

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»
(ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО»)

**Бахчисарайский колледж строительства,
архитектуры и дизайна (филиал)
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»**

Утверждаю
Директор Бахчисарайского
колледжа строительства,
архитектуры и дизайна
(филиал) ФГАОУ ВО «КФУ
им. В.И. Вернадского»
_____ Г.П. Пехарь

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПОДГОТОВКЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОП 02. ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

для обучающихся заочной формы обучения

Специальность:

08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения
для среднего профессионального образования

г. Бахчисарай
2016 г.

Рассмотрено и одобрено на заседании
методического совета,
протокол № 6 от 29 января 2016 г.

Введено в действие
приказом директора
от «03» января 2016 г. № 23

Разработчик:

Вербицкий В.И. Методические рекомендации по подготовке контрольных работ по дисциплине ОП. 02. Техническая механика для обучающихся заочной формы обучения. Специальность: 08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения для среднего профессионального образования. – Бахчисарай: БКСАиД (филиал) ФГАОУ КФУ «им. В.И. Вернадского», 2016. – 25с.

Утверждено на заседании цикловой комиссии № 4 «Дисциплин профессионального цикла по специальности 08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения»

21 января 2016 г.

Протокол № 5

Председатель ЦК  Е.И. Куликова

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Вступление.

Содержание предмета. Роль и значение технической механики в технике. Материя и движение, механическое движение, равновесие.

РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Часть 1. Статика

1.1. Основные понятия и аксиомы.

Материальная точка. Абсолютно твердое тело. Сила и ее характеристика. Система сил, эквивалентные системы. Равнодействующая сила. Аксиомы статики. Свободные и несвободные тела. Узлы и их реакции.

После изучения темы студент должен уметь:

- Использовать при рассмотрении механического состояния тела основные понятия и аксиомы.
- Отделять от системы тел рассматриваемое тело и его узлы, направлять реакции идеальных узлов.

1.2. Плоская система сходящихся сил.

Система сходящихся сил. Сложение сил. Силовой многоугольник. Геометрическое условие равновесия. Проекция силы на одну и две оси.

Аналитический способ изучения равнодействующей (метод проекции). Условие равновесия в аналитической форме.

После изучения темы студент должен уметь:

- Решать задания на равновесие аналитическим способом.
- Выбирать рациональное направление координатных осей и выполнять проверку правильности решения.

1.3. Плоская система пар.

Пара сил и ее характеристика. Эквивалентность пар. Сложение пар. Условие равновесия пар.

После изучения темы студент должен уметь:

- Выполнять эквивалентные преобразования пары сил и эквивалентную замену системы пар сил одной парой.

1.4. Плоская система произвольно расположенных сил.

Момент силы относительно точки. Приведение силы к точке. Приведение плоской системы сил к заданному центру, главному вектору и моменту.

Теорема Вариньона. Уравнение равновесия. Определение опорных реакций балок.

После изучения темы студент должен уметь:

- Определить момент сил относительно точки.
- Определить опорные реакции балки.
- Выбирать рациональное размещение координатных осей и положение центра момента, выполнять проверку решения.

1.5. Пространственная система сил.

Параллелепипед сил. Условия равновесия, уравнения. Момент силы относительно оси.

После изучения темы студент должен уметь:

- Определять момент сил относительно оси (для случая размещения сил в пространстве, перпендикулярной оси.)
- Решать задачи на равновесие различных систем сил.

1.6. Центр тяжести.

Центр параллельных сил. Центр тяжести. Координаты центра тяжести плоских тел. Расположение центра тяжести простых геометрических фигур и прокатных профилей.

1.7. Работа и мощность. Трение.

Работа постоянной силы при поступательном и вращательном движении тела.

Мощность при поступательном и вращательном движении тела. Механическое КПД. Трение скольжения.

После изучения темы студент должен уметь:

- Решать задачи, в которых рассматривается работа и мощность поступательном и вращательном движении тела.

РАЗДЕЛ 2. СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

2.1 Основы положения.

Задачи, решаемые в разделе. Гипотезы и допущения. Силы внешние и внутренние.

Метод сечений. Напряжение. Виды деформаций.

После изучения темы студент должен уметь:

Использовать метод сечений для определения внутренних сил и вида деформации в поперечном разрезе прямого бруса.

2.2. Растяжение и сжатие.

Нормальные силы и ее эпюры. Напряжение в поперечных сечениях. Деформации. Закон Гука. Модуль Юнга. Формула Гука. Коэффициент Пуассона.

Экспериментальное исследование растяжения и сжатия. Границы прочности. Допустимые напряжения. Коэффициент запаса прочности. Три вида расчета при растяжении. Температурные напряжения. Расчет тонкостенных сосудов.

После изучения темы студент должен уметь:

Строить эпюры.

Проводить расчет на прочность.

Определять абсолютное растяжение.

2.3. Практические расчеты на срез.

Срез. Расчетные формулы. Расчет заклепочных соединений.

После изучения темы студент должен уметь:

Выполнять расчеты соединений на срез.

Расчет на смятие.

2.4. Моменты инерции плоских фигур.

Осевые и полярные моменты инерции. Главные центральные моменты инерции простых сечений.

После изучения студент должен уметь:

Вычислять момент инерции плоских фигур.

2.5. Изгиб прямого бруса.

Основные определения. Классификация. Поперечные силы и сгибающие моменты, их эпюры. Нормальные напряжения. Рациональные формы поперечных сечений. Расчеты на прочность.

После изучения темы студент должен уметь:

Строить эпюры изгибающих моментов, вести расчеты на прочность.

Выбирать с целью экономии материала формы поперечного сечения бруса.

2.6. Стойкость сжатых стержней.

Критическая сила. Формула Эйлера. Ясинского. Рациональные формы поперечных сечений. Расчет на стойкость.

После изучения темы студент должен уметь:

Выполнять расчет на стойкость по формулам Эйлера и Ясинского

Раздел 3. ДЕТАЛИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

3.1. Основные положения. Передачи.

Цель и задачи раздела. Механизм и машина. Классификация. Назначение механических передач и их классификация. Основные кинематические и силовые соотношения. Функции передачи: строение, отрасль применения, классификация.

Зубчатые передачи: строение, принципы работы, отрасль применения, классификация, основные параметры эвольвентного зацепления.

Прямозубчатые передачи: кинематический и геометрический расчеты. Разновидности срабатывания зубьев. Материалы. Расчет зубьев по контактному напряжению.

Криволинейные и шевронные цилиндрические передачи, особенности расчета. Конические зубчатые колеса.

Червячные передачи: строение, принцип работы, отрасль применения, классификация КПД передачи, материалы. Кинематический расчетный принцип.

Ременные передачи: строение, принцип работы, отрасль применения, классификация, материалы. Кинематический и геометрический расчет.

Цепные передачи: строение, принцип работы, отрасль применения, классификация. Кинематический и геометрический расчет.

После изучения темы студент должен уметь

Выполнять кинематический и силовой расчеты передач.

Выполнять геометрический расчет передач.

3.2. Валы, оси, опоры.

Валы и оси. Назначение, конструкции, материал, расчет. Опоры скольжения и качения. Расчет, строение, классификация. Выбор подшипников качения.

После изучения темы студент должен уметь:

Выполнять расчет валов и осей.

Знать строение и классификацию опор.

Знать обозначения подшипников качения.

3.3. Муфты.

Муфты, назначение и классификация. Строение и принцип работы. Подбор муфт.

После изучения темы студент должен уметь:

Знать строение муфт и подбирать их по моменту и диаметру вала.

3.4. Соединение деталей.

Сварные и клеевые соединения. Классификация. Расчет. Резьбовые соединения. Классификация.

Детали, материалы, расчет. Способы фиксации.

Шпоночные и шлицевые соединения. Классификация. Сравнительная характеристика. Выбор шпонок и их расчет.

После изучения темы студент должен уметь:

Выбирать вид соединения в зависимости от условий монтажа и демонтажа.

Выполнять расчет соединений.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**К Введению.**

1. Что изучает теоретическая механика?
2. Что такое материя?

К теме 1.1.

1. Какое тело называется абсолютно твердым?
2. Что такое сила и какие единицы ее измерения?
3. Что называется системой сил? Какие системы сил эквивалентны?
4. Что такое аксиомы статики и как они формируются?
5. Что такое равнодействующая и уравнивающая система сил?
6. Связи и их реакции

К теме 1.2.

1. Какие силы называются сходящимися?
2. Проекция силы на одну и две оси, если она параллельна или перпендикулярна оси.

Знаки проекции.

3. В чем заключаются геометрическое условие равновесия системы сходящихся сил?
4. Условие равновесия сходящейся системы сил в аналитической форме.

К теме 1.3.

1. Что называется парой сил?
2. Какое движение совершает свободное твердое тело под действием пары сил?
3. Как определяется момент пары?
4. Какие пары сил эквивалентны?
5. Условие равновесия пар, лежащих в одной плоскости?

К теме 1.4.

