

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра механіки і проектування машин

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічних та контрольних робіт

з дисципліни

«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»

(розділ «Статика»)

Харків – 2023

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри механіки і проектування машин 23 січня 2023 р., протокол № 6.

Методичні вказівки призначено для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня для всіх освітніх програм і форм навчання механіко-енергетичного та будівельного факультетів.

Укладачі:

доценти Н. А. Аксьонова,

О. А. Логвіненко

Рецензент

доц. В. С. Тищенко

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Теоретичні матеріали та практичні рекомендації до виконання завдання.....	5
2 Рекомендації та приклад виконання РГР.....	12
3 Варіанти для виконання РГР.....	16
4 Рекомендації та приклад виконання КР.....	20
5 Варіанти для виконання КР.....	23
Список літератури	26

ВСТУП

Створення та використання методичного забезпечення навчального процесу, яке містить повний комплекс інформації, необхідної для засвоєння теоретичного матеріалу та набуття практичних навичок є однією з основних тенденцій розвитку вищої школи. Майбутні спеціалісти в галузі залізничного транспорту під час підготовки за навчальними планами вивчають фундаментальні технічні дисципліни, пріоритетною з яких є «Теоретична механіка».

При формуванні теоретичної бази провідна роль відводиться лекційним курсам, які висвітлюють основні питання розділів «Статика», «Кінематика», «Динаміка». При цьому, передбачається виконання розрахунково-графічних робіт для здобувачів денної форми та контрольних робіт для здобувачів заочної форми навчання. У цих методичних вказівках наведено основні підходи для виконання РГР та КР з розділу «Статика». Основною задачею статички є приведення систем сил, що діють на тіло, до еквівалентних простішого вигляду та визначення умов рівноваги систем сил. Отже, розв'язок задач щодо рівноваги плоскої довільної системи сил стає основою та надає загальні підходи до найважливіших питань розділу. Вищесказане зумовило необхідність розроблення і введення до навчального процесу методичного забезпечення, яке дає змогу активізувати роботу здобувачів, сприяє перетворенню самостійної роботи у творчий процес. Математичні моделі до їх використання надаються у вигляді рекомендацій і схем для виконання індивідуальної роботи за різними варіантами. Кожний пункт супроводжується стислими визначеннями основних параметрів. Такий підхід спрямований на покращення розуміння розрахунків і повний аналіз отриманих результатів.

Методичне забезпечення призначено для здобувачів денної та заочної форм навчання всіх спеціальностей (освітніх програм) механіко-енергетичного та будівельного факультетів.

1 ТЕОРЕТИЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ

Довільна плоска система сил. Визначення реакцій опор твердого тіла

Це завдання, яке є першим завданням розділу «Статика» (скорочено **С-1**), виконують здобувачі всіх спеціальностей, які вивчають теоретичну механіку. *Здобувачі денної форми навчання виконують розрахунково-графічну (РГР), а заочної – контрольну (КР) роботу.*

Мета завдання – визначити реакції опор твердого тіла (конструкції), на яке діє довільна система сил в площині.

Довільна плоска система сил – система сил, лінії дії яких розташовані в площині незалежно.

A_1, A_2, A_n – точки прикладання сил системи $\{\bar{F}_1, \bar{F}_2, \dots, \bar{F}_n\}$ (рисунок 1).

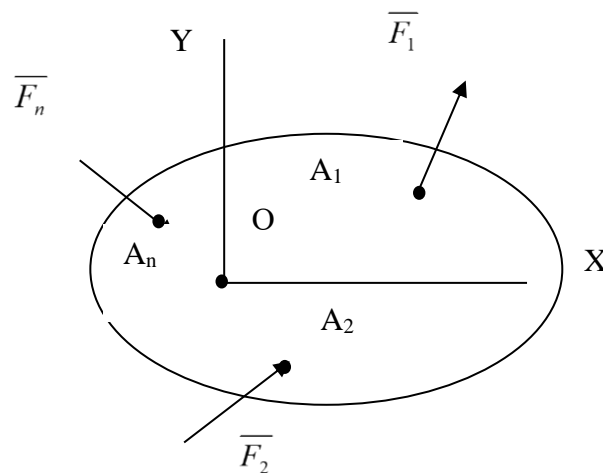


Рисунок 1

За основною теоремою статички (про приведення системи сил до заданого центру), будь-яка плоска довільна система сил, що діють на абсолютно тверде тіло, при приведенні до довільно обраного центра O може

бути замінена однією силою \overline{R} , що дорівнює головному вектору системи і прикладається в центрі приведення O , та однією парою з моментом M_O , що дорівнює головному моменту системи відносно центра O [1, 2].

Випадки приведення плоскої системи сил до простішого вигляду

1 $\overline{R} = 0$ і $M_O = 0$ – система знаходиться в стані рівноваги.

2 $\overline{R} = 0$ і $M_O \neq 0$ – система приводиться до пари з моментом, який дорівнює головному моменту системи M_O . Система може викликати обертальний рух тіла, до якого прикладена.

3 $\overline{R} \neq 0$ і $M_O = 0$ – система приводиться до рівнодійної \overline{R} , яка проходить через центр O . Під дією такої сили тіло, на яке вона діє, може рухатись поступально в напрямку вектора сили \overline{R} .

4 $\overline{R} \neq 0$, $M_O \neq 0$ – система приводиться до рівнодійної \overline{R} , яка прикладається в іншій точці, що не проходить через центр O .

Аналітичні умови рівноваги довільної плоскої системи сил

Основна форма умов рівноваги

$$\sum_{n=1}^k F_{nX} = 0, \quad \sum_{n=1}^k F_{nY} = 0, \quad \sum_{n=1}^k M_O(\overline{F_n}) = 0$$

Для рівноваги довільної плоскої системи сил необхідно і достатньо, щоб суми проєкцій всіх сил на координатні осі та сума їх моментів відносно будь-якого центра, який лежить у площині дії сил, дорівнювали нулю.

Друга форма умов рівноваги

$$\sum_{n=1}^k M_A(\overline{F_n}) = 0, \quad \sum_{n=1}^k M_B(\overline{F_n}) = 0, \quad \sum_{n=1}^k F_{nX} = 0$$

Для рівноваги довільної плоскої системи сил необхідно і достатньо, щоб суми моментів всіх сил відносно будь-яких двох центрів А і В та сума їх проєкцій на вісь ОХ, не перпендикулярну до прямої АВ ($AB \perp OX$), дорівнювали нулю.

При складанні суми проєкцій сил системи на координатні вісі, доцільно нагадати основні принципи, які наведено на рисунку 2.

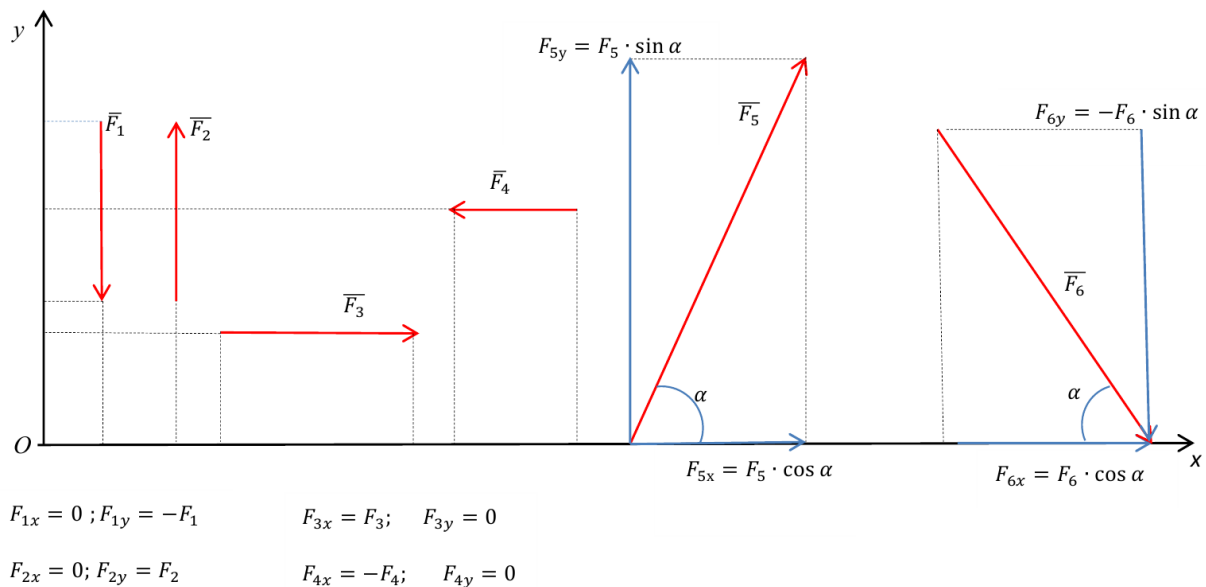


Рисунок 2

Третя форма умов рівноваги (рівняння трьох моментів)

$$\sum_{n=1}^k M_A(\overline{F_n}) = 0, \quad \sum_{n=1}^k M_B(\overline{F_n}) = 0, \quad \sum_{n=1}^k M_C(\overline{F_n}) = 0.$$

