

Министерство образования Республики Беларусь

**УО «Жировичский государственный
аграрно-технический колледж»**

Утверждаю
Зам. директора по учебной части
_____ А.А.

Одобрено на заседании цикловой
комиссии

« _____ »

Протокол № ____ от _____ 20 ____ г
Председатель _____



«Техническая механика № 1»

**Методические рекомендации и контрольные задания по
выполнению контрольной работы
"Техническое обеспечение процессов
сельскохозяйственного производства 2-74 06 01"
(заочное отделение)**

Жировичи 2023

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УО «ЖИРОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

Утверждаю
Зам. директора по учебной части
_____ А.А.

Одобрено на заседании
цикловой комиссии «Общетехнических
дисциплин» Протокол № ____ от
_____ 20 ____ г
Председатель _____

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Методические указания по выполнению контрольных заданий

для учащихся-заочников

Специальность: 2-740601

«Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства»

(Контрольная работа № 1)

Разработала: Т.А.

Жировичи 2023

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Вариант контрольных работ определяется по двум последним цифрам шифра (номер личного дела) учащегося. Например, учащийся, имеющий шифр 25, выполняет вариант 25, имеющий шифр 103 – вариант 03, шифр 100 – вариант 00 и т.д. Если номер личного дела однозначный (1, 2, 3, ..., 9), то для получения варианта перед номером следует поставить цифру 0. Например, при шифре 4 учащийся выполняет вариант 04. Задачи, которые должен решить учащийся в соответствии со своим вариантом, приведены в таблице 1.

Все контрольные работы, сдаваемые или высылаемые учащимися на проверку, должны быть выполнены и оформлены в соответствии со следующими требованиями.

Каждая контрольная работа выполняется в отдельной школьной тетради (обычно в клетку).

На обложке тетради пишется: наименование учебного заведения, наименование учебного предмета, номер контрольной работы, фамилия, имя и отчество учащегося, его шифр. Можно использовать стандартный бланк титульного листа для домашней контрольной работы.

Работы необходимо выполнять аккуратным почерком, обязательно чернилами или шариковой ручкой синего или чёрного цвета, с интервалами между строчками (обычно через одну клетку). Для замечаний преподавателя нужно оставлять поля, а в конце тетради – две-три страницы для рецензии.

Тексты условий задач переписывать обязательно, рисунки к задачам должны быть выполнены четко в соответствии с требованиями черчения и только карандашом. Каждая задача оформляется с новой страницы.

Решение задачи делится на пункты. Каждый пункт должен иметь подзаголовки с указанием, что и как определяется, по каким формулам или на основе каких теорем, законов, правил, методов.

Преобразования формул, уравнений в ходе решения производить в общем виде, а уже затем подставлять исходные данные. Порядок подстановки числовых значений должен соответствовать порядку расположения в формуле буквенных обозначений этих величин. После подстановки исходных значений вычислить окончательный или промежуточный результат.

Вычисления производить с помощью электронного микрокалькулятора с точностью до трех значащих цифр.

При решении задач применять только Международную систему единиц (СИ), а также кратные и дольные от них. Для обозначения основных общетехнических величин использовать только стандартные символы (обозначения).

Тщательно проверить правильность всех вычислений, обратив особое внимание на соблюдение правильности размерностей, подставляемых в формулу значений, оценить правдоподобность полученного ответа.

Выполненную контрольную работу нужно своевременно выслать (сдать) в учебное заведение.

После получения зачетной работы учащийся должен внимательно изучить все замечания и ошибки, отмеченные преподавателем на полях тетради и в рецензии, проанализировать их и доработать материал. Если работа не зачтена, то согласно указаниям преподавателя она выполняется заново полностью или частично.

Таблица 1

№ вари-анта	Номера задач					№ вари-анта	Номера задач				
	1	11	21	31	42		10	11	28	32	45
00	1	11	21	31	42	50	10	11	28	32	45
01	2	12	22	32	41	51	9	12	29	34	46
02	3	13	23	33	44	52	8	13	30	33	47
03	4	14	24	34	43	53	7	14	21	35	48
04	5	15	25	35	46	54	6	15	22	37	49
05	6	16	26	36	45	55	5	16	23	36	60
06	7	17	27	37	48	56	4	17	24	39	41
07	8	18	28	39	47	57	3	18	25	38	42
08	9	19	29	38	50	58	2	19	26	31	43
09	10	20	30	40	49	59	1	20	27	40	44
10	1	20	29	38	46	60	2	15	30	36	41
11	2	11	30	39	47	61	4	16	29	35	42
12	3	12	21	40	48	62	1	17	28	34	43
13	4	13	22	31	49	63	3	18	27	33	44
14	5	14	23	32	50	64	6	19	26	32	45
15	6	15	24	33	41	65	8	20	25	31	46
16	7	16	26	34	43	66	5	11	24	37	47
17	8	17	25	35	42	67	7	12	23	38	48
18	9	18	27	36	44	68	10	13	22	39	49
19	10	19	28	37	45	69	9	14	21	40	50
20	1	19	27	35	42	70	1	20	21	40	49
21	2	20	28	39	45	71	3	11	22	34	50
22	3	11	29	37	46	72	5	12	23	31	48
23	4	12	30	38	47	73	7	13	24	39	47
24	5	13	21	36	48	74	9	14	25	38	46
25	6	14	22	40	49	75	2	15	26	33	41
26	7	15	23	31	50	76	4	16	27	32	42
27	8	16	24	32	44	77	6	17	28	35	43
28	9	17	25	33	43	78	8	18	29	37	44
29	10	18	26	34	41	79	10	19	30	36	45
30	1	18	30	39	47	80	1	13	25	37	41
31	2	19	21	40	48	81	3	15	27	39	43
32	3	20	22	31	49	82	5	17	29	33	45
33	4	11	23	32	50	83	7	19	21	35	47
34	5	12	24	33	41	84	9	11	23	31	49
35	6	13	25	34	42	85	2	14	26	38	42
36	7	14	26	35	44	86	4	16	28	40	44
37	8	15	27	36	43	87	6	18	30	34	46
38	9	16	28	37	45	88	8	12	22	36	48
39	10	17	29	38	46	89	10	20	24	32	50
40	2	16	29	31	47	90	1	12	23	34	46
41	3	17	30	32	48	91	2	13	24	35	47
42	4	18	21	34	49	92	3	14	25	36	48
43	5	19	22	35	50	93	4	15	26	37	49
44	6	20	23	36	42	94	5	16	27	38	50
45	7	11	24	37	41	95	6	17	28	39	41
46	8	12	25	38	43	96	7	18	29	40	42
47	9	13	26	39	44	97	8	19	30	31	43
48	10	14	27	40	45	98	9	20	21	32	44
49	1	15	28	33	46	99	10	11	22	33	45

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Аркуша А.И., Фролов М.И. Техническая механика. - М.: Высш. шк., 1983. - 447с.
2. Березовский Ю.Н., Чернилевский Д.В., Петров М.С. Детали машин. - М.: Высш. шк., 1983. - 319с.
3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин: Курс, проектирование. - М: Высш. шк., 1984. - 302с.
4. Ицкович Г.М. Сопротивление материалов. - М.: Высш. шк., 1983. - 290с.
5. Ицкович Г.М., Винокуров А.И., Бариновский Н.В. Сборник задач по сопротивлению материалов. - Л., 1972. - 440с.
6. Ковалев Н.А. Прикладная механика. - М.: Высш. шк., 1982. - 240с.
7. Куклин Н.Г., Куклина Г.С. Детали машин. - М.: Высш. шк., 1987. - 311с.
8. Никитин Е.М. Теоретическая механика для техникумов. - М.: Наука, 1988. - 336с.
9. Романов Н.Я., Константинов В.А., Покровский Н.А. Сборник задач по деталям машин. - М.: Машиностроение, 1984. - 229с.
10. Файн А.М. Сборник задач по теоретической механике. - М.: Высш. шк., 1987. - 447с.
11. Чернилевский Д.В. Курсовое проектирование деталей машин. - М.: Высш. шк., 1981. - 160с.

