кН}.$$

Определение изгибающих моментов:

$$M_I = -F_1 \cdot X_1 = -4X_1, \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\text{при } X_1 = 0, M_I = 0; X_1 = 1.5 \text{ м}, M_I = -4 \cdot 1.5 = 6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{II} = -F_1 \cdot X_2 - V_B(X_2 - 1.5) = -4X_2 + 6(X_2 - 1.5);$$

$$\text{при } X_2 = 1.5 \text{ м}, M_{II} = -6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$X_2 = 4 \text{ м}, M_{II} = -4 \cdot 4 + 6(4 - 1.5) = -16 + 15 = -1 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{III} = V_B \cdot X_3 = 5X_3;$$

$$\text{при } X_3 = 0; M_{III} = 0;$$

$$X_3 = 1.5 \text{ м}, M_{III} = 5 \cdot 1.5 = 7.5 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{IV} = V_B \cdot X_4 - F_2(X_4 - 1.5) = 5X_4 - 7(X_4 - 1.5);$$

$$\text{при } X_4 = 1.5 \text{ м}, M_{IV} = 7.5 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$X_4 = 3.5 \text{ м}, M_{IV} = 5 \cdot 3.5 - 7(3.5 - 1.5) = 17.5 - 14 = 3.5 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$W_x = M_{\text{max}} / [\delta_{\text{из}}] = 7.5 \cdot 10^5 / 160 = 46800 \text{ мм}^3;$$

$$[\delta_{\text{из}}] = 160 \text{ МПа}; W_x = 46.8 \text{ см}^3;$$

По ГОСТ 8239-72 принимаем двутавр №12 с  $W_x = 58.4 \text{ см}^3$ ;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	РГР № Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Провер.								
Т.контр.								
Н.контр.								
Утверд.								
						Лис 1	Листов	

## Введение

Методические указания предназначены для помощи студентам в организации их деятельности по проведению эксперимента. В ходе работы формируются:

- практические умения и навыки работы с техническим устройством - гидравлическим прессом П-125. Пресс представляет собой установку, состоящую из нагружающего устройства и пульта управления.
- исследовательские умения. Наблюдать, сравнивать, делать выводы, устанавливать зависимости, оформлять результаты.

### **Раздел 1 Общие требования**

- **по теоретической подготовке.** Необходимо знать содержание § 2.9(1) по теме «Статические испытания материалов. Основные механические характеристики»
  - **по технике безопасности**
    - испытание проводить только при установленном ограждении.
    - ручки переключения диапазонов нагрузки НЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЬ при работе прессы.

#### **ЗАПРЕЩАЕТСЯ!!!**

– эксплуатировать пресс при давлении, превышающем указанным в формуляре. \_\_\_\_\_

- Отчеты оформляются в соответствии с требованиями к оформлению текстовой документации и ЕСКД
- Работа оценивается в результате защиты преподавателю.

## Раздел 2 Указание к выполнению лабораторной работы

### 2.1 Лабораторная работа №1

**Тема работы** - испытание материалов на сжатие.

**Цель работы** - Определение механических характеристик пластичных и хрупких материалов при сжатии - пределов прочности, текучести и их сравнение.

#### **Оснащение работы**

- Испытание производится на гидравлическом прессе п-125, Предназначенном для испытаний строительных материалов (бетона, металлов, природных и искусственных строительных камней)
- образцы для испытаний кубической и цилиндрической формы
- справочная таблица

#### **Ход работы**

1. Подключить пресс к электросети.
2. Установить нужный диапазон нагрузок
3. Стрелку силоизмерителя поставить на «нуль», контрольную стрелку подвести к рабочей
4. Установите образец на «стол»
5. «Запишите» ось деформации на бумаге диаграммного аппарата
6. Нагружайте образец, наблюдая за записью диаграммы
7. После разрушения образца выключите насосную установку и отключите пресс от сети.