Для рівноваги плоскої довільної системи сил необхідно і достатньо, щоб суми моментів всіх сил відносно будь-яких трьох центрів А, В і С, що не лежать на одній прямій, дорівнювали нулю [3].

Для складання **рівняння моментів** (суми моментів сил системи відносно точки) треба пам'ятати основні правила для визначення моменту сили відносно точки.

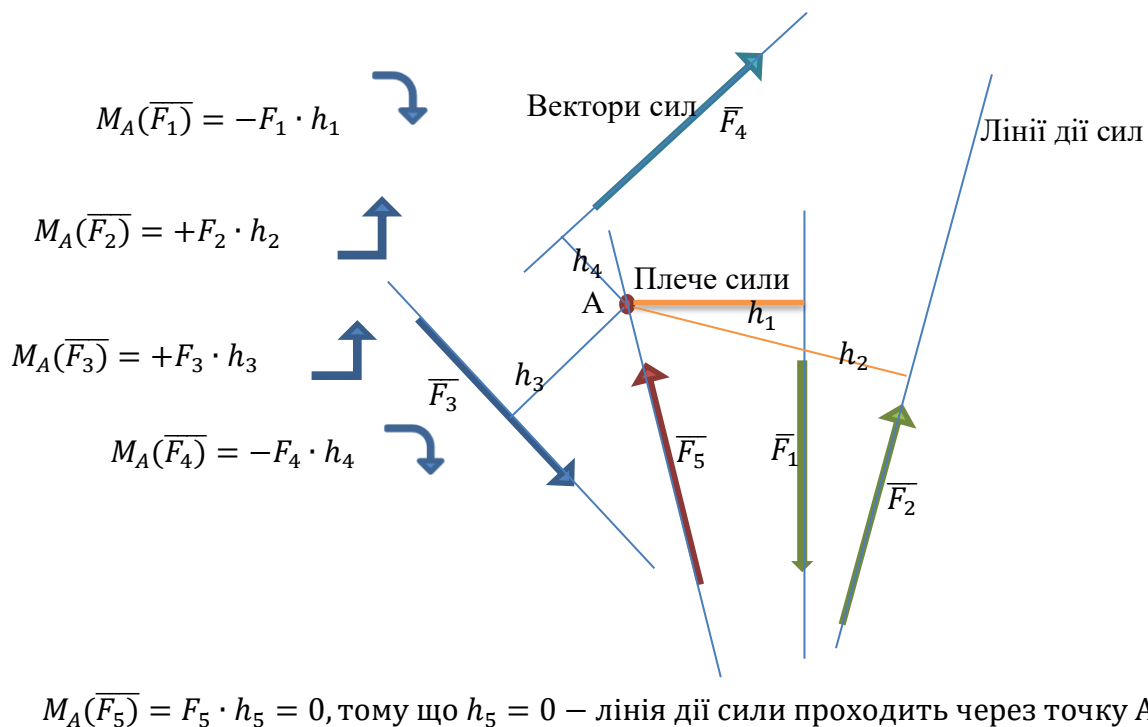




Рисунок 3

Момент сили відносно точки визначається як добуток сили на плече з урахуванням знаку $M_A(\vec{F}) = \pm F \cdot h$.

Одиниці вимірювання моменту сили в СІ це 1 кНм .

Плече сили h – найкоротша відстань від точки (центру обертання) до лінії дії сили, тобто перпендикуляр, проведений із точки на лінію дії сили. Щоб визначити плече сили треба продовжити лінію дії сили та провести із точки (наприклад А на рисунку 3) перпендикуляр. При роботі з абсолютно твердими тілами, сила є ковзним вектором, тобто її можна переносити вздовж власної лінії дії, не змінюючи величину та напрямок М [4].

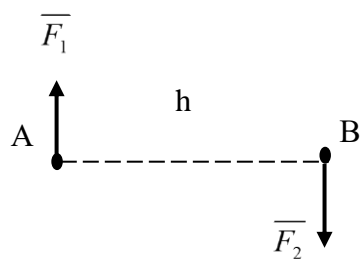
Момент вважається додатним (знак +), коли сила намагається обертати тіло проти стрілки годинника  та від'ємним (знак -), коли  за стрілкою.

Момент сили відносно точки дорівнює нулю, якщо лінія дії сили проходить через точку, тому що при цьому плече сили дорівнює нулю.



Момент, заданий за умовами завдань, є моментом пари сил, що діє в площині. Поряд із силою пара сил є самостійним елементом статички.

Момент пари сил дорівнює добутку модуля однієї із сил пари на плече пари.



Пара сил – система двох паралельних, рівних за модулем та протилежних за напрямком сил, прикладених до абсолютно твердого тіла.

Основою для визначення реакцій опор будь-якого твердого тіла є **аксіома про звільнення тіла від зв'язків**: будь-яке невільне тіло можна розглядати як вільне, звільнивши його від зв'язків і замінивши їх дію реакціями. У цьому полягає принцип звільнення від зв'язків [2].

Вільним тілом називається таке тіло, яке може здійснювати довільні переміщення в просторі в будь-якому напрямку.

Невільним тілом називається тіло, переміщення якого в просторі обмежено іншими тілами (зв'язками).

Зв'язками (або опорами) називаються тіла, які обмежують рух заданого тіла в просторі.

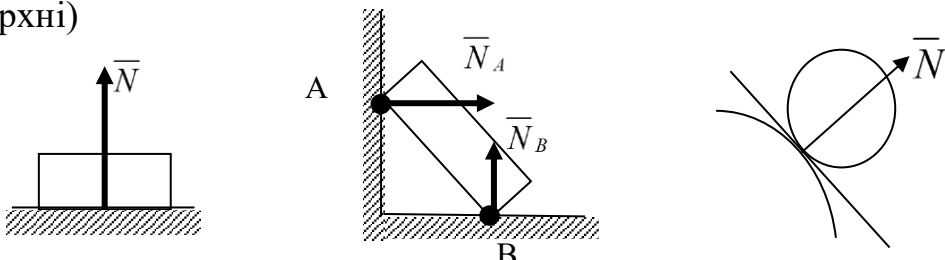
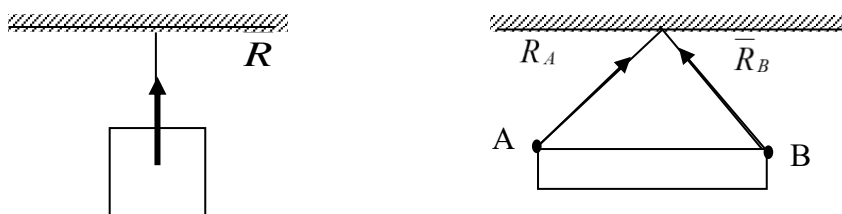
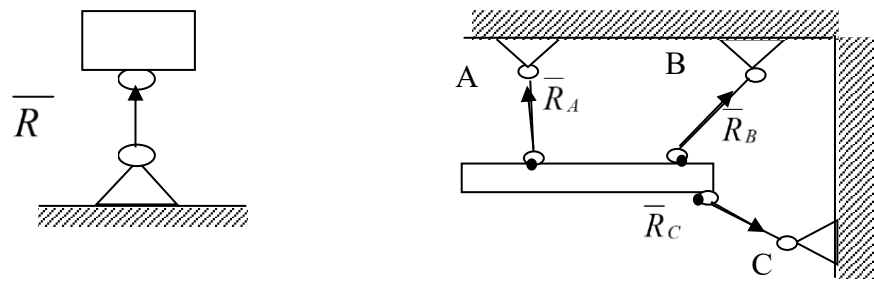
Реакцією зв'язку (реакцією опори) називається сила, з якою зв'язок діє на задане тіло. Реакція зв'язку завжди спрямовується протилежно тому напрямку, в якому зв'язок протидіє можливому руху тіла.