Дополнительная

1. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике. - М.: Высш. шк., 1977. - 400с.
2. Дубейковский Е.Н., Саввушкин Е.С. Сопротивление материалов. - М.: Высш. шк., 1985. - 240с.
3. Дубейковский Е.Н., Саввушкин Е.С., Цейтлин Л.А. Техническая механика. - М.: Высш. шк., 1980, - 240с.
4. Иосилевич Г.Б. и др. Прикладная механика. - М.: Высш. шк., 1983. - 300с.
5. Мархель И.И. Детали машин. - М.: Высш. шк., 1986. - 249с.
6. Рубашкин А.Г., Чернилевский Д.В. Лабораторно-практические работы по практической механике. - М.: Высш. шк., 1975. - 256с.
7. Устюгов И.И. Детали машин. - М.; Высш. шк., 1981. - 399 с.

ЗАДАЧИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №1

Задачи 1-10. Определить реакции стержней, удерживающих грузы. Массой стержней пренебречь. Схему своего варианта смотрите на рисунке 1. Числовые данные своего варианта взять из таблицы 2.

Задачи 11-20. Определить реакции опор двухопорной балки (рисунок 2) Данные своего варианта взять из таблицы 3.

Задачи 21-30. На вал жестко насажены шкив и колесо, нагруженные, как показано на рисунке 3. Определить силы F_2 , $F_{r2} = 0,4 \cdot F_2$, а также реакции опор, если значение силы F_1 задано. Данные своего варианта взять из таблицы 4.

Задачи 31-40. Определить положение центра тяжести тонкой однородной пластинки, форма и размеры которой в миллиметрах показаны на рисунке 4. Данные своего варианта взять из таблицы 5.

Задача 41. Груз A массой 200кг с помощью наклонной плоскости с углом подъема $\alpha = 30^\circ$ поднят на высоту $h = 1,5$ м силой параллельной наклонной плоскости (рисунок 6, схема 1) с постоянной скоростью. При перемещении груза по наклонной плоскости коэффициент трения скольжения $f = 0,4$. Определить работу силы.

Задача 42. Поезд идет со скоростью 36км/ч. Мощность тепловоза 300кВт. Сила трения составляет 0,005 веса поезда. Определить вес всего состава.

Задача 43. По наклонной плоскости с углом подъема $\alpha = 30^\circ$ равномерно вкатывают каток массой 400кг и диаметром 0,4м (рисунок 6, схема 2). Определить высоту, на которую будет поднят каток, если затраченная работа силы тяги $W = 4000$ Дж, коэффициент трения качения $f_k = 0,08$ см. Сила тяги приложена к оси катка параллельно наклонной плоскости.

Задача 44. Посредством ременной передачи (рисунок 6, схема 3) передается мощность $P = 25$ кВт. Диаметр ременного шкива $d = 80$ см, частота вращения шкива $n = 390$ об/мин. Определить натяжение S_1 ведущей ветви и S_2 – ведомой ветви, считая $S_1 = 2 \cdot S_2$.

Задача 45. Динамометр, установленный между теплоходом и баржей, показывает силу тяги 30кН, скорость буксировки 18км/ч, мощность двигателя 550кВт. Определить силу сопротивления воды корпусу буксира, если КПД силовой установки и винта равен 0,4.

Задача 46. Для подъема 5000м^3 воды на высоту 3м поставлен насос с двигателем мощностью 2кВт. Сколько времени потребуется для перекачки воды, если КПД насоса равен 0,8?

Задача 47. Транспортер поднимает груз массой 200кг за время, равное одной секунде. Длина ленты транспортера 3м, а угол наклона $\alpha = 30^\circ$. КПД транспортера составляет 85%. Определить мощность, развиваемую электродвигателем транспортера.

Задача 48. Точильный камень диаметром $d = 0,5$ м делает 120об/мин. Обрабатываемая деталь прижимается к камню с силой $F = 10$ Н. Какая мощность затрачивается на шлифовку, если коэффициент трения камня о деталь $f = 0,2$?

Задача 49. Какую работу необходимо совершить, чтобы поднять равноускоренно груз массой 50кг на высоту 20м в течение 10с? Какой мощности двигатель необходимо поставить для этого подъема, если КПД установки 80%?

Задача 50. Определить работу силы трения скольжения при торможении вращающегося диска диаметром $d = 200$ мм, сделавшего до остановки два оборота, если тормозная колодка прижимается к диску с силой $F = 400$ Н. Коэффициент трения скольжения тормозной колодки по диску $f = 0,35$.

Задачи и схемы на рисунке 1										F_1	F_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Варианты										кН	
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	1,4	2,5
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1,3	1,8
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2,6	2,4
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	1,2	1,5
49	40	41	42	43	44	45	46	47	48	2,5	1,8
59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	2,8	1,4
62	60	63	61	66	64	67	65	69	68	1,4	0,2
70	75	71	76	72	77	73	78	74	79	3,2	1,8
80	85	81	86	82	87	83	88	84	89	2,8	2,0
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	3,9	1,6

Таблица 2 (к задачам 1-10)

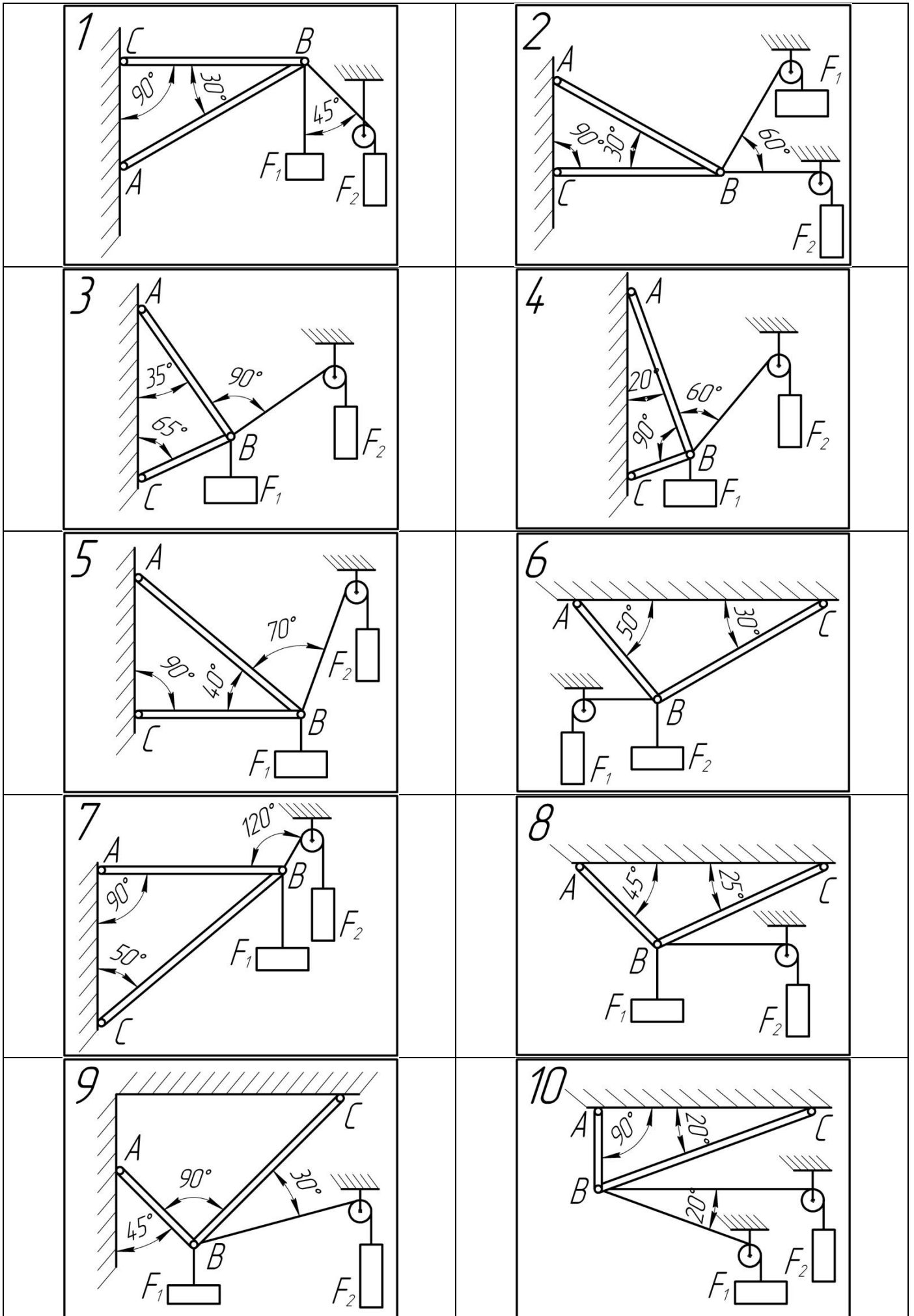


Рисунок 1 (к задачам 1 – 10)

