

**МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра «Механіка і проектування машин»**

**КОМПЛЕКСНЕ  
МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

**до виконання розрахунково-графічних робіт  
з дисципліни**

***«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»***

**Харків – 2013**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри “Механіка і проектування машин”

20 листопада 2011 р., протокол № 6.

Укладачі:

доценти Н.А. Аксьонова,  
старш. викл. Л.М. Дунай

Рецензент

проф. О.В. Братченко

## КОМПЛЕКСНЕ МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

до виконання розрахунково-графічних робіт  
з дисципліни «Теоретична механіка»

Відповідальний за випуск Оробінський О.В..

Редактор Еткало О.О.

---

Підписано до друку 14.04.11 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 4,25. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Кафедра “Механіка і проектування машин”

**Комплексне методичне забезпечення  
до виконання розрахунково–графічних робіт  
з дисципліни «Теоретична механіка»**

Харків 2013 р.

Методичні вказівки розглянуті і затверджені до друку на засіданні кафедри “Механіка і проектування машин” протокол № від

Рецензент  
проф. О.В. Братченко

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
Статика .....	5
Завдання С-1 .....	5
Завдання С-2 .....	9
Завдання С-3 .....	13
Завдання С-4 .....	17
Завдання С-5 .....	22
Завдання С-6 .....	25
Завдання С-7 .....	29
Кінематика .....	33
Завдання К-1 .....	33
Завдання К-2 .....	35
Завдання К-3 .....	40
Завдання К-4 .....	45
Динаміка .....	50
Завдання Д-1 .....	50
Завдання Д-2 .....	56
Завдання Д-3 .....	59
Завдання Д-4 .....	65
Список літератури .....	70

## **ВСТУП**

Однією з основних тенденцій подальшого розвитку вищої школи є комплексне методичне забезпечення навчального процесу.

Під час підготовки спеціалістів для залізничного транспорту навчальними планами передбачено вивчення студентами на 1 та 2 курсах дисципліни «Теоретична механіка».

При формуванні теоретичної бази з цієї дисципліни провідна роль відводиться лекційним курсам, які висвітлюють основні питання розділів «Статика», «Кінематика», «Динаміка». При цьому, курс теоретичної механіки передбачає виконання розрахунково-графічних робіт (РГР) та складання заліків і іспитів.

Вищесказане зумовило необхідність розроблення і введення до навчального процесу методичного забезпечення, яке дає змогу активізувати роботу студентів, сприяє перетворенню самотійної роботи у творчий процес.

Методичне забезпечення призначено для студентів денної форми навчання всіх спеціальностей.

# СТАТИКА

## Завдання С-1

### Визначення реакцій опор твердого тіла

Визначити реакції опор конструкції. Схеми конструкцій наведені на рисунку 1 (розміри - в метрах), навантаження вказане в таблиці 1.

Таблиця 1

Варіант	G	P	M, кНм	q, кН/м	α, град
	кН				
1	10	5	20	1	30
2	12	8	10	4	60
3	8	4	5	2	60
4	14	-	8	3	30
5	-	6	7	1	45
6	-	10	4	2	60
7	-	6	5	1	45
8	16	7	6	2	60
9	6	6	4	2	30
10	10	8	9	1	30
11	-	4	7	0,5	45
12	10	6	8	-	45
13	12	10	6	2	30
14	10	6	10	1	45
15	4	4	4	2	60
16	20	10	-	2	45
17	25	5	-	0,5	45
18	20	10	10	-	30
19	-	4	8	1	45
20	-	10	6	0,5	45
21	-	8	7	0,5	30
22	-	10	8	1	30
23	-	7	10	2	30
24	-	6	7	1,5	30
25	-	14	20	0,5	45
26	-	16	14	1	30
27	5	4	8	2,5	45
28	-	10	7	3	30
29	-	6	8	1	15
30	15	10	14	-	30

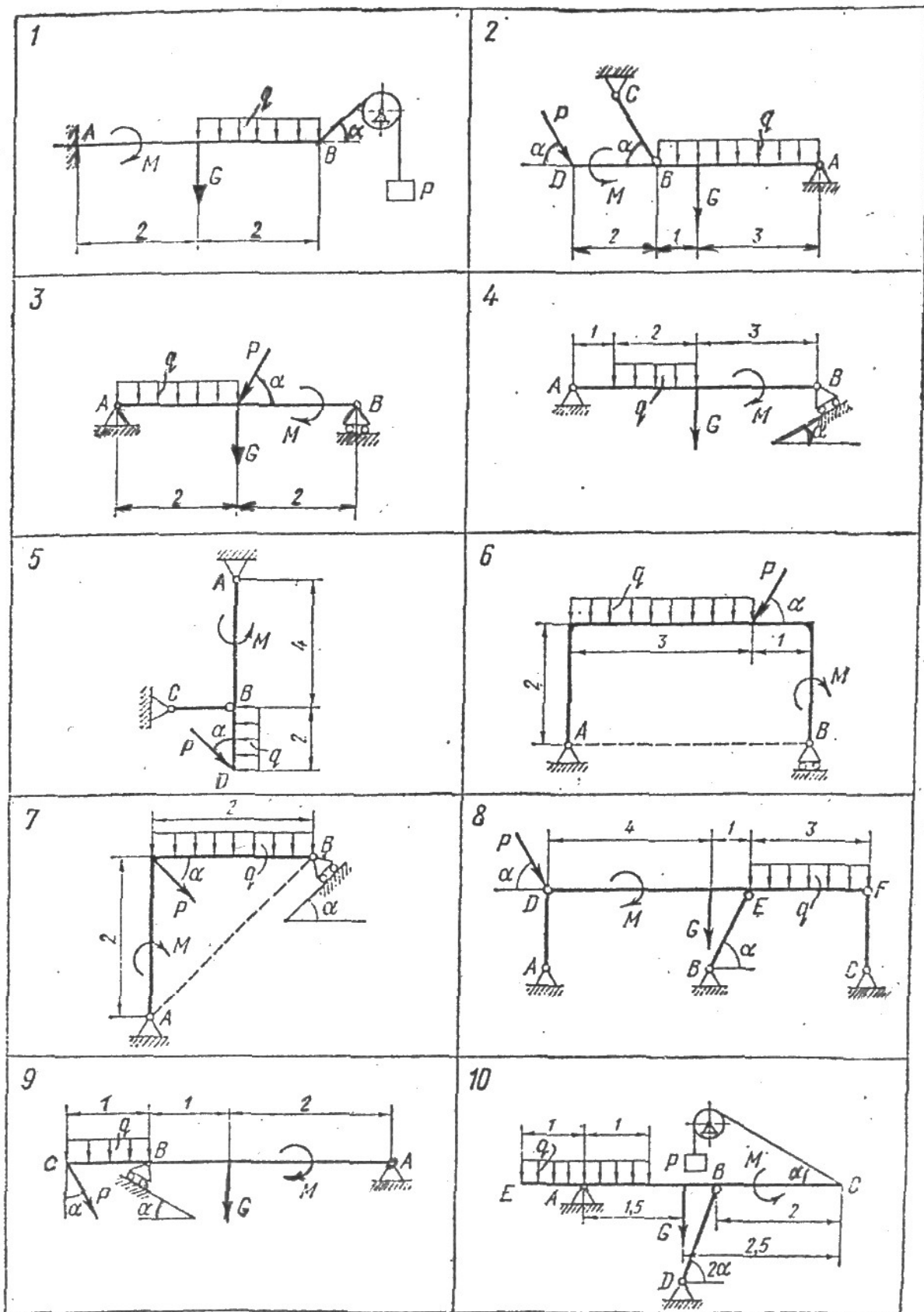


Рисунок 1, аркуш 1



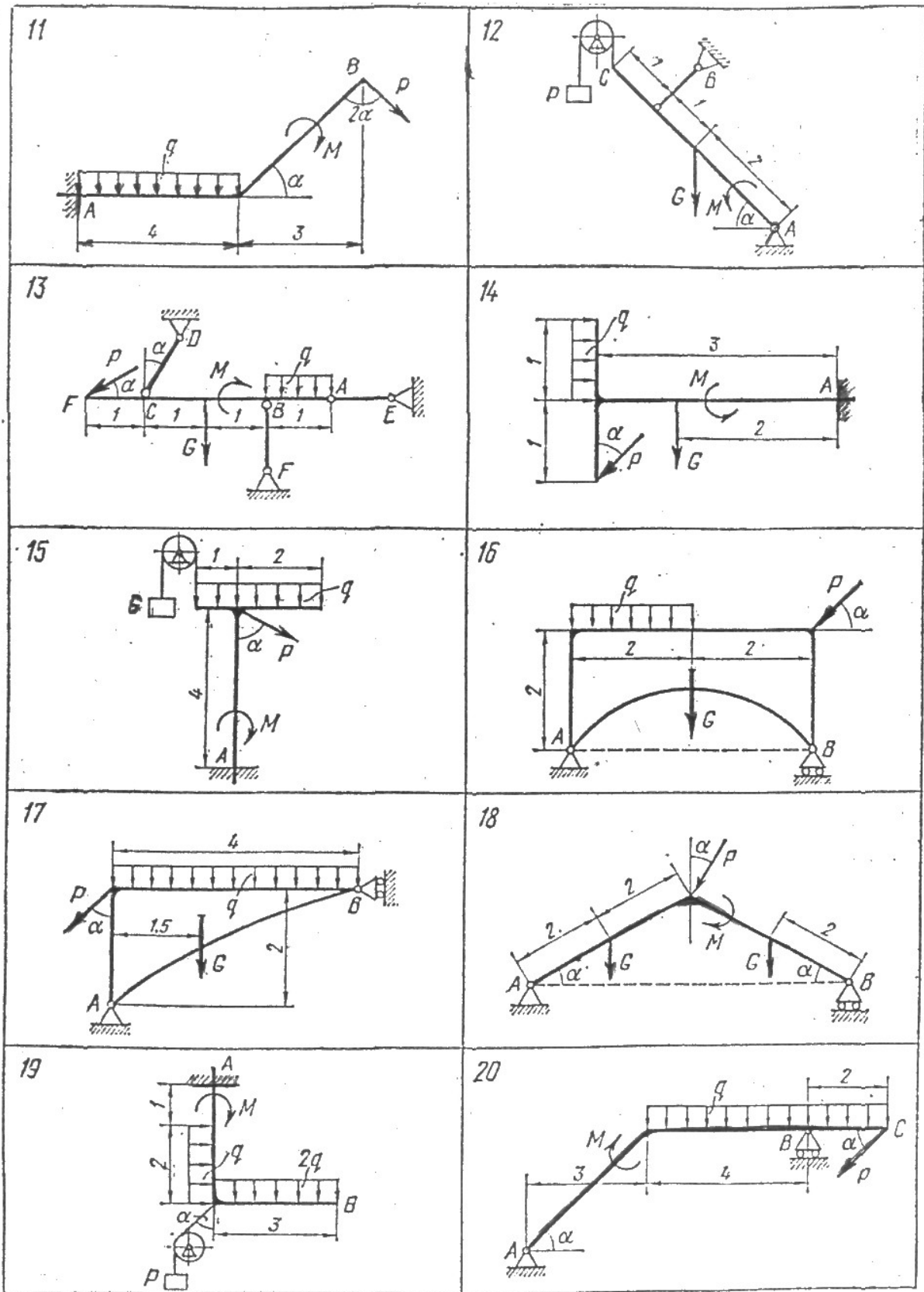


Рисунок 1, аркуш 2

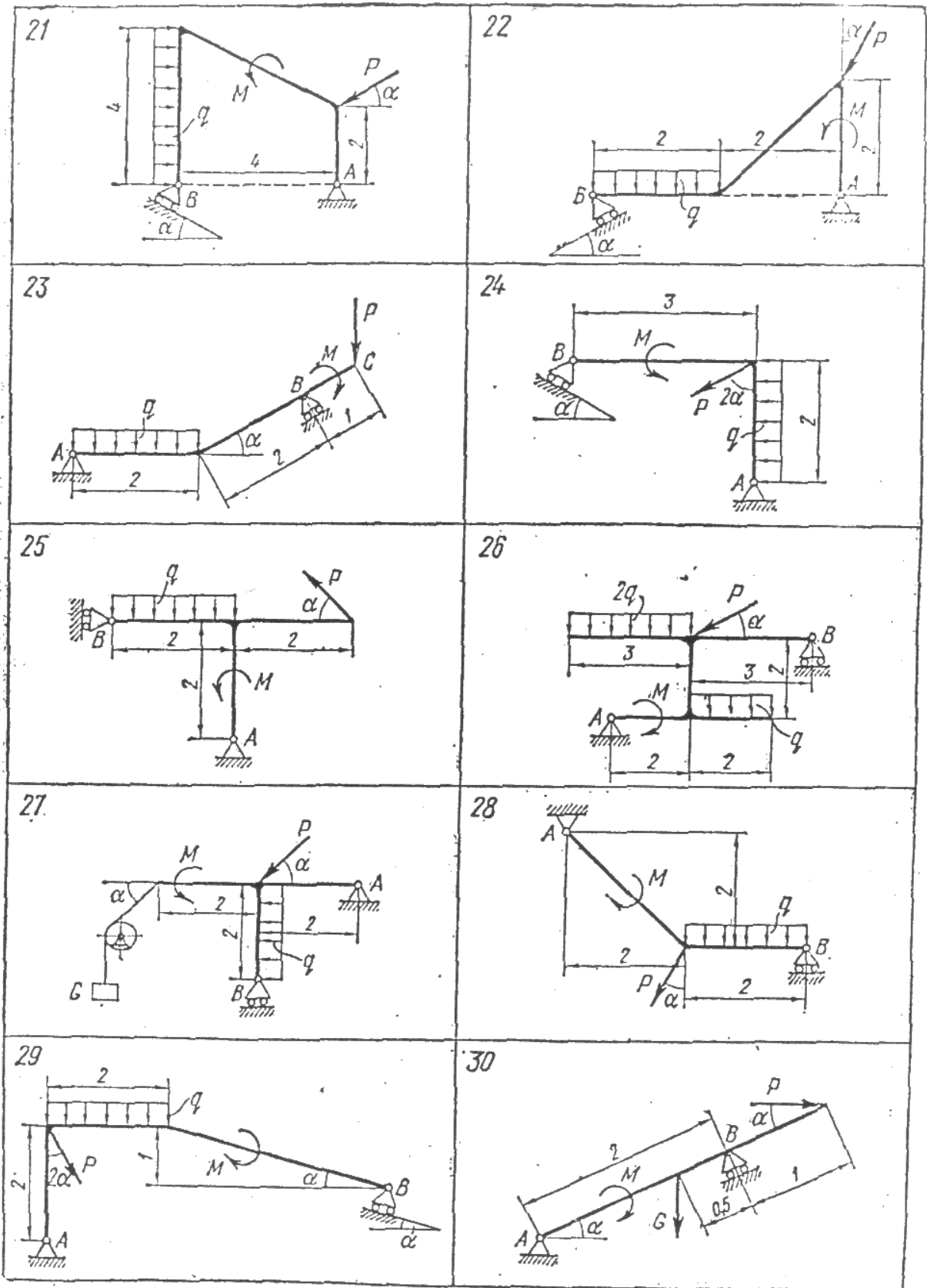


Рисунок 1, аркуш 3

## Завдання С-2

### Визначення зусиль у стержнях плоскої ферми

Знайти методом вирізання вузлів та методом Ріттера зусилля в стержнях 1, 2, 3, 4, 5 ферми. Схеми ферм наведені на рисунку 2, а навантаження вказані в таблиці 2.

Таблиця 2

Варіант	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$a$ , м	$h$ , м	$\alpha$ , град
	кН							
1	5	5	5	20	30	-	-	-
2	5	10	20	30	-	-	-	30
3	10	5	20	20	-	2	6,0	-
4	10	30	50	-	-	-	-	-
5	5	5	20	20	-	-	-	30
6	10	20	10	10	20	-	-	30
7	5	10	20	-	-	-	-	30
8	10	20	30	-	-	2	5,0	-
9	10	20	30	-	-	-	-	-
10	20	10	10	20	-	-	-	45
11	10	20	40	-	-	-	-	45
12	10	20	30	30	-	2	6,0	-
13	10	10	10	20	20	-	-	45
14	10	10	10	10	20	-	-	-
15	10	20	10	-	-	2	1,5	-
16	10	20	20	30	-	-	-	-
17	10	20	20	-	-	3	5,0	-
18	10	40	20	20	-	3	3,5	-
19	10	10	40	20	-	3	3,5	-
20	10	40	20	-	-	-	-	-
21	10	20	10	40	-	3	4,0	-
22	10	10	20	30	-	-	-	-
23	5	10	10	40	20	-	-	-
24	10	20	20	20	-	2	2,4	-
25	10	20	20	-	-	2	2,4	-
26	10	20	20	-	-	2	2,3	-
27	10	20	10	-	-	2	3,0	-
28	20	20	10	-	-	-	-	-
29	10	20	20	40	-	2	2,2	-
30	10	10	20	30	30	-	-	-