1. Что называется моментом силы относительно данной точки? Знак момента.
2. Когда момент силы относительно точки равен нулю?
3. Что значит привести силу к данному центру?
4. Что называется главным вектором и главным моментом плоской системы сил?
5. Чем отличается главный вектор от равнодействующей данной системы сил?
6. Как формируется условие равновесия плоской системы сил?
7. Какие виды нагрузок вам известны? Какие виды опор балочных систем Вы знаете?

К теме 1.5.

1. Что называется моментом силы относительно данной оси? Как выбирается знак этого момента?
2. Напишите уравнение равновесия системы сил, произвольно расположенных в пространстве, объясните их смысл?
3. В чем состоит графическое и аналитическое условие равновесия пространственной системы сходящихся сил?
4. Уравнение равновесия параллельных сил, объясните их смысл.

К теме 1.6.

1. Напишите формулу для определения координат центра параллельных сил.
2. Что называется центром тяжести тела? Центр тяжести простых плоских геометрических фигур.
3. Как определить центр тяжести плоской фигуры сложной формы?
4. Как определить центр тяжести сечений, составленных из стандартных профилей проката?

К теме 1.7.

1. Понятие работы, мощности, единицы работы и мощности. Коэффициенты полезного действия.
2. Полезные и негативные стороны трения. Трение скольжения. Использование сил трения в технике.

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**К теме 2.1.**

1. Основные задачи курса «Соппротивление материалов». Гипотезы и допущения.
2. Что называется прочностью, жесткостью и устойчивостью?
3. Деформации упругие и пластические.
4. Как классифицирует нагрузки, действующие на сооружение?
5. В чем сущность метода сечений?
6. Что называется напряжением в данной точке сечения?
7. Виды деформаций.

К теме 2.2.

1. В чем заключается деформации растяжения и сжатия?
2. Что называется продольной силой в сечении бруса? Эпюры продольной силы.
3. Нормальные напряжения в сечении. Эпюра нормальных напряжений.
4. Закон Гука при растяжении.
5. Допускаемые напряжения. Коэффициента закона прочности.
6. Три вида расчета на растяжение и сжатие.
7. Температурные напряжение.

К теме 2.3.

1. Как происходит срез?
2. Расчет заклепочных соединений на срез и смятие.

К теме 2.4.

1. Что называется осевым и полярным моментом инерции?
2. Главные центральные моменты инерции простых сечений.

К теме 2.5.

1. Что такое прямой изгиб?
2. Поперечная сила и изгибающий момент в сечении?
3. Построение эпюр Q и M .
4. Нормальные напряжения при изгибе. Условие прочности при изгибе.
5. Рациональные формы поперечных сечений.

К теме 2.6.

1. В чем сущность продольного изгиба?
2. Критическая сила. Формула Эйлера. Формула Ясинского.
3. Гибкость стержня.
4. Расчет на устойчивость.

ДЕТАЛИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

К теме 3.1.

1. Определение деталь, механизм, машина. Классификация машин.
2. Основные кинематические и силовые соотношения передач?
3. зубчатые передачи. Модуль зацепления. Основные параметры.
4. Кинематические и геометрический расчеты прямозубых передач.
5. Косозубые и шевронные передачи.
6. Червячные передачи КПД, материалы.
7. Ременные передачи. Кинематический и геометрический расчет.
8. Цепные передачи применение, кинематический и геометрический расчет.

К теме 3.2.

1. Отличие валов и осей, их элементы.
2. Подшипники скольжения.
3. Подшипники качения.
4. Подбор подшипников качения.

К теме 3.3.

1. Назначение муфт и их классификация.
2. Компенсирующие муфты.
3. Фрикционные муфты.
4. Разбор муфт.

К теме 3.4.

1. Расчет стыковых швов.
2. Сварные и клеевые соединения.
3. Классификация резьб.
4. Детали резьбовых соединений.
5. Расчёт болтов (основные случаи).
6. Подбор шпонок.

ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (КР)

Методическое пособие составлено для выполнения 6 задач согласно своего варианта.

Вариант КР выбирается по двум последним цифрам шифра.

Например, студент имеет шифр:

3102 – вариант 2

3112 – вариант 12

3122 – вариант 22

НОМЕРА ЗАДАЧ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

№ варианта	№задач КР						№ варианта	№задач КР					
00	6	11	21	32	50	58	26	4	16	21	31	45	57
01	10	14	29	37	41	54	27	3	14	25	40	48	56
02	4	17	24	31	48	59	28	1	20	28	37	47	53
03	8	15	30	34	42	53	29	5	17	24	35	43	59
04	1	20	28	36	44	57	30	8	15	26	36	44	58
05	3	12	25	40	47	54	31	3	15	29	31	49	56
06	7	13	27	35	43	56	32	5	13	28	34	50	60
07	2	12	23	38	46	51	33	8	14	26	33	43	57
08	5	18	30	33	49	55	34	2	12	30	37	45	55
09	9	16	22	39	42	52	35	9	16	23	40	41	52
10	6	19	26	31	45	60	36	1	17	21	39	46	54
11	4	15	28	40	43	51	37	7	20	24	32	42	51
12	8	20	25	35	46	55	38	4	11	22	38	47	53
13	1	14	27	38	49	52	39	10	19	25	35	44	59
14	3	13	23	33	42	60	40	6	18	27	36	48	58
15	2	18	22	31	41	59	41	1	15	21	35	41	52
16	9	19	29	39	43	57	42	4	17	30	31	49	51
17	7	12	30	35	45	58	43	7	18	27	40	47	58
18	6	11	24	31	44	53	44	9	13	25	37	44	57
19	10	17	21	36	47	56	45	2	14	28	36	45	59
20	5	16	26	37	48	54	46	5	11	29	33	46	54
21	2	13	27	35	43	51	47	8	16	24	39	42	55
22	6	12	29	31	42	52	48	10	12	22	38	43	56
23	9	18	23	38	49	55	49	3	20	26	32	48	60
24	7	19	22	33	49	54	50	6	19	23	34	50	53
25	10	11	30	39	41	60	51	2	15	22	32	43	55

При выполнении контрольной работы необходимо соблюдать следующие требования:

1. Контрольную работу выполняют строго по своему варианту. В противном случае она не зачитывается и возвращается для доработки.

2. Каждую контрольную работу выполняют или в отдельной тетради в клетку или, что предпочтительнее, на стандартных листах (210×297 мм) писчей бумаги, сброшюрованных в тетрадь с обложкой из плотной бумаги.

3. На обложке тетради указывают фамилию, имя, отчество, шифр, наименование предмета, дату отправления, точный почтовый адрес студента.

4. Работа выполняется синей пастой, чертежи выполняют карандашом. Для пометок преподавателя необходимо соблюдать достаточный интервал между строчками. И на страницах оставлять интервал. В конце тетради оставлять несколько чистых страниц для рецензии.

5. Тексты условий задач переписывать полностью (обязательно).

6. Решение задач пояснять аккуратно выполненными схемами, подзаголовками (с указанием, что определяется, что рассматривается и т.д.) и ссылками на теоремы, законы, правила, методы, справочных данных и источники, из которых они заимствованы.

Выполненную контрольную работу необходимо своевременно (согласно учебному графику) выслать в техникум.

После полученной зачетной работы студент должен внимательно изучить рецензию, обратить внимание на допущенные ошибки, доработать материалы.

Для допуска к зачету, студент предоставляет зачетную контрольную работу со всеми исправлениями, и должен защитить её т.е. в процессе опроса показать хорошую осведомленность и самостоятельность выполнения.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Задачи 1-10

Тросом, перекинутым через блок С, поддерживаемый шарнирно-стержневой, конструкцией АСВ, с постоянной скоростью поднимается груз G.

Определить усилия в стержнях АС и ВС, пренебрегая размерами блока и трением на нем. Данные для своего варианта взять из табл. 1 и схемы на рис. 1. Задачу решить графическим и аналитическим способами.

Табл. 1

№ задачи	№ схемы рис. 1	G кН	α	β	g
1	I	75	80	70	70
2	II	100	60	30	90
3	III	100	75	75	84
4	IV	55	75	45	35
5	V	60	65	75	40
6	VI	100	70	65	95
7	VII	75	70	60	55
8	VIII	60	80	50	45
9	IX	55	60	90	75
10	X	65	60	70	90

Задачи 11-20.

Определить опорные реакции консольной балки. Данные для задачи своего варианта взять из табл. 2 и рис. 2.

Табл. 2

№ задачи	схема	а	в	с	$\frac{q}{\text{кН/м}}$	$\frac{F}{\text{кН}}$	$\frac{m}{\text{кН} \cdot \text{м}}$
11	I	1	3	2	8	15	20
12	III	2	1	3	10	16	22
13	V	3	1	2	10	20	14
14	VII	2,5	2,5	4	6	15	20
15	IX	3	2	2	10	10	18
16	II	2	2	3	12	15	16
17	IV	3	2	3	8	18	18
18	VI	5	1	1	4	20	15
19	VIII	4	2	3	10	15	12
20	X	3	2	2	10	14	12

Задача 21-30

Определить координаты центра тяжести сечения, составленного из фасонного проката. Исходные данные взять по табл. 3 и рис. 3.