Таблица 3 (к задачам 11 – 20)

№ задачи; № схемы на рисунке 2	Вари- ант	q Н/м	F Н	M Н·м	№ задачи; № схемы на рисунке 2	Вари- ант	q Н/м	F Н	M Н·м
11; 1	00	5	40	20	12; 2	01	10	60	54
	11	10	20	20		12	2,5	20	85
	22	10	10	14		23	20	15	40
	33	2,5	50	30		34	5	25	100
	45	5	80	60		46	3,5	40	55
	50	10	25	25		51	6	35	60
	66	20	45	40		67	3	100	90
	71	4,5	30	10		72	1,5	80	20
	84	15	20	25		88	8	30	75
	99	12	60	35		90	10	50	30
13; 3	02	5	80	25	14; 4	03	4	10	20
	13	2,5	15	10		14	10	12	10
	24	4	30	20		25	12	16	15
	35	10	55	40		36	8	20	12
	47	12	10	15		48	2	5	3
	52	8	100	30		53	14	30	24
	68	4,5	65	45		69	6	25	20
	73	2	85	60		74	10	8	6
	80	6	90	18		85	16	4	12
	91	3,5	20	16		92	20	15	8
15; 5	04	5	50	35	16; 6	05	8	12	20
	15	4,5	35	30		16	3,5	10	45
	26	8	25	20		27	0,5	8	10
	37	4,5	10	8		38	10	15	50
	49	2,5	65	50		40	15	18	30
	54	10	8	25		55	4,5	20	15
	60	12	16	40		61	8	3	25
	75	15	30	28		76	12	5	18
	81	5,5	12	15		86	8,5	12	30
	93	6	55	45		94	6	4	45
17; 7	06	2	50	35	18; 8	07	4	18	15
	17	4	10	5		18	6,5	24	20
	28	6	12	8		29	10	16	12
	39	8	15	50		30	2,5	20	25
	41	12	80	15		42	12	40	50
	56	10	35	25		57	3	35	65
	62	20	40	30		63	8	10	25
	77	14	25	20		78	1,5	12	90
	82	16	14	65		87	10	60	35
	95	30	65	75		96	5	15	10
19; 9	08	4	15	12	20; 10	09	4	50	10
	19	1,5	40	15		10	6	65	8
	20	10	20	18		21	2	80	100
	31	10	16	25		32	18	10	15
	43	5	18	14		44	20	55	150
	58	8	10	35		59	10	30	45
	64	6	25	20		65	16	10	25
	79	12	40	30		70	8	2	40
	83	3	35	15		89	14	6	10
	97	7	12	10		98	30	50	60

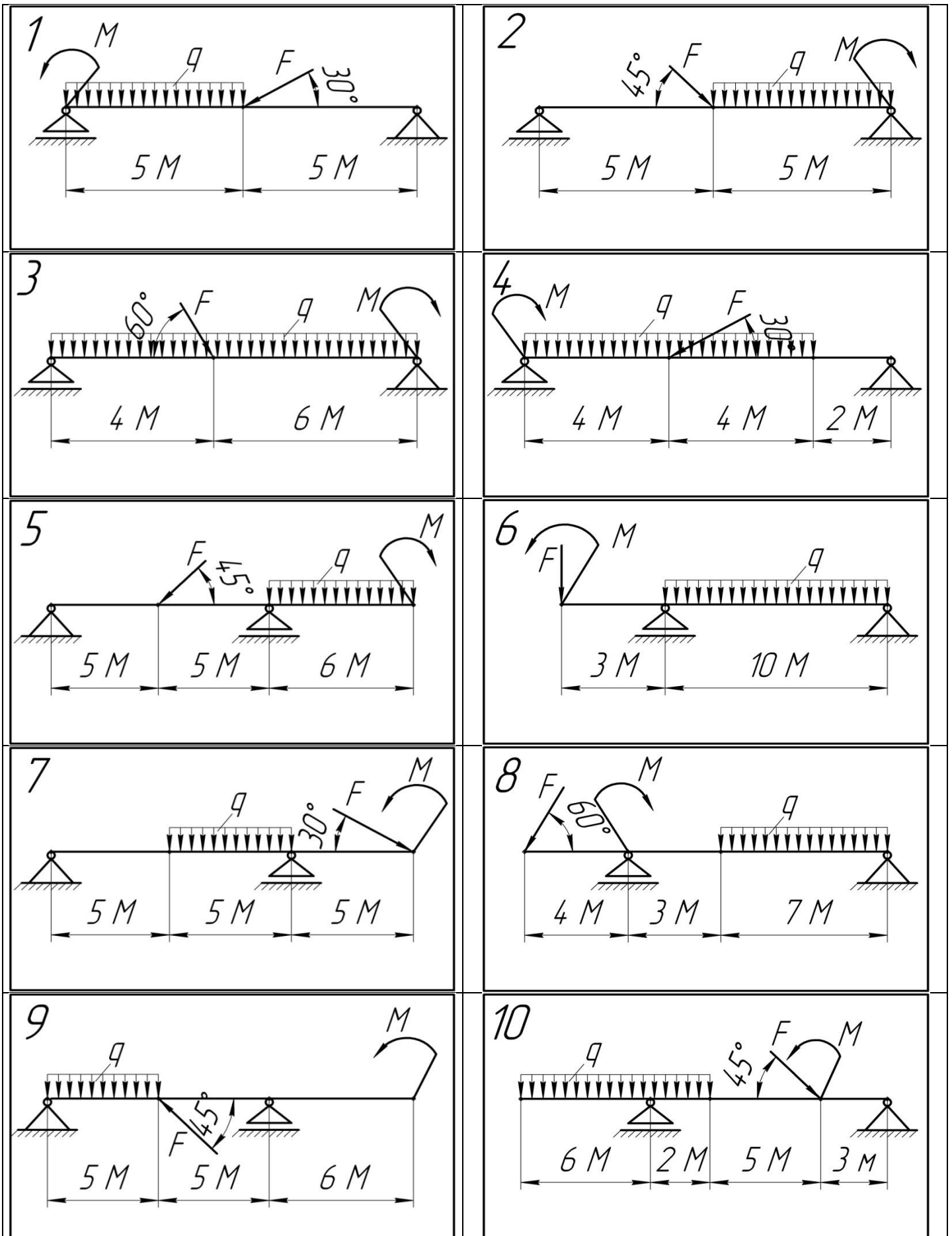


Рисунок 2 (к задачам 11 – 20)

Таблица 4 (к задачам 21 – 30)

№ задачи; № схемы на рисунке 3	Вариант	F_1 , Н	№ задачи; № схемы на рисунке 3	Вариант	F_1 , Н
21; 1	00	1050	22; 2	01	1670
	12	667		13	1250
	24	834		25	2200
	31	1335		32	1580
	42	1580		43	534
	53	1400		54	3320
	69	1000		68	4540
	70	1500		71	1385
	83	567		88	790
	98	1035		99	1140
23; 3	02	825	24; 4	03	750
	14	850		15	1900
	26	720		27	1780
	33	2500		34	1110
	44	4160		45	1550
	55	1480		56	390
	67	1050		66	595
	72	2280		73	1410
	84	875		89	4160
	90	2050		91	240
25; 5	04	3650	26; 6	05	280
	17	3400		16	595
	28	2320		29	1000
	35	2080		36	2400
	46	1035		47	830
	57	1670		58	600
	65	520		64	670
	74	700		75	1880
	80	2130		85	1870
	92	1260		93	990
27; 7	06	1140	28; 8	07	400
	18	500		19	1600
	20	3620		21	1810
	37	2600		38	1850
	48	1590		49	6000
	59	1500		50	3340
	63	1870		62	1780
	76	3830		77	1140
	81	2250		86	2000
	94	2940		95	4100
29; 9	08	1315	30; 10	09	590
	10	2380		11	1000
	22	3420		23	1200
	39	8340		30	5820
	40	2320		41	2540
	51	4300		52	1450
	61	3320		60	1530
	78	2440		79	6000
	82	1870		87	2880
	96	2500		97	500