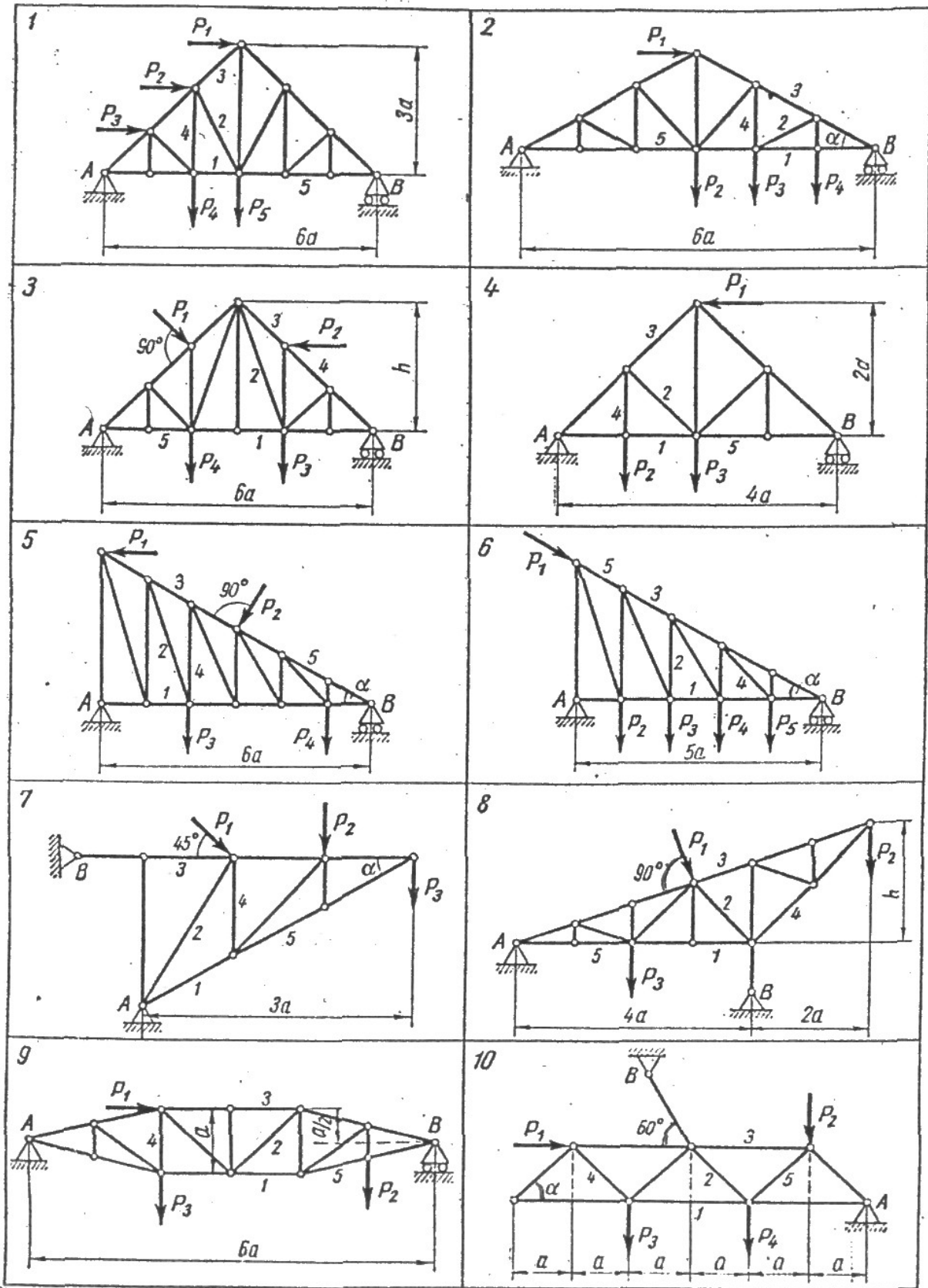


Рисунок 2, аркуш 1

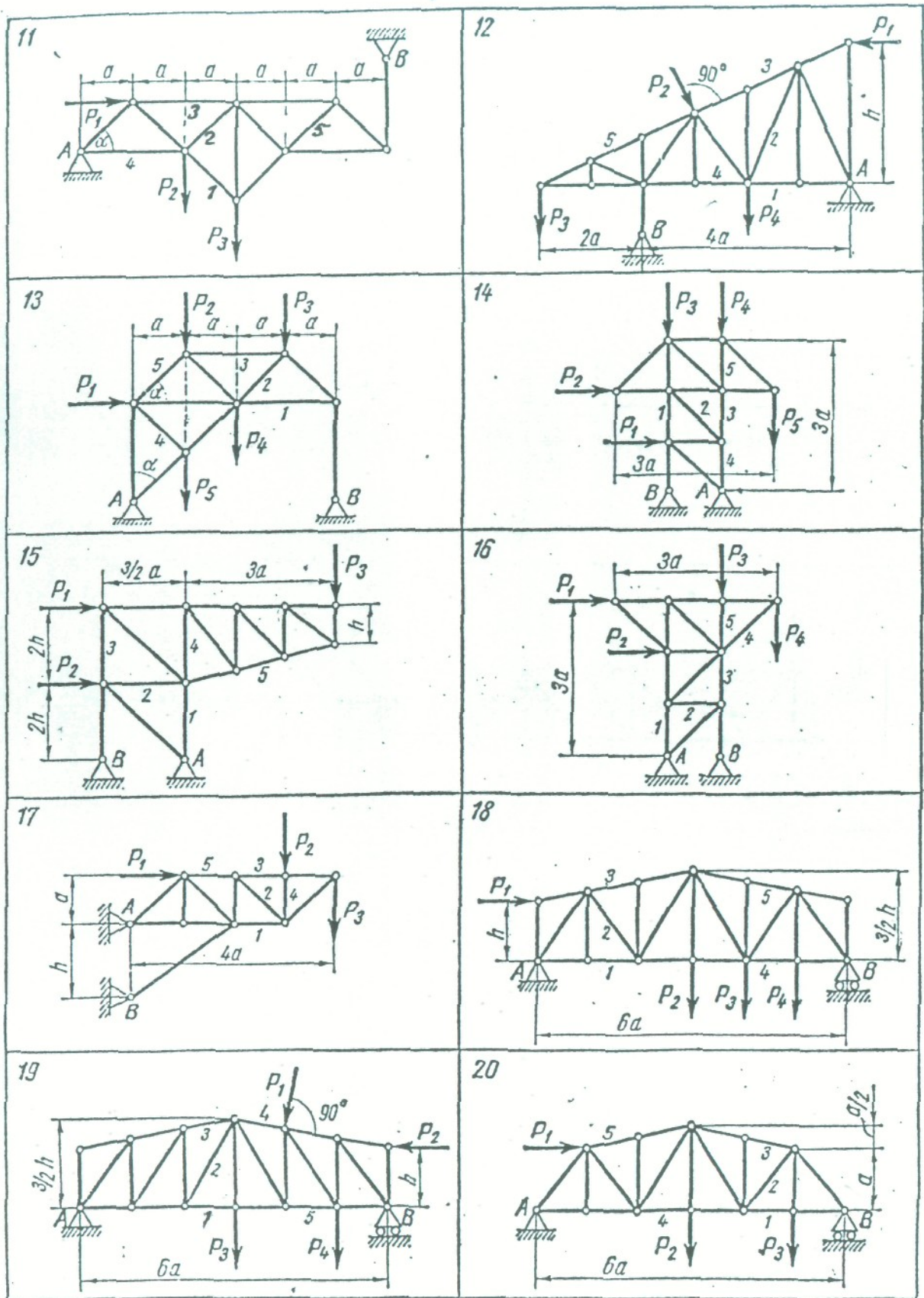


Рисунок 2, аркуш 2

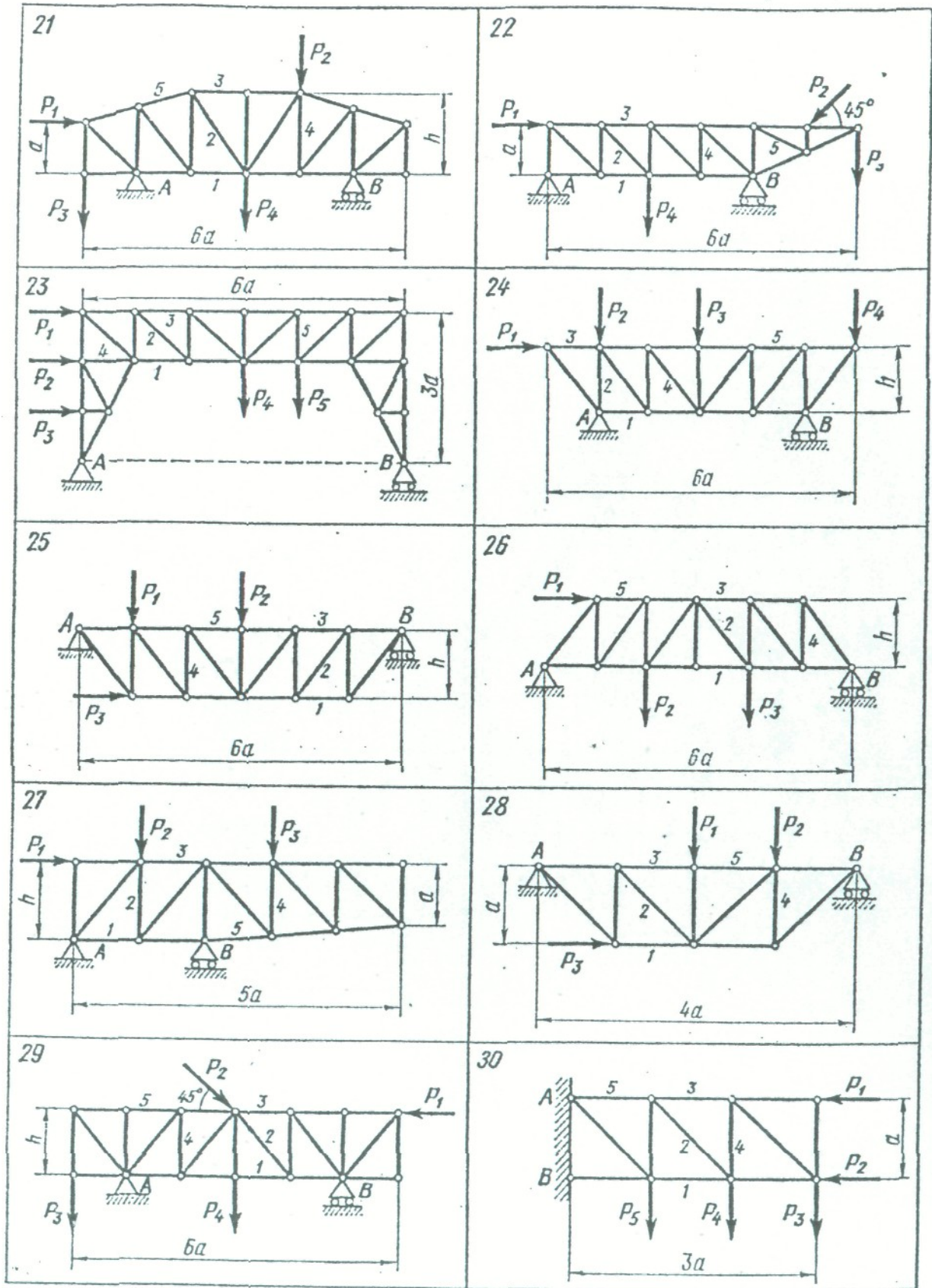


Рисунок 2, аркуш 3

### Завдання С-3

#### Визначення реакцій опор складеної конструкції (система двох тіл)

Визначити реакції опор і тиск у проміжному шарнірі складеної конструкції. Схеми конструкцій наведені на рисунку 3 (розміри - в метрах), навантаження вказані в таблиці 3.

Таблиця 3

Варіант	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	M, кНм	q, кН/м	Варіант	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	M, кНм	q, кН/м
	кН					кН			
<b>1</b>	6,0	-	25,0	0,8	<b>16</b>	8,0	11,0	31,0	0,8
<b>2</b>	5,0	8,0	26,0	-	<b>17</b>	9,0	15,0	26,0	1,1
<b>3</b>	8,0	10,0	33,0	1,1	<b>18</b>	7,0	16,0	27,0	0,8
<b>4</b>	10,0	-	25,0	1,3	<b>19</b>	6,0	18,0	35,0	1,4
<b>5</b>	12,0	-	27,0	1,0	<b>20</b>	7,0	16,0	32,0	0,8
<b>6</b>	14,0	12,0	-	0,9	<b>21</b>	8,0	17,0	30,0	1,2
<b>7</b>	16,0	8,0	18,0	1,4	<b>22</b>	5,0	6,0	34,0	1,5
<b>8</b>	12,0	6,0	20,0	1,0	<b>23</b>	14,0	10,0	36,0	1,2
<b>9</b>	14,0	-	28,0	1,4	<b>24</b>	10,0	13,0	28,0	1,3
<b>10</b>	8,0	-	26,0	0,9	<b>25</b>	11,0	10,0	33,0	1,0
<b>11</b>	15,0	10,0	29,0	1,0	<b>26</b>	15,0	15,0	18,0	1,4
<b>12</b>	15,0	8,0	28,0	1,5	<b>27</b>	11,0	14,0	36,0	1,5
<b>13</b>	7,0	6,0	15,0	1,1	<b>28</b>	12,0	12,0	30,0	1,1
<b>14</b>	5,0	-	30,0	0,9	<b>29</b>	10,0	9,0	35,0	1,3
<b>15</b>	6,0	10,0	24,0	1,5	<b>30</b>	9,0	10,0	29,0	1,5

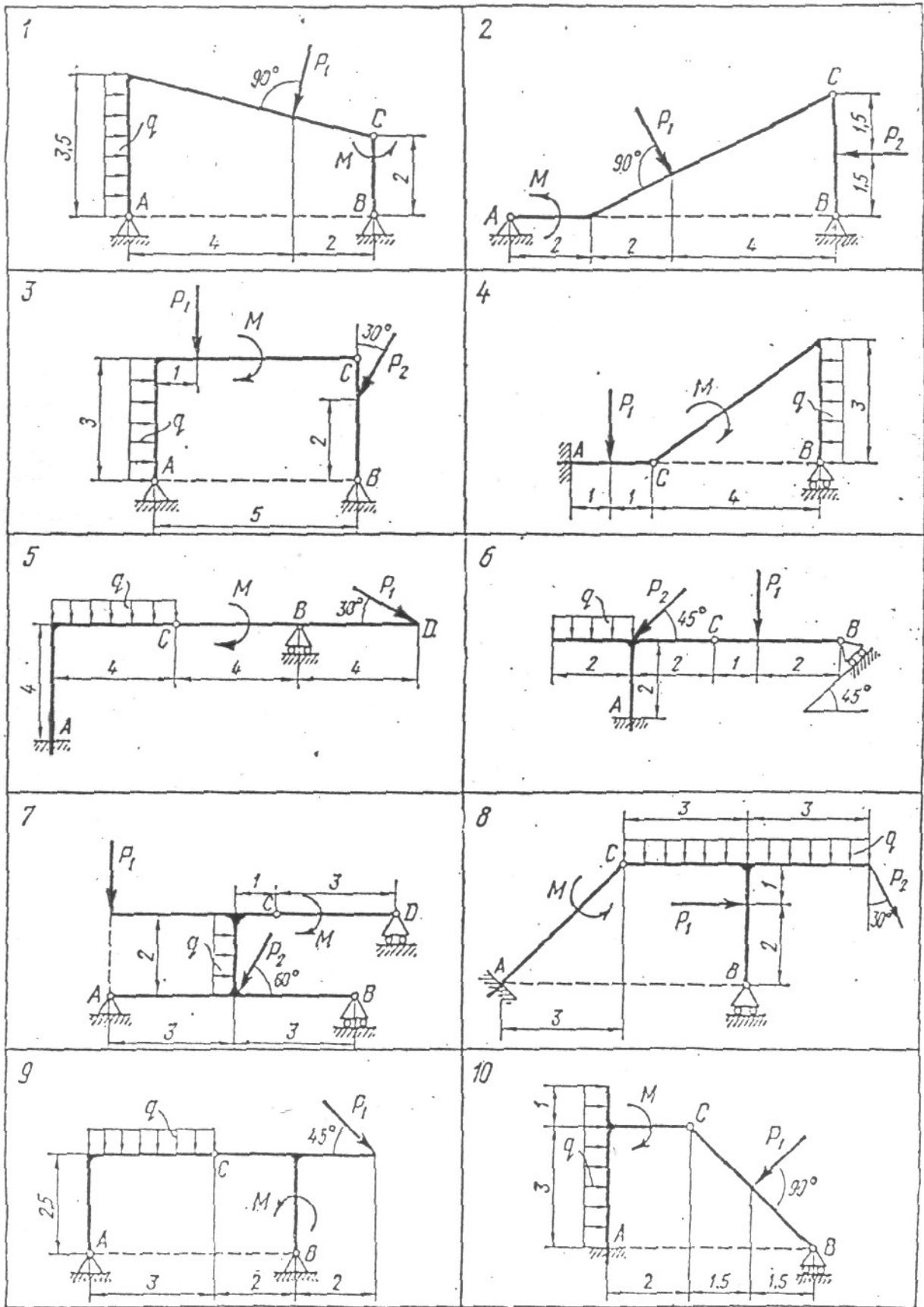


Рисунок 3, аркуш 1



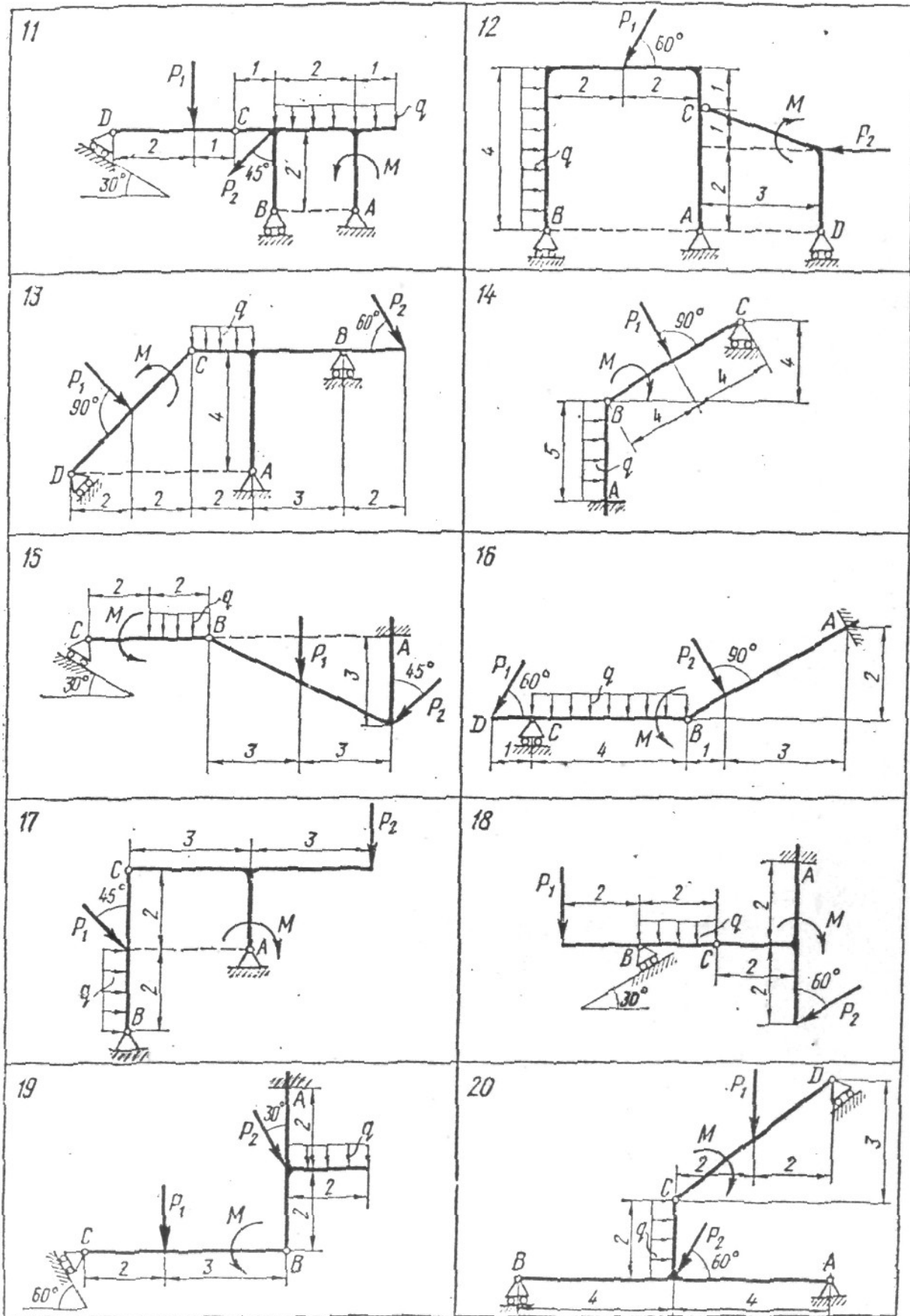


Рисунок 3, аркуш 2

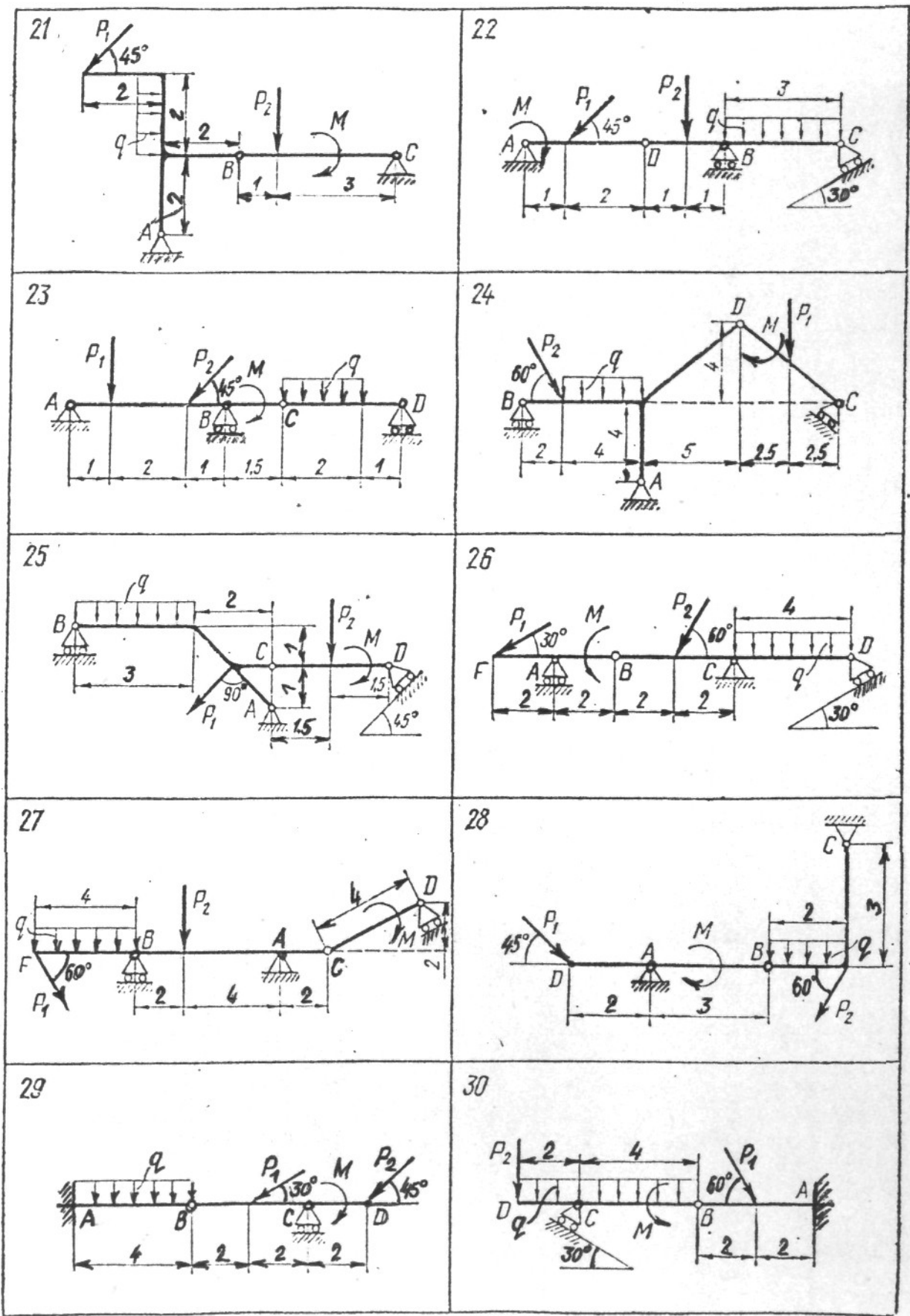


Рисунок 3, аркуш 3

## Завдання С-4

### Рівновага сил з урахуванням зчеплення (тертя спокою)

Визначити мінімальне (у варіантах 1 - 20, 25, 26, 29, 30) або максимальне (у варіантах 21 - 24, 27, 28) значення сили  $P$  та реакції опор системи (точки вказані в таблиці), яка знаходиться в стані спокою. Схеми варіантів надані на рисунку 4, а необхідні для розрахунків дані - в таблиці 4.

Тертям в опорних пристроях знехтувати. Вагу стержнів, колодок та ниток не враховувати.

Таблиця 4

Варіант	G	Q	$a$	$b$	$c$	$\alpha$ , град .	Коефіцієнт зчеплення (коефіцієнт тертя спокою)	Точки, у яких визначаються реакції
	кН		М					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1</b>	1,0	10	0,20	0,10	0,04	30	0,10	О, А
<b>2</b>	1,1	-	0,10	0,15	-	30	0,15	О, А, В
<b>3</b>	1,3	14	0,45	0,40	0,05	45	0,20	О, А
<b>4</b>	1,8	15	0,10	0,40	0,06	-	0,25	О, А
<b>5</b>	1,5	16	0,20	0,30	0,04	45	0,30	О, А
<b>6</b>	1,6	18	0,15	0,10	-	45	0,35	О, А, В
<b>7</b>	2,0	20	0,20	0,50	0,05	30	0,40	О, А
<b>8</b>	2,2	18	0,20	0,10	-	30	0,35	О, А, В
<b>9</b>	2,1	20	0,10	0,20	-	30	0,30	О, А, В
<b>10</b>	1,8	22	0,30	0,30	0,04	45	0,25	О, А
<b>11</b>	1,9	24	0,40	0,50	0,06	-	0,20	О, А
<b>12</b>	2,0	25	0,10	0,25	-	30	0,15	О, А, В

## Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>13</b>	1,6	20	0,10	0,10	-	45	0,10	O, A, B
<b>14</b>	1,7	24	0,10	0,25	0,04	60	0,15	O, A
<b>15</b>	1,8	20	0,10	0,15	-	45	0,20	O, A, B
<b>16</b>	1,2	15	0,20	0,45	0,04	45	0,25	O, A
<b>17</b>	1,3	12	0,15	0,15	-	45	0,30	O, A, B, C
<b>18</b>	1,4	14	0,20	0,30	0,05	60	0,35	O, A
<b>19</b>	1,7	16	0,50	0,20	0,06	30	0,40	A, C, D
<b>20</b>	1,6	18	0,10	0,15	-	-	0,45	O, A, B
<b>21</b>	1,0	-	2	0,5	-	45	0,45	A, B, C, D
<b>22</b>	1,5	-	3	0,8	-	30	0,35	A, B, C, D
<b>23</b>	2,0	-	5	1,4	-	-	0,40	A, B, C
<b>24</b>	3,0	-	4	0,8	-	-	0,30	A, B, C, D
<b>25</b>	1,0	-	0,8	0,4	-	30	0,25	A, B, C, D
<b>26</b>	2,0	-	0,4	-	-	-	0,25	A, B, C
<b>27</b>	4,0	-	4	1,0	-	45	0,35	A, B, C, D
<b>28</b>	5,0	-	5	0,8	-	30	0,40	A, B, C, D
<b>29</b>	2,0	-	2	0,3	-	30	0,20	A, B, C
<b>30</b>	1,0	-	2	8,0	-	30	0,20	A, B, C, D