Таблица 3

№ зад.	Схема	Двутавр	Швеллер	Равнобокий уголок	Неравнобокий уголок
21	I	40	-	-	7,5/5
22	III	-	33	9	-
23	IV	33	30	-	-
24	VI	-	24а	5,6	-
25	VIII	-	22а	-	10/6.3
26	VII	40	-	10	-
27	IX	45	22	-	-

28	V	-	27	-	6,3/4
29	X	30	-	-	5,6/3,6
30	II	36	-	8	-

Задачи 31-40

Определить температурные напряжения в стальном газопроводе, если его монтаж выполнено при температуре « $+t_1$ », а минимальная температура грунта на глубине заложения труб « $-t_2$ ».

Таблица 4

№ задания	$+t, ^\circ \text{C}$	$-t_2, ^\circ \text{C}$
31	15	7
32	28	11
33	16	4
34	18	11
35	23	7
36	19	6
37	30	11
38	27	10
39	24	8
40	31	7

Задачи 41-50

Для данной балки определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, подобрать сечение стального двутавра по условию прочности, принять $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ исходные данные взять по табл. 5 и рис. 4.

Таблица 5

№ задания	Схема	a	b м	c	$\frac{q}{\text{кН/м}}$	$\frac{F}{\text{кН}}$	$\frac{m}{\text{кН} \cdot \text{м}}$
41	I	2	3	3	8	20	16
42	II	3	2	2	10	15	20
43	III	2	4	2	6	14	12
44	IV	2	4	2	10	18	14
45	V	2	3	1	8	10	16
46	VI	3	2	3	10	20	25
47	VII	4	1	3	8	25	20
48	VIII	4	2	4	10	16	20
49	IX	2	4	2	10	25	20
50	X	1,5	4	2,5	8	10	30

Задачи 51-60

В приведенной схеме привода дано: клиноременная передача и одноступенчатый редуктор с цилиндрическими прямозубыми колесами. Определить основные размеры клиноременной передачи, основные размеры зубчатых колес, КПД передачи, передаваемую мощность машиной, скорости вращения валов. Исходные данные взять по табл. 6 и рис. 5.

Таблица 6

Задача	P кВт	i рем	d_1	Z_1	i ред	m мм	n_1 об/мин
51	4	2,5	100	20	2	4	950
52	10	4	125	18	2,15	5	960
53	4	3	90	30	2	6	1430
54	10	3	140	19	5	8	1440

55	4	2	112	20	2,15	4	2880
56	24	2,5	180	24	4	5	980
57	6	4	140	28	5	6	1460
58	12	3,5	160	18	3,15	8	1460
59	4	3	80	22	5	4	950
60	10	3,5	125	18	3,15	5	1440

При расчете принять:

n_n – КПД пары подшипников – 0,995

n_z – КПД пары зубчатых колес – 0,98

$n_{рем}$ – КПД клиноременной передачи – 0,95-0,97

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

К задачам 1-10

К решению задач можно приступить только после изучения тем «Основные понятия и аксиомы», «плоская система сходящихся сил».

Пример 1. Тросом, перекинутым через блок С, поддерживаемой шарнирно-стержневой конструкцией АСВ, с постоянной скоростью поднимается груз G. Определить усилия в стержнях АС и ВС, пренебрегая размерами блока и трением на нем, если известно $G=50\text{ кН}$, $\alpha=70^\circ$, $\beta=50^\circ$, $\mu=50^\circ$.

Аналитическое решение. Вырежем мысленно угол С и изобразим его со всеми действующими на него известными силами и искомыми усилиями. Будем считать реакции стержней АС и ВС растянутыми и направляем их от узла С. Если в результате решения реакции будут отрицательными, следовательно это усилие будет сжимающим. Чертеж к задаче на рис.6.

Важно выбрать правильно оси координат X-Y. Желательно одну из осей провести по неизвестному усилию, тогда вторая ось будет ей перпендикулярна. В нашем случае ось Y совместили с неизвестным усилием N_1 .

Продлим линию ВС и получим т.д. Рассмотрим $\triangle ADC$

Угол $\angle ACD$ (β) равен $\beta=180-(\alpha+\beta)=180-(70+50)=60^\circ$.

Определим угол φ на расчетной схеме.

$$\varphi = 90^\circ - \beta = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

$\triangle$ из $\triangle BCK$ угол $\angle BCK = \varepsilon = 180-(50^\circ + 50^\circ) = 80^\circ$.

Прежде чем составить уравнения проекций всех сил на оси координат напомним некоторые правила проектирования сил на оси:

- Если сила перпендикулярна оси, то она проектируется на эту ось в «0».
- Если сила лежит на оси или параллельна оси, то она проектируется на эту ось в натуральную величину.
- Если сила наклонена к оси, то она проектируется на эту ось с искажением.
- Если направление проекции силы совпадает с положительным направлением оси, то такая проекция положительная.

Проведем ось Y- совпадающей с неизвестным N , и ось X ей перпендикулярной.

Определим все углы и составим уравнение проекций всех сил сходящихся в узле С.

$$\Sigma X = 0 \quad F \cdot \cos 10^\circ + G \cdot \cos 40^\circ - N_2 \cdot \cos 30^\circ = 0$$

$$N_2 = \frac{F \times \cos 10^\circ + G \times \cos 40^\circ}{\cos 30^\circ} = \frac{20 \times 0,984 + 20 \times 0,766}{0,866} = 40,4 \text{ кН}$$

Стержень ВС растянут

Графическое решение

Так как узел **С** под действием сил **G** и **F** и усилий в стержнях **АС** и **ВС** находится в равновесии, то силовой многоугольник должен быть замкнутым. Следовательно, все стрелки в нем должны в одну сторону по обходу многоугольника, причем направление этого обхода определяется направлением известных сил **G** и **P**.

Выбираем масштаб сил **10 кН** в 1 см. и строим силовой многоугольник.

Из произвольной точки **а** проводим отрезок **ab**, параллельный и равный в принятом масштабе силе **G**; из точки **в** проводим отрезок **bc**, параллельный и равный другой известной силе **F**, затем из точки **Q** проводим прямую параллельную стержню **АС**, а из точки **С** прямую параллельную стержню **СВ**, на их пересечении получаем точку **а**. Получен силовой многоугольник **abcda**. Стороны этого многоугольника **cd** соответствуют усилию **N₁**, а **da** усилию **N₂**. Измерив в принятом масштабе отрезки получим

$$\underline{N_1=29,6 \text{ кН}}$$

$$\underline{N_2=40,5 \text{ кН.}}$$

Мысленно переносим их в узел **С** и увидим, что стержни **АС** и **ВС** растянуты.

К задачам 11-20

К решению задач можно приступить после изучения тем «Пара сил» и «Плоская система произвольно расположенных сил».

Пример 2

Определить опорные реакции балки с одним жестко зашцементированным, другим свободным концом при следующих данных.

$$a=2 \text{ м}$$

$$b=3 \text{ м}$$

$$c=4 \text{ м}$$

$$q=8 \text{ кН/м}$$

$$F=20 \text{ кН}$$

$$m=16 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Чертеж к задаче на рис.7.

Решение Освобождаем балку от связей, действие которых заменяем их реакциями: вертикальной **R_а** и реактивным моментом **M_а**

Равномерно распределенную нагрузку заменим ее равнодействующей

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

Линия действия ее проходит через середину участка **b**, на котором расположена равномерно распределенная нагрузка. Составляем уравнение равновесия и определяем **R_а** и **M_а**

$$\Sigma Y=0 -F+R_A-Q=0$$

$$R_A=F+Q=20+24=44 \text{ кН}$$

$$\Sigma M_A=0 -F(a+b+c)+Q(\frac{b}{2}+C)+m+M_A=0$$

$$M_A=F\cdot(a+b+c)+Q(\frac{b}{2}+C)-m=20\cdot 9+24\cdot 5-16=296 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$\text{Проверка: } \Sigma M_b=0 \quad Q\cdot(a+\frac{b}{2})+m-R_A(a+b+c)+M_A=0$$

$$24\cdot 3,5+16-44\cdot 9+296=84+16-396+296=396-396=0$$

Следовательно, реакции опор вычислены правильно.

К задачам 21-30

Перед тем, как приступить к решению этой задачи, следует тщательно изучить тему «Центр тяжести». Требуется твердо усвоить понятие статического момента, знать положение центров тяжести простейших геометрических фигур и уметь определять координаты центров тяжести сложных сечений, а также сечений, составленных из стандартных профилей проката.

Пример 3

Определить координаты центра тяжести сечения, составленного из :швеллера № 36 и двутавра 22.

Решение

Выписываем из таблиц сортамента стандартных профилей проката

необходимые данные.