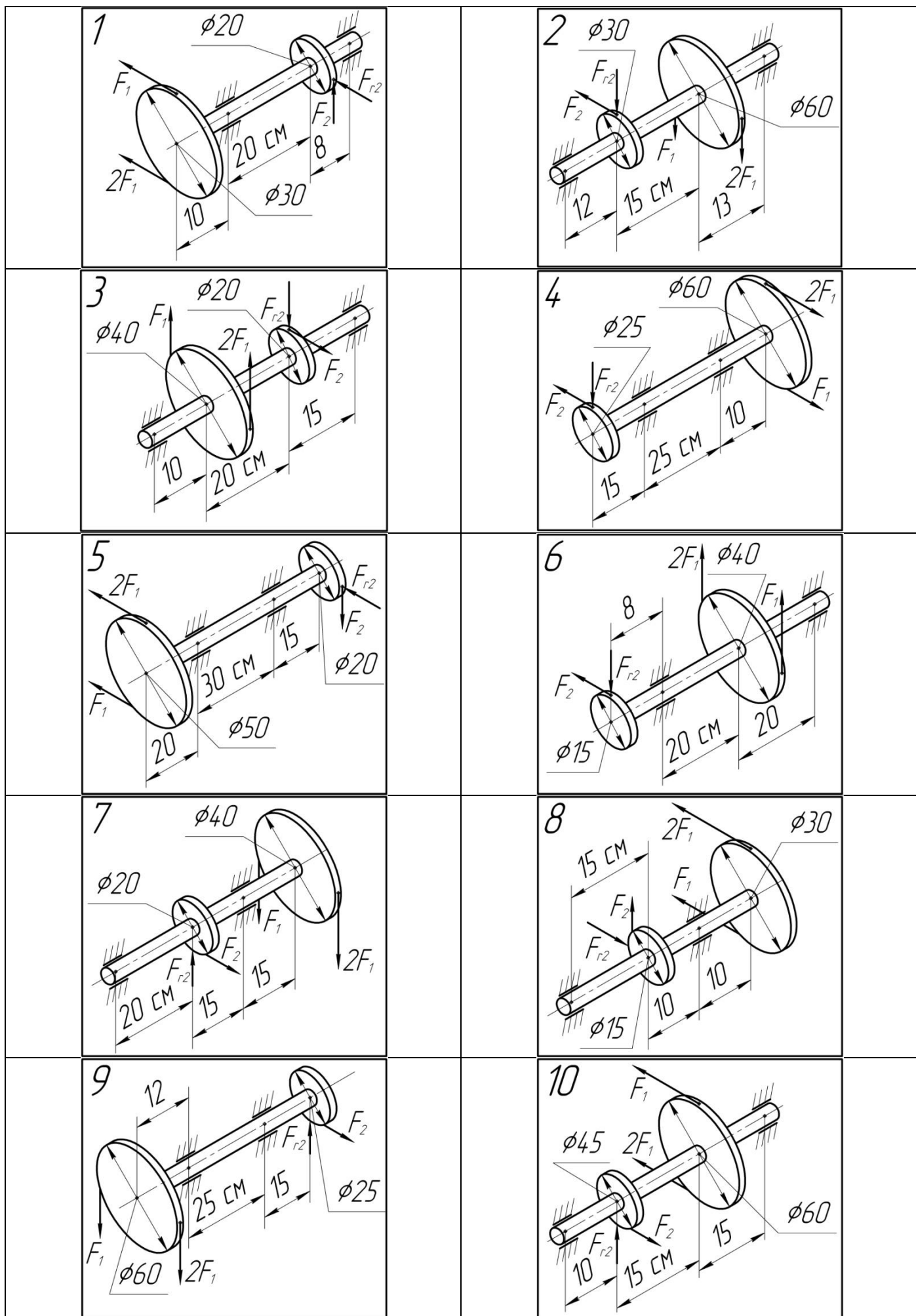


Рисунок 3 (к задачам 21 – 30)

Таблица 5 (к задачам 31 – 40)

№ задачи; № схемы на рисунке 4	Вариант	<i>a</i>	<i>b</i>	№ задачи; № схемы на рисунке 4	Вариант	<i>a</i>	<i>b</i>
		мм				мм	
31; 1	00	200	150	32; 2	01	360	160
	13	210	140		14	310	140
	26	180	130		27	320	150
	32	190	110		33	330	170
	40	170	150		41	340	180
	58	180	140		50	350	140
	65	190	130		64	320	150
	72	200	120		76	370	170
	84	210	110		89	310	160
	97	170	100		98	320	140
33; 3	02	160	100	34; 4	03	600	440
	15	150	110		16	610	400
	28	140	120		29	580	410
	34	170	90		35	560	420
	49	180	80		42	540	430
	52	170	100		51	530	450
	63	180	110		62	600	420
	75	140	80		71	530	400
	82	150	90		87	540	410
	99	160	120		90	590	420
35; 5	04	280	220	36; 6	05	900	600
	17	270	210		18	800	620
	20	260	200		24	910	640
	36	250	190		37	820	650
	43	240	180		44	930	610
	53	270	200		55	840	630
	61	280	190		60	850	580
	77	290	220		79	890	590
	83	260	180		88	880	600
	91	250	210		92	870	650
37; 7	06	920	290	38; 8	08	300	200
	19	900	300		10	290	210
	22	910	310		23	280	220
	38	920	280		39	270	230
	45	930	320		46	310	230
	54	880	310		57	320	190
	66	890	290		67	330	210
	78	870	300		74	340	220
	80	910	320		85	310	230
	93	900	280		94	280	240
39; 9	07	260	120	40; 10	09	450	300
	11	270	100		12	400	240
	21	280	110		25	500	250
	30	290	90		31	410	260
	47	300	120		48	420	270
	56	300	110		59	430	280
	68	310	120		69	440	290
	73	270	90		70	460	310
	81	280	100		86	480	320
	95	300	100		96	490	330

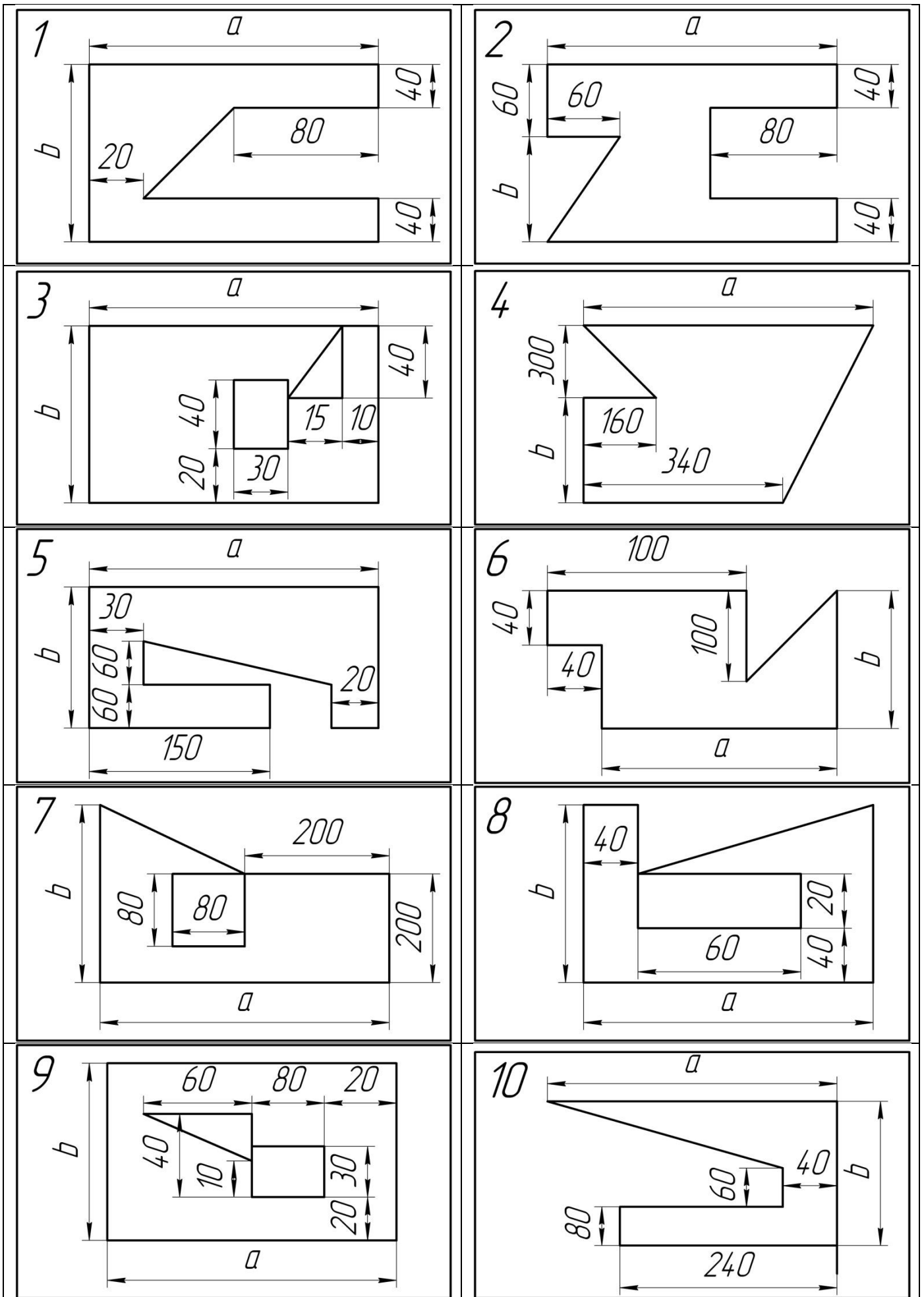
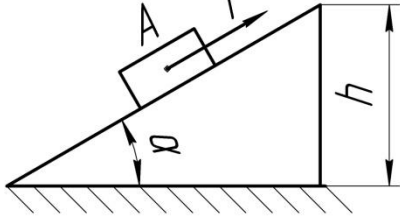