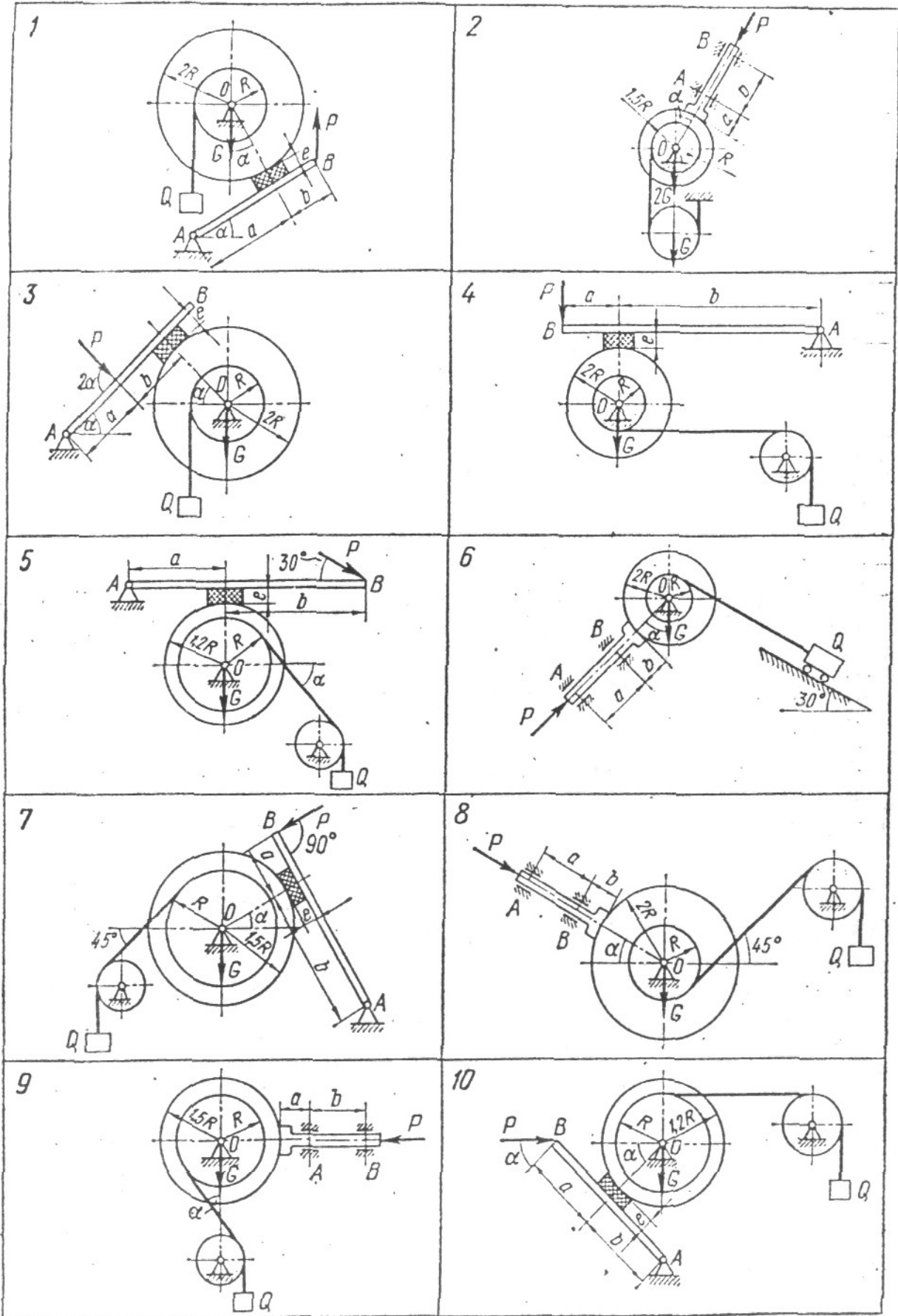


Рисунок 4, аркуш 1

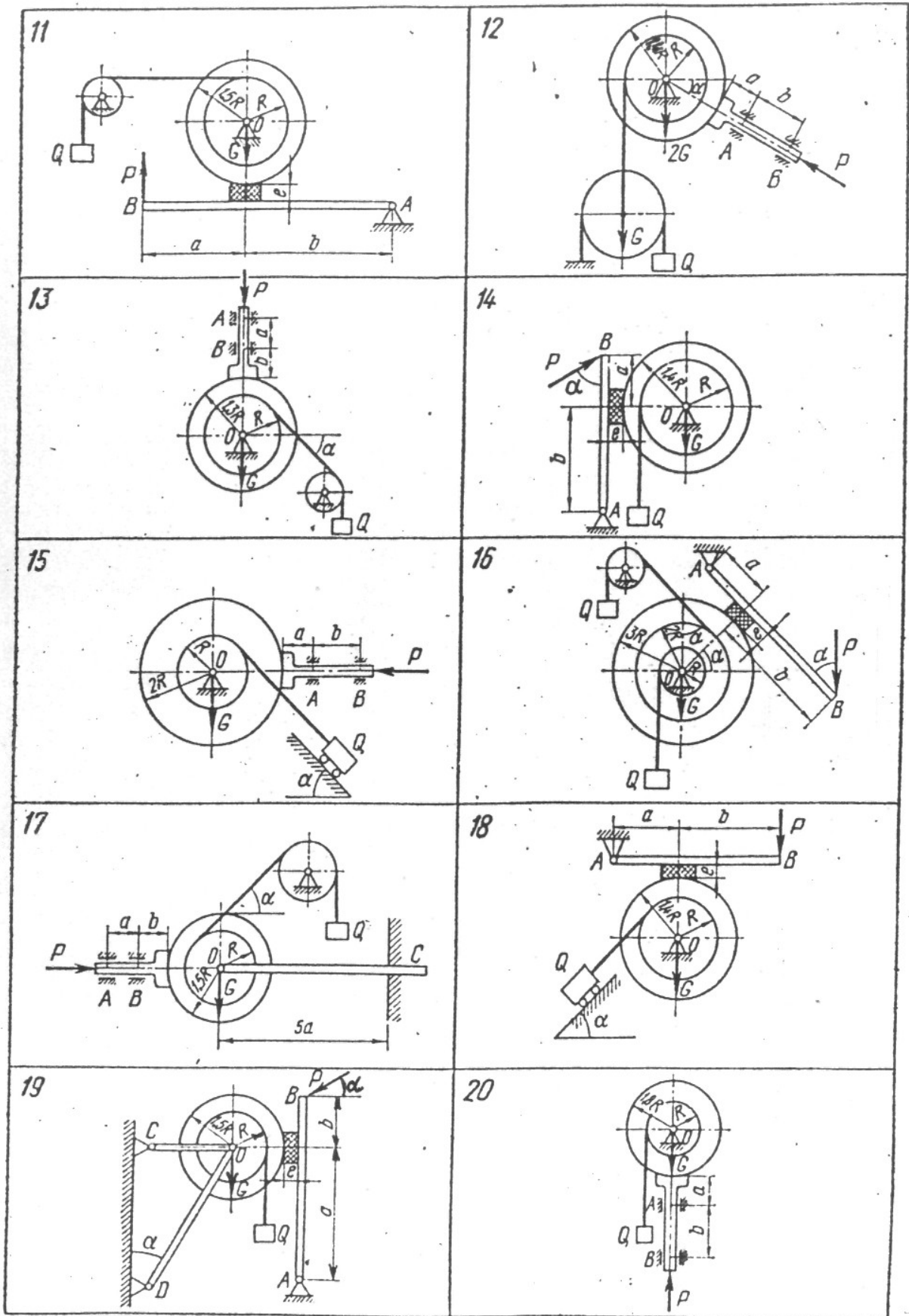


Рисунок 4, аркуш 2

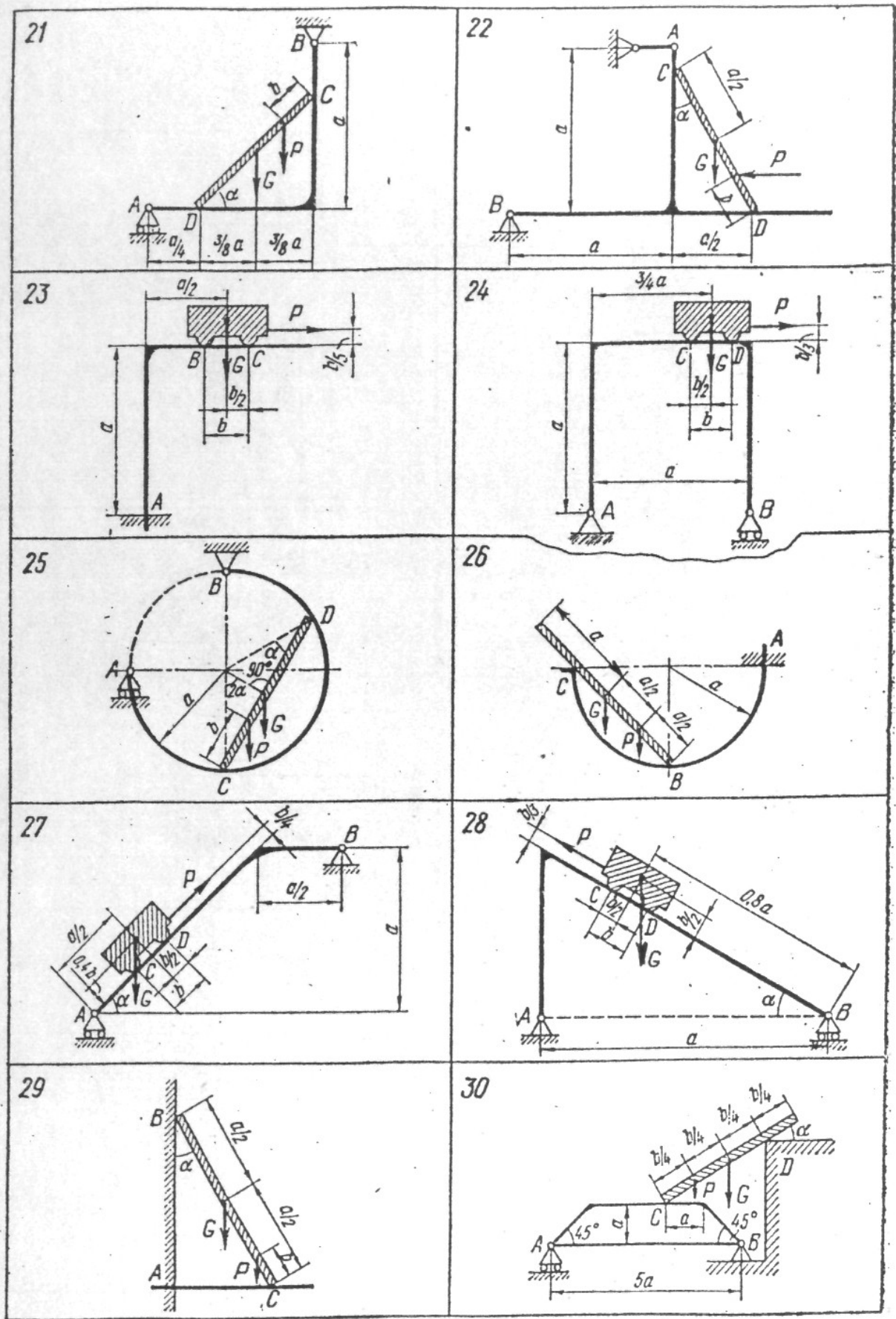


Рисунок 4, аркуш 3

### Завдання С-5

**Система сил, які не лежать в одній площині.  
Система довільних сил**

**Зведення системи сил до простішого вигляду**

Визначити головний вектор  $\overline{R}^*$  та головний момент  $\overline{M}_O$  заданої системи сил відносно центра  $O$  та встановити, до якого найпростішого вигляду зводиться надана система сил.

Розміри паралелепіпеда (рисунок 5), а також модулі і напрямки діючих сил надано в таблиці 5.

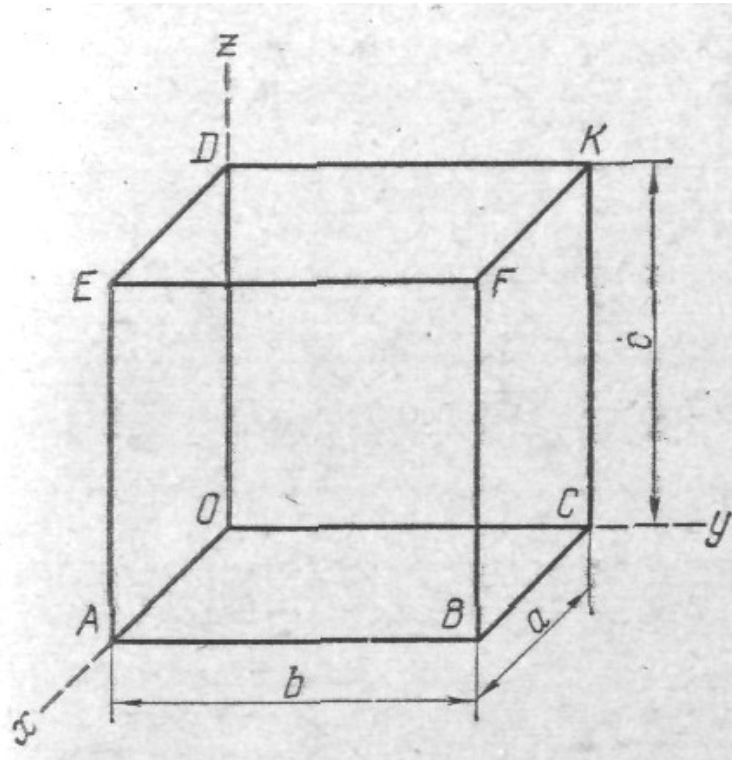


Рисунок 5







## Завдання С-6

### Визначення реакцій опор твердого тіла

Знайти реакції опор конструкції. Схеми конструкцій показані на рисунку 6. Необхідні для розрахунку дані наведено в таблиці 6.

Таблиця 6

Варіант	Сили, кН			Розміри, см				
	Q	T	G	a	b	c	R	r
1	2	-	20	20	30	10	15	5
2	4	-	2	20	10	30	10	10
3	6	-	4	15	15	20	-	15
4	3	-	2	30	20	40	15	10
5	5	4	3	30	40	20	20	15
6	1	3	2	40	30	20	20	10
7	-	6	1	30	10	5	18	6
8	4		3	20	40	15	20	10
9	5	-	3	20	15	10	30	40
10	1	4	2	30	40	20	20	10
11	-	2	1	20	30	15	15	10
12	4	-	1	25	20	8	15	10
13	10	-	5	40	30	20	25	15
14	-	2	1	30	90	20	30	10
15	3	-	2	60	20	40	20	5
16	4	-	2	50	30	-	-	-
17	2	-	1	15	10	20	20	5
18	6	-	2	60	40	60	-	-
19	-	8	2	20	30	40	20	15
20	4	-	-	60	40	20	-	-
21	2	-	-	40	60	30	-	-
22	-	-	5	20	50	30	-	-
23	-	-	4	40	30	50	-	-
24	5	-	2	-	-	-	-	-
25	-	-	3	50	50	60	-	-
26	-	-	1	20	60	40	-	-
27	-	-	1	50	30	-	-	-
28	2	-	6	30	10	50	10	15
29	-	4	3	15	20	15	15	10
30	-	-	4	40	30	10	-	-

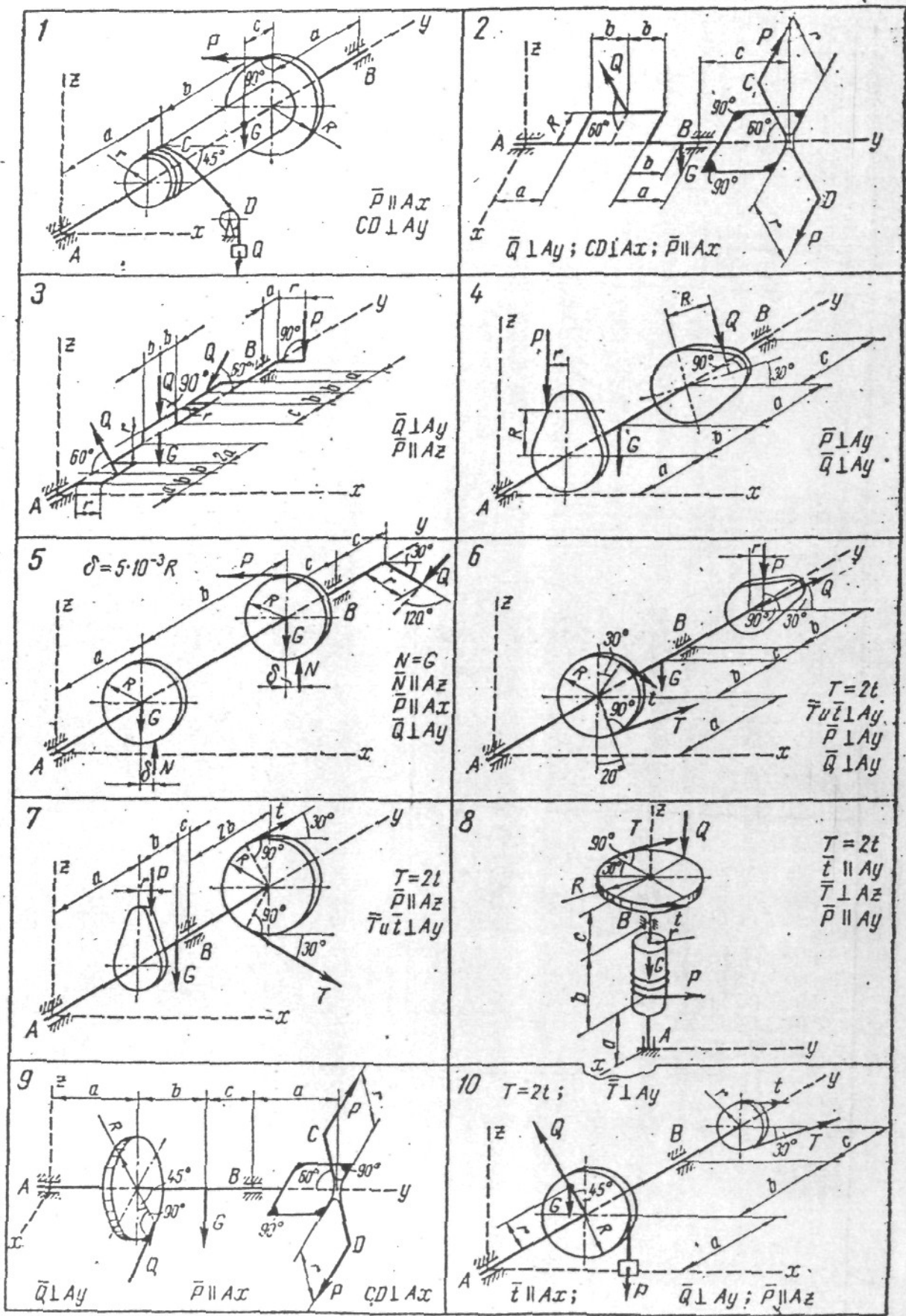


Рисунок 6, аркуш 1

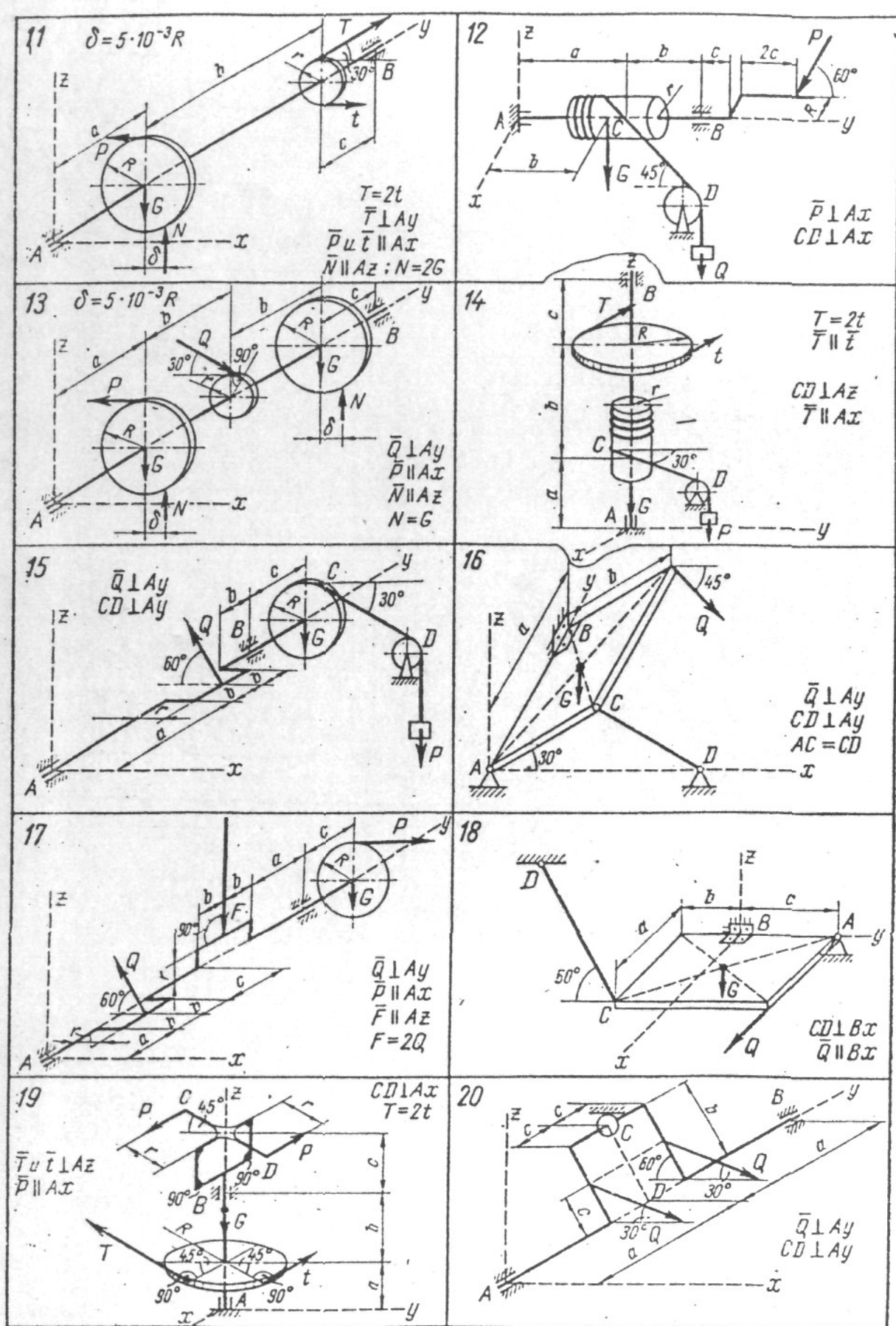


Рисунок 6, аркуш 2

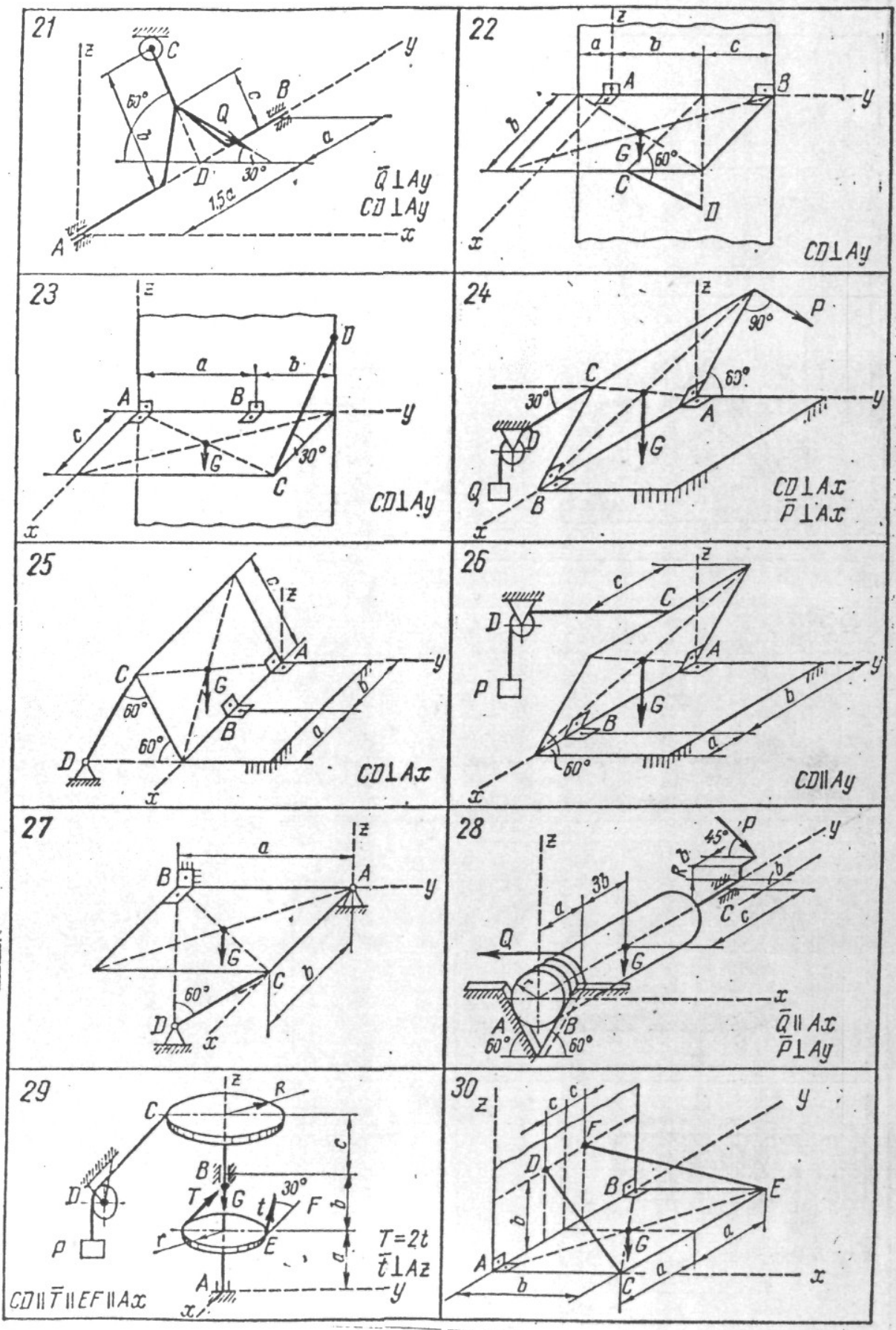


Рисунок 6, аркуш 3

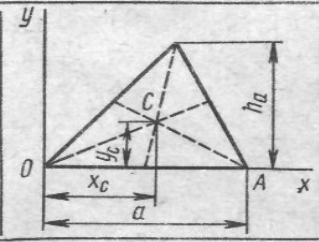
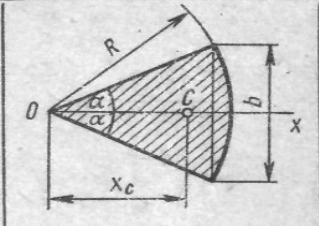
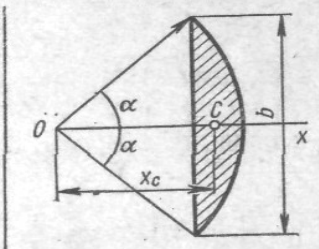
## Завдання С-7

### Визначення положення центра ваги тіла

Знайти координати центра ваги плоскої ферми, складеної із тонких однорідних стержнів однакової погонної ваги (варіанти 1 - 6), плоскої фігури (варіанти 7 - 18 і 24 - 30) або об'єму (варіанти 19 - 23), які зображено на рисунку 7. У варіантах 1 - 6 розміри вказано в метрах, а у варіантах 7 - 30 - в сантиметрах.