Активна сила – сила, яка характеризує дію інших тіл на задане, що викликає або може викликати зміну його кінематичного стану.


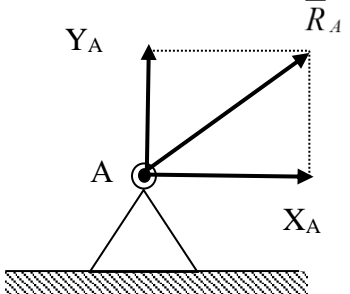
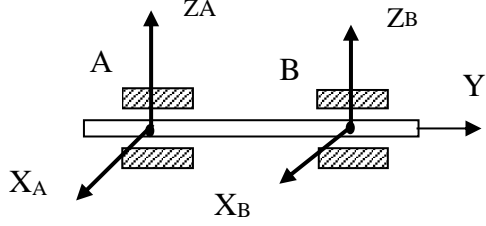
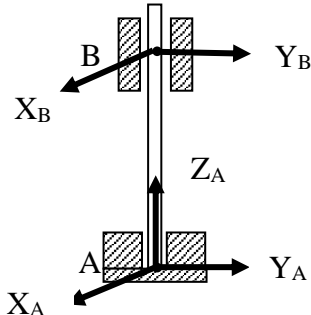
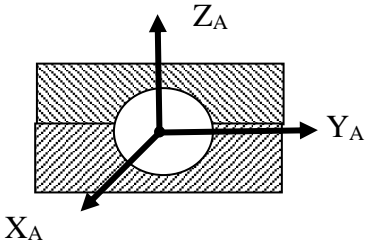
Реактивна сила – сила, яка характеризує дію зв'язків на задане тіло.

Основні види зв'язків наведено в таблиці 1.

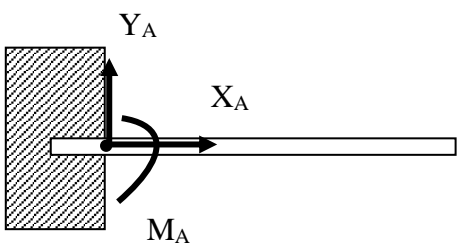
Таблиця 1 – Основні види зв'язків

1	<p><i>Ідеальна (гладенька) поверхня або опора</i> (реакція перпендикулярна поверхні – \bar{N}-нормальна реакція поверхні)</p> 
2	<p><i>Ідеальна нитка</i> (реакція \bar{R} спрямована вздовж нитки, троса)</p> 
3	<p><i>Ідеальний стержень</i> (реакція \bar{R} спрямована вздовж стержня)</p> 

Продовження таблиці 1

4	<p><i>Шарнірно – рухома опора</i> (опора на катках) (реакція \bar{R} перпендикулярна поверхні)</p> 
5	<p><i>Шарнірно – нерухома опора</i> (реакція \bar{R}_A складається з її проєкцій на координатні осі X_A та Y_A)</p> $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$ 
6	<p><i>Циліндричний шарнір або підшипник</i> (реакція складається з проєкцій, спрямованих вздовж осей, перпендикулярних осі циліндра)</p> 
7	<p><i>Упорний підшипник</i> (реакція точки А складається з проєкцій вздовж координатних осей. В точці В – циліндричний шарнір)</p> 
8	<p><i>Сферичний підшипник</i> (реакція складається з проєкцій на просторові осі координат)</p> $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$ 

Продовження таблиці 1

9	<p>Нерухоме закріплення (жорстке закладання) (реакція складається з проекцій X_A і Y_A, а також реактивного моменту M_A)</p>	
---	---	--

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ РГР

Дано:

схему конструкції, розташовану в площині, на яку діє зрівноважена довільна система сил (рисунок 4): $G=10$ кН, $P=5$ кН, $M=8$ кНм, $q=0,5$ кН/м, $\alpha = 30^\circ$, розміри – в метрах.

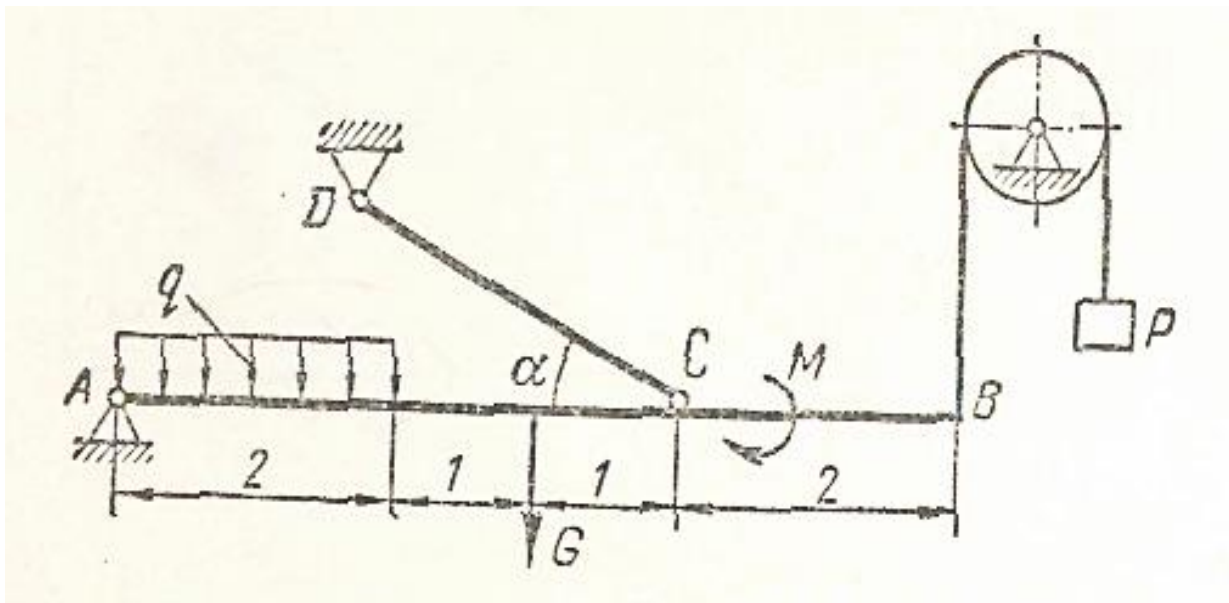


Рисунок 4

Визначити:

реакції опор (реакцію опори A і реакцію стержня CD).

Розв'язання

1 Розглянемо плоску (розташовану в плоскій системі відліку XOY) зрівноважену систему сил, прикладених до балки АВ.

2 Відкинемо блок (вантаж на підвісі) та замінимо силу ваги вантажу \bar{P} силою натягу тросу \bar{S} (за модулем $S=P$).

3 Рівномірно-розподілене навантаження q замінимо зосередженою силою Q , яка дорівнює $Q = 2 \cdot q = 2 \cdot 0,5 = 1$ кН і прикладається в центрі ваги епюри цього навантаження у тому ж напрямку.