- | | | | |
|----|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1. | Швеллер №36 | $h=360 \text{ мм}=36 \text{ см}$ | $b=110 \text{ мм}=11 \text{ см}$ |
| | $\xi_0=2,68 \text{ см}$ | | $A=53,4 \text{ см}^2$ |
| 2. | Двутавр № 22 | $h=220 \text{ мм}=22 \text{ см}$ | |
| | | $b=110 \text{ мм}=11 \text{ см}$ | $A=30,6 \text{ см}^2$ |

Вычерчиваем в масштабе чертеж согласно задания рис. 8. Задаемся первоначальными осями координат X_1 и Y_1 . Определяем координаты центров тяжести швеллера и двутавра.

$$X_1 = \frac{h_1}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ см} \quad Y_1 = h_2 + \xi = 22 + 2,68 = 24,68$$

$$X_2 = h_1 - \frac{b_2}{2} = 36 - \frac{11}{2} = 30,5 \text{ см}$$

$$Y_2 = \frac{h}{2} = \frac{22}{2} = 11 \text{ см}$$

Определяем координаты центра тяжести C всего сечения.

$$X_c = \frac{S_y}{A} = \frac{X_1 \cdot A_1 + X_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2} = \frac{18 \cdot 53,4 + 30,5 \cdot 30,6}{53,4 + 30,6} = 23,4 \text{ см} = 234 \text{ мм}$$

$$Y_c = \frac{S_y}{A} = \frac{Y_1 \cdot A_1 + Y_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2} = \frac{24,68 \cdot 53,4 + 11 \cdot 30,6}{53,4 + 30,6} = 20,4 \text{ см} = 204 \text{ мм}$$

По найденным координатам x_c и y_c наносим на рисунок точку C и оси координат X и Y

К задачам 31-40

К решению этих задач можно приступить после проработки тем «Растяжение и сжатие»

Пример 4

Определить температурные напряжения в стальном газопроводе, если его монтаж выполнен при температуре $t_1 = +20^\circ\text{C}$, а минимальная температура грунта на глубине заложения труб $t_2 = -11^\circ\text{C}$.

Величину температурных напряжений определяют по формуле

$$\Sigma = \alpha \cdot E \cdot \Delta t$$

α – коэффициент линейного расширения материала труб для стали $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} = 0,000012$

E – модуль упругости первого рода или модуль Юнга, для стали $2 \cdot 10^5 - 2,2 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$

Δt – разности температур $^\circ\text{C}$

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 20 - (-11) = 31^\circ\text{C}$$

Вычисляем σ

$$\sigma = 0,000012 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 31 = 78,12 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma = 78,12 < [\sigma] = 300 \text{ Н/мм}^2$$

Для сварного шва 300 Н/мм^2

Вывод : прочность газопровода обеспечена при колебаниях температуры в 31°C .

К задачам 41-50

Для решения данных задач необходимо изучить тему «Изгиб прямого бруса», научиться быстро и безошибочно строить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M_x .

Поперечная сила в рассматриваемом сечении численно равно алгебраической сумме проекций на ось, перпендикулярную оси балки всех сил, действующих по одну сторону от этого сечения.

Если поперечная сила слева от сечения направлена вверх, а справа от сечения направлена вниз, то поперечная сила положительна.

Изгибающий момент в сечении балки численно равен алгебраической сумме моментов всех внешних сил, действующих по одну сторону от сечения.

Если M_x слева от сечения направлен по часовой стрелке, а справа от сечения против часовой стрелки, то изгибающий момент в сечении положительный.

Последовательность построения эпюр:

1. Разбивают балку на участки, границами участков служат точки приложения сил

и моментов.

2. Определяют опорные реакции на балки, выполняют проверку.

3. Определяют Q_x и M_x на границах участков.

Если в сечении приложена сосредоточенная нагрузка F , то на эпюре Q , в этом сечении будет скачок в направлении силы F и равный силе F .

Если в сечении приложен момент M , то на эпюре M будет скачок в направлении момента и на величину момента.

4. Если участок ненагружен, то эпюра Q имеет вид прямой, параллельной нулевой линии, а эпюра M имеет вид наклонной прямой.

Если участок загружен равномерно распределенной нагрузкой, то на этом участке эпюра Q имеет вид наклонной прямой, а эпюра M - вид параболы

Пример 5

Для данной балки определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, подобрать сечение стального двутавра по условию прочности, принять $[\sigma]=160\text{МПа}$.

Чертеж к задаче на рис. 9.

Определяем опорные реакции:

$$Q=q \cdot 4=8 \cdot 4=32\text{кН}$$

$$\Sigma M_A=0 \quad Q \cdot 2 + m + F \cdot 8 - R_B \cdot 10 = 0$$

$$R_B = \frac{Q \cdot 2 + m + F \cdot 8}{10} = \frac{32 \cdot 2 + 16 + 20 \cdot 8}{10} = 24\text{ кН}$$

$$\Sigma M_B=0 \quad R_A \cdot 10 - Q \cdot 8 + m - F \cdot 2 = 0$$

$$R_A = \frac{Q \cdot 8 - m + F \cdot 2}{10} = \frac{32 \cdot 8 - 16 + 20 \cdot 2}{10} = 28\text{ кН}$$

$$\text{Проверка: } \Sigma Y=0 \quad R_A - Q - F + R_B = 28 - 32 - 20 + 24 = 52 - 52 = 0$$

Следовательно опорные реакции определены верно.

$$Q_A = R_A = 28\text{ Кн}$$

$$Q_C^{\text{лев}} = R_A - q \cdot 4 = 28 - 8 \cdot 4 = -4\text{ кН}$$

$$Q_C^{\text{пр}} = R_A - q \cdot 4 = 28 - 8 \cdot 4 = -4\text{ кН}$$

$$Q_D^{\text{лев}} = R_A - q \cdot 4 - F = 28 - 8 \cdot 4 - 20 = -24\text{кН}$$

$$Q_B = R_A - q \cdot 4 - F = 28 - 8 \cdot 4 - 20 = -24\text{кН}$$

Определим нахождение точки K где $Q=0$

$$Q_K = R_A - q \cdot x = 0$$

$$R_A = q \cdot x \quad x = \frac{R_A}{q} = \frac{28}{8} = 3,5\text{м}$$

По этим значениям строим эпюру Q , причем положительные значения откладываем вверх, а отрицательные значения вниз.

Определяем изгибающие моменты в сечениях

$$M_A=0$$

$$M_K = R_A \cdot 3,5 - q \cdot 3,5 \cdot \frac{3,5}{2} = 28 \cdot 3,5 - 8 \cdot 3,5 \cdot \frac{3,5}{2} = 98 - 49 = 49\text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_C^{\text{лев}} = R_A \cdot 4 - q \cdot 4 \cdot \frac{4}{2} = 28 \cdot 4 - 8 \cdot 4 \cdot 2 = 112 - 64 = 48\text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_C^{\text{пр}} = R_A \cdot 4 - q \cdot 4 \cdot \frac{4}{2} + m = 28 \cdot 4 - 8 \cdot 4 \cdot 2 + 16 = 64\text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_D = R_A \cdot 8 - q \cdot 4 \cdot (2+4) + m = 28 \cdot 8 - 8 \cdot 4 \cdot 6 + 16 = 48\text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_B = R_A \cdot 10 - q \cdot 4 \cdot (2+6) + m - F \cdot 2 = 28 \cdot 10 - 8 \cdot 4 \cdot (2+6) + 16 - 20 \cdot 2 = 0$$

По полученным данным строим эпюру M , положительные значения откладываем вниз. Максимальный изгибающий момент $64\text{ кН}\cdot\text{м}=0,064\text{ МН}\cdot\text{м}$

Находим требуемый момент сопротивления поперечного сечения балки

$$W_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{max}}}{[\sigma]} = \frac{0,064}{160} = 0,0004\text{ м}^3 = 400\text{ см}^3$$

По таблице сортамента принимаем двутавр № 27а

$$W_X=407 \text{ см}$$

К задачам 51-60

Для решения этих задач необходимо изучить темы «Передачи», научиться определять геометрические параметры передачи, КПД.

Пример 6

На рис. 10 приведена кинематическая схема привода, состоящего из клиноременной передачи и одноступенчатого редуктора с цилиндрическими прямозубыми колесами. Необходимо определить размеры клиноременной передачи, размеры зубчатых колес, КПД привода, скорости вращения валов.

Исходные данные

$$\begin{array}{lll} P=10 \text{ кВт} & i_{\text{рем}}=3,5 & d_1=100 \text{ мм} \\ \xi=20 & i_{\text{ред}}=5 & m=5 \text{ мм} \end{array}$$

$$n_1=1440 \text{ об/мин}$$

$$\eta_{\text{п-КПД пары подшипников}} 0,995$$

$$\eta_{\text{з-КПД пары зубчатых колес}} 0,98$$

$$\eta_{\text{рем-КПД ременной передачи}} 0,95-0,97$$

Решение

Принимаем, что ременная передача работает без скольжения.