Примітка – Площини та координати центрів ваги деяких плоских фігур, які потрібні при виконанні завдань, наведено в таблиці 7.

Таблиця 7

Плоска фігура	Площа	Координати центра ваги
Трикутник		$F = 1/2 \cdot ah_a$ $y_C = 1/3 \cdot h_a$ $x_C = 1/3 \cdot (x_1 + x_2 + x_3)$ , где $x_1, x_2, x_3$ — координаты вершин $O, A, B$
Круговий сектор		$F = \alpha R^2$ $x_C = \frac{2R \sin \alpha}{3\alpha} = \frac{R^2 b}{3F}$
	$\alpha = \pi/2$ (полукруг)	$F = \pi R^2/2$ $x_C = 4R/3\pi$
	$\alpha = \pi/6$	$F = \pi R^2/6$ $x_C = 2R/\pi$
Круговий сегмент		$F = 1/2 \cdot R^2 \times (2\alpha - \sin 2\alpha)$ $x_C = \frac{4R \sin^3 \alpha}{3(2\alpha - \sin 2\alpha)} = \frac{b^3}{12F}$

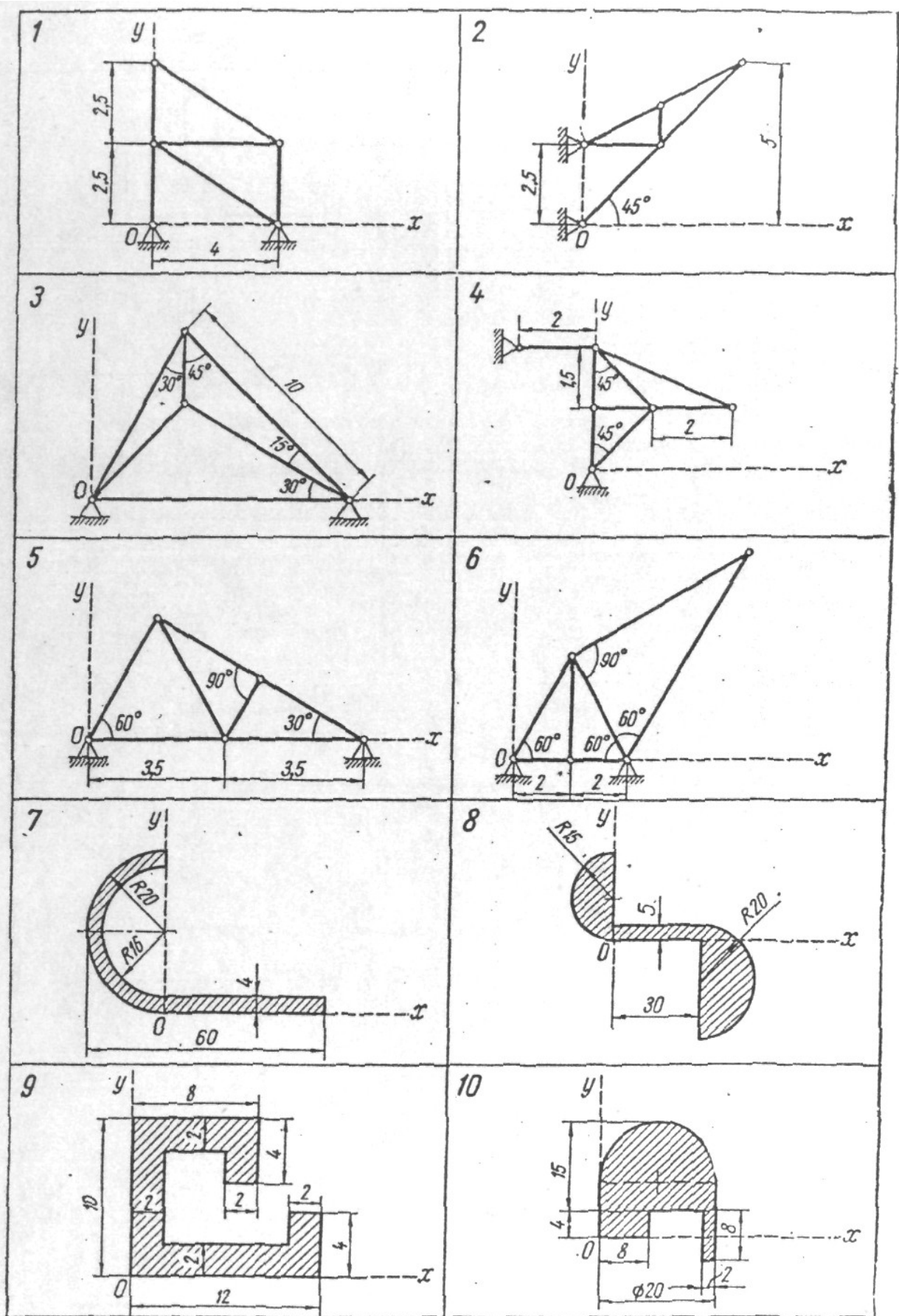


Рисунок 7, аркуш 1



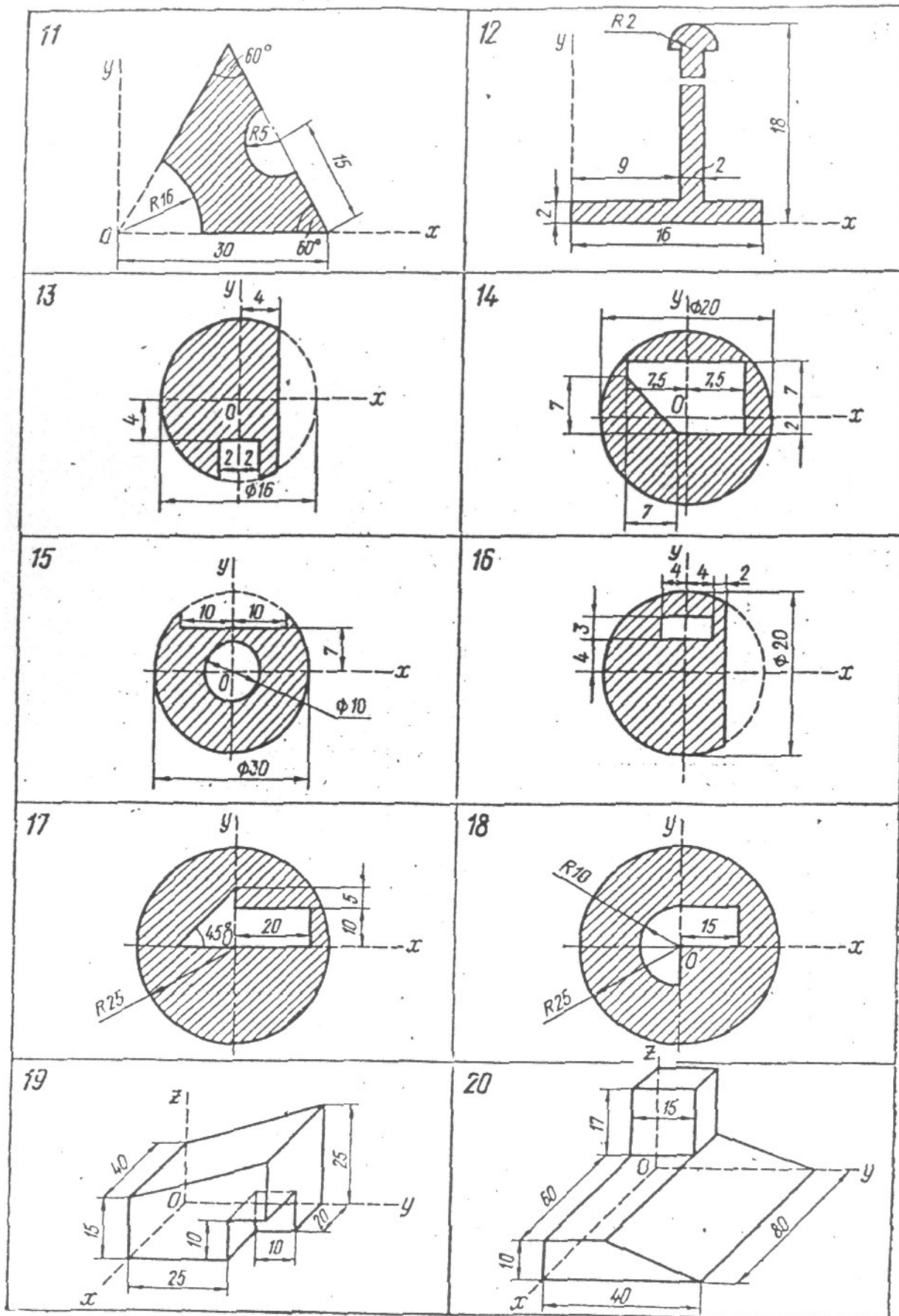


Рисунок 7, аркуш 2

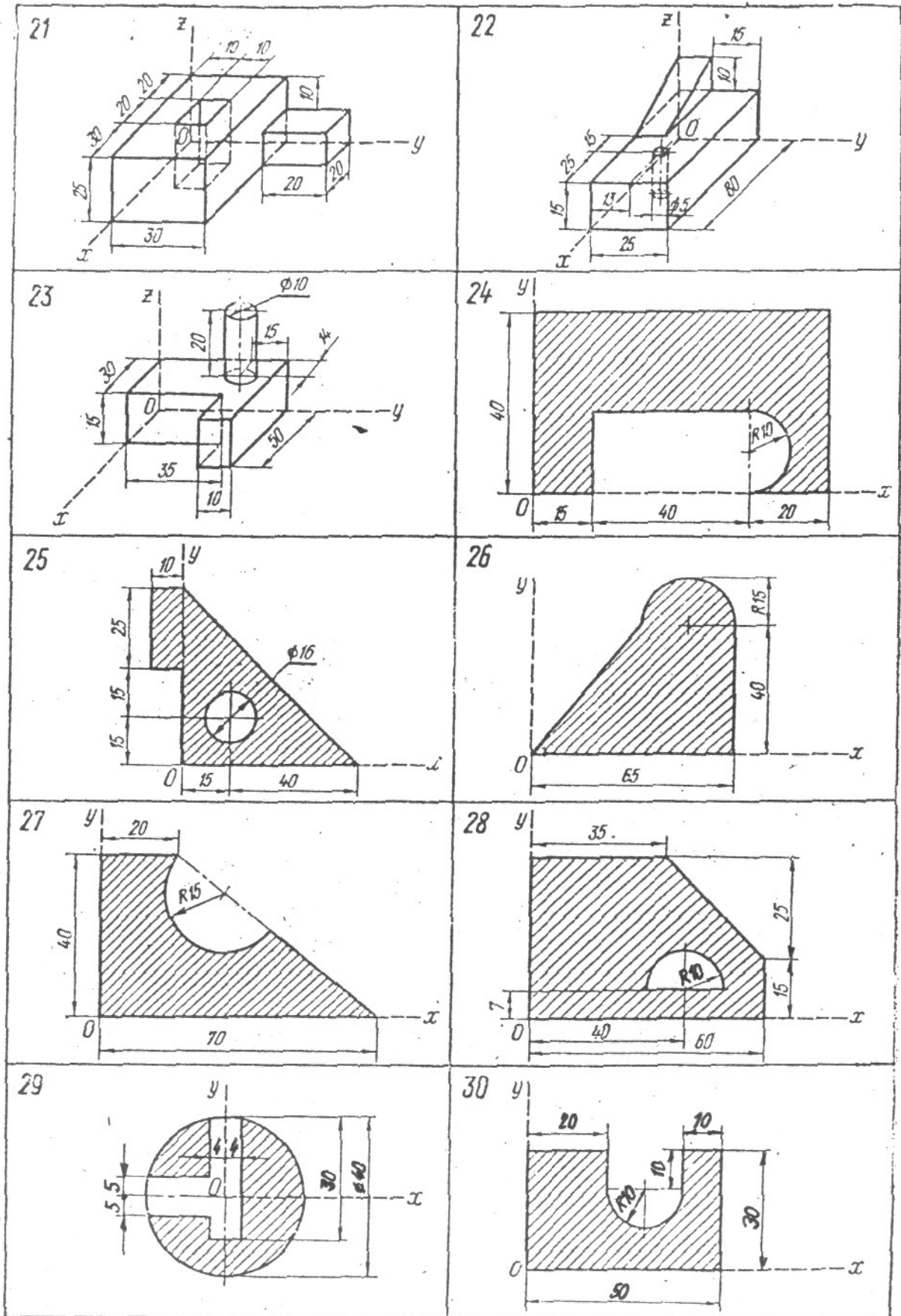


Рисунок 7, аркуш 3

# КІНЕМАТИКА

## Завдання К-1

### Визначення швидкості та прискорення точки за заданими рівняннями її руху

Вивчення прямолінійного та криволінійного руху точки (розділ «Кінематика точки»).

За заданими рівняннями руху точки М установити вид її траєкторії і для моменту часу  $t = t_1, c$ , визначити положення точки на траєкторії, її швидкість, повне дотичне і нормальне прискорення, а також радіус кривизни траєкторії у відповідній точці.

Дані для розв'язання наведені в таблиці 8.

Таблиця 8

Варіант	Рівняння руху		t <sub>1</sub> , с
	x = x (t), см	y = y (t), см	
1	2	3	4
1	$-2 t^2 + 3$	$-5 t$	1/2
2	$4 \cos^2 (\pi t/3) + 2$	$4 \sin^2 (\pi t/3)$	1
3	$-\cos (\pi t^2/3) + 3$	$\sin (\pi t^2/3) - 1$	1
4	$4t + 4$	$-4 / (t + 1)$	2
5	$2 \sin (\pi t/3)$	$-3 \cos (\pi t/3) + 4$	1
6	$3 t^2 + 2$	$-4 t$	1/2
7	$3 t^2 - t + 1$	$5t^2 - 5t/3 - 2$	1
8	$7 \sin (\pi t^2/6) + 3$	$2 - 7 \cos (\pi t^2/6)$	1
9	$-3 / (t + 2)$	$3t + 6$	2
10	$-4 \cos (\pi t/3)$	$-2 \sin (\pi t/3) - 3$	1

Продовження таблиці 8

1	2	3	4
11	$-4 t^2 + 1$	$-3 t$	1/2
12	$5 \sin^2 (\pi t/6)$	$-5 \cos^2 (\pi t/6) - 3$	1
13	$5 \cos (\pi t^2/3)$	$-5 \sin (\pi t^2/3)$	1

14	$-2t - 2$	$-2 / (t + 1)$	2
15	$4 \cos(\pi t/3)$	$-3 \sin(\pi t/3)$	1
16	$3t$	$4t^2 + 1$	1/2
17	$7 \sin^2(\pi t/6) - 5$	$-7 \cos^2(\pi t/6)$	1
18	$1 + 3 \cos(\pi t^2/3)$	$3 \sin(\pi t^2/3) + 3$	1
19	$-5t^2 - 4$	$3t$	1
20	$2 - 3t - 6t^2$	$3 - 3t/2 - 3t^2$	0
21	$6 \sin(\pi t^2/6) - 2$	$6 \cos(\pi t^2/6) + 3$	1
22	$7t^2 - 3$	$5t$	1/4
23	$3 - 3t^2 + t$	$4 - 5t^2 + 5t/3$	1
24	$-4 \cos(\pi t/3) - 1$	$-4 \sin(\pi t/3)$	1
25	$-6t$	$-2t^2 - 4$	1
26	$8 \cos^2(\pi t/6) + 2$	$-8 \sin^2(\pi t/6) - 7$	1
27	$-3 - 9 \sin(\pi t^2/6)$	$-9 \cos(\pi t^2/6) + 5$	1
28	$-4t^2 + 1$	$-3t$	1
29	$5t^2 + 5t/3 - 3$	$3t^2 + t + 3$	1
30	$2 \cos(\pi t^2/3) - 2$	$-2 \sin(\pi t^2/3) + 3$	1

## Завдання К-2

### Визначення швидкостей та прискорень точок твердого тіла при поступальному та обертальному рухах

За заданим рівнянням прямолінійного поступального руху вантажу 1 визначити швидкість, а також обертальне, доцентрове та повне прискорення точки М.

Схеми механізмів надані на рисунку 8, а дані - в таблиці 9.

Таблиця 9

Варіант	Радіуси, см				Рівняння руху вантажу 1 $x=x(t)$ (х, см, t, с)	S, м
	$R_2$	$r_2$	$R_3$	$r_3$		
1	2	3	4	5	6	7
<b>1</b>	60	45	36	-	$10 + 100 t^2$	0,5
<b>2</b>	80	-	60	45	$80 t^2$	0,1
<b>3</b>	100	60	75	-	$18 + 70 t^2$	0,2
<b>4</b>	58	45	60	-	$50 t^2$	0,5
<b>5</b>	80	-	45	30	$8 + 40 t^2$	0,1
<b>6</b>	100	60	30	-	$5 + 60 t^2$	0,5
<b>7</b>	45	35	105	-	$7 + 90 t^2$	0,2
<b>8</b>	35	10	10	-	$4 + 30 t^2$	0,5
<b>9</b>	40	30	15	-	$3 + 80 t^2$	0,2
<b>10</b>	15	-	40	35	$70 t^2$	0,4

Продовження таблиці 9

1	2	3	4	5	6	7
<b>11</b>	40	25	20	-	$5 + 40 t^2$	0,3
<b>12</b>	20	15	10	-	$2 + 50 t^2$	0,1
<b>13</b>	30	20	40	-	$60 t^2$	0,4
<b>14</b>	15	10	15	-	$6 + 20 t$	0,1
<b>15</b>	15	10	15	-	$8 + 40 t^2$	0,3
<b>16</b>	20	15	15	-	$3 + 40 t^2$	0,4

<b>17</b>	15	10	20	-	$80 t^2$	0,6
<b>18</b>	20	15	10	-	$4 + 20 t$	0,3
<b>19</b>	15	10	20	-	$5 + 80 t^2$	0,2
<b>20</b>	25	15	10	-	$50 t^2$	0,3
<b>21</b>	20	10	30	10	$4 + 90 t^2$	0,5
<b>22</b>	40	20	35	-	$10 + 40 t^2$	0,5
<b>23</b>	40	30	30	15	$7 + 40 t$	0,6
<b>24</b>	30	15	40	20	$90 t^2$	0,2
<b>25</b>	50	20	60	-	$2 + 50 t$	0,5
<b>26</b>	32	16	32	16	$5 + 60 t^2$	0,1
<b>27</b>	40	18	40	18	$6 + 30 t^2$	0,3
<b>28</b>	40	20	40	15	$50 t^2$	0,4
<b>29</b>	25	20	50	25	$3 + 30 t$	0,6
<b>30</b>	30	15	20	-	$5 + 60 t^2$	0,2