Розподіленими силами q називаються сили, що діють на всі точки тіла (масові, об'ємні) чи на всі точки певної частини поверхні тіла (поверхневі, як в даному прикладі). Зосереджена сила Q є рівнодієюною системи паралельних односпрямованих розподілених сил, визначається як $Q = L \cdot q$, прикладається посередині відрізка і спрямовується в тому самому напрямку (рисунок 5).

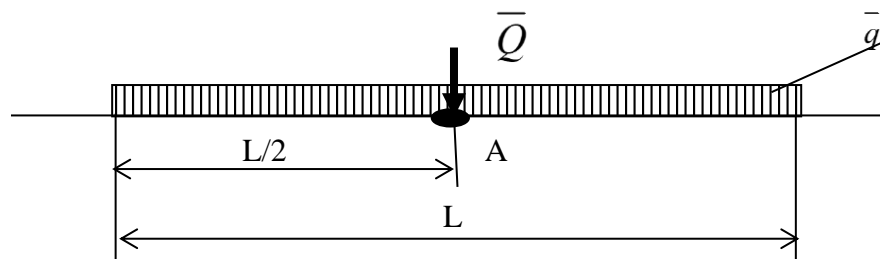


Рисунок 5

4 Відкинемо зв'язки (опори) – шарнірно-нерухому опору А та стержень CD. Дію зв'язків на балку замінимо їх реакціями (рисунок 6).

Оскільки напрямок реакції шарнірно-нерухомої опори А невідомий, визначимо її складові \bar{X}_A та \bar{Y}_A . Вкажемо також реакцію \bar{S}_{CD} стержня CD.

Слід зауважити, що на схемі конструкцій в інших індивідуальних варіантах завдання, можуть використовуватись інші види опор. Всі види опор (зв'язків) указані в таблиці 1.

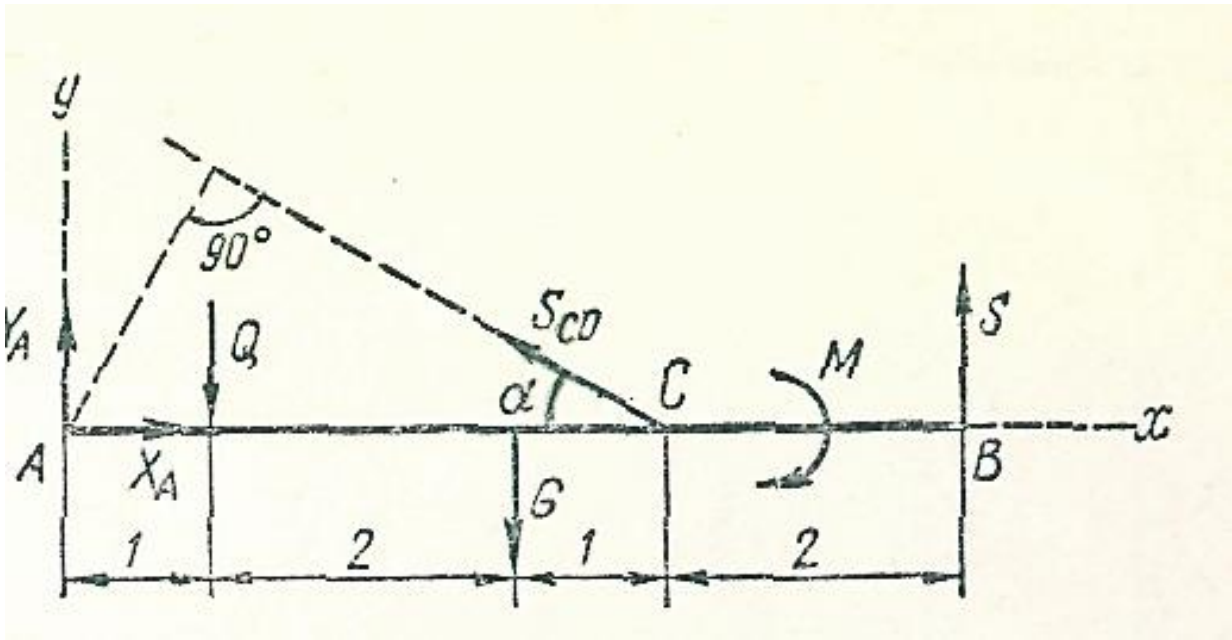


Рисунок 6

5 Для плоскої системи сил, прикладених до балки, складаємо три рівняння рівноваги.

При складанні сум проекцій сил на координатні осі (рівняння (1) та (2)) зручно скористатись рекомендаціями рисунку 2, а для суми моментів (рівняння (3)) – рисунку 3. Також важливо зауважити, що суму моментів можна складати відносно будь-якої точки конструкції, виходячи з математичної оптимальності при подальшому розв'язанні системи. Найзручнішою точкою завжди буде та, яка відповідає двом умовам: 1) точка з найскладнішої опори, що надасть можливість позбавитись в рівнянні невідомих реакцій цієї опори; 2) точка, в якій перетинається максимальна кількість ліній дії сил системи. Поясненням є властивість моменту – його рівняння нулю для сили, лінія дії якої проходить через точку [5].

$$\sum X_i = 0; \quad X_A - S_{CD} \cos 30^\circ = 0; \quad (1)$$

$$\sum Y_i = 0; \quad Y_A - Q - G + S_{CD} \cos 60^\circ + S = 0; \quad (2)$$

$$\sum M_{iA} = 0; \quad -Q \cdot 1 - G \cdot 3 + S_{CD} \cdot 4 \sin 30^0 - M + S \cdot 6 = 0. \quad (3)$$

6 Розв'язати систему рівнянь.

З рівняння (1)

$$X_A = S_{CD} \cos 30^0 = 4,5 \cdot 0,866 = 3,90 \text{ кН.}$$

З рівняння (2)

$$Y_A = Q + G - S_{CD} \cos 60^0 - S = 1 + 10 - 4,5 \cdot 0,5 - 5 = 3,75 \text{ кН.}$$

З рівняння (3)

$$S_{CD} = \frac{Q \cdot 1 + G \cdot 3 + M - S \cdot 6}{4 \sin 30^0} = \frac{1 \cdot 1 + 10 \cdot 3 + 8 - 5 \cdot 6}{4 \cdot 0,5} = 4,5 \text{ кН.}$$

Значення X_A , Y_A та S_{CD} отримано додатними. Це вказує на те, що прийняті напрямки цих сил збігаються з їх дійсними напрямками.

7 Для перевірки скласти рівняння моментів всіх сил системи (активних та знайдених реакцій) відносно іншої точки.

$$\sum M_{iB} = -M + S_{CD} \cdot \sin 30 \cdot 2 + G \cdot 3 + Q \cdot 5 - Y_A \cdot 6;$$

$$\sum M_{iB} = -8 + 4,5 \cdot 0,5 \cdot 2 + 10 \cdot 3 + 1 \cdot 5 - 3,75 \cdot 6 = 0.$$

Сума моментів після підстановки отриманих реакцій опор має дорівнювати нулю (допущенням є арифметична помилка розрахунків, яка складає приблизно 10 % від значення заданих величин).

3 ВАРІАНТИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РГР

Схеми конструкцій наведено на рисунку 7 (розміри – в метрах), навантаження вказано в таблиці 2.