Рисунок 4 (к задачам 31 – 40)

1



2

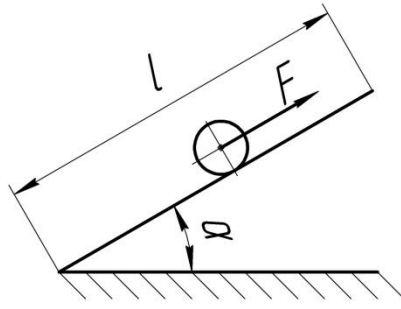
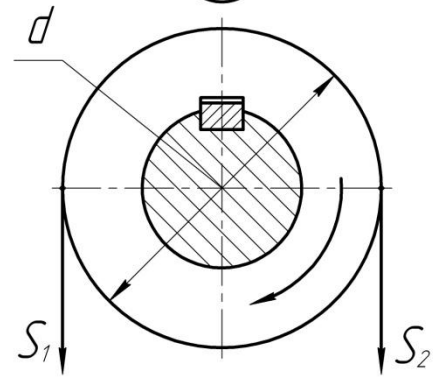


Рисунок 5

3



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 1

В рекомендованных учебниках (1) достаточно примеров задач подобных тем, которые включены в контрольную работу. Поэтому ниже даны лишь необходимые краткие методические указания к решению задач контрольной работы.

При решении первой задачи (1 – 10) требуется определить реакции двух шарнирно соединенных между собой стержней, удерживающих два груза. Таким образом, к шарниру B в каждой задаче приложены четыре силы, из которых две неизвестны. Можно выбрать три способа решения: аналитический, графический и геометрический. Для данного типа задач целесообразно использовать аналитический способ решения.

Последовательность решения задачи:

1. Выбрать тело (точку), равновесие которого следует рассматривать.
2. Освободить тело (шарнир B) от связей и изобразить действующие на него активные силы и реакции отброшенных связей. Причем реакции стержней следует направить от шарнира B , так как принято предполагать, что стержни растянуты.
3. Выбрать оси координат и составить уравнения равновесия системы сходящихся сил на плоскости $\sum X_i = 0$; $\sum Y_i = 0$. Выбирая оси координат, следует учитывать, что полученные уравнения будут решаться проще, если одну из осей направить перпендикулярно одной из неизвестных сил.
4. Определить реакции стержней из решения указанной системы уравнений.
5. Проверить правильность полученных результатов, решив уравнение равновесия относительно заново выбранных координат x и y .

Пример 1. Определить реакции стержней, удерживающих грузы $F_1 = 70$ кН и $F_2 = 100$ кН (рис. 6, а). Массой стержней пренебречь.

Решение.

1. Рассматриваем равновесие шарнира B (рис. 6, а).
2. Освобождаем шарнир B от связей и изображаем действующие на него активные силы и реакции связей (рис. 6, б).

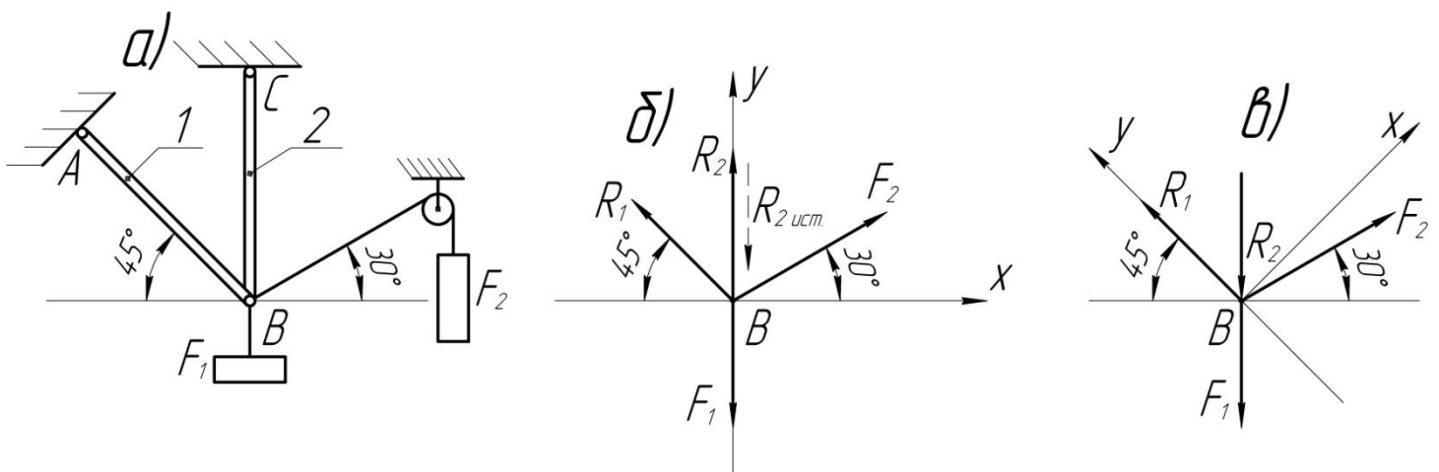


Рисунок 6

3. Выбираем систему координат, совместив ось Y по направлению с реакцией R_2 (рис. 6, б), и составляем уравнения равновесия для системы сил, действующих на шарнир B :

$$\sum X_i = -R_1 \cdot \cos 45^\circ + F_2 \cdot \cos 30^\circ = 0; \quad (1)$$

$$\sum Y_i = R_1 \cdot \sin 45^\circ + R_2 + F_2 \cdot \sin 30^\circ - F_1 = 0. \quad (2)$$

4. Определяем реакции стержней R_1 и R_2 , решая уравнения (1), (2).

Из уравнения (1)

$$R_1 = \frac{F_2 \cdot \cos 30^\circ}{\cos 45^\circ} = \frac{100 \cdot 0,866}{0,707} = 122,5 \text{ кН.}$$

Подставляя найденное значение R_1 в уравнение (2), получаем:

$$R_2 = -R_1 \cdot \sin 45^\circ - F_2 \cdot \sin 30^\circ + F_1 = -122,489 \cdot 0,707 - 100 \cdot 0,5 + 70 = -66,6 \text{ кН.}$$

Знак минус перед значением R_2 указывает на то, что первоначально выбранное направление реакции неверное – следует направить реакцию R_2 в противоположную сторону, т.е. к шарниру B (на рис. 6, б истинное направление реакции R_2 показано штриховым вектором).