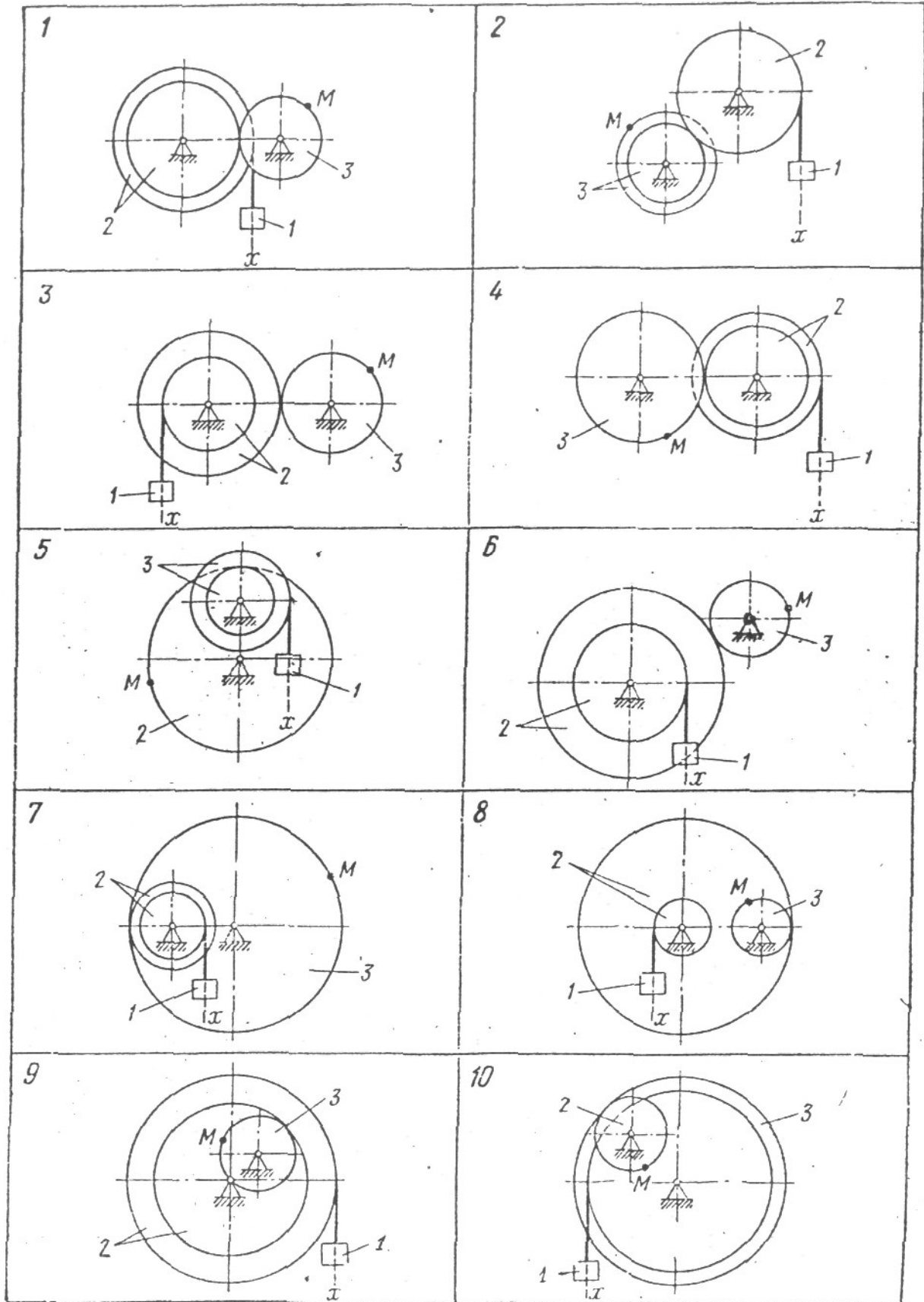


Рисунок 8, аркуш 1

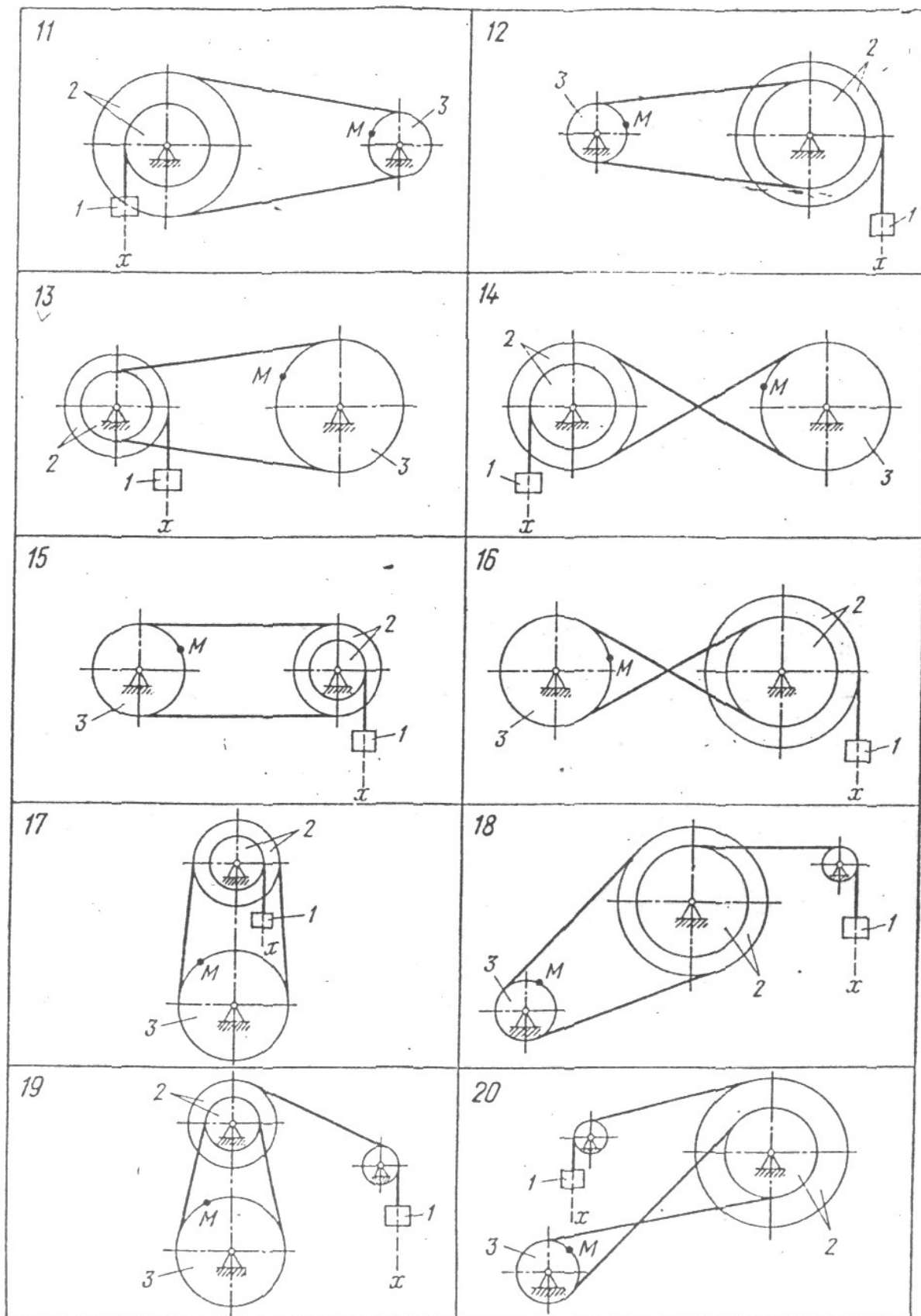


Рисунок 8, аркуш 2



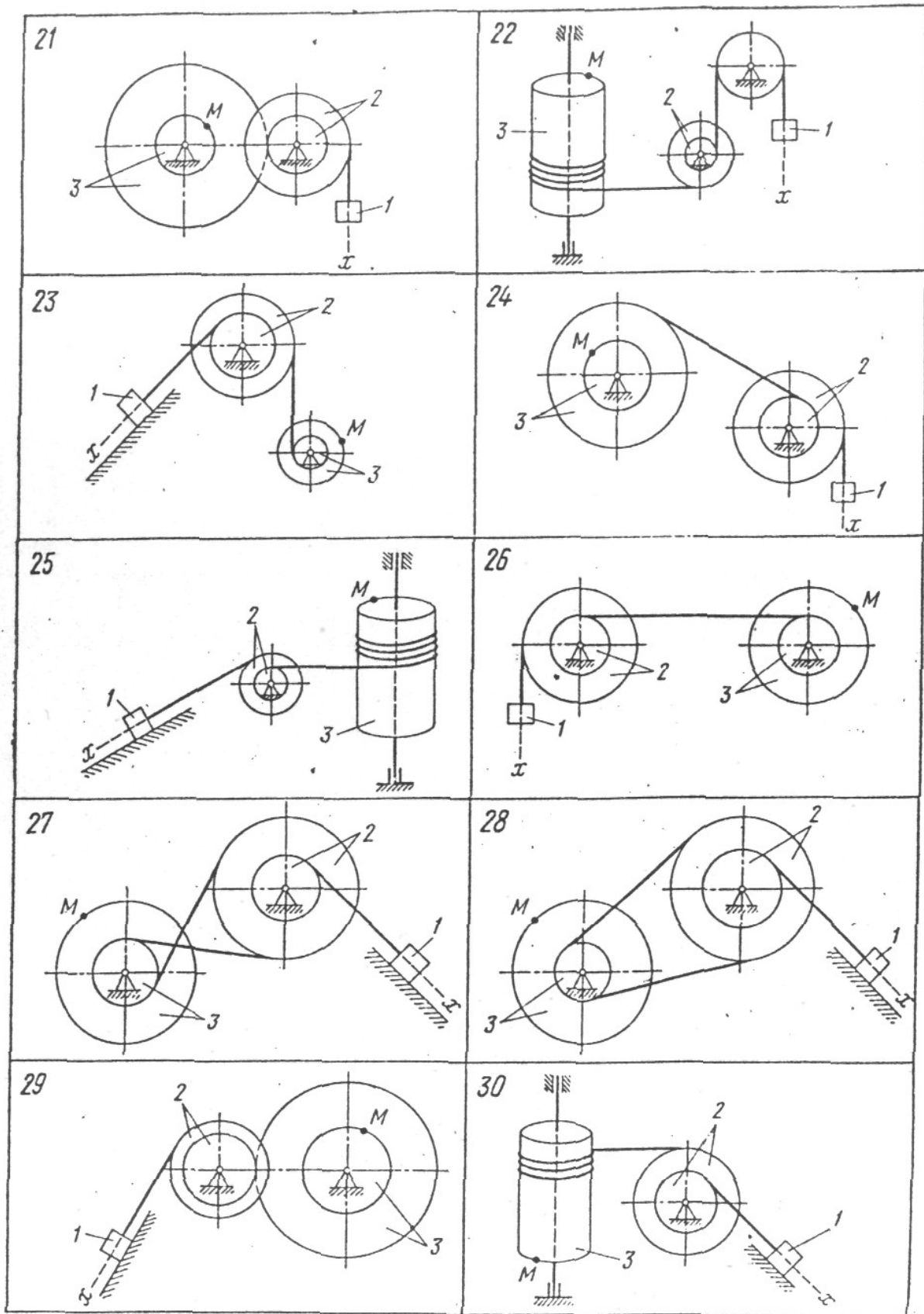


Рисунок 8, аркуш 3

### Завдання К-3

#### Визначення швидкостей та прискорень точок твердого тіла при плоскому русі

Вивчення плоско-паралельного (плоского) руху твердого тіла.

Знайти для даного положення механізму швидкості та прискорення точок В та С, а також кутову швидкість та кутове прискорення ланки, якій ці точки належать.

Схеми механізмів надані на рисунку 9, дані для розрахунку - в таблиці 10.

Таблиця 10

Варіант	Розміри, см				$\omega_{OA},$ с <sup>-1</sup>	$\omega_B,$ с <sup>-1</sup>	$\epsilon_{OA},$ с <sup>-2</sup>	$v_A,$ см/с	$a_A,$ см/с <sup>2</sup>
	OA	r	AB	AC					
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
1	40	15	-	8	2	-	2	-	-
2	30	15	-	8	3	-	2	-	-
3	-	50	-	-	-	-	-	50	100
4	35	-	-	45	4	-	8	-	-
5	25	-	-	20	1	-	1	-	-
6	40	15	-	6	1	1	0	-	-
7	35	-	75	60	5	-	10	-	-
8	-	-	20	10	-	-	-	40	20
9	-	-	45	30	-	-	-	20	10
10	25	-	80	20	1	-	2	-	-

## Продовження таблиці 10

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>11</b>	-	-	30	15	-	-	-	10	0
<b>12</b>	-	-	30	20	-	-	-	20	20
<b>13</b>	25	-	55	40	2	-	4	-	-
<b>14</b>	45	15	-	8	3	12	0	-	-
<b>15</b>	40	15	-	8	1	-	1	-	-
<b>16</b>	55	20	-	-	2	-	5	-	-
<b>17</b>	-	30	-	10	-	-	-	80	50
<b>18</b>	10	-	10	5	2	-	6	-	-
<b>19</b>	20	15	-	10	1	2,5	0	-	-
<b>20</b>	-	-	20	6	-	-	-	10	15
<b>21</b>	30	-	60	15	3	-	8	-	-
<b>22</b>	35	-	60	40	4	-	10	-	-
<b>23</b>	-	-	60	20	-	-	-	5	10
<b>24</b>	25	-	35	15	2	-	3	-	-
<b>25</b>	20	-	70	20	1	-	2	-	-
<b>26</b>	20	15	-	10	2	1,2	0	-	-
<b>27</b>	-	15	-	5	-	-	-	60	30
<b>28</b>	20	-	50	25	1	-	1	-	-
<b>29</b>	12	-	35	15	4	-	6	-	-
<b>30</b>	40	-	-	20	5	-	10	-	-

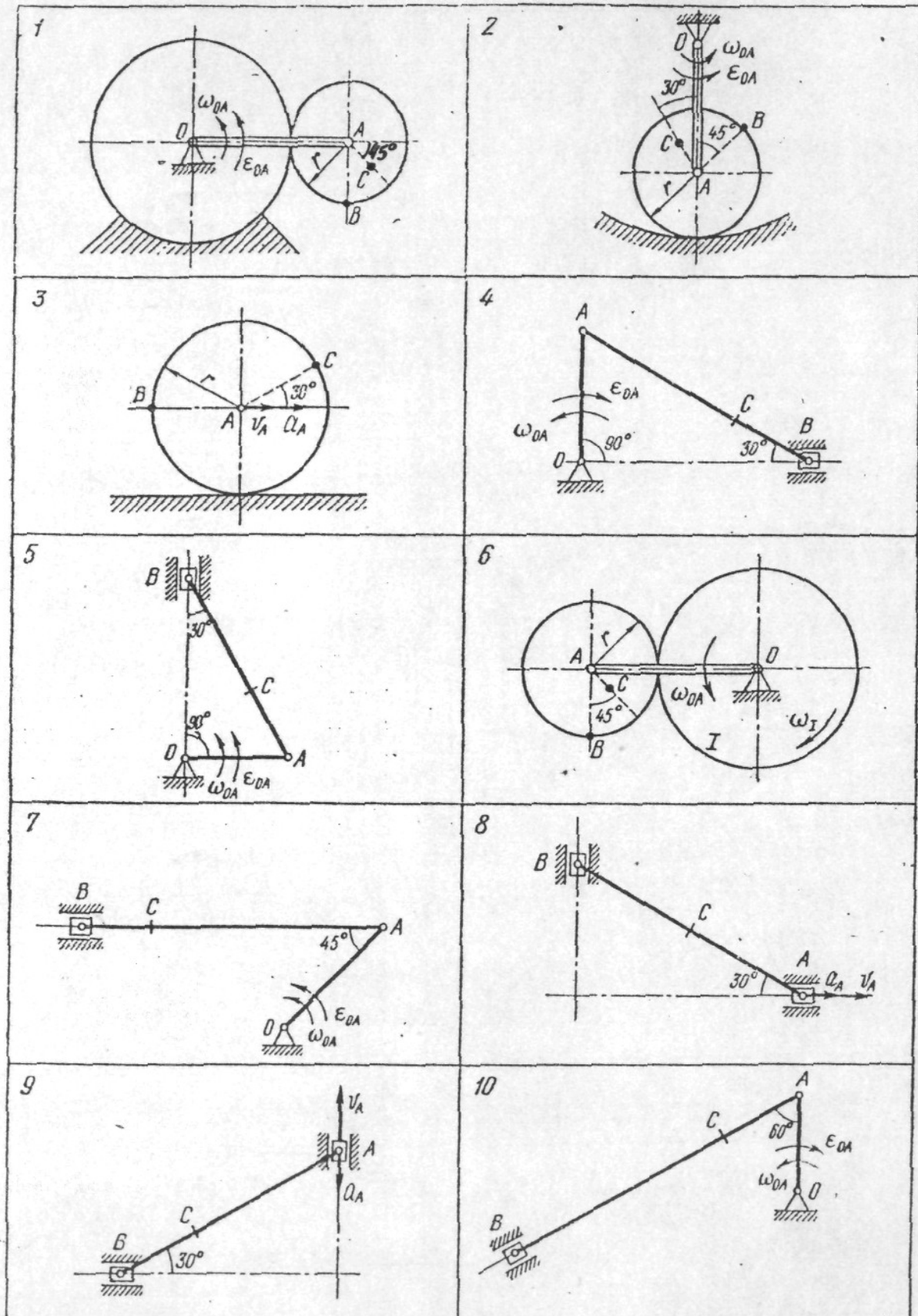


Рисунок 9, аркуш 1

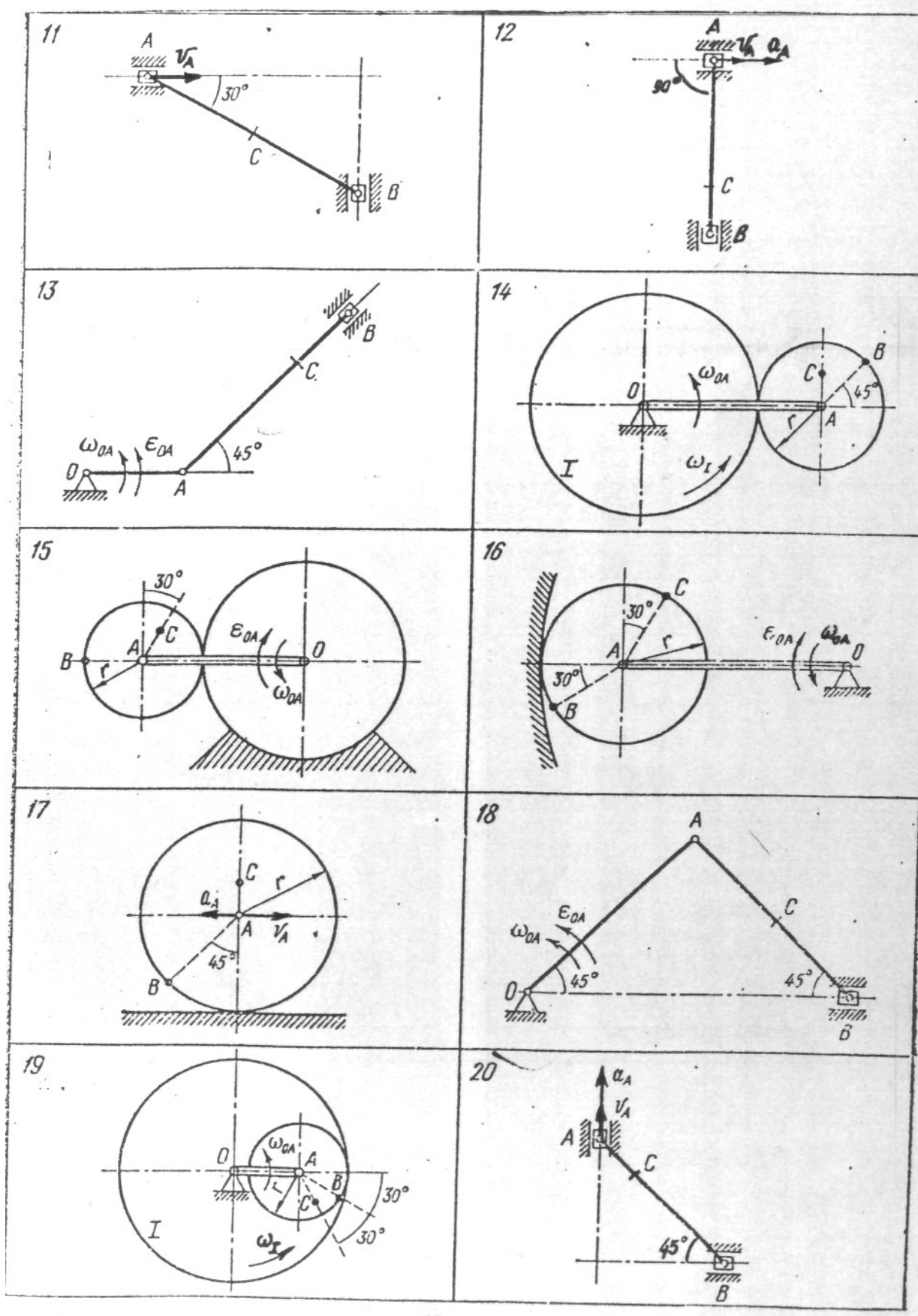


Рисунок 9, аркуш 2

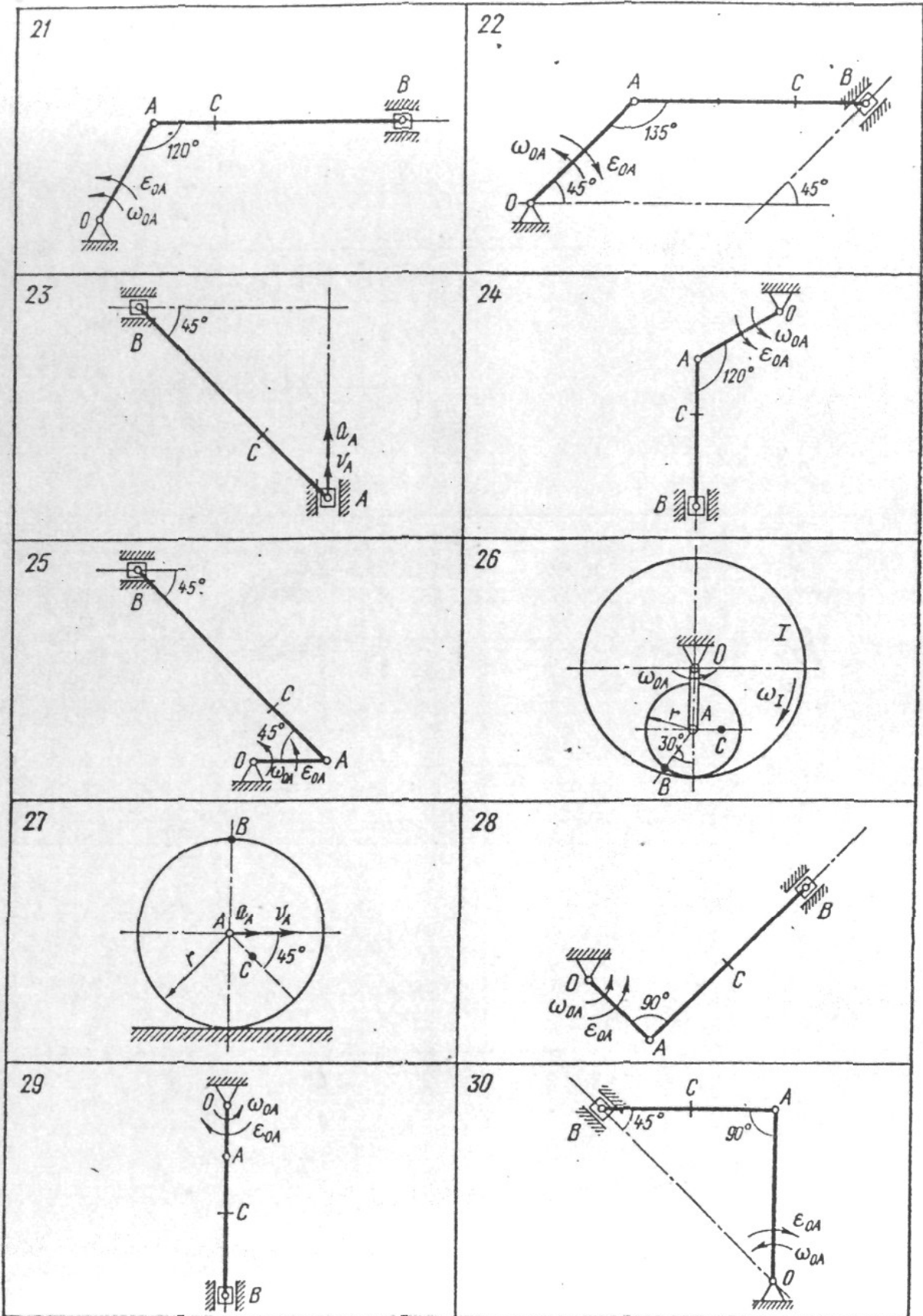


Рисунок 9, аркуш 3

## Завдання К-4

### Визначення абсолютної швидкості та абсолютного прискорення точки у випадку обертального переносного руху

Вивчення складного руху точки.

За заданими рівняннями відносного руху точки М та переносного руху тіла  $D$  визначити щодо моменту часу  $t = t_1$  абсолютну швидкість та абсолютне прискорення точки М.

Схеми механізмів надані на рисунку 10, дані для розрахунку - в таблиці 11.