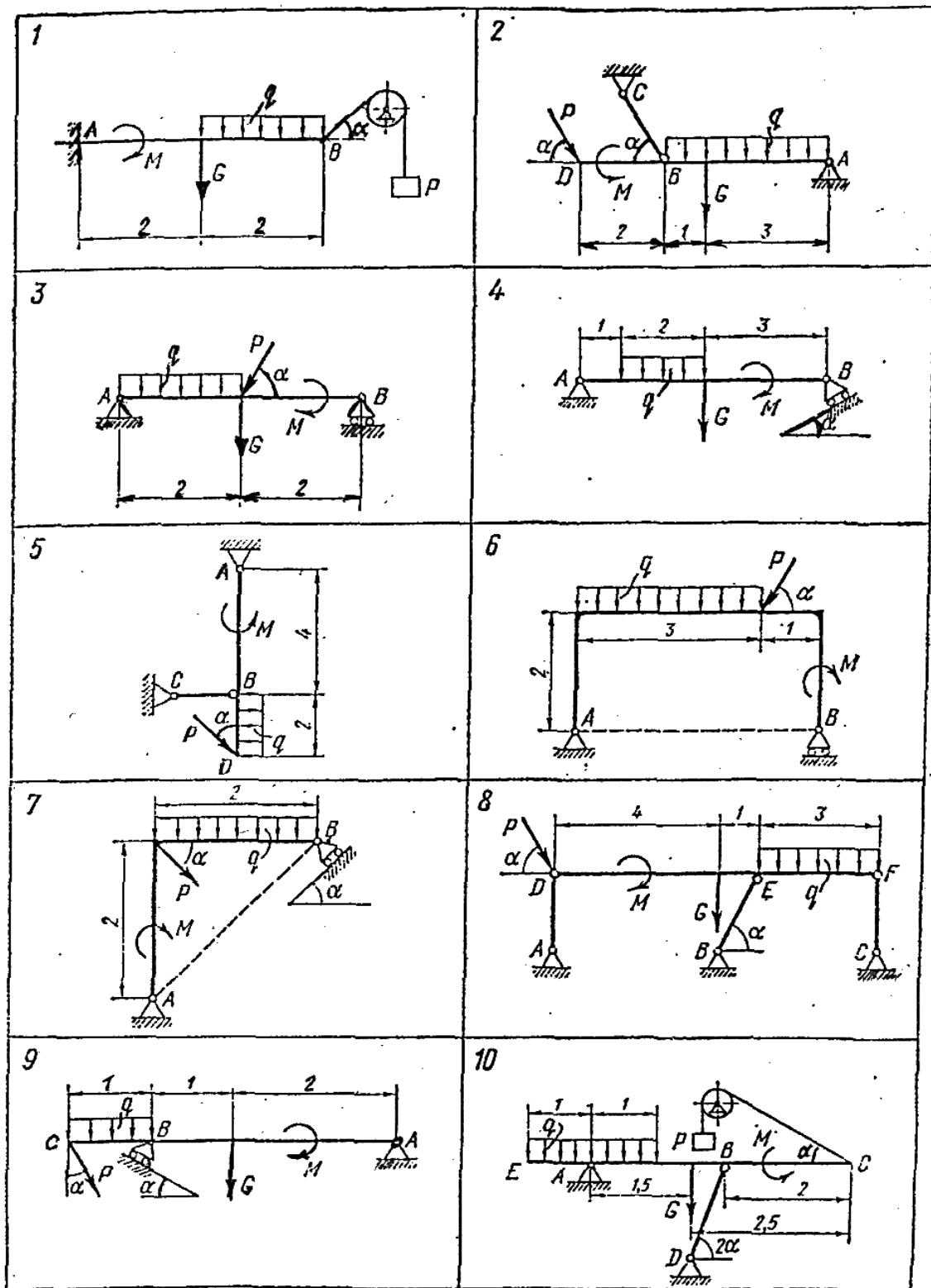


Рисунок 7

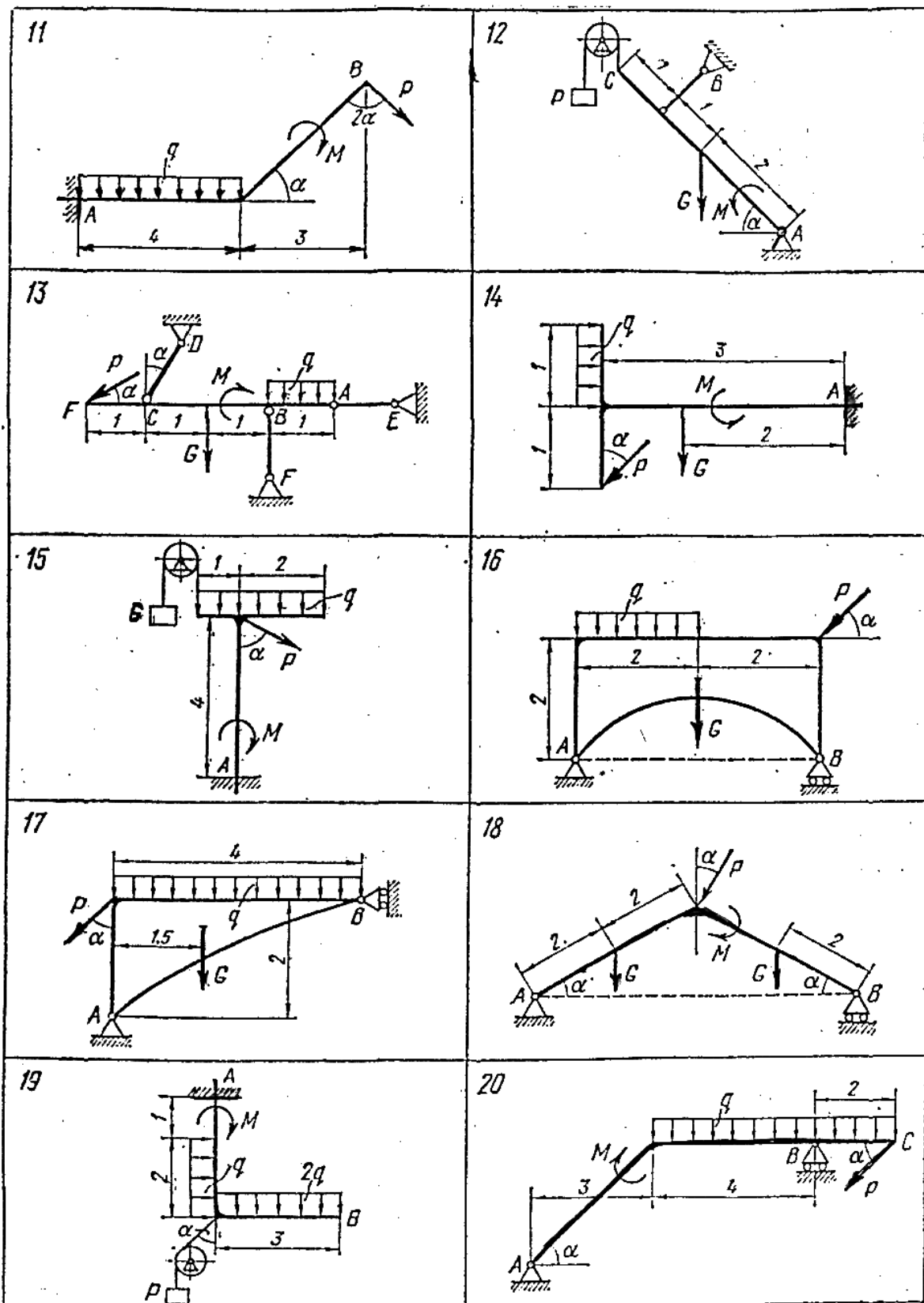


Рисунок 7, аркуш 2

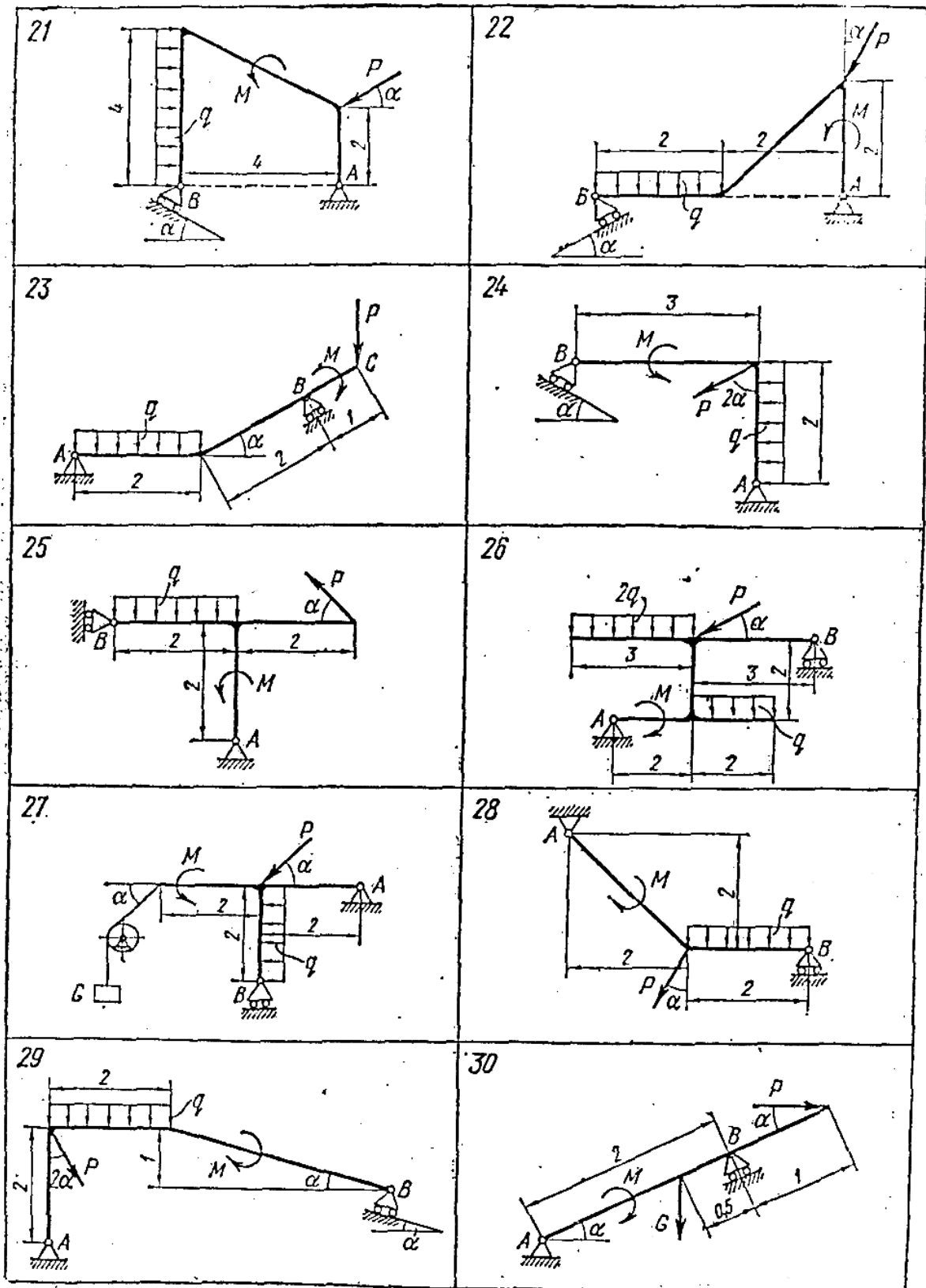


Рисунок 7, аркуш 3

Таблиця 2

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

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КР

Жорстка рама (рисунок 8) має в точці А нерухому шарнірну опору, а в точці В – рухому шарнірну опору. Усі діючі навантаження та розміри показані на рисунку.

Дано: $P= 25$ кН, $\alpha= 60^\circ$, $F= 18$ кН, $\gamma= 75^\circ$, $M=50$ кН м, $\beta= 30^\circ$, $a= 0,5$ м.

Визначити реакцію в точках А і В, які викликаються діючими навантаженнями.

Розв'язання

Основні етапи виконання КР (контрольної роботи для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання) в цілому відповідають наданим вище етапам РГР (для здобувачів вищої освіти денної форми).

1 Розглянемо рівновагу рами (рисунок 8).

Проведемо координатні осі XU та зобразимо сили, що діють на раму: силу F , пару сил з моментом M , натяг тросу T (за модулем $T=P$) та реакцію в'язів X_A , Y_A , R_B (реакцію нерухомої шарнірної опори А зобразимо двома її складовими, реакція рухомої шарнірної опори В спрямована перпендикулярно опорній площині (таблиця 1).