5. Проверяем правильность полученных результатов, выбрав новое расположение осей координат x и Y (рис. 6, в). Относительно этих осей составляем уравнения равновесия:

$$\sum X_i = -R_2 \cdot \cos 45^\circ + F_2 \cdot \cos 15^\circ - F_1 \cdot \cos 45^\circ = 0; \quad (3)$$

$$\sum Y_i = R_1 - F_1 \cos 45^\circ - R_2 \cdot \cos 45^\circ - F_2 \cdot \cos 75^\circ = 0. \quad (4)$$

Из уравнения (3) находим

$$R_2 = \frac{F_2 \cdot \cos 15^\circ - F_1 \cdot \cos 45^\circ}{\cos 45^\circ} = \frac{100 \cdot 0,966 - 70 \cdot 0,707}{0,707} = 66,6 \text{ кН.}$$

Подставляя найденное значение R_2 в уравнение (4), получаем

$$\begin{aligned} R_1 &= F_1 \cdot \cos 45^\circ + R_2 \cdot \cos 45^\circ + F_2 \cdot \cos 75^\circ = \\ &= 70 \cdot 0,707 + 66,6 \cdot 0,707 + 100 \cdot 0,259 = 122,5 \text{ кН.} \end{aligned}$$

Значения реакций R_1 и R_2 , полученные при решении уравнений (1) и (2), совпадают по величине и направлению со значениями, найденными из уравнений (3) и (4), следовательно, задача решена правильно.

При решении второй задачи (11 – 20) требуется определить реакции опор балок, так как с этого начинается решение многих задач по сопротивлению материалов и деталям машин.

Последовательность решения задачи:

1. Изобразить балку вместе с нагрузками.
2. Выбрать расположение координатных осей, совместив ось x с балкой, а ось Y направив перпендикулярно оси x .

3. Произвести необходимые преобразования заданных активных сил: силу, наклоненную к оси балки под углом α , заменить двумя взаимно перпендикулярными составляющими, а равномерно распределенную нагрузку – ее равнодействующей, приложенной в середине участка распределения нагрузки.
4. Освободить балку от опор, заменив их действие реакциями опор, направленными вдоль выбранных осей координат.
5. Составить уравнения статики для произвольной плоской системы сил, таким образом, и в такой последовательности, чтобы решением каждого из этих уравнений было определение одной из неизвестных реакций опор.
6. Проверить правильность найденных опорных реакций по уравнению, которое не было использовано для решения задачи.

Пример 2. Определить реакцию опор балки (рис. 7, а).

Решение.

1. Изобразим балку с действующими на нее нагрузками (рис. 7, а).
2. Изображаем оси координат x и y .
3. Силу F заменяем ее составляющими $F_x = F \cdot \cos \alpha$ и $F_y = F \cdot \sin \alpha$. Равнодействующая $q \cdot CD$ равномерно распределенной нагрузки приложена в середине участка CD , в точке K (рис. 7, б).
4. Освобождаем балку от опор, заменив их опорными реакциями (рис. 7, в).
5. Составляем уравнения равновесия статики и определяем неизвестные реакции опор.

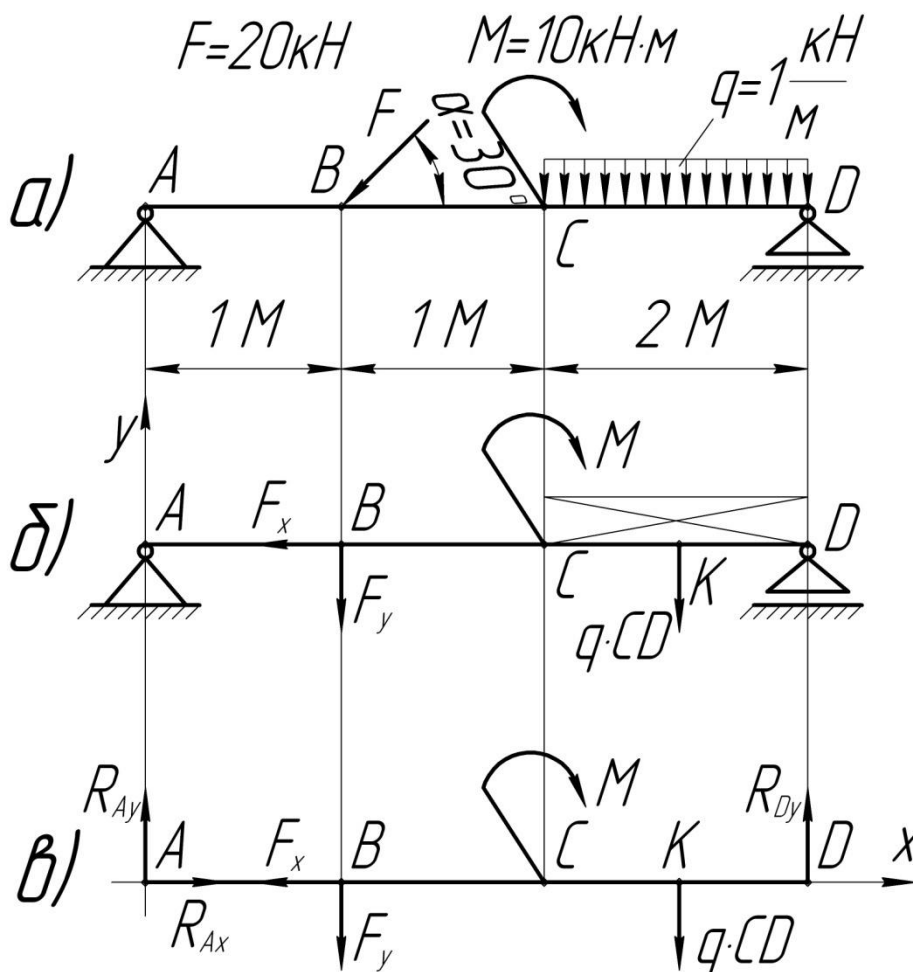


Рисунок 7

$$F_x = F \cdot \cos 30^\circ = 20 \cdot 0,866 = 17,32 \text{ кН.}$$

$$F_y = F \cdot \sin 30^\circ = 20 \cdot 0,5 = 10 \text{ кН.}$$

Из уравнения суммы моментов всех действующих на балку сил, составленного относительно одной из точек опор, сразу определяем одну из неизвестных вертикальных реакций:

$$\sum M_A(F_i) = 0; \quad F_y \cdot AB + M + q \cdot CD \cdot AK - R_{Dy} \cdot AD = 0;$$

$$R_{Dy} = \frac{F_y \cdot AB + M + q \cdot CD \cdot AK}{AD} = \frac{10 \cdot 1 + 10 + 1 \cdot 2 \cdot 3}{4} = 6,5 \text{ кН.}$$

Определяем другую вертикальную реакцию:

$$\sum M_D(F_i) = 0; \quad R_{Ay} \cdot AD - F_y \cdot BD + M - q \cdot CD \cdot KD = 0;$$

$$R_{Ay} = \frac{F_y \cdot BD - M + q \cdot CD \cdot KD}{AD} = \frac{10 \cdot 3 - 10 + 1 \cdot 2 \cdot 1}{4} = 5,5 \text{ кН.}$$

Определяем горизонтальную реакцию:

$$\sum X_i = R_{Ax} - F_x = 0;$$

$$R_{Ax} = F_x = 17,32 \text{ кН.}$$

6. Проверяем правильность найденных результатов:

$$\sum Y_i = R_{Ay} - F_y - q \cdot CD + R_{Dy} = 5,5 - 10 - 1 \cdot 2 + 6,5 = 0.$$

Условие равновесия $\sum Y_i = 0$ выполняется, следовательно, реакции опор найдены верно.

Последовательность решения третьей задачи (21 – 30):

1. Изобразить на рисунке тело, равновесие которого рассматривается с действующими на него активными силами и реакциями опор, и выбрать систему осей координат.
2. Из условия равновесия вала, имеющего неподвижную ось, определить значение силы F_2 , после чего вычислить значение силы F_{r2} .
3. Составить шесть уравнений равновесия.
4. Решить уравнения и определить реакции опор.
5. Проверить правильность решения задачи.

Пример 3. На вал (рис. 8, а) жестко насажены шкив 1 и колесо 2. Определить силы F_2 , $F_{r2} = F_2 \cdot 0,4$, а также реакции опор A и B , если $F_1 = 100$ Н.

Решение.