Таблиця 11

Варіант	Рівняння руху тіла D $\varphi_e = f_1(t)$ , рад	Рівняння відносного руху точки М $OM = s_r = f_2(t)$ , см	$t_1$ , с	$R$ , см	$a$ , см	$\alpha$ , град
1	2	3	4	5	6	7
1	$2t^3 - t^2$	$18 \sin(\pi t/4)$	2/3	-	25	-
2	$0,4t^2 + t$	$20 \sin \pi t$	5/3	20	-	-
3	$2t + 0,5t^2$	$6t^3$	2	-	30	-
4	$0,6t^2$	$10 \sin(\pi t/6)$	1	-	-	60
5	$3t - 0,5t^3$	$40 \pi \cos(\pi t/6)$	2	30	-	-
6	$0,75t + 1,5t^2$	$150 \pi t^2$	1/6	25	-	-
7	$0,5t^2$	$20 \cos 2\pi t$	3/8	-	40	60
8	$t^3 - 5t$	$6(t + 0,5t^2)$	2	-	-	30
9	$4t + 1,6t^2$	$10 + 10 \sin 2\pi t$	1/8	-	-	-
10	$1,2t - t^2$	$20\pi \cos(\pi t/4)$	4/3	20	20	-

1	2	3	4	5	6	7
11	$2t^2 - 0,5t$	$25 \sin(\pi t/3)$	4	-	25	-
12	$5t - 4t^2$	$15 \pi^3/8$	2	30	30	-
13	$8t^2 - 3t$	$120 \pi^2$	1/3	40	-	-
14	$4t - 2t^2$	$3 + 14 \sin \pi t$	2/3	-	-	30
15	$0,2t^3 + t$	$5\sqrt{2}(t^2 + t)$	2	-	60	45
16	$t - 0,5t^2$	$20 \sin \pi t$	1/3	-	20	-
17	$0,5t^2$	$8t^3 + 2t$	1	-	$4\sqrt{5}$	-
18	$8t - t^2$	$10t + t^3$	2	-	-	60
19	$t + 3t^2$	$6t + 4t^3$	2	40	-	-
20	$6t + t^2$	$30 \pi \cos(\pi t/6)$	3	60	-	-
21	$2t - 4t^2$	$25 \pi(t + t^2)$	1/2	25	-	-
22	$4t - 0,2t^2$	$10 \pi \sin(\pi t/4)$	2/3	30	-	-
23	$2t - 0,25t^2$	$3t^2 + 4t$	2	-	-	30
24	$2t - 0,3t^2$	$75 \pi(0,1t + 0,3t^3)$	1	30	-	-
25	$10t - 0,1t^2$	$15 \sin(\pi t/3)$	5	-	-	-
26	$-2\pi t^2$	$8 \cos(\pi t/2)$	3/2	-	-	45
27	$t - 0,5t^3$	$10 \sqrt{2} \pi \cos 2\pi t$	1/8	30	-	-
28	$2t^3 - 5t$	$2,5 \pi^2$	2	40	-	-
29	$0,6t^2$	$6 \sqrt{6} \sin(\pi t/16)$	4	36	-	30
30	$2t^2 - 3t$	$5\sqrt{3}t^3/3$	2	20	-	30



--	--	--	--	--	--	--	--

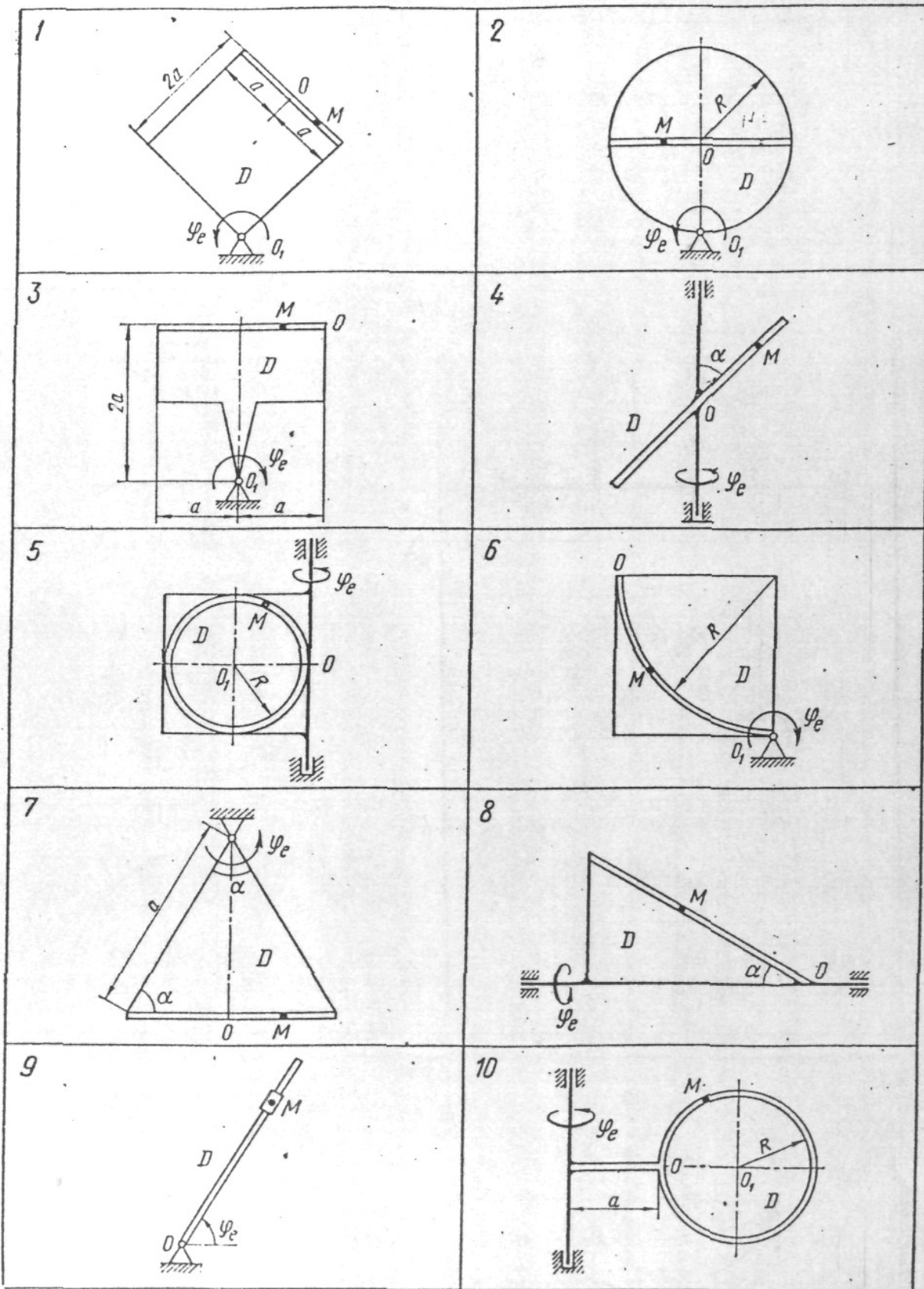


Рисунок 10, аркуш 1

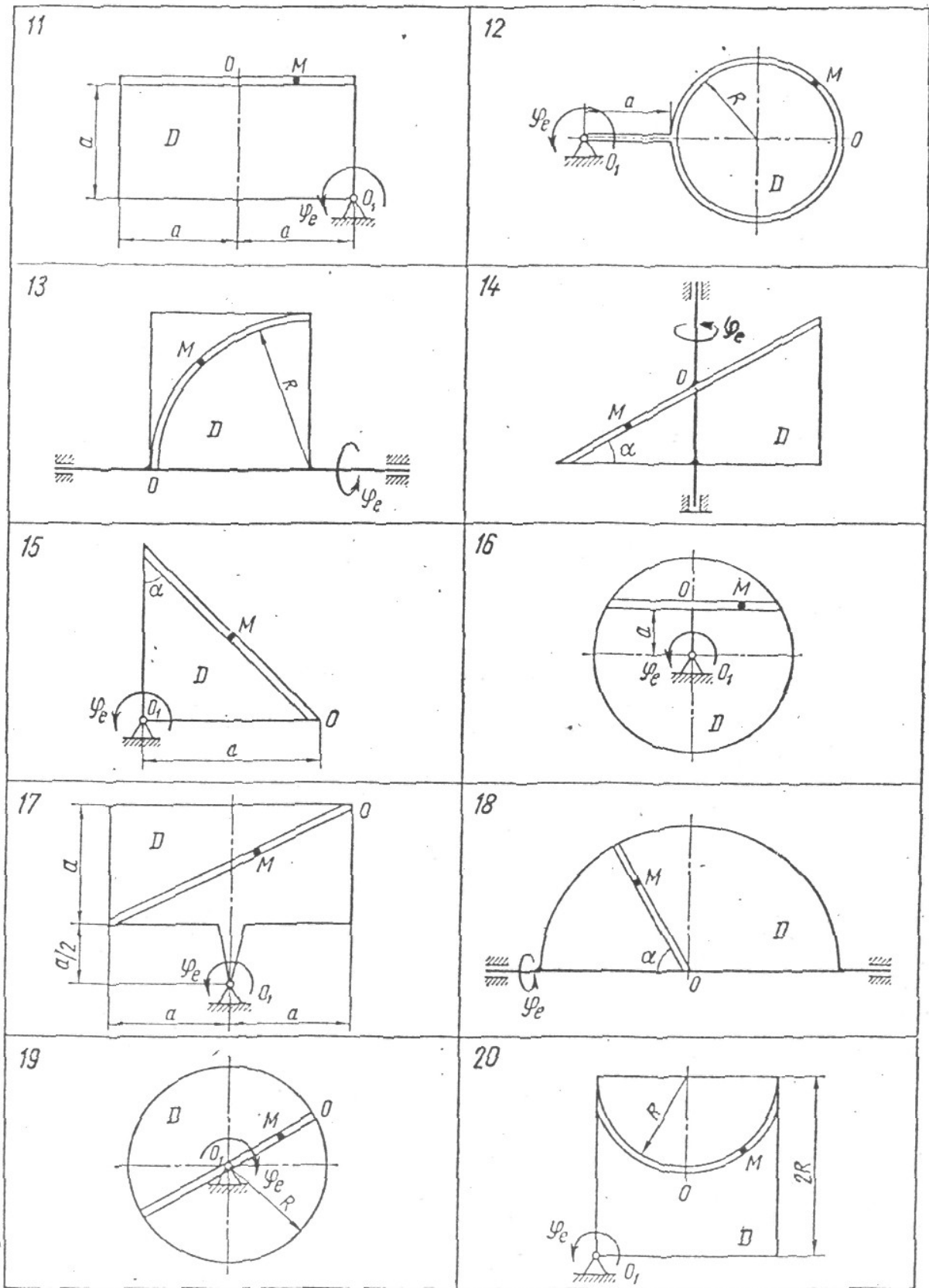


Рисунок 10, аркуш 2

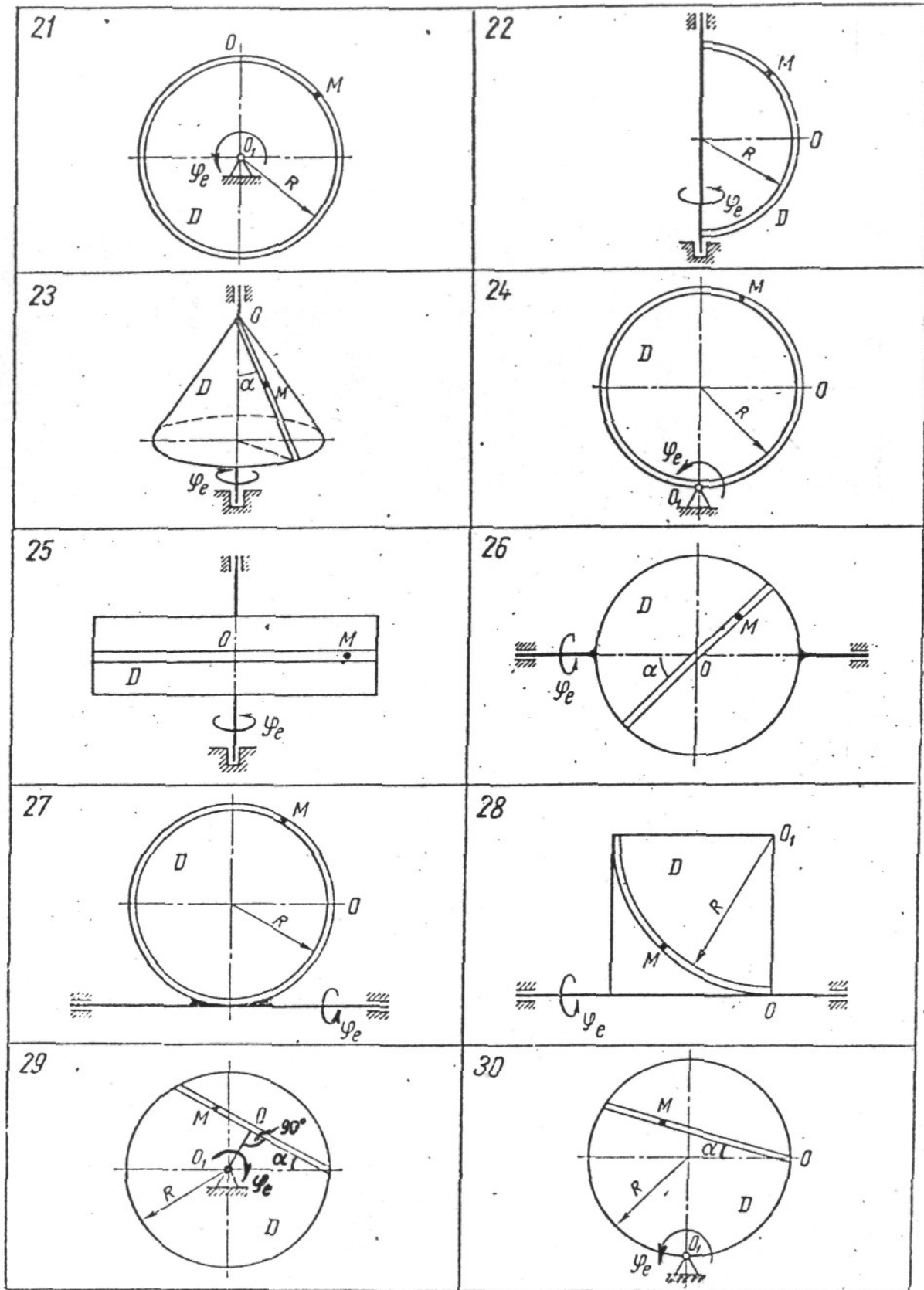


Рисунок 10, аркуш 3

# ДИНАМІКА

## Завдання Д-1

### Інтегрування диференціальних рівнянь руху матеріальної точки, що знаходиться під дією постійних сил

#### Варіант 1-5 (рисунок 11).

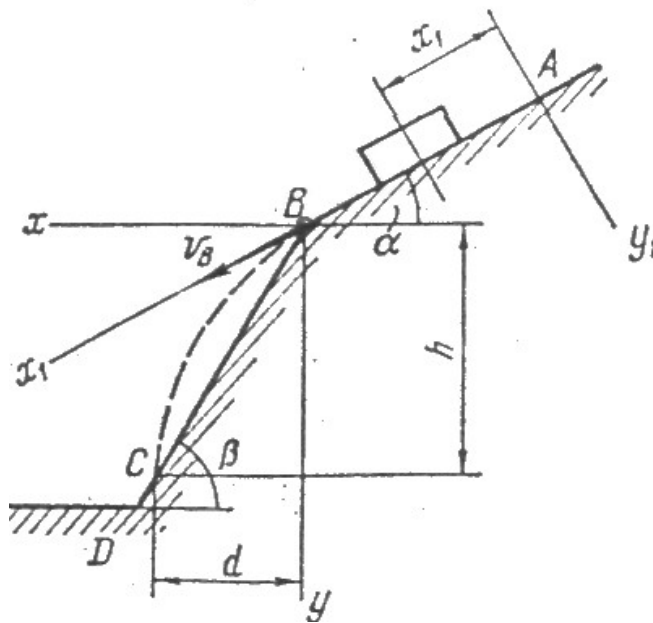


Рисунок 11

Тіло рухається із точки А по ділянці АВ (довжиною  $l$ ) похилої площини, яка складає кут  $\alpha$  з горизонтом, протягом часу  $\tau$ , с. Його початкова швидкість  $u_A$ . Коефіцієнт тертя ковзання тіла по площині дорівнює  $f$ .

У точці В тіло залишає площину зі швидкістю  $v_B$  та влучає зі швидкістю  $v_C$  у точку С площини ВD, похилої під кутом  $\beta$  до горизонту. Тіло знаходилося в повітрі  $T$ , с.

При розв'язанні завдання тіло прийняти за матеріальну точку; опір повітря не враховувати.

Варіант 1. Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $u_A = 0$ ,  $f = 0,2$ ,  $l = 10$  м,  $\beta = 60^\circ$ .  
Визначити  $\tau$  і  $h$

Варіант 2. Дано:  $\alpha = 15^\circ$ ,  $u_A = 2$  м/с,  $f = 0,2$ ,  $h = 4$  м,  $\beta = 45^\circ$ .  
Визначити  $l$  та рівняння траєкторії точки на відрітку ВС.

Варіант 3. Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $u_A = 2,5$  м/с,  $f \neq 0$ ,  $l = 8$  м,  $d = 10$  м,  $\beta = 60^\circ$ .  
Визначити  $\tau$  і  $v_B$ .

Варіант 4. Дано:  $v_A = 0$ ,  $f = 0$ ,  $\tau = 2$  с,  $l = 9,8$  м,  $\beta = 60^\circ$ .  
Визначити  $\alpha$  і  $T$ .

Варіант 5. Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $v_A = 0$ ,  $l = 9,8$  м,  $\tau = 3$  с,  $\beta = 45^\circ$ .  
Визначити  $f$  і  $v_C$ .

**Варіант 6 - 10 (рисунок 12).**

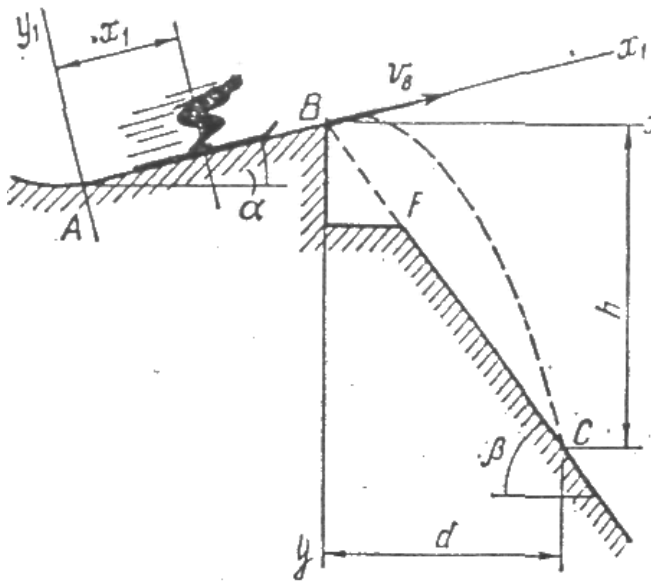


Рисунок 12

Лижник наближається до точки А ділянки трампліна АВ, похилого до горизонту під кутом  $\alpha$ , зі швидкістю  $v_A$ . Довжина трампліна АВ дорівнює  $l$ . Коефіцієнт тертя ковзання лиж на відріжку АВ дорівнює  $f$ . Лижник від А до В рухається  $\tau$  с, у точці В зі швидкістю  $v_B$  він залишає трамплін. Через  $T$  с, лижник приземляється зі швидкістю  $v_C$  в точці С гори, яка складає кут  $\beta$  з горизонтом.

При розв'язанні завдання прийняти лижника за матеріальну точку і не враховувати опір повітря.

Варіант 6. Дано:  $\alpha = 20^\circ$ ,  $f = 0,1$ ,  $\tau = 0,2$  с,  $\beta = 30^\circ$ .  $h = 40$  м.  
Визначити  $l$  і  $v_C$ .

Варіант 7. Дано:  $\alpha = 15^\circ$ ,  $f = 0,1$ ,  $l = 5$  м,  $v_A = 16$  м/с,  $\beta = 45^\circ$ .  
Визначити  $T$  і  $v_B$ .

Варіант 8. Дано:  $v_A = 21$  м/с,  $f = 0$ ,  $\tau = 0,3$  с,  $v_B = 20$  м/с,  $\beta = 60^\circ$ .  
Визначити  $\alpha$  і  $d$ .

Варіант 9. Дано:  $\alpha = 15^\circ$ ,  $\tau = 0,3$  с,  $f = 0,1$ ,  $h = 30\sqrt{2}$  м,  $\beta = 45^\circ$ .  
Визначити  $v_A$  і  $v_B$ .

Варіант 10. Дано:  $\alpha = 15^\circ$ ,  $f = 0$ ,  $v_A = 12$  м/с,  $d = 50$  м,  $\beta = 60^\circ$ .  
Визначити  $\tau$  та рівняння траєкторії точки на відрізку ВС.

**Варіант 11 – 15 (рисунок 13).**

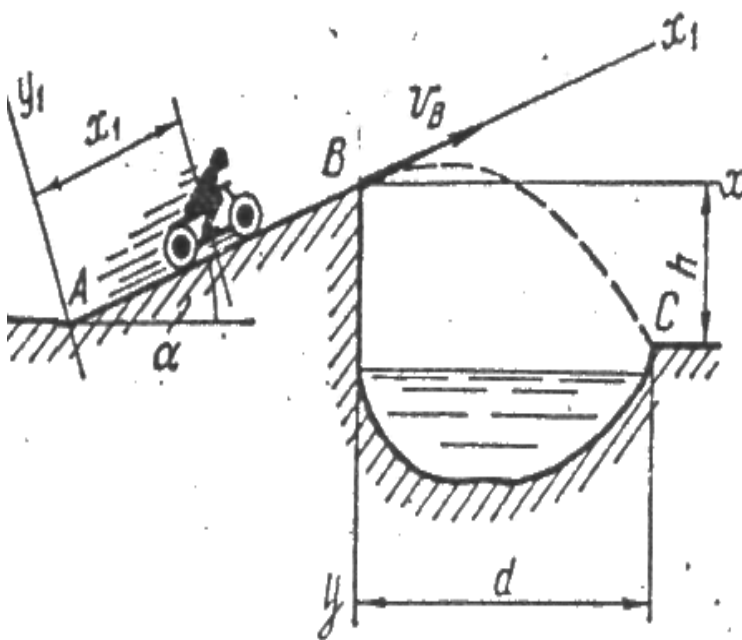


Рисунок 13

Маючи в точці А швидкість  $v_A$ , мотоцикл піднімається  $\tau$ , с, по відрізку АВ довжиною  $l$ , який складає з горизонтом кут  $\alpha$ . При постійній на всьому відрізку АВ рушійній силі  $P$  мотоцикл в точці В отримує швидкість  $v_B$  та перелітає через рів шириною  $d$ , знаходячись у повітрі  $T$ , с, і приземляючись в точці С зі швидкістю  $v_C$ .

Маса мотоцикла з мотоциклістом дорівнює  $m$ .

При розв'язанні завдання вважати мотоцикл з мотоциклістом за матеріальну точку і не враховувати сили опору руху.

Варіант 11. Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $P \neq 0$ ,  $l = 40$  м,  $v_A = 0$ ,  $v_B = 4,5$  м/с,  
 $d = 3$  м.

Визначити  $\tau$  і  $h$ .

Варіант 12. Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $P = 0$ ,  $l = 40$  м,  $v_B = 4,5$  м/с,  
 $h = 1,5$  м.

Визначити  $v_A$  і  $d$ .

Варіант 13. Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $m=400$  кг,  $v_A = 0$ ,  $\tau=20$  с,  $d = 3$  м,  
 $h = 1,5$  м.

Визначити  $l$  і  $P$ .

Варіант 14. Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $m=400$  кг,  $P=2,2$  кН,  $l = 40$  м,  
 $v_A = 0$ ,  $d = 5$  м.

Визначити  $v_B$  і  $v_C$ .

Варіант 15. Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $P = 2$  кН,  $l = 50$  м,  $v_A = 0$ ,  $d = 4$  м,  
 $h = 2$  м.

Визначити  $T$  і  $m$ .

**Варіант 16 – 20 (рисунок 14).**

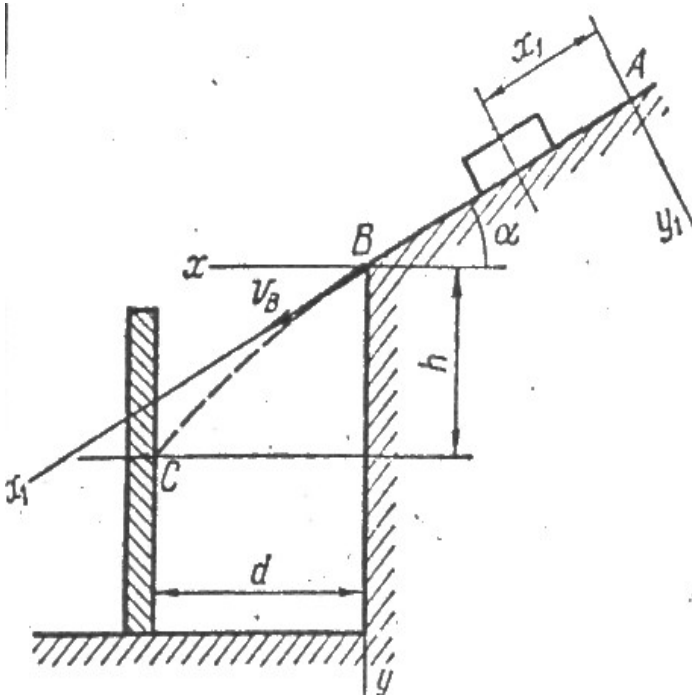


Рисунок 14

Камінь сковзає за період часу  $\tau$ , с, по відрізьку АВ похилої площини, яка складає кут  $\alpha$  з горизонтом та має довжину  $l$ . Його початкова швидкість  $v_A$ .