2 Для отриманої плоскої системи сил складемо три рівняння рівноваги. При визначенні моменту сили F відносно точки А скористаємось теоремою Варіньона [1, 2]: момент рівнодійної плоскої системи збіжних сил відносно будь-якого центра дорівнює алгебраїчній сумі моментів складових сил системи відносно того ж центра. Тобто розкладемо силу F на складові проєкції F' , F'' ($F'= F\cos\alpha$, $F''= F\sin\alpha$) і визначимо момент $M_A(F)= M_A(F') + M_A(F'')$.

Тоді отримаємо систему рівнянь рівноваги:

$$\sum F_{kx} = 0, \quad X_A + R_B \sin \beta - F \cos \alpha + T \sin \gamma = 0; \quad (1)$$

$$\sum F_{ky} = 0, \quad Y_A + R_B \cos \beta + F \sin \alpha - T \cos \gamma = 0; \quad (2)$$

$$\sum M_A(F_k) = 0, \quad M - R_B \cos \beta 4a + F \cos \alpha 2a - F \sin \alpha 3a - T \sin \gamma 2a = 0. \quad (3)$$

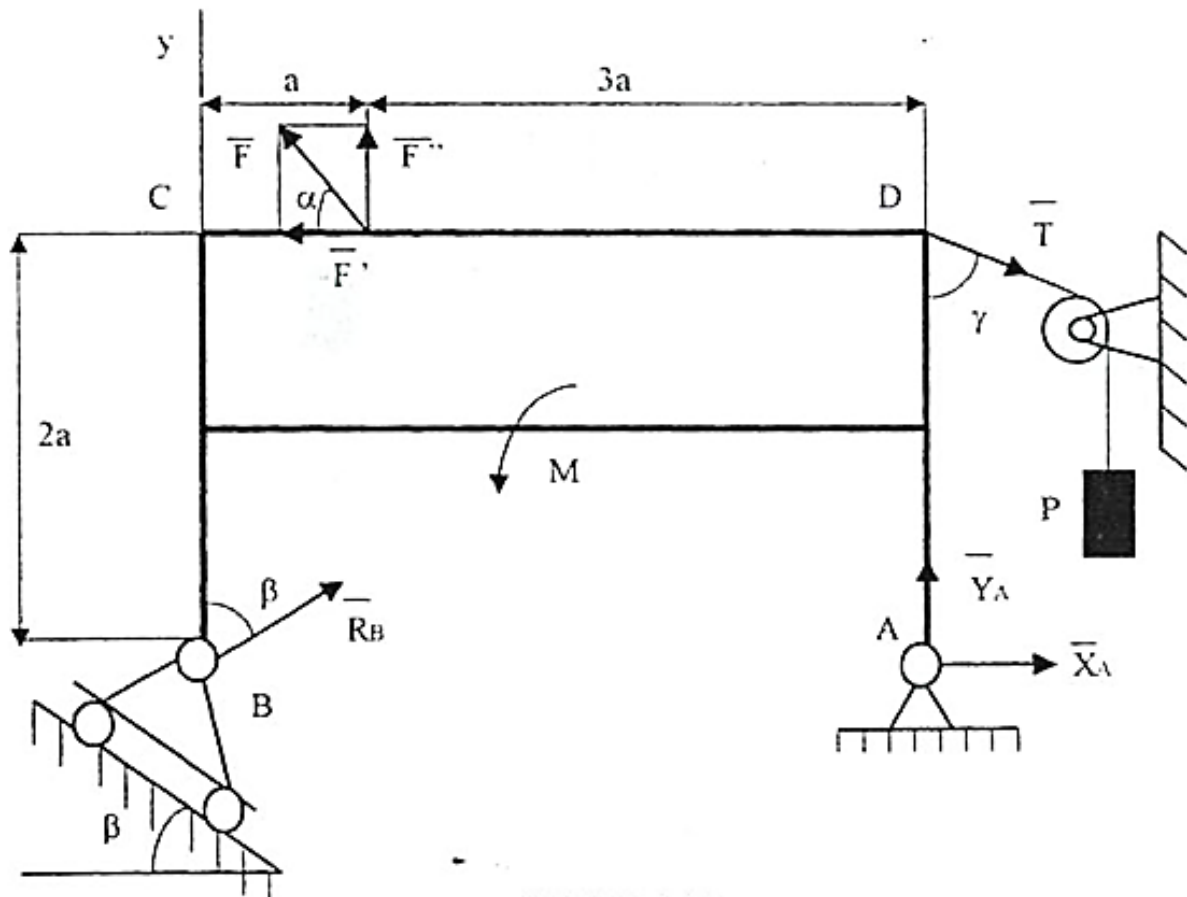


Рисунок 8

Підставивши до складених рівнянь числові значення заданих величин та вирішивши ці рівняння, визначимо шукані реакції опор.