1. Определяем коэффициент полезного действия привода:

$$\eta_{\text{пр}}=\eta_{\text{рем}}\cdot\eta_{\text{ред}}\cdot\eta_{\text{п}}=0,96\cdot0,98\cdot0,995^2=0,93$$

2. Мощность на выходном валу редуктора

$$P_3=P_D\cdot\eta_{\text{пр}}=10\cdot0,93=9,3\text{кВт.}$$

3. Передаточное число привода.

$$i_{\text{об}}=i_{\text{р}}\cdot i_{\text{ред}}=3,5\cdot5=17,5$$

4. Определяем число оборотов валов

$$n_2=\frac{n_1}{i_{\text{р}}}=\frac{1440}{3,5}=411,4 \text{ об/мин}$$

$$n_3=\frac{n_2}{i_{\text{ред}}}=\frac{411,4}{5}=82,3 \text{ об/мин}$$

5. Диаметр второго шкива клиноременной передачи:

$$d_2=d_1\cdot i_{\text{р}}=100\cdot3,5=350 \text{ мм}$$

6. Основные размеры зубчатой пары редуктора

$$\xi_2=i_{\text{ред}}\cdot\xi_1=5\cdot20=100$$

7. Межцентровое расстояние A между зубчатыми колесами:

$$A=m\frac{\xi_1+\xi_2}{2}=5\cdot\frac{20+100}{2}=300 \text{ мм}$$

8. Диаметры длительных окружностей

$$D_1=m\cdot\xi_1=5\cdot20=100\text{мм}$$

$$D_2=m\cdot\xi_2=5\cdot100=500\text{мм}$$

9. Диаметры окружностей выступов

$$D_{\text{н1}}=m(\xi_1+2)=5\cdot(20+2)=110 \text{ мм}$$

$$D_{\text{н2}}=m(\xi_2+2)=5\cdot(100+2)=510\text{мм}$$

10. Диаметры внутренних окружностей

$$D_{\text{в1}}=m(\xi_1-2,5)=5\cdot(20-2,5)=87,5\text{мм}$$

$$D_{\text{в2}}=m(\xi_2-2,5)=5\cdot(100-2,5)=487,5 \text{ мм}$$