## Общие сведения

На рис. 2.1. показаны диаграммы сжатия малоуглеродистых сталей, алюминия (кривые 1,2 ) и хрупкого материала (кривая 3). На диаграмме сжатия образца из пластичного материала ОА соответствует упругим деформациям, пропорциональным нагрузке (Закон Гука), АВ - площадка текучести существенно меньшая по сравнению с площадкой текучести при растяжении. ВС - область упрочнения. На участке СД происходит расплющивание материала, сопровождающегося быстрым ростом нагрузки, Так как пластичные материалы при сжатии не разрушаются, то предела прочности для таких материалов не существует. Основной характеристикой прочности пластичных материалов при сжатии является предел текучести.

$$\delta_y = F_y / A_0$$

$F_y$  - нагрузка, соответствующая наступлению текучести;

$A_0$  - начальная площадь поперечного сечения образца.

При сжатии образца из хрупкого материала его разрушение происходит с образованием трещин, направленных под углом  $45^\circ$  Оси образца, т.е. совпадающих с плоскостями возникновения максимальных касательных напряжений (рис.2.1.). Возникшие трещины распространяются практически мгновенно, процесс может носить почти взрывной характер. Поэтому, когда хрупкие материалы (чугун, кирпич, стекло) сжимают или разбивают молотком, разлетаются осколки, которые могут быть опасными. Диаграмма сжатия хрупкого материала (рис.2.1.) похожа на диаграмму растяжения, однако временное сопротивление при сжатии оказывается значительно выше, чем при растяжении, т.е. хрупкие материалы сопротивляются сжатию значительно лучше, чем растяжению.

Прочность хрупкого материала при сжатии характеризуется пределом

### **Прочности**

В тех случаях, когда пределы текучести при растяжении и сжатии различны, их обозначают соответственно  $\sigma_{ур}$  и  $\sigma_{ус}$ . Примерами материал слу

жат некоторые легированные стали, подвергнутые закалке.. Такие материалы иногда называют хрупкопластичными. Образцы для испытания имеет цилиндрическую форму (рис.2.2). Испытание на сжатие дерева, бетона и других строительных материалов, например, стеклопластика, при сжатии обычно теряют работоспособность иначе. Под действием сжимающих нагрузок волокна образца изгибаются все вместе, образуя складку, образующуюся поперек образца. Эти складки могут проходить под углом 90 град. к направлению сжимающей силы (дерево, рис.2.3.,а) или наклонно под различными углами (дерево, рис.2.3.,б). В этих материалах складки часто образуются уже при сравнительно небольших напряжениях, т.е. на сжатие эти материалы работают плохо, что следует иметь в виду при использовании их в конструкциях.

В табл.2.1. приведены основные механические характеристики некоторых материалов.