Згідно з рівнянням (1)

$$X_A = -R_B \sin \beta + F \cos \alpha - T \sin \gamma = -8,5 \text{ (кН)}$$

Згідно з рівнянням (2)

$$Y_A = -R_B \cos \beta - F \sin \alpha + T \cos \gamma = -23,3 \text{ (кН)}$$

Згідно з рівнянням (3)

$$R_B = \frac{M + F \cdot \cos \alpha \cdot 2a - F \cdot \sin \alpha \cdot 3a - T \cdot \sin \gamma \cdot 2a}{\cos \beta \cdot 4a} = 7,3 \text{ (кН)}$$

Для рівняння складаємо суму моментів сил системи відносно точки В.

$$\sum M_B = M + Y_A \cdot 3a + F \cdot \cos \alpha \cdot 2a + F \cdot \sin \alpha \cdot a - T \cdot \cos \gamma \cdot 3a - T \cdot \sin \gamma \cdot 2a = 0$$

Рівняння суми нулю після підстановки отриманих значень невідомих свідчить про їхні правильні значення.

$$\sum M_B = 50 - 23,3 \cdot 3 \cdot 0,5 + 18 \cdot \cos 60 \cdot 2 \cdot 0,5 + 18 \cdot \sin 60 \cdot 0,5 - 25 \cdot \cos 75 \cdot 3 \cdot 0,5 - 25 \cdot \sin 75 \cdot 2 \cdot 0,5 = 0$$

Відповідь: $X_A = -8,5 \text{ кН}$; $Y_A = -23,3 \text{ кН}$; $R_B = 7,3 \text{ кН}$.

Знаки величин реакцій вказують, що X_A і Y_A реально спрямовані протилежно вказаним на рисунку 8.

5 ВАРІАНТИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КР

Жорстка рама (рисунки 9.0 – 9.9) закріплена в точці А шарнірно, а в точці В прикріплена або до невагомego стержня з шарнірами на кінцях, або до рухомої шарнірної опори. У точці С до рами прив'язаний трос, що перекинутий через блок, він несе на кінці навантаження $P = 25 \text{ кН}$. На раму діє пара сил з моментом $M = 100 \text{ кНм}$ та дві сили, значення, напрямки і точки прикладення яких вказані у таблиці 3 (наприклад, в умові 1 на раму діє сила F_2 під кутом 15° до горизонтальної осі, прикладеної в точці О, та сила F_3 під кутом 60° до горизонтальної осі, прикладена в точці Е і т. п.). Треба визначити реакцію в'язів в точках А, В, які викликаються діючими навантаженнями. При розрахунках прийняти $a = 0,5 \text{ м}$.

У всіх задачах здобувач обирає номер рисунка згідно з передостанньою цифрою власного варіанту (шифру), а номер чисельних даних – згідно з останньою цифрою. Наприклад, якщо шифр закінчується числом 38, то рисунок задачі має бути за номером 3, а вихідні дані з таблиці в рядку з номером 8.