Коефіцієнт тертя ковзання каменя позначається  $f$ .

У точці В камінь мав швидкість  $v_B$ . Через  $T$ , с, він ударяється в точці С об вертикальну захисну стіну.

При розв'язанні завдання вважати камінь за матеріальну точку; опір повітря не враховувати.

Варіант 16. Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $v_A = 1$  м/с,  $l = 3$  м,  $f = 0,2$ ,  $d = 2,5$  м.  
 Визначити  $T$  і  $h$ .

Варіант 17. Дано:  $\alpha = 45^\circ$ ,  $l = 6$  м,  $v_B = 2v_A$ ,  $\tau = 1$  с,  $h = 6$  м.  
Визначити  $f$  і  $d$ .

Варіант 18. Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $l = 2$  м,  $v_A = 0$ ,  $f = 0,1$ ,  $d = 3$  м.  
Визначити  $\tau$  і  $h$ .

Варіант 19. Дано:  $\alpha = 15^\circ$ ,  $l = 3$  м,  $v_B = 3$  м/с,  $f \neq 0$ ,  $d = 2$  м,  
 $\tau = 1,5$  с.  
Визначити  $v_A$  і  $h$ .

Варіант 20. Дано:  $\alpha = 45^\circ$ ,  $v_A = 0$ ,  $f = 0,3$ ,  $d = 2$  м,  $h = 4$  м.  
Визначити  $\tau$  і  $l$ .

**Варіант 21 – 25 (рисунок 15).**

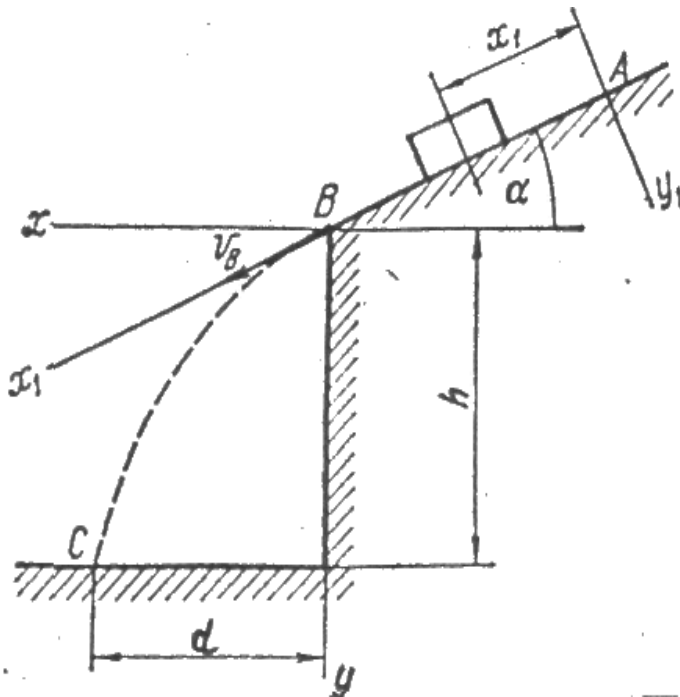


Рисунок 15

Тіло рухається із точки А по відрітку АВ (довжиною  $l$ ) похилої площини, яка складає кут  $\alpha$  з горизонтом. Його початкова швидкість  $v_A$ . Коефіцієнт тертя ковзання дорівнює  $f$ . Через  $\tau$ , с, тіло в точці В зі швидкістю  $v_B$  залишає похилу площину та падає на горизонтальну площину в точку С зі швидкістю  $v_C$ ; при цьому воно знаходиться у повітрі  $T$ , с.

При розв'язанні завдання вважати тіло матеріальною точкою; опір повітря не враховувати.

Варіант 21. Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $f = 0,1$ ,  $v_A = 1$  м/с,  $\tau = 1,5$  с,



$$h = 10 \text{ м.}$$

Визначити  $d$  і  $v_B$ .

Варіант 22. Дано:  $\alpha = 45^\circ$ ,  $v_A = 0$ ,  $l = 10 \text{ м}$ ,  $\tau = 2 \text{ с}$ .

Визначити  $f$  і рівняння траєкторії на ділянці ВС.

Варіант 23. Дано:  $f = 0$ ,  $v_A = 0$ ,  $l = 9,81 \text{ м}$ ,  $\tau = 2 \text{ с}$ ,  $h = 20 \text{ м}$ .

Визначити  $\alpha$  і  $T$ .

Варіант 24. Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $v_A = 0$ ,  $f = 0,2$ ,  $d = 12 \text{ м}$ ,  $l = 10 \text{ м}$ .

Визначити  $\tau$  і  $h$ .

Варіант 25. Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $v_A = 0$ ,  $f = 0,2$ ,  $l = 6 \text{ м}$ ,  $h = 4,5 \text{ м}$ .

Визначити  $\tau$  і  $v_C$ .

**Варіант 26 – 30 (рисунок 16).**

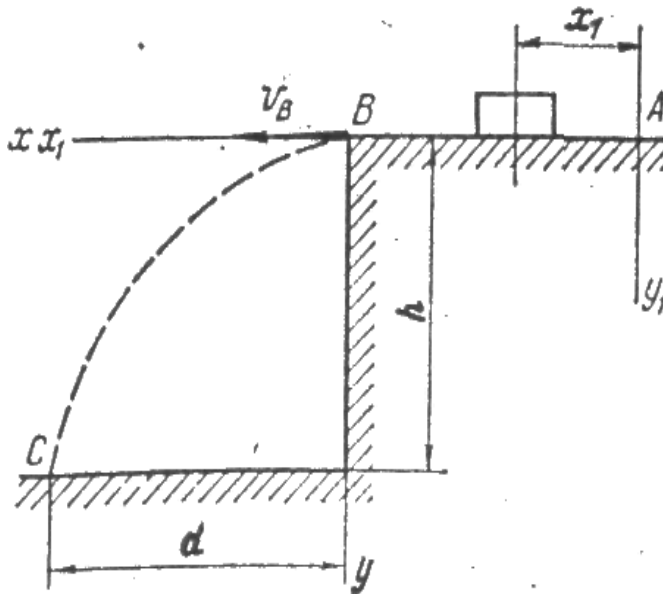


Рисунок 16

Маючи в точці А швидкість  $v_A$ , тіло рухається по горизонтальному відрізку АВ довжиною  $l$  протягом часу  $\tau$ , с.

Коефіцієнт тертя ковзання тіла по площині дорівнює  $f$ . Зі швидкістю  $v_B$  тіло в точці В залишає площину і потрапляє в точку С зі швидкістю  $v_C$ , знаходячись у повітрі  $T$ , с.

При розв'язанні задачі вважати тіло за матеріальну точку, опором повітря знехтувати

Варіант 26. Дано:  $v_A = 7 \text{ м/с}$ ,  $f = 0,2$ ,  $l = 8 \text{ м}$ ,  $h = 20 \text{ м}$ .

Визначити  $d$  і  $v_C$ .

Варіант 27. Дано:  $v_A = 4$  м/с,  $f = 0,1$ ,  $\tau = 2$  с,  $d = 2$  м.  
Визначити  $v_B$  і  $h$ .

Варіант 28. Дано:  $v_B = 3$  м/с,  $f = 0,3$ ,  $l = 3$  м,  $h = 5$  м.  
Визначити  $v_A$  і  $T$ .

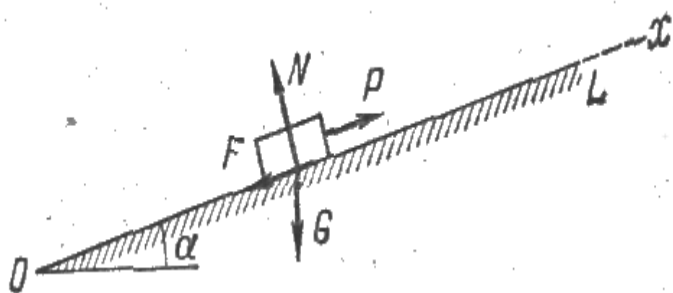
Варіант 29. Дано:  $v_A = 3$  м/с,  $v_B = 1$  м/с,  $l = 2,5$  м,  $h = 20$  м.  
Визначити  $f$  і  $d$ .

Варіант 30. Дано:  $f = 0,25$ ,  $l = 4$  м,  $d = 3$  м,  $h = 5$  м.  
Визначити  $v_A$  і  $\tau$ .

### 3.2 Завдання Д-2

#### Використання теореми про зміну кількості руху до визначення швидкості матеріальної точки

Тілу маси  $m$  надана початкова швидкість  $V_0$ , спрямована вгору по похилій площині, яка складає з горизонтом кут  $\alpha$ .



На тіло діє сила  $\vec{P}$ , спрямована в тому ж напрямку (рисунок 17).

Рисунок 17

Знаючи закон зміни сили  $P = P(t)$  та коефіцієнт тертя ковзання  $f$ , визначити швидкість тіла в моменти часу  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  та перевірити отриманий результат для моменту часу  $t_1$  за допомогою диференційного рівняння руху.

Необхідні для розв'язання дані наведені в таблиці 12.

При побудові графіка зміни сили  $P$  за заданими її значеннями  $P_0, P_1, P_2, P_3$  для моментів часу  $t_0, t_1, t_2, t_3$  вважати залежність  $P = P(t)$  між указаними моментами часу лінійною. Значення сили  $P$ , надане в таблиці 12 у вигляді дроби, вказує на те, що модуль сили в заданий момент часу має «скачок»: у чисельнику вказаний модуль сили в кінці проміжку часу, а в знаменнику - на початку наступного проміжку часу.

Таблиця 12

Варіант	$m$ , кг	$v_0$ , м/с	$T$	$t_2$	$t_3$	$P_0$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$\alpha$ , град	$f$
			$t_1$	с			Н				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	35	5,4	4	10	18	100	200	150	250	25	0,10
2	20	0	6	10	15	200	160	160	180	37	0,25
3	25	0	4	10	16	200	200/120	120	0	21	0,10
4	10	4,5	5	10	16	0	180	40	100	32	0,12
5	16	9,0	4	8	16	120	120/0	0	160	24	0,08
6	40	4,0	4	8	12	400	300	300	0	40	0,06
7	20	8,0	5	8	11	0	300	0	0	25	0,20
8	16	7,6	6	11	13	75	200	0	0	23	0,12
9	12	0	6	10	14	100	140	0	0	20	0,20
10	50	12,0	2	6	12	0	300	200	200	27	0,08
11	10	5,0	6	10	16	50	100	100	200	35	0,24
12	12	3,0	3	8	14	60	180	120	120	42	0,15

Продовження таблиці 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	10	8,0	4	12	16	0	150	150	100	30	0,18

<b>14</b>	20	8,5	5	8	15	40	100	150	0	23	0,07
<b>15</b>	14	9,0	7	12	18	0	140	0	100	18	0,15
<b>16</b>	20	3,0	5	9	17	300	150	100	100	39	0,12
<b>17</b>	24	10,0	6	10	15	0	180	60	140	15	0,20
<b>18</b>	15	13,0	8	16	20	110	150	0	90	26	0,22
<b>19</b>	15	7,2	3	10	16	150	110	90	120	30	0,30
<b>20</b>	22	8,2	2	9	11	70	110	110	50	15	0,15
<b>21</b>	13	10,0	8	12	16	0	200/0	0/200	100	28	0,14
<b>22</b>	11	6,0	7	9	14	160	0	0/100	120	31	0,11
<b>23</b>	12	4,5	5	10	16	50	120	40	80	21	0,22
<b>24</b>	10	7,0	4	14	29	100	50	50	0	18	0,09
<b>25</b>	18	0	8	10	16	180	160/0	0/140	180	33	0,17
<b>26</b>	8	9,0	4	8	12	0	150	0	120	45	0,10
<b>27</b>	17	5,0	7	10	18	190	170/0	100	280	38	0,21
<b>28</b>	9	7,5	4	12	17	0	140/70	100/70	70	26	0,20
<b>29</b>	20	9,5	5	6	11	0	400	400/100	200	15	0,25
<b>30</b>	10	10,2	6	7	10	120	70	0	120	33	0,15

### Завдання Д-3

## **Використання теореми про зміну кінетичної енергії до вивчення руху механічної системи**

### **Динаміка механічної системи**

#### **Основні теореми динаміки механічної системи**

Механічна система під дією сил тяжіння починає рухатись із стану спокою. Ураховуючи тертя ковзання тіла 1 (варіанти 1-3, 5, 6, 8-12, 17-23, 28-30) та опір коченню тіла 3, яке котиться без ковзання (варіанти 2, 4, 6-9, 11, 13-15, 20, 21, 24, 27, 29) (рисунок 18), нехтуючи іншими силами опору та масами ниток, які вважаються нерозтяжними, визначити швидкість тіла 1 в той момент, коли пройдений ним шлях стане рівним  $s$ .

У завданні прийнято такі визначення:

- $m_1, m_2, m_3, m_4$  - маси тіл 1, 2, 3, 4;
- $R_2, r_2, R_3, r_3$  - радіуси великих та малих кіл (коліс);
- $i_{2x}, i_{3\xi}$  - радіуси інерції тіл 2 і 3 відносно горизонтальних осей, які проходять через їх центри ваги;
- $\alpha, \beta$  - кути нахилу площин до горизонту;
- $f$  - коефіцієнт тертя ковзання;
- $\delta$  - коефіцієнт тертя кочення.

Необхідні для розв'язання дані наведені в таблиці 13.

Блоки та котки, для яких радіуси інерції в таблиці не вказані, вважати суцільними однорідними циліндрами.

Похилі частки ниток паралельні відповідним похилим площинам.





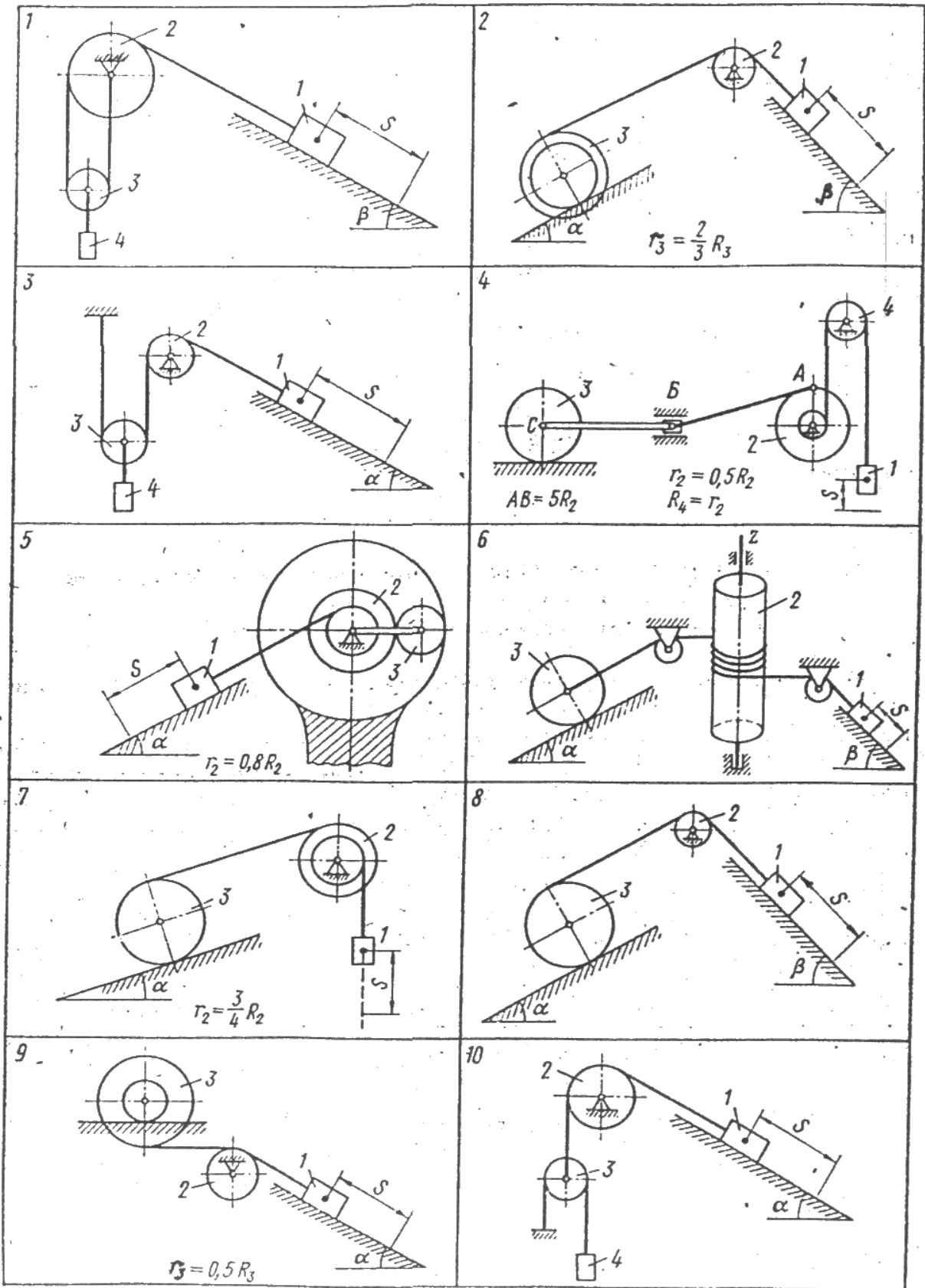


Рисунок 18, аркуш 1



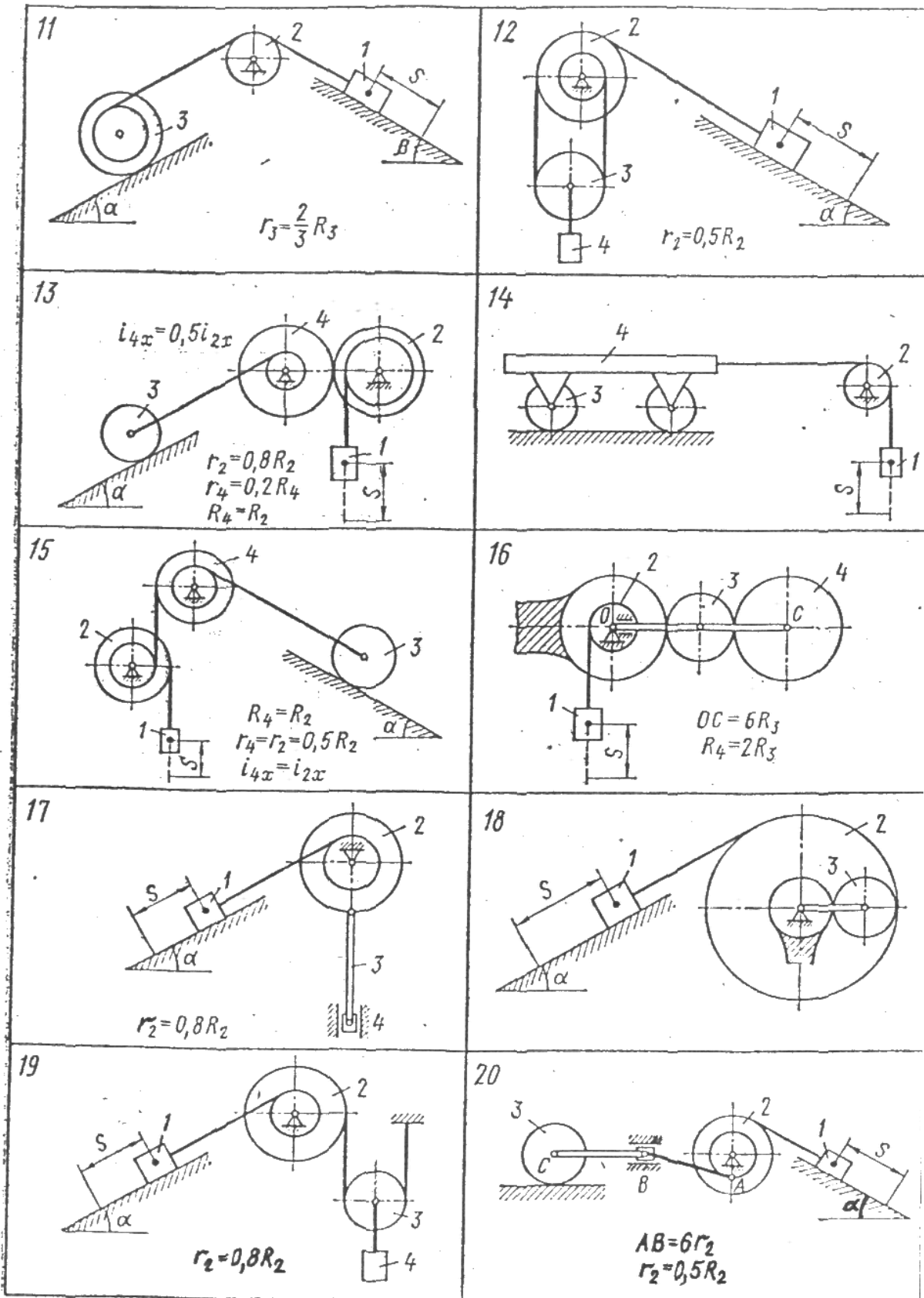


Рисунок 18, аркуш 1

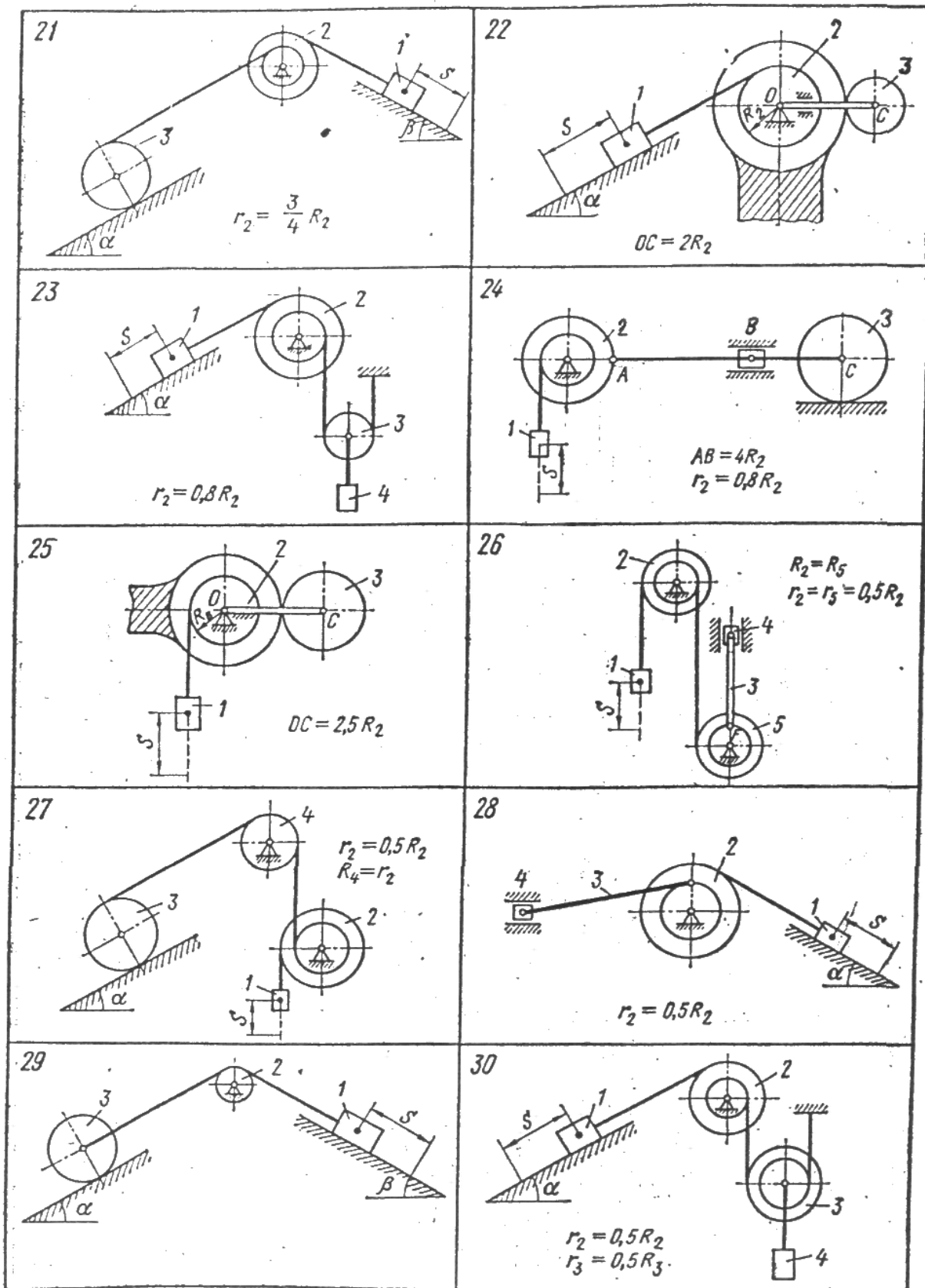


Рисунок 18, аркуш 1

## Завдання Д-4

### Використання загального рівняння динаміки до дослідження механічної системи з одним ступенем вільності

Аналітична механіка

Для заданої механічної системи (рисунок 19) визначити прискорення вантажів та натягання в гілках ниток, до яких причеплені вантажі. Масами ниток знехтувати. Тертя кочення та сили опору в підшипниках не враховувати.