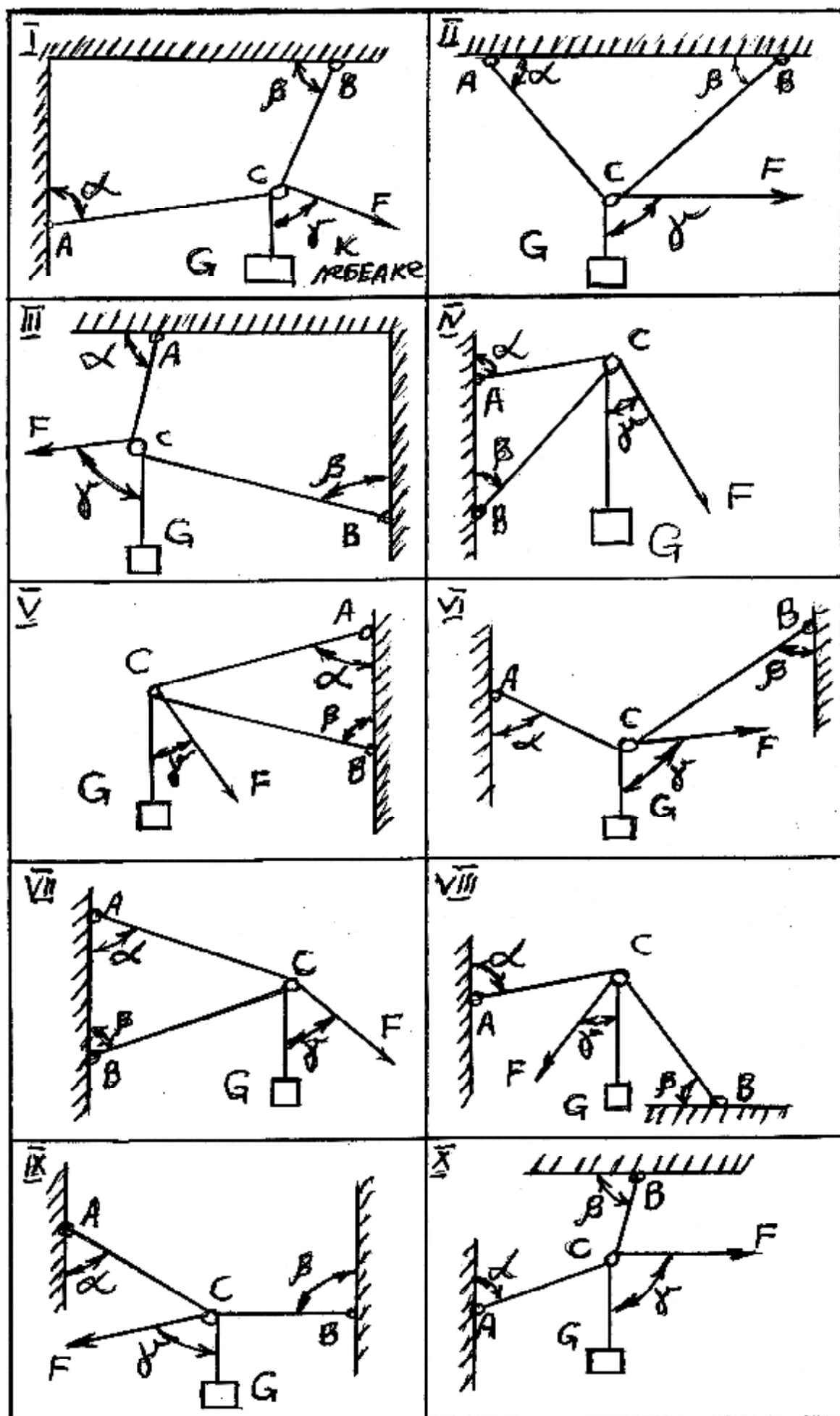


Рис. 1

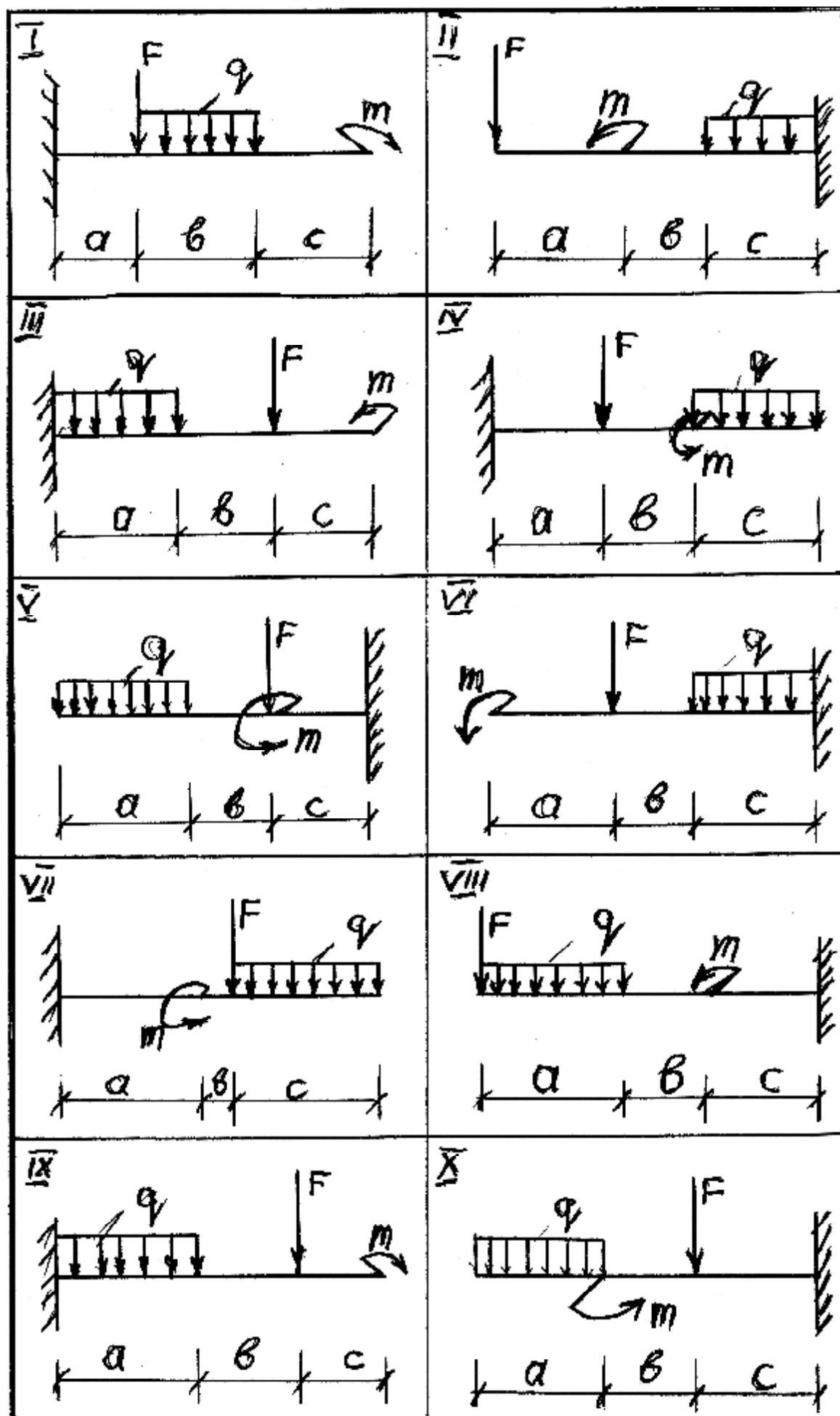


Рис. 2

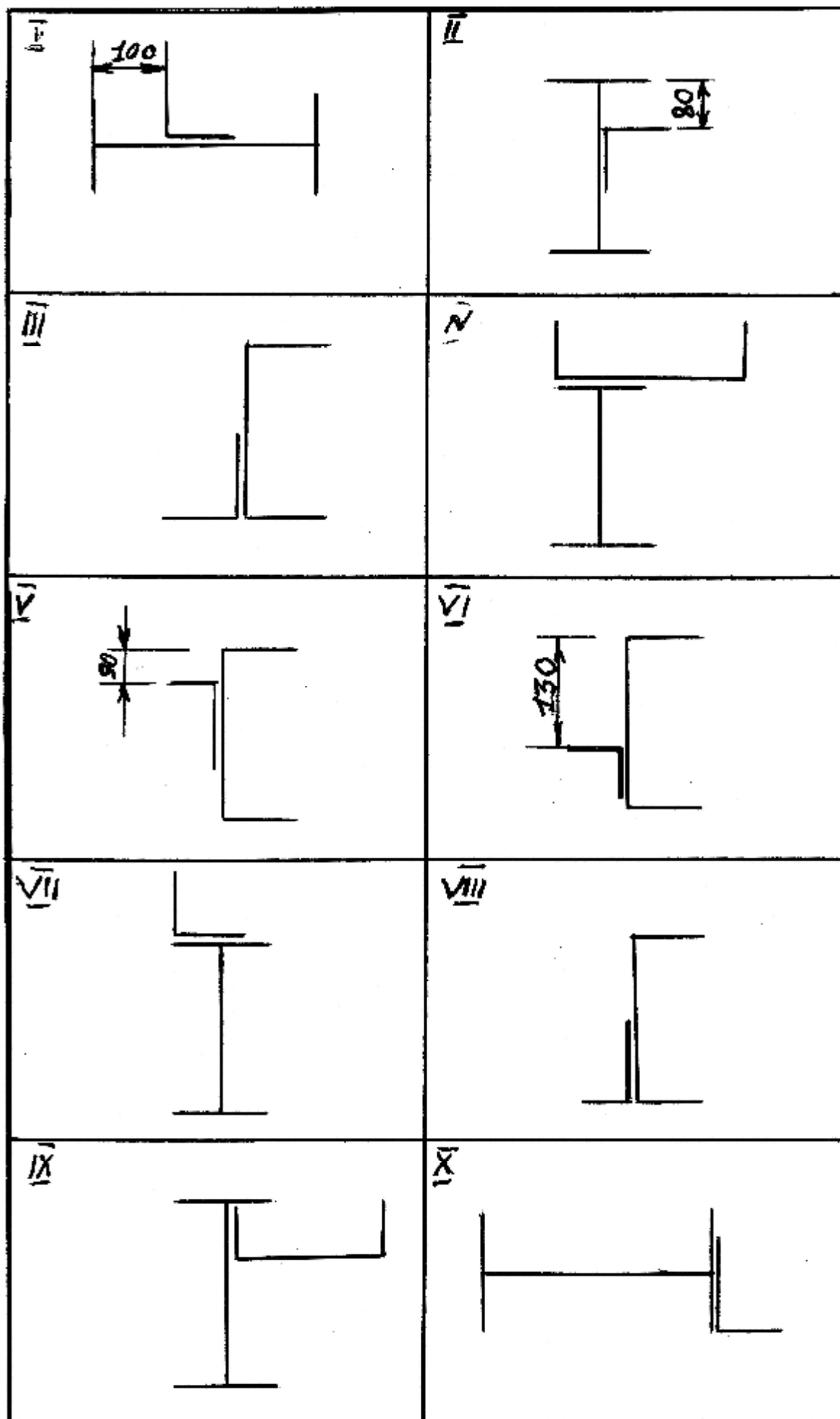


Рис. 3

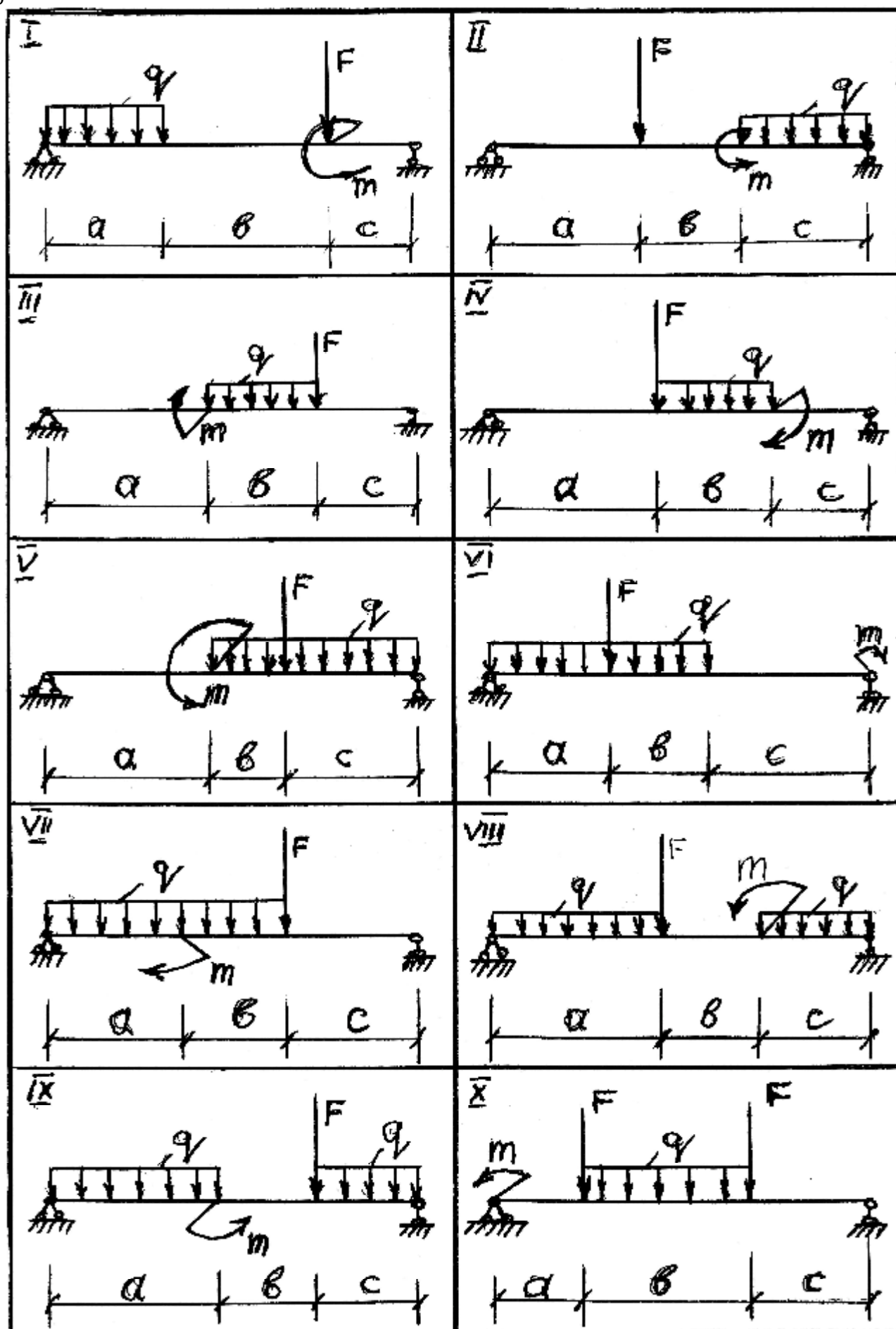


Рис. 4

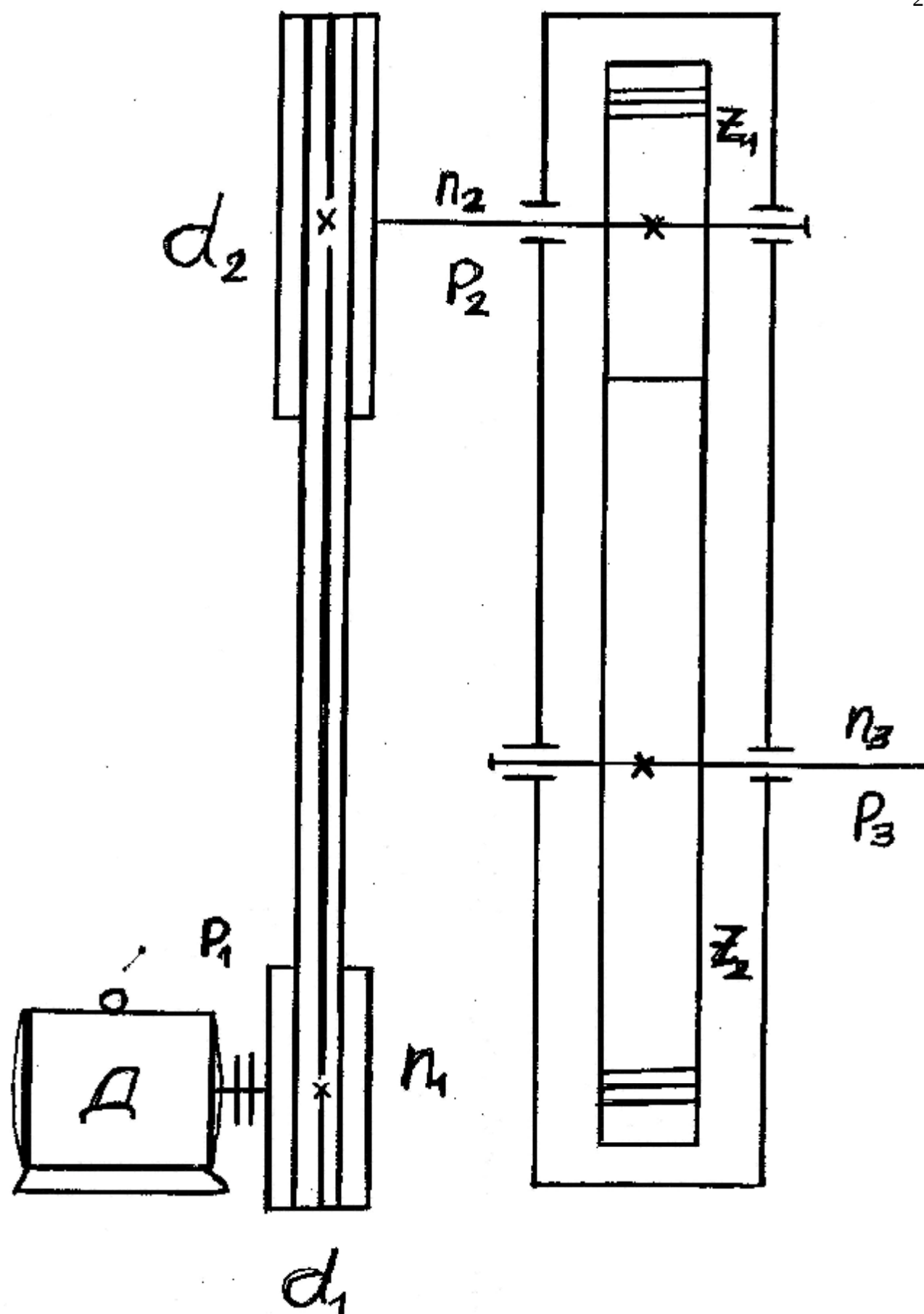


Рис. 5

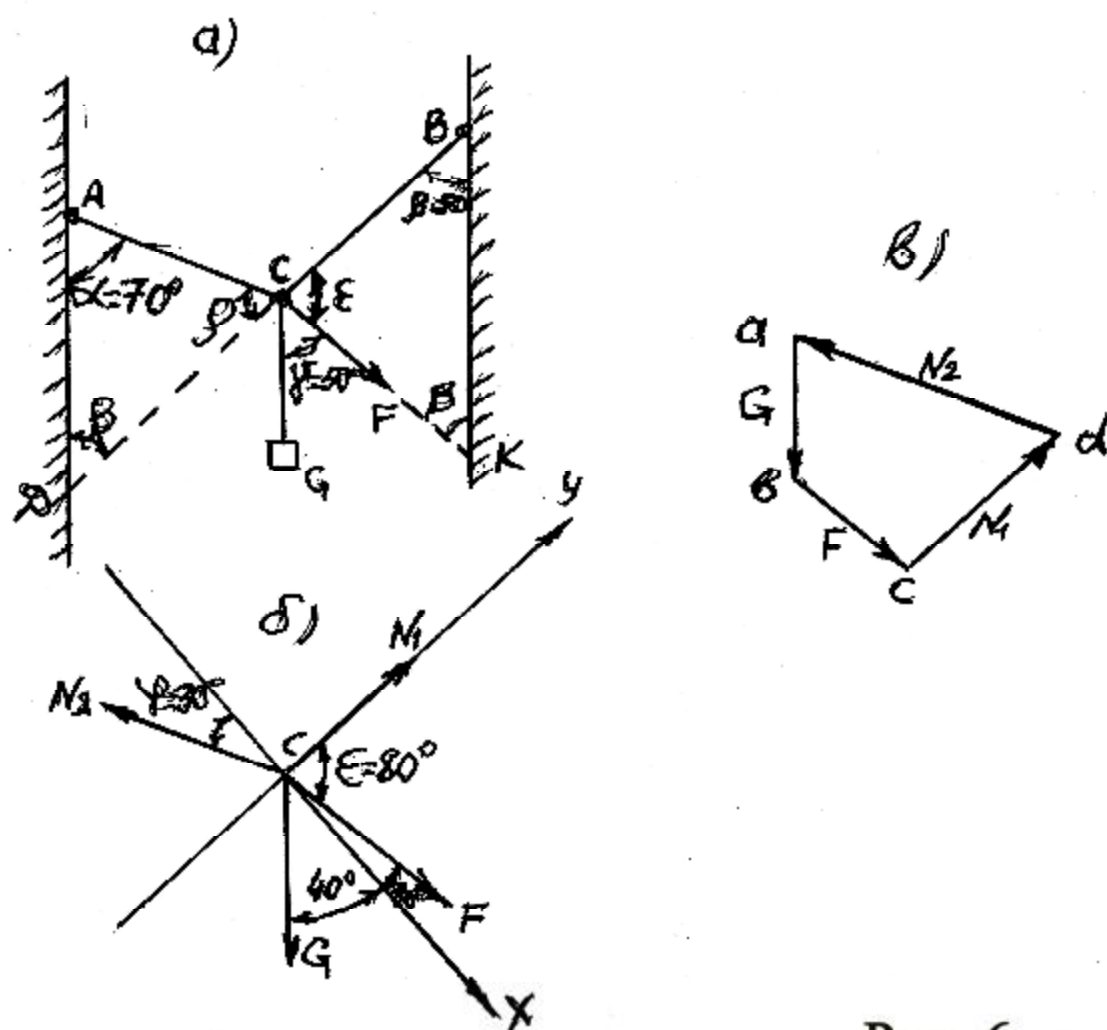


Рис. 6

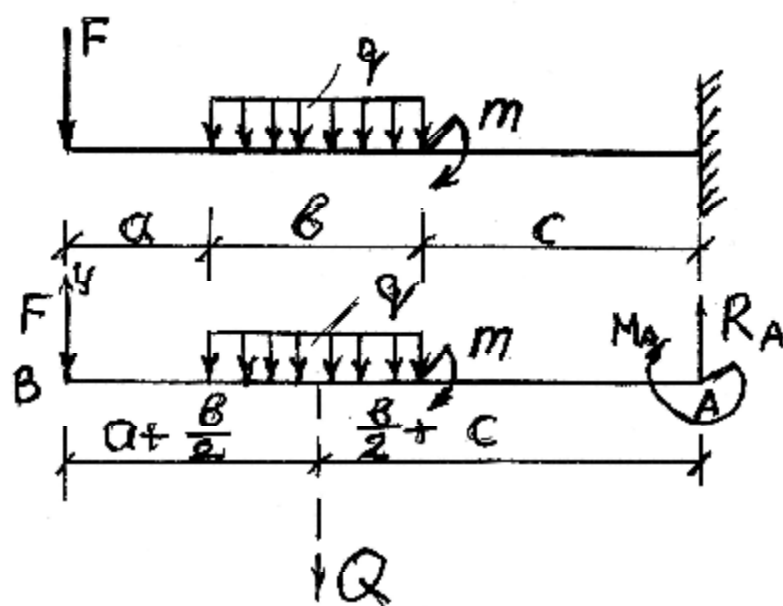


Рис. 7

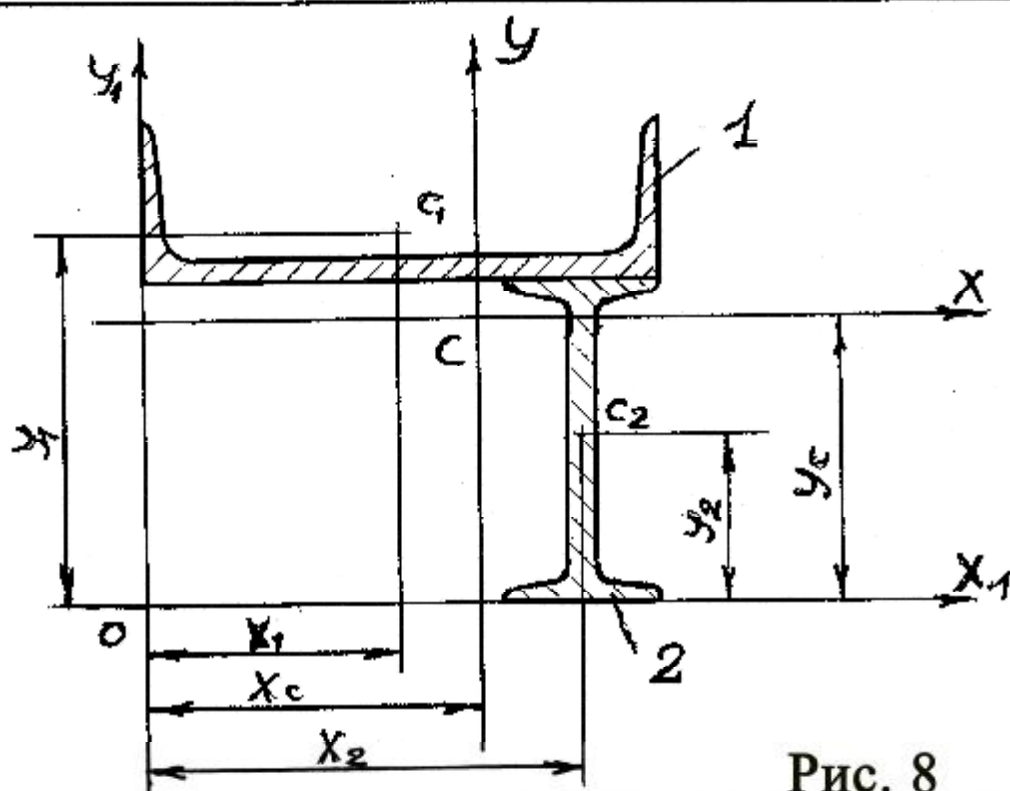


Рис. 8

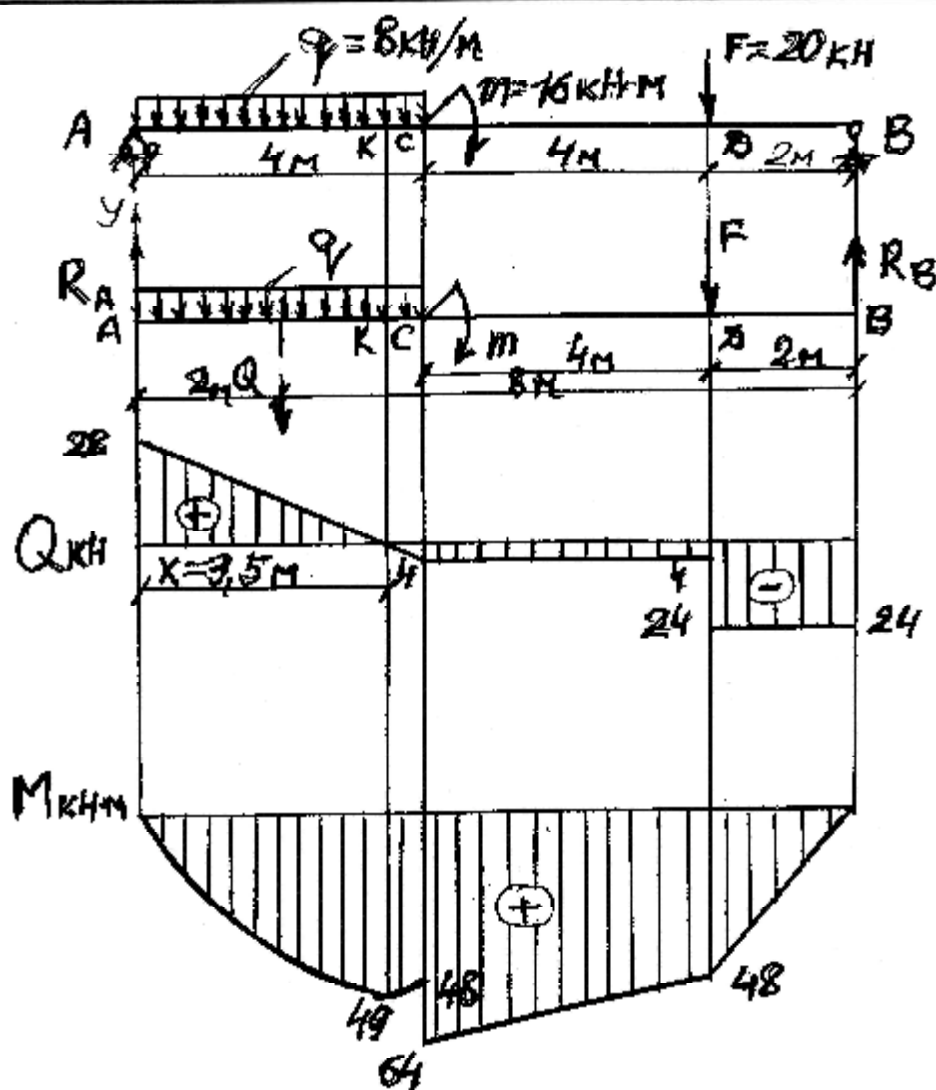


Рис. 9

$$i_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}; \quad i_2 = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$A = m \frac{Z_1 + Z_2}{2}$$

$$D_{\text{н.о.}} = m' Z$$

$$D_{\text{н.}} = m' (Z + 2) d^2$$