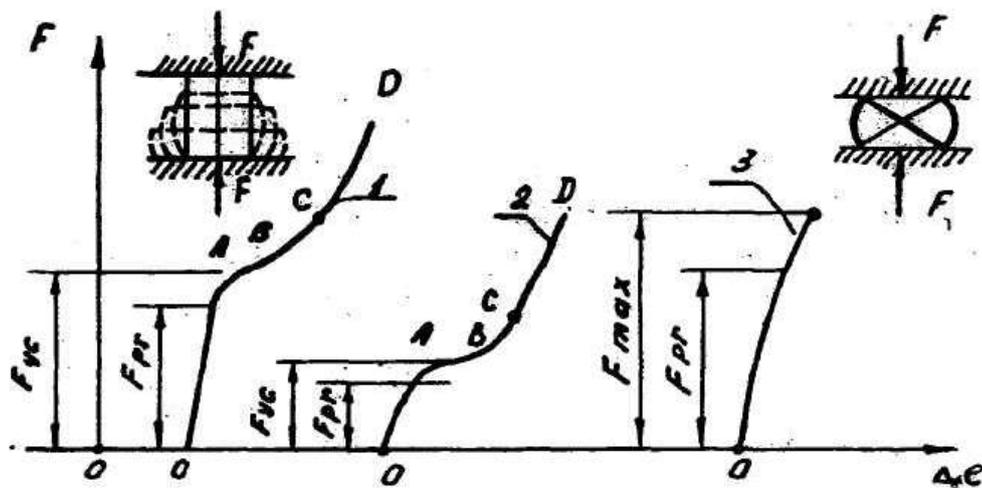


Рис. 2.1. Диаграмма сжатия: 1- малоуглеродистой стали; 2- алюминия; 3- чугуна

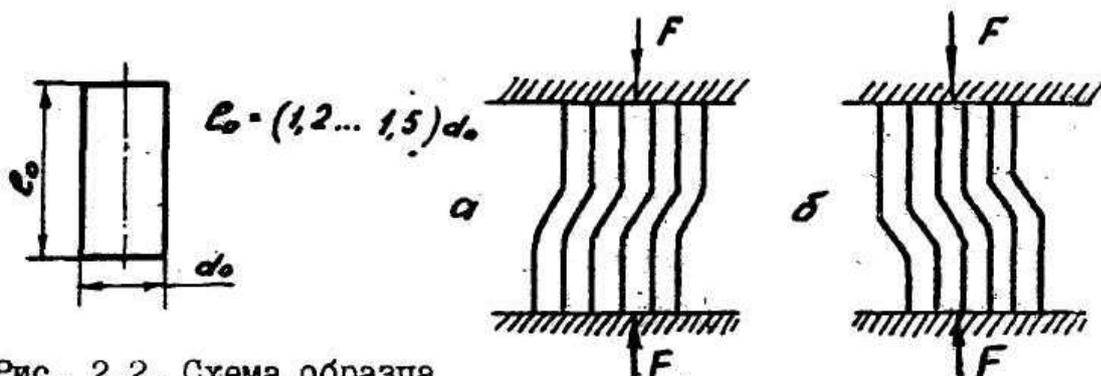


Рис. 2.2. Схема образца на сжатие

Рис. 2.3. Схема деформации волоконных материалов при сжатии

Материал	$\delta_{yt}$ , МПа	$\delta_{yc}$ , МПа	$\delta_y$ , МПа	$\delta_{yt}$ , %
Сталь				
20 (Ст 3)	420	-	250	25
40 (Ст 6)	610	-	360	16
40Х	1000	-	800	10
12ХНЗА	950	-	700	11
Чугун				
Сч 12-28	420	-	250	25
Сч 18-36	610	-	360	16
Дюралюмин д16	1000	-	800	10
Текстолит ПТК	950	-	700	11

## 2.2 Проведение испытаний и обработка результатов

Испытание производится на прессе П-125. Образец устанавливается между плитами 6 и 7. Результаты испытаний записать в протокол.

Протокол испытаний на сжатие образцов на машине

Марка материала		
Начальный диаметр $d_0$ , мм		
Начальная расчетная длина (высота) ) $l_0$ , мм		
Начальная площадь поперечного сечения образца $A_0$ , мм <sup>2</sup>		
Наличие смазки на торцах		
Нагрузка при пределе текучести $d_{uc}$ , $d_0$ , Н		
Предел текучести $\delta_{uc}$ , $\delta_{0,2}$ , МПа		
Максимальная нагрузка $F_{max}$ , Н		
Временное сопротивление $\delta_{uc}$ , МПа		