1. Изображаем вал со всеми действующими на него силами, а также оси координат (рис. 8, б).
2. Определяем F_2 и F_{r2} . Из условия равновесия вала, имеющего неподвижную ось:

$$\sum M_z(F_i) = 0; \quad F_1 \cdot \frac{d_1}{2} - F_2 \cdot \frac{d_2}{2} = 0;$$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot d_1}{d_2} = \frac{100 \cdot 0,3}{0,1} = 300 \text{ H};$$

$$F_{r2} = 300 \cdot 0,4 = 120 \text{ H}.$$

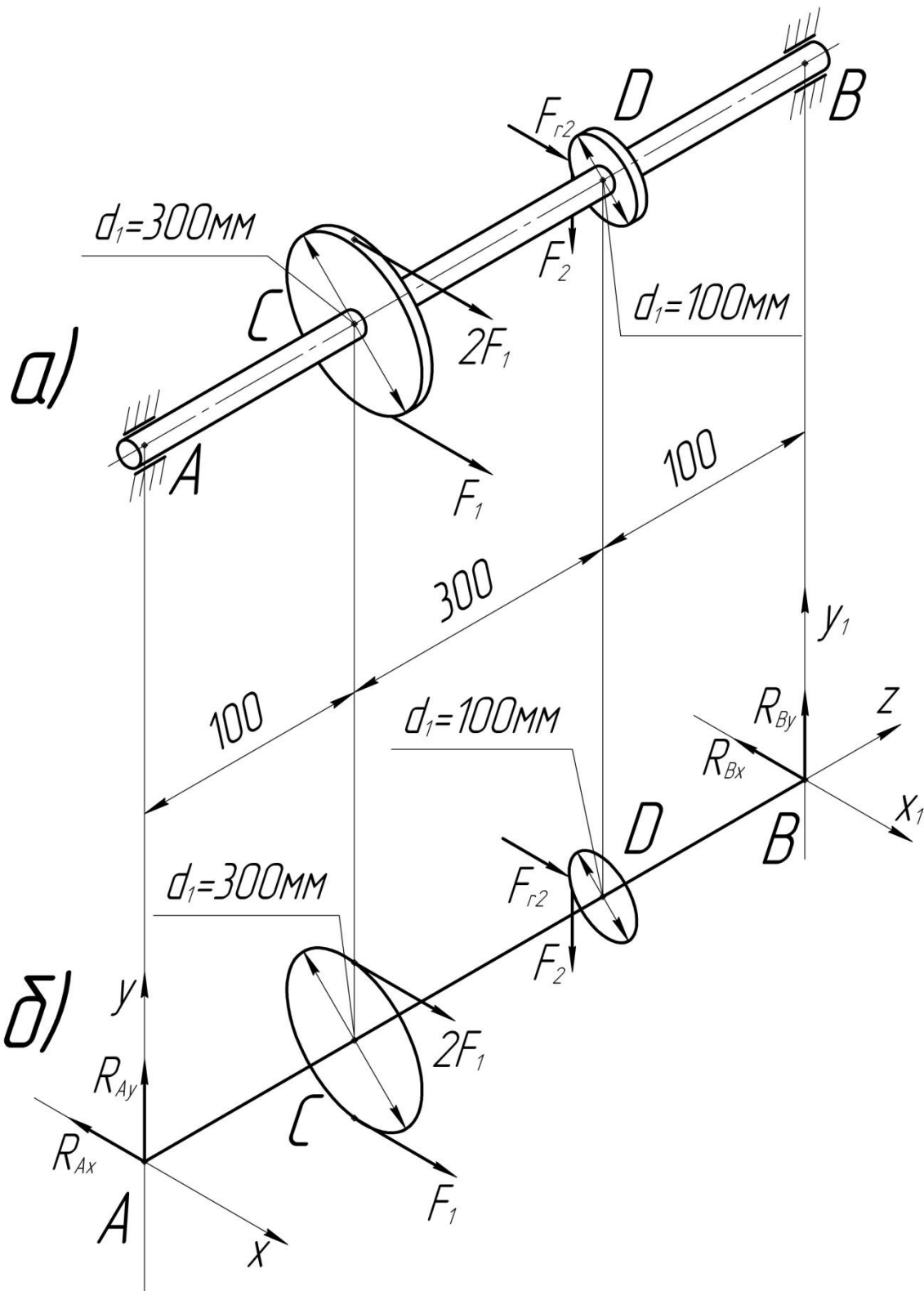


Рисунок 8

3. Составим шесть уравнений равновесия:

$$\sum M_x(F_i) = 0; \quad \sum M_x(F_i) = -R_{By} \cdot AB + F_2 \cdot AD = 0; \quad (1)$$

$$\sum M_y(F_i) = 0; \quad \sum M_y(F_i) = 3 \cdot F_1 \cdot AC + F_{r2} \cdot AD - R_{Bx} \cdot AB = 0; \quad (2)$$

$$\sum M_{x1}(F_i) = 0; \quad \sum M_{x1}(F_i) = R_{Ay} \cdot AB - F_2 \cdot DB = 0; \quad (3)$$

$$\sum M_{y1}(F_i) = 0; \quad \sum M_{y1}(F_i) = R_{Ax} \cdot AB - 3 \cdot F_1 \cdot CB - F_{r2} \cdot DB = 0; \quad (4)$$

$$\sum X_i = 0; \quad \sum X_i = 3 \cdot F_1 + F_{r2} - R_{Ax} - R_{Bx} = 0; \quad (5)$$

$$\sum Y_i = 0; \quad \sum Y_i = R_{Ay} - F_2 + R_{By} = 0. \quad (6)$$

4. Решаем уравнения (1), (2), (3), (4), и определяем реакции опор:

$$\text{из (1) } R_{By} = \frac{F_2 \cdot AD}{AB} = \frac{300 \cdot 0,4}{0,5} = 240 \text{ Н};$$

$$\text{из (2) } R_{Bx} = \frac{3 \cdot F_1 \cdot AC + F_{r2} \cdot AD}{AB} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 0,1 + 120 \cdot 0,4}{0,5} = 156 \text{ Н};$$

$$\text{из (3) } R_{Ay} = \frac{F_2 \cdot DB}{AB} = \frac{300 \cdot 0,1}{0,5} = 60 \text{ Н};$$

$$\text{из (4) } R_{Ax} = \frac{3 \cdot F_1 \cdot CB + F_{r2} \cdot DB}{AB} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 0,4 + 120 \cdot 0,1}{0,5} = 264 \text{ Н}.$$

5. Проверяем правильность найденных реакций опор. Используем уравнение (5):

$$\sum X_i = 3 \cdot F_1 + F_{r2} - R_{Ax} - R_{Bx} = 300 + 120 - 264 - 156 = 0, \text{ следовательно, реакции } R_{Ax} \text{ и } R_{Bx} \text{ определены верно.}$$

Используем уравнение (6):

$$\sum Y_i = R_{Ay} - F_2 + R_{By} = 60 - 300 + 240 = 0, \text{ следовательно, реакции } R_{Ay} \text{ и } R_{By} \text{ определены верно.}$$

При решении четвертой задачи (31 – 40) требуется находить центр тяжести плоских фигур, составленных из простых геометрических фигур. Положение центра тяжести плоской фигуры определяется по формулам:

$$x_C = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{\sum A_i} \text{ и } y_C = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i},$$

где x_C и y_C – искомые координаты центра тяжести фигуры;

x и y – координаты центров тяжести составных частей фигуры, которые определяются из заданных размеров;

A – площади составных частей.

Последовательность решения таких задач рассмотрена в примере.

Пример 4. Вычислить координаты центра тяжести сечения плоской фигуры (рис. 9, а).

Решение.

Заданную плоскую фигуру разбиваем на составные части, центры тяжести которых легко определяются (рис. 9, б) – прямоугольник *I*, треугольник *II* и прямоугольники *III* и *IV*.

Располагаем координатные оси, как показано на (рис. 9, б).

Находим площади каждой части и координаты x_C и y_C их центров тяжести C . Все эти данные заносим в табл. 6.