Блоки та котки, для яких радіуси інерції в таблиці 14 не вказані, вважати суцільними однорідними циліндрами.

Таблиця 14

Вариант	Вага				$R/r$	Радіуси інерції		$P$	Коефіцієнт тертя, $f$	Додаткові дані
	$G_1$	$G_2$	$G_3$	$G_4$		$i_{2x}$	$i_{3x}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	$G$	$G$	$3G$	-	2	$r\sqrt{2}$	-	-	-	
2	$G$	$G$	$G$	-	2	$r\sqrt{2}$	-	-	-	
3	$3G$	$G$	$G$	-	2	$r\sqrt{2}$	-	-	0,1	
4	$G$	$G$	$2G$	-	-	-	-	-	0,2	$r_2=r_3$
5	$2G$	$G$	$G$	$G$	3	$2r$	-	-	-	
6	$2G$	$G$	$2G$	-	3	$2r$	-	-	0,2	
7	$2G$	$G$	$2G$	-	3	$2r$	-	-	0,2	
8	$2G$	$G$	$2G$	-	3	$2r$	-	-	0,2	
9	$2G$	$G$	$2G$	-	3	$2r$	-	$0,2G$	0,2	
10	$2G$	$2G$	$G$	-	4	-	$2r$	$G/3$	0,4	

Продовження таблиці 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11	2G	G	2G	0,2 G	3	2r	-	-	0,2	
12	2G	G	2G	0,2 G	3	2r	-	-	0,2	
13	4G	2G	G	4G	-	$r_2\sqrt{2}$	$2r_3$	-	-	$r_2=2r_3$ $R_2=R_3$
14	-	2G	G	4G	-	$r_2\sqrt{2}$	$2r_3$	8G	-	$r_2=2r_3$ $R_3=1,5R_2$
15	4G	G	2G	4G	-	$r_2\sqrt{2}$	$2r_3$	-	-	$r_2=2r_3$ $R_3=1,5R_2$
16	-	G	2G	4G	-	$r_2\sqrt{2}$	$2r_3$	4G	-	$r_2=2r_3$ $R_3=1,5R_2$
17	2G	G	G	-	2	$r\sqrt{2}$	-	-	0,1	
18	3G	0,2 G	0,1 G	0,5 G	2	-	-	-	0,4	
19	4G	0,3 G	0,2 G	3G	3	2r	1.2r	-	0,1	$r_3=1,2r$ $R_3=1,2r_3$
20	4G	0,2 G	0,1 G	3G	2	1.6r	$r\sqrt{2}$	-	0,2	$r_2=1,5r$ $R_2=1,2r_2$
21	5G	0,1 G	0,2 G	-	3	-	$r\sqrt{2}$	G	-	
22	G	0,2 G	0,3 G	-	2	-	$r\sqrt{2}$	G	-	
23	G	0,2 G	0,1 G	-	1,5	1.2r	-	2G	-	$R_3=1,2r$
24	2G	G	G	8G	-	-	-	-	-	Маси чотирьох коліс однакові
25	6G	2G	2G	G	-	-	-	-	-	$r_3=r_4$
26	6G	G	2G	-	-	-	-	-	-	$r_3=r_2$
27	G	G	G	4G	2	$r\sqrt{2}$	$r\sqrt{2}$	-	-	
28	3G	G	G	-	2	$r\sqrt{2}$	-	-	0,1	
29	6G	3G	G	G	2	-	$r\sqrt{2}$	-	-	$i_{4x}=i_{3x}$
30	8G	G	G	2G	-	-	-	-	0,1	

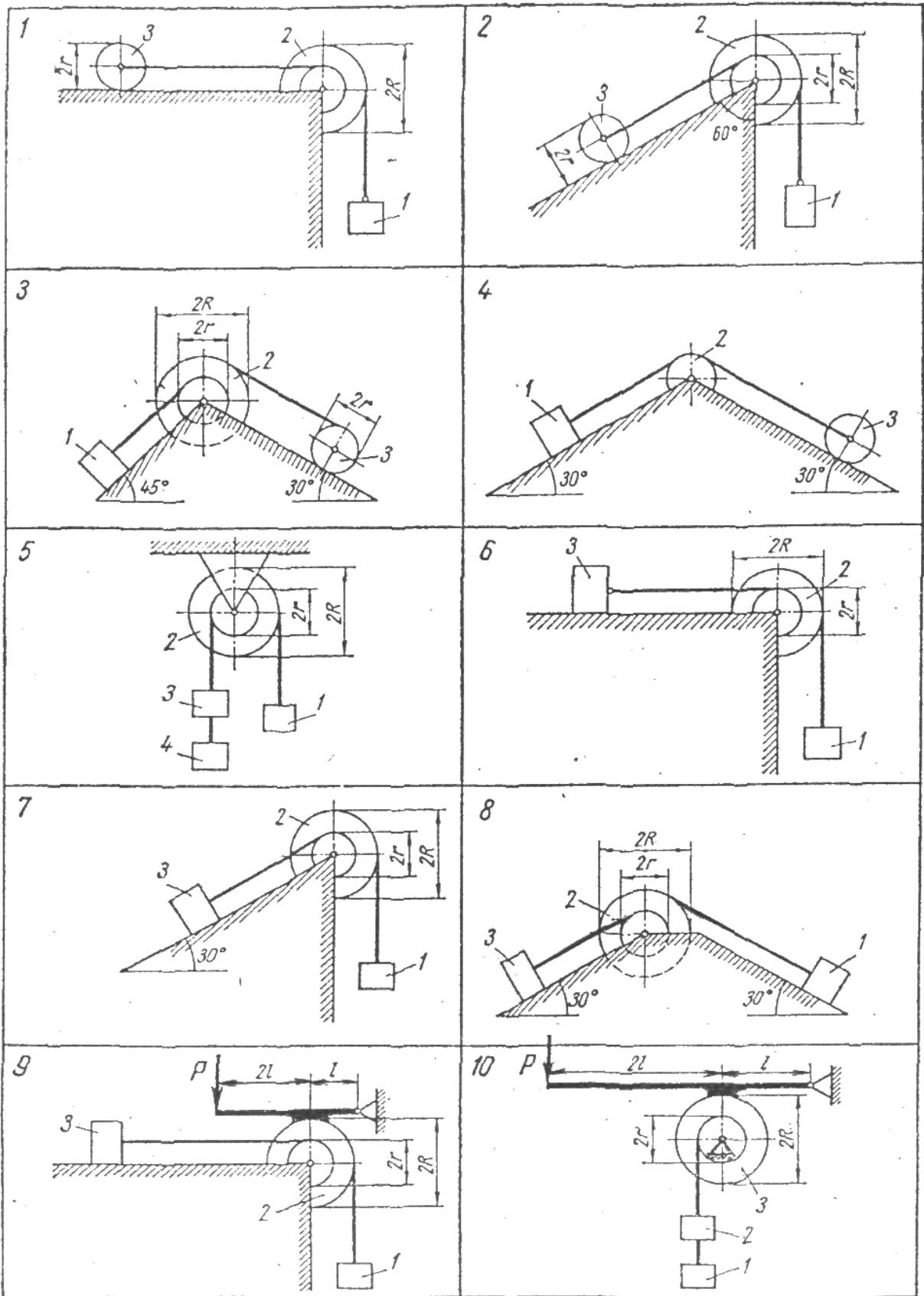


Рисунок 19, аркуш 1

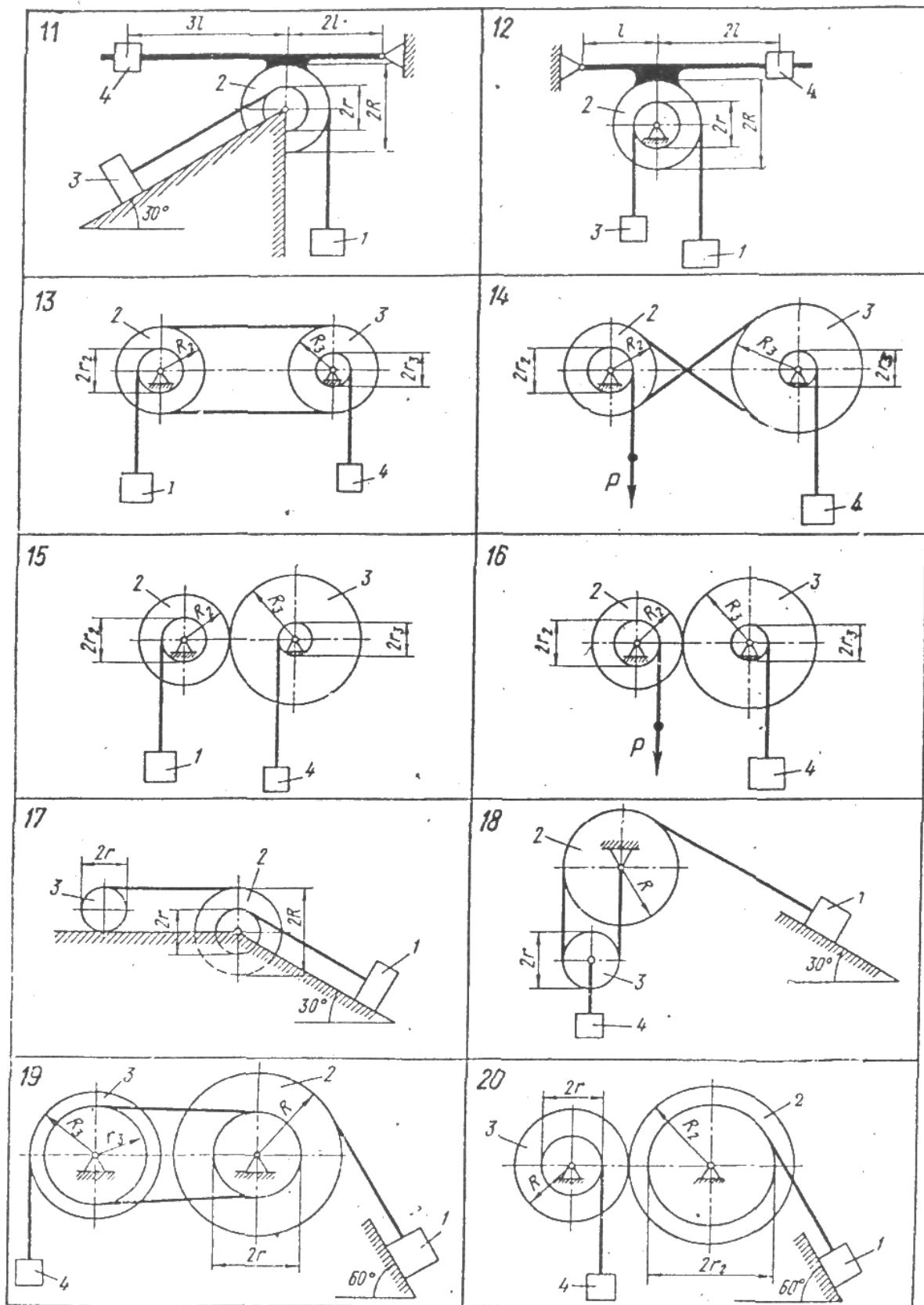


Рисунок 19, аркуш 2

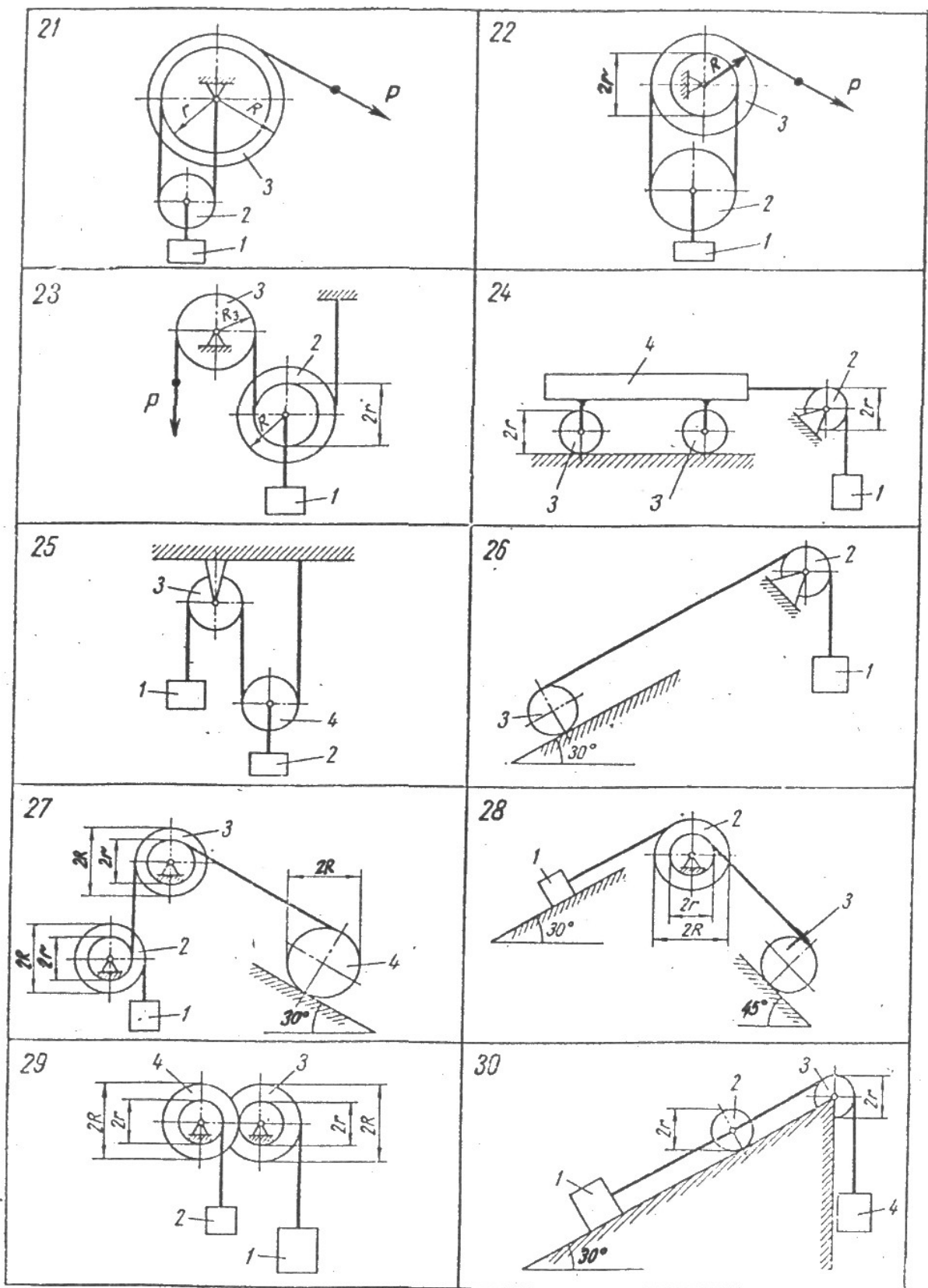



Рисунок 19, аркуш 3

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. - М., 1986.
- 2 Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. - М., 1984. - Ч. 1, 2.
- 3 Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике /под ред. А.А. Яблонского. - М., 1985.
- 4 Иванова З.О., Аксьонова Н.А. Комплексне методичне забезпечення до вивчення дисципліни „Теоретична механіка” - Харків: УкрДАЗТ, 2004.
- 5 Аксьонова Н.А. Робочий конспект лекцій з дисципліни "Теоретична механіка". - Харків: УкрДАЗТ, 2005.



Таблиця 5

Варіант	Розміри паралелепіпеда, см			Сили системи											
				$\overline{P_1}$			$\overline{P_2}$						$\overline{P_4}$		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	Модуль, Н	прикладання Точка	Напрямок	Модуль, Н	прикладання Точка	Напрямок	Модуль, Н	прикладання Точка	Напрямок	Модуль, Н	прикладання Точка	Напрямок
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>1</b>	60	30	20	4	F	FK	6	A	AE	8	B	BA	10	D	DK
<b>2</b>	30	40	40	20	A	AC	24	O	OD	10	K	KB	-	-	-
<b>3</b>	20	10	10	4	B	BA	2	C	CK	8	E	ED	-	-	-
<b>4</b>	30	40	20	15	A	AB	20	K	KC	-	-	-	-	-	-
<b>5</b>	20	20	20	8	O	OD	10	D	DF	8	K	KC	10	B	BO
<b>6</b>	30	40	20	8	A	AO	4	E	EF	6	F	FB	20	D	DF
<b>7</b>	30	40	40	10	B	BK	16	C	CO	20	D	DF	-	-	-
<b>8</b>	20	30	10	10	O	OA	10	B	BF	10	D	DK	-	-	-
<b>9</b>	30	40	30	10	A	AC	20	K	KB	-	-	-	-	-	-
<b>10</b>	10	10	20	20	A	AC	30	O	OD	20	K	KE	30	E	EA
<b>11</b>	10	40	30	8	A	AE	12	C	CB	20	O	OK	16	K	KD

12	4	8	6	6	A	AE	20	F	FA	10	C	CK	8	D	DK
----	---	---	---	---	---	----	----	---	----	----	---	----	---	---	----

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
13	20	20	20	8	O	OB	8	C	CD	8	E	EK	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
14	20	5	8	40	B	BA	30	O	OD	-	-	-	-	-	-
15	40	20	40	15	E	EA	10	F	FE	15	B	BF	10	D	DK
16	30	30	30	6	O	OC	10	B	BK	20	K	KO	-	-	-
17	15	15	20	30	E	EB	40	B	BK	10	O	OC	32	D	DO
18	10	15	20	40	A	AB	20	K	KC	16	D	DE	-	-	-
19	20	15	15	40	C	CA	20	D	DF	-	-	-	-	-	-
20	20	20	10	10	A	AD	20	B	BO	10	K	KB	20	D	DF
21	20	20	20	10	O	OD	8	B	BA	6	K	KF	8	D	DK
22	40	20	30	30	O	OA	50	E	EB	50	C	CD	25	D	DK
23	50	20	40	10	O	OA	5	F	FB	8	K	KD	-	-	-
24	30	40	30	40	A	AD	20	K	KE	-	-	-	-	-	-
25	30	20	40	25	A	AC	20	B	BA	25	K	KE	20	D	DK
26	30	40	20	10	E	EA	12	O	OC	10	C	CK	8	K	KF
27	30	20	40	8	O	OD	6	C	CB	4	D	DK	-	-	-
28	10	14	40	4	O	OA	10	F	FE	16	C	CK	-	-	-
29	30	30	40	80	B	BK	100	D	DC	-	-	-	-	-	-
30	40	20	30	10	A	AD	5	B	BO	10	K	KB	5	D	DF



Таблиця 13

Варіант	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$R_2$	$R_3$	$i_{2x}$	$i_{3x}$	$\alpha$	$\beta$	$f$	$\delta$ , см	$S$ , м	Примітки
	кг				см		см		град					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	m	4m	1/5m	4/3m	-	-	-	-	60	-	0,10	-	2	
2	m	1/2m	1/3m	-	-	30	-	20	30	45	0,22	0,20	2	
3	m	m	1/10m	m	-	-	-	-	45	-	0,10	-	2	
4	m	2m	40m	m	20	40	18	-	-	-	-	0,30	0,1л	Масами ланок АВ, ВС і повзуна В знехтувати
5	m	2m	m	-	20	15	18	-	60	-	0,12	-	0,28л	Масою водила знехтувати
6	m	3m	m	-	-	28	-	-	30	45	0,10	0,28	1,5	
7	m	2m	2m	-	16	25	14	-	30	-	-	0,20	2	
8	m	1/2m	1/3m	-	-	30	-	-	30	45	0,15	0,20	1,75	
9	m	2m	9m	-	-	30	-	20	30	-	0,12	0,25	1,5	
10	m	1/4m	1/4m	1/5m	-	-	-	-	60	-	0,10	-	3	
11	m	1/2m	1/4m	-	-	30	-	25	30	45	0,17	0,20	2,5	
12	m	1/2m	1/5m	m	30	-	20	-	30	-	0,20	-	2,5	
13	m	2m	5m	2m	30	20	26	-	30	-	-	0,24	2	
14	m	1/2m	5m	4m	-	25	-	-	-	-	-	0,20	2	Маси кожного з чотирьох коліс однакові
15	m	1/2m	4m	1/2m	20	15	18	-	60	-	-	0,25	1,5	
16	m	1/10m	1/20m	1/10m	10	12	-	-	-	-	-	-	0,05л	Масою водила знехтувати
17	m	1/4m	1/5m	1/10m	20	-	15	-	60	-	0,10	-	0,16л	Шатун 3 розглядати як тонкий однорід- ний стержень

Продовження таблиці 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
18	m	3m	m	-	35	15	32	-	60	-	0,15	-	0,2п	Масою водила знехтувати
19	m	1/3m	1/10m	m	24	-	20	-	60	-	0,15	-	1,5	
20	m	2m	20m	-	20	15	16	-	30	-	0,10	0,20	0,2п	Масами ланок АВ, ВС та повзуна В знехтувати
21	m	m	2m	-	20	20	16	-	30	45	0,20	0,32	1,2	
22	m	1/2m	1/4m	-	20	10	-	-	60	-	0,17	-	0,1п	Масою водила знехтувати
23	m	m	1/10m	4/5m	20	-	18	-	30	-	0,10	-	1	
24	m	3m	20m	-	20	30	18	-	-	-	-	0,60	0,08п	Масами ланок АВ, ВС та повзуна В знехтувати
25	m	1/3m	1/4m	-	16	20	-	-	-	-	-	-	0,04п	Масою водила знехтувати
26	m	1/2m	m	1/3m	30	-	20	-	-	-	-	-	0,6п	Маси та моменти інерції блоків 2 та 3 однакові. Шатун 3 розглядати як тонкий однорідний стержень
27	m	m	6m	1/2m	20	20	16	-	30	-	-	0,20	2	
28	m	2m	3m	-	20	-	14	-	60	-	0,10	-	0,1п	Шатун 3 розглядати як тонкий однорідний стержень
29	m	1/4m	1/8m	-	-	35	-	-	15	30	0,20	0,20	2,4	
30	m	1/2m	3/10m	3/2m	26	20	20	18	30	-	0,12	-	2	