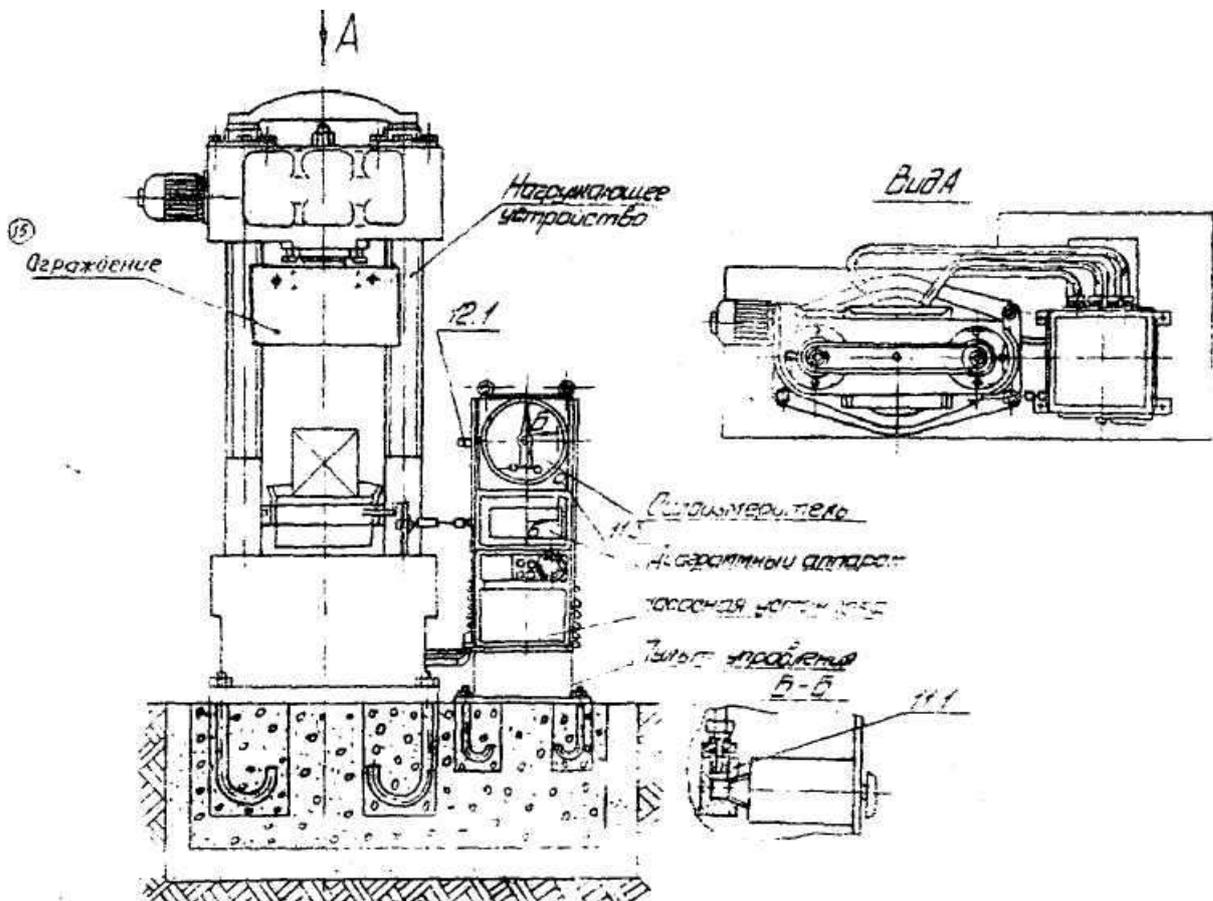
Перечертить в рабочую тетрадь машинную диаграмму сжатия материала.

По данным опыта определить пределы прочности материалов по формуле  $\delta_{пч} = F_{max} / A_0$  ( $\delta_{пч} = \delta_{uc}$  – временное сопротивление).

Сравнить полученные результаты с табличными и сделать вывод о свойствах испытываемых материалов и соответствиях их с ГОСТом.

### Контрольные вопросы

1. Нарисуйте диаграммы сжатия материалов и поясните все стадии деформирования.
2. Объясните, почему образцы пластичных материалов принимают бочкообразную форму, а образцы хрупких материалов разрушаются сколом по плоскостям, расположенным под углом  $45^{\circ}$ ..... $50^{\circ}$
3. Перечислите все механические характеристики пластичных хрупких материалов, определяемые в результате испытания на сжатие.



## Лабораторная работа №2

**Тема работы-** изучение устройства зубчатого редуктора.

**Цель работы-** Познакомиться с устройством зубчатого редуктора и определить его КПД (коэффициент полезного действия).

**Оснащенность работы-** зубчатый редуктор, набор инструментов для разборки и сборки редуктора, методическое указание.

### Ход работы

1. Изучить по учебнику. §
2. Познакомиться с паспортными данными редуктора.
3. Снять крышку редуктора и изучить его устройство.
4. Составить таблицу исходных данных.

$P_1$ кВт	$n_1$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$

5. Определить КПД редуктора.
6. Оформить отчет на формате А<sub>4</sub>.