$$D_{\text{в.}} = m' (Z - 2,5)$$

$$i_{\text{общ.}} = i_1 \times i_2$$

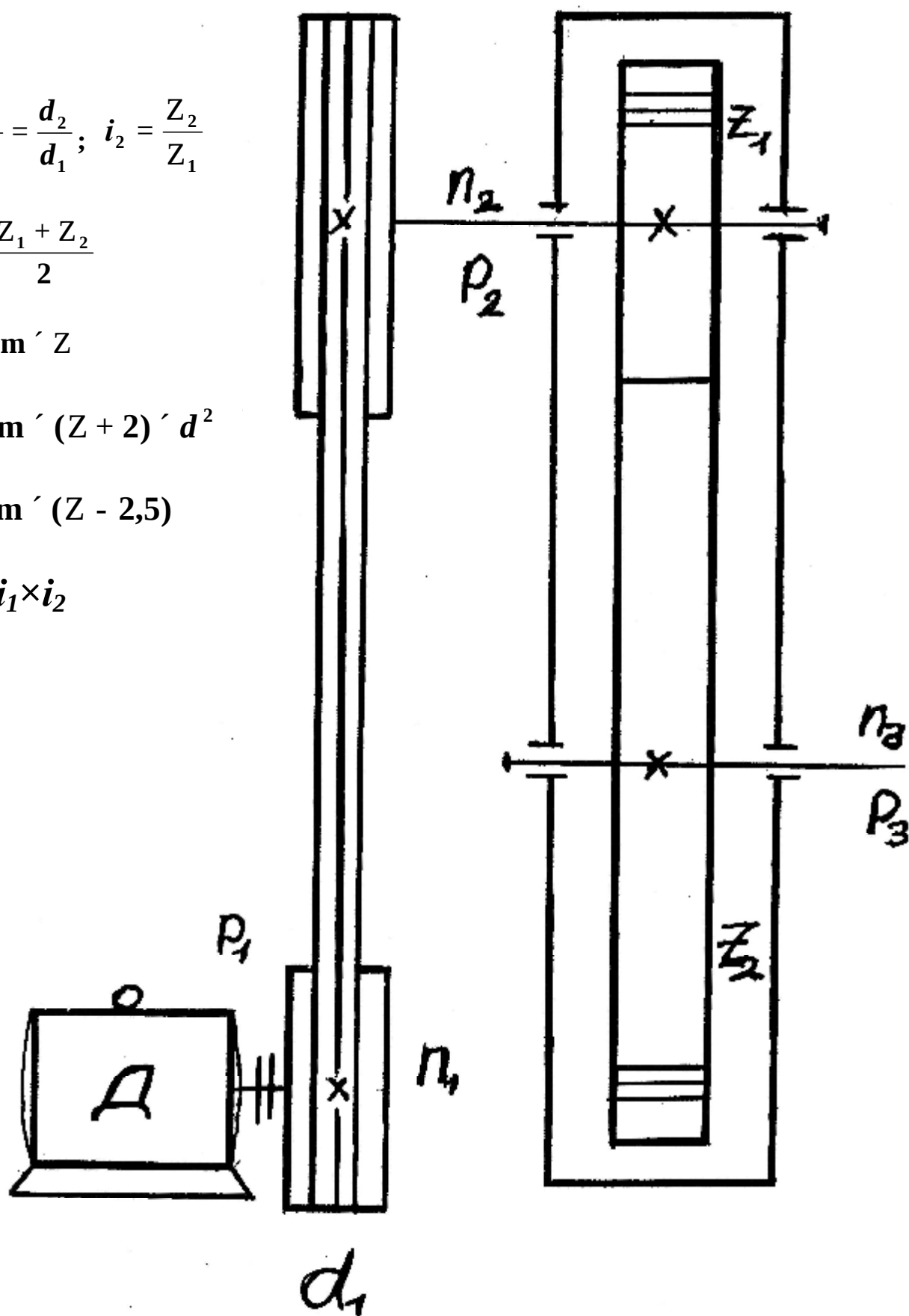


Рис. 10

ЛИТЕРАТУРА

1. В.П. Олоерсинская. Техническая механика. – М.: «Форум», 2015 г.
2. Е.В. Березина. Сопротивление материалов. – М.: «Альера-М-ИНФРА-М», 2016 г.
3. А.А. Эрдеди, Н.А. Эрдеди. Техническая механика. Детали машин. – М.: «Высшая школа», 2002 г.
4. В.И. Сетков. Сборник задач по технической механике. – М.: «Академия», 2007 г.
5. ГОСТ 8240-89 Сталь горячекатаная. Швеллеры.
6. ГОСТ 8239-89 Сталь горячекатаная. Балки двутавровые.
7. ГОСТ 8509-89. Сталь прокатная угловая равнополочная.
8. ГОСТ 8510-86. Сталь прокатанная неравнополочная.