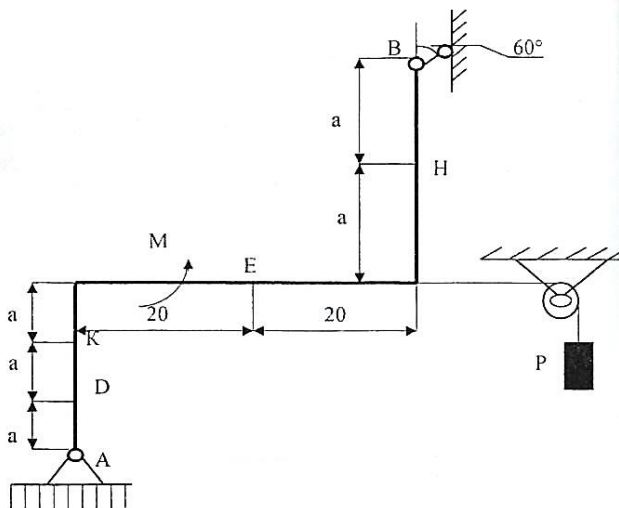


Рисунок 9.0

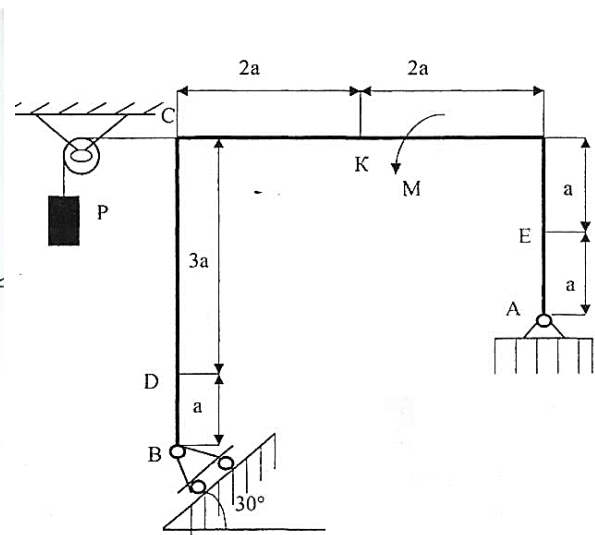


Рисунок 9.1

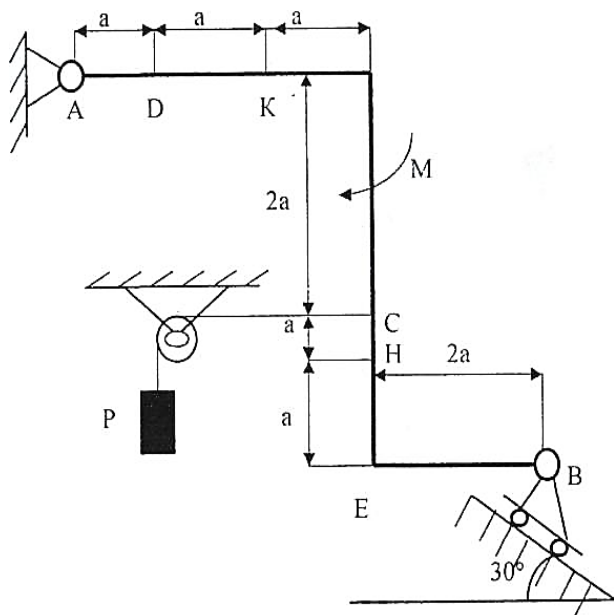


Рисунок 9.2

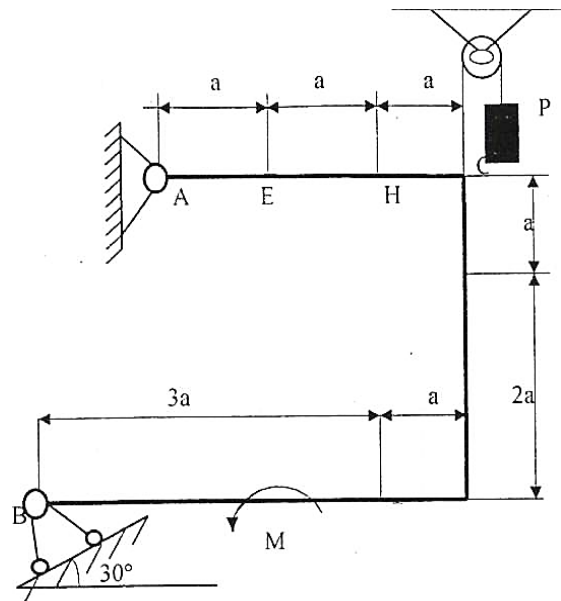


Рисунок 9.3

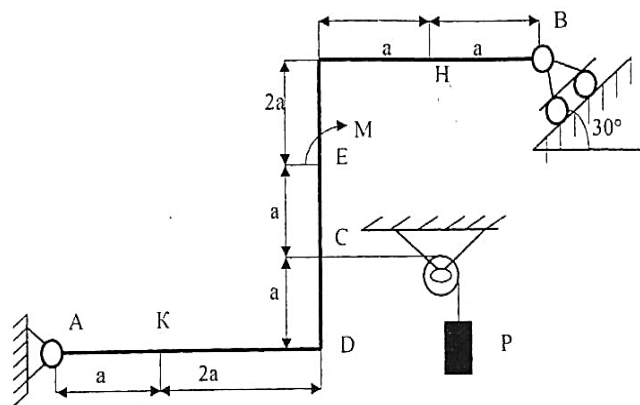


Рисунок 9.4

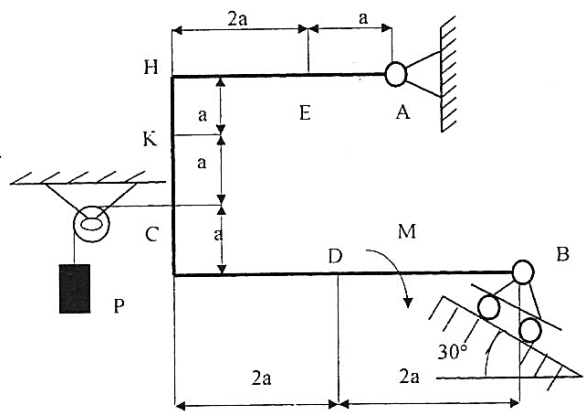


Рисунок 9.5

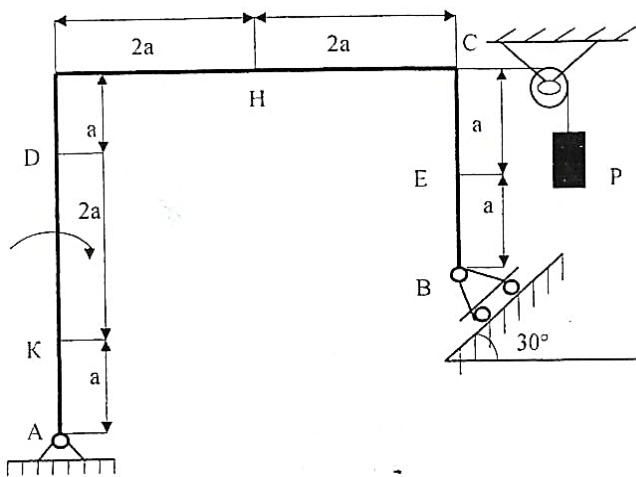


Рисунок 9.6

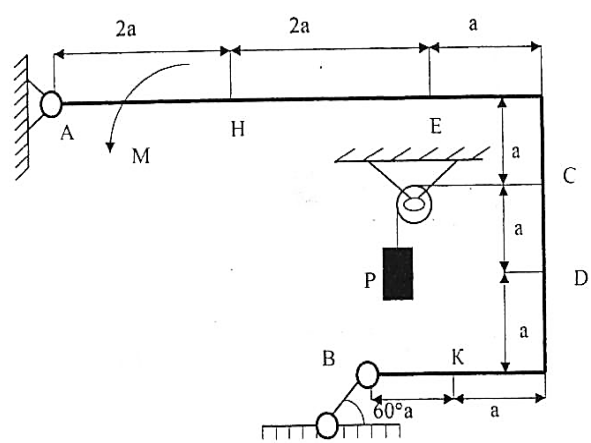


Рисунок 9.7

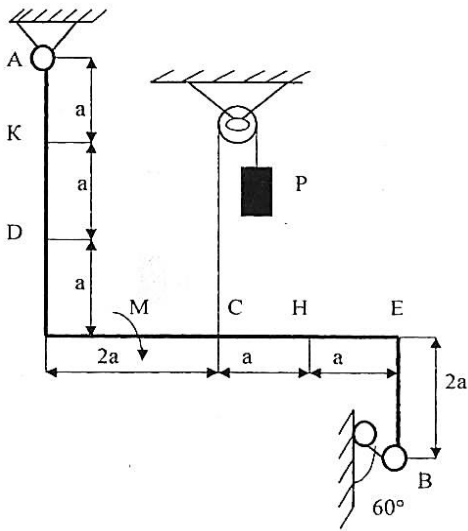


Рисунок 9.8

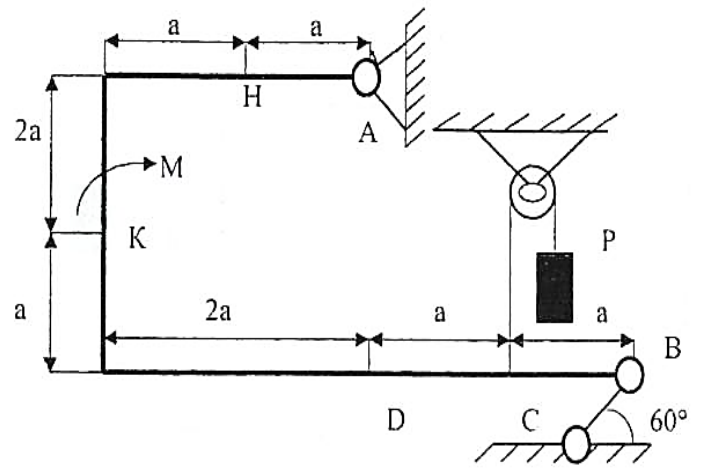


Рисунок 9.9

Таблиця 3

Номер умови	С и л и							
	$F_1 = 10 \text{ кН}$		$F_2 = 20 \text{ кН}$		$F_3 = 30 \text{ кН}$		$F_4 = 40 \text{ кН}$	
	Точка прикладання	α , град	Точка прикладання	α , град	Точка прикладання	α , град	Точка прикладання	α , град
0	Н	30	-	-	-	-	К	60
1	-	-	Д	15	Е	60	-	-
2	К	75	-	-	-	-	Е	30
3	-	-	К	60	Н	30	-	-
4	Д	30	-	-	-	-	Е	60
5	-	-	Н	30	-	-	Д	75
6	Е	60	-	-	К	15	-	-
7	-	-	Д	60	-	-	Н	15
8	Н	60	-	-	Д	30	-	-
9	-	-	Е	75	К	30	-	-

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Аксьонова Н. А. Теоретична механіка: робочий конспект лекцій. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 122 с.
- 2 Аксьонова Н. А., Оробінський О. В. Теоретична механіка: конспект лекцій. Харків: УкрДАЗТ, 2015. 152 с.
- 3 Бондаренко А. А. Теоретична механіка: підручник у 2 ч. Ч. 1: Статика. Кінематика. Київ: Знання, 2004. 599 с.
- 4 Теоретична механіка: навч. посіб. Ч. 1: Статика, кінематика / В. Векерик, М. Лисканич та ін. Івано-Франківськ: Факел, 2002. 273 с.
- 5 Аксьонова Н. А., Дунай Л. М. Комплексне методичне забезпечення до виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Теоретична механіка». Харків: УкрДАЗТ, 2013. 70 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання розрахунково-графічних та контрольних робіт
з дисципліни
«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»
(розділ «Статика»)

Відповідальний за випуск Аксьонова Н. А.

Підписано до друку 06.02.2023 р.
Умовн. друк. арк. 1,75. Тираж . Замовлення № .
Видавець та виготовлювач Український державний університет залізничного
транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.