### Общие сведения

Коэффициент полезного действия зубчатой передачи показывает какая часть полученной передачей мощности расходуется полезно и определяется по формуле.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% \quad , \text{ где } \begin{array}{l} \eta - \text{КПД} \\ P_1 - \text{мощность на входном валу} \\ P_2 - \text{мощность передачи} \end{array}$$

$$P = T \cdot \omega \quad , \quad T - \text{вращательный момент}$$

$$\omega - \text{угловая скорость } \omega = 2 \pi n \quad \text{и} \quad \omega = \frac{n}{30} \text{ рад}$$

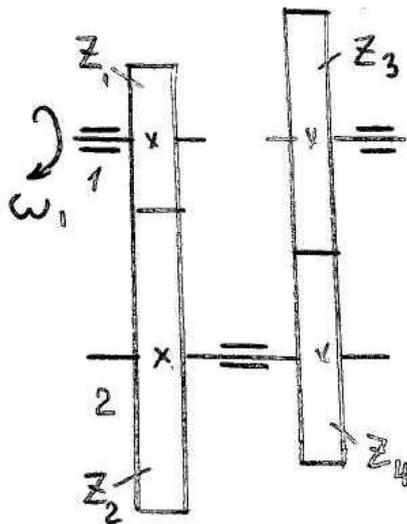
$n$  - частота вращения [об/мин.]

Зубчатая передача характеризуется передаточным числом  $u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$  , где

$Z$  - число зубьев колеса

$$u = u_{12} \cdot u_{34}$$

**Пример:** Определить КПД двухступенчатого зубчатого цилиндрического редуктора, если  $z_1=16$   $z_3=16$   
 $z_2=20$   $z_4=52$



кинематическая  
 схема 2х ступенчатого  
 редуктора

$P_1=4,5$  кВт  
 $n_1=1146$  об/мин.  
 $T_2=140$  Кн м

1. Определим передаточное число

$$u=u_1 \text{ и } u_2 = \frac{Z_2 \cdot Z_4}{Z_1 \cdot Z_3} \quad u_2 = \frac{20 \cdot 52}{16 \cdot 16} = 4$$

2. Определим частоту вращения  $n_2$

$$u = \frac{n_1}{n_2} \quad n_2 = \frac{n_1}{u} = \frac{1146}{4} = 287 \text{ }^1/\text{мин}$$

3. Определим угловую частоту

$$\omega_2 = \frac{\pi n_2}{30} = \frac{3,14 \cdot 287}{30} = 29,57 = 30 \text{ рад/с}$$

1. Определим мощность на втором валу

$$P_2 = T_2 \cdot \omega_2 = 140 \cdot 30 = 4139,99 \text{ Вт} = 4,14 \text{ кВт}$$

5. Определим КПД

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{4,14}{4,5} = 0,92 \cdot 100\% = 92\%$$

Вывод: 92 % затраченной мощности расходуется полезно.

### Контрольные вопросы

1. Каково назначение редуктора?
2. Как определить КПД передачи, каков его физический смысл?

Из каких составных частей состоит зубчатый цилиндрический редуктор?

## Библиографический список

1. А.И. Аркуша Техническая механика . Теоретическая механика и сопротивление материалов. Учебник для средних спец. учеб. заведений/ А.И. Аркуша -4 издание испр- М; Высшая школа, 2002 – 352с
2. Касаткин Б.С. и др. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений- Киев Наук 1981-584с.
3. Афанасьев А.М.;Маркин В.А. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов- М, Наука, 1975-288с
4. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов.- М, Металлургия 1983-352с
5. Мадуева В.И. Методические указания по выполнению практических работ по технической механике. БЛПК г. Улан-Удэ 2006г. 28с

Методические указания  
к выполнению лабораторных и практических занятий

автор Громакина Е.М

редактор Хинхаева Е.Т.

.

Сдано в производство 30.04.09г.

Формат 60 x 84 1/16

Усл. печ.и 2,6 п.л. Уч. изд. Е \_\_\_\_\_

Бумага ксероксная. Ризография

Тираж 25 экз. Заказ № 45

Отпечатано: БЛПК

адрес: Пр. Победы 20

Статистика ( 40 000 )= уч.изд-я  
усл. знаки