Таблица 6

Со- ставная часть	Площадь составной части $A_i, \text{мм}^2$	Координаты центров тяжести каждой ча- сти	
		$x_i, \text{мм}$	$y_i, \text{мм}$
<i>I</i>	$300 \cdot 160 = 48000 = 48 \cdot 10^3$	$\frac{160}{2} = 80$	$\frac{300}{2} = 150$
<i>II</i>	$\frac{1}{2} \cdot 120 \cdot 180 = 10800 = 10,8 \cdot 10^3$	$160 + \frac{1}{3} \cdot 120 = 200$	$\frac{1}{3} \cdot 180 = 60$
<i>III</i>	$120 \cdot 120 = 14400 = 14,4 \cdot 10^3$	$160 + \frac{120}{2} = 220$	$180 + \frac{120}{2} = 240$
<i>IV</i>	$80 \cdot 60 = 4800 = 4,8 \cdot 10^3$	$220 + \frac{60}{2} = 250$	$300 + \frac{80}{2} = 340$

Вычисляем координаты x_C и y_C центра тяжести плоской фигуры:

$$x_C = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{\sum A_i} = \frac{48 \cdot 10^3 \cdot 80 + 10,8 \cdot 10^3 \cdot 200 + 14,4 \cdot 10^3 \cdot 220 + 4,8 \cdot 10^3 \cdot 250}{48 \cdot 10^3 + 10,8 \cdot 10^3 + 14,4 \cdot 10^3 + 4,8 \cdot 10^3} = 133_{\text{мм}};$$

$$y_C = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{48 \cdot 10^3 \cdot 150 + 10,8 \cdot 10^3 \cdot 60 + 14,4 \cdot 10^3 \cdot 240 + 4,8 \cdot 10^3 \cdot 340}{48 \cdot 10^3 + 10,8 \cdot 10^3 + 14,4 \cdot 10^3 + 4,8 \cdot 10^3} = 166_{\text{мм}}.$$

При решении задач можно использовать метод отрицательных площадей, как это показано на (рис. 9, в). Здесь данная фигура разделена на три части: прямоугольники *I* и *III* и треугольник *II*, причем площади треугольника *II* и прямоугольника *III* вырезанные из плоской фигуры, берутся со знаком минус, т.е. считаются отрицательными. Легко проверить, что если при таком разделении фигуры все исходные данные свести в (табл. 7) и выполнить вычисления, то получится тот же результат.

Таблица 7

Со- ставная часть	Площадь составной части $A_i, \text{мм}^2$	Координаты центров тяжести каждой ча- сти	
		$x_i, \text{мм}$	$y_i, \text{мм}$
<i>I</i>	$380 \cdot 280 = 106400 = 106,4 \cdot 10^3$	$\frac{280}{2} = 140$	$\frac{380}{2} = 190$
<i>II</i>	$\frac{1}{2} \cdot 120 \cdot 180 = 10800 = 10,8 \cdot 10^3$	$160 + \frac{2}{3} \cdot 120 = 240$	$\frac{2}{3} \cdot 180 = 120$
<i>III</i>	$220 \cdot 80 = 17600 = 17,6 \cdot 10^3$	$\frac{220}{2} = 110$	$300 + \frac{80}{2} = 340$

Определяем:

$$x_c = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{\sum A_i} = \frac{106,4 \cdot 10^3 \cdot 140 - 10,8 \cdot 10^3 \cdot 240 - 17,6 \cdot 10^3 \cdot 110}{106,4 \cdot 10^3 - 10,8 \cdot 10^3 - 17,6 \cdot 10^3} = 133 \text{ мм};$$

$$y_c = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{106,4 \cdot 10^3 \cdot 190 - 10,8 \cdot 10^3 \cdot 120 - 17,6 \cdot 10^3 \cdot 340}{106,4 \cdot 10^3 - 10,8 \cdot 10^3 - 17,6 \cdot 10^3} = 166 \text{ мм}.$$

Центр тяжести тела в обоих случаях совпадает, что указывает на правильность решения задачи.

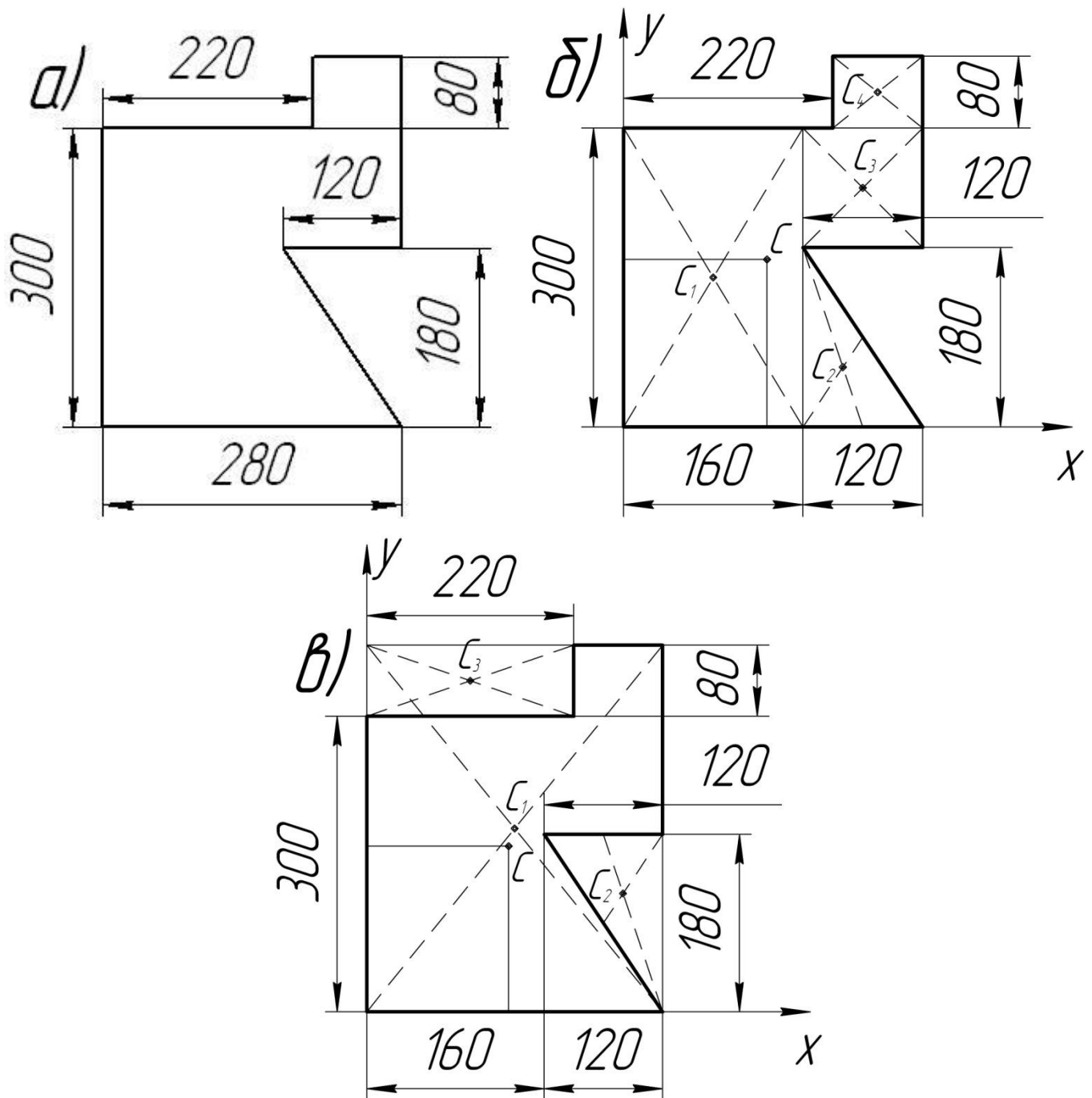


Рисунок 9

Пятая задача (41 – 50) связана с определением работы и мощности либо при поступательном, либо при вращательном движении. Решая данные задачи, необходимо внимательно следить за тем, чтобы числовые значения величин были выражены в единицах СИ.

В учебнике (1) достаточно подробно разобраны методы решения подобных задач.

Приведем основные формулы, необходимые для вычисления работы и мощности. Работа постоянной силы F на прямолинейном пути:

$$W = F \cdot s \cdot \cos \alpha,$$

где α – угол между направлением силы и перемещения.

Работа силы тяжести:

$$W = \pm F \cdot h,$$

где h – разность уровней движущейся точки.

Работа пары сил:

$$W = M \cdot \varphi,$$

где M – момент пары;

φ – угол ее поворота.

В СИ работа выражается в джоулях (Дж): $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м}$; $1 \text{ кДж} = 10^3 \text{ Дж}$.

Мощность определяется по формуле:

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{F \cdot ds \cdot \cos \alpha}{dt} = F \cdot v \cdot \cos \alpha,$$

при $\alpha = 0$

$$P = F \cdot v = \frac{ds}{dt} = F \cdot v,$$

где v – скорость точки.

При вращательном движении:

$$P = M \cdot \omega \text{ или } M = \frac{P}{\omega},$$

где M – момент пары;

ω – угловая скорость.

В СИ мощность выражается в ваттах. $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$; $1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт}$.

Механический коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{W_{nc}}{W},$$

где W_{nc} – работа сил полезных сопротивлений;

W – вся совершенная работа.

Или:

$$\eta = \frac{P_n}{P}$$

где P_n – полезная мощность;

P – вся затраченная мощность.