Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства

та природокористування

Кафедра теоретичної механіки, інженерної графіки та машинознавства

02-05-42

ЗАВДАННЯ

до самостійної роботи з “Теоретичної механіки”
(розділ “ДИНАМІКА”)
студентами денної форми навчання за напрямами підготовки:
6.070106 “Автомобільний транспорт”,
6.050503 “Машинобудування”, 6.050301 “Гірництво”

Рекомендовано методичною
комісією за напрямком
6.070106 “Автомобільний
транспорт”,
Протокол № 5
від 20 січня 2016р

Рівне 2016

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Завдання до самостійної роботи з “Теоретичної механіки” (розділ “ДИНАМІКА”) студентам денної форми навчання за напрямками: 6.070106 “Автомобільний транспорт”, 6.050503 “Машинобудування”, 6.050301 “Гірництво”, / Л. В. Войтович, Л. С. Серілко, В. О. Щурик,Рівне: НУВГП, 2016. – 25 с.

Упорядники: Л. В. Войтович, старший викладач;
Л. С. Серілко, канд. техн. наук., доцент;
В. О. Щурик, канд. техн. наук.,доцент.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Відповідальний за випуск:

Козяр М. М. – д-р. пед. наук, професор, завідувач кафедри теоретичної механіки, інженерної графіки та машинознавства

© Войтович Л. В.,
Серілко Л. С.,
Щурик В. О., 2016
© НУВГП, 2016

Національний університет
водного господарства
та природокористування

З М І С Т

В с т у п 4
1. Вибір варіанта 4
Л і т е р а т у р а 5
2. Завдання з динаміки для самостійної роботи.....6
Завдання Д-1. Обернена задача динаміки точки 6
Завдання Д-2. Дослідження руху механічної системи 8
Завдання Д-3. Дослідження обертального руху твердого тіла ..10
Завдання Д-4. Вивчення руху механічної системи за допомогою теореми про зміну кінетичної енергії 13
Завдання Д-5. Застосування принципу Даламбера до визначення реакцій в'язей 17
Завдання Д-6. Рівновага механізму з одним ступенем вільності під дією сил 19
Завдання Д-7. Дослідження руху механічної системи за допомогою загального рівняння динаміки 22
Завдання Д-8. Застосування рівнянь Лагранжа другого роду до вивчення руху механічної системи.....22
Додаток. Основні позначення в динаміці 25

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

В С Т У П

Динаміка – це найбільш важливий та складний розділ курсу теоретичної механіки. Важливість цього розділу полягає в тому, що більша частина практичних інженерних задач відноситься саме до динаміки. В цьому розділі ми знайомимось з основними ідеями та методами механіки, осягаємо суть цієї науки та її роль в вивченні оточуючого нас світу. Вивчення динаміки, як і інших наук про природу, сприяє формуванню правильного світогляду.

Складність вивчення динаміки студентами пояснюється тим, що динаміка грунтується на міцних знаннях статики, кінематики, фізики та математики (необхідно вміти знаходити інтеграли, знати частинні похідні та повні диференціали від функцій кількох змінних, вміти інтегрувати диференціальні рівняння другого порядку з відокремлюваними змінними);

- динамічні задачі дуже різноманітні і методи їх розв'язання не підпорядковані єдиному стандарту; тому потрібна навичка, певний інженерний кругозір, вміння аналізувати механічну та математичну суть розглядуваних задач, а це дається не відразу, а лише шляхом самостійного розв'язання великої кількості задач.

У даному збірнику вміщено 8 завдань з динаміки, які можуть бути використані для виконання самостійної роботи студентами як вдома (РГР), так і в аудиторії (контрольна та індивідуальна роботи, захист РГР). Різноманітність схем та вихідних даних забезпечує кожного студента індивідуальним завданням.

Загальні вимоги до виконання та оформлення РГР наведені в завданнях зі статики 02-05-23 [5] , а методика та приклади розв'язування задач з динаміки наведені в методичних вказівках 062-83 [4] та в посібнику [1].

1. ВИБІР ВАРІАНТА

Номери завдань, які входять до самостійної роботи з динаміки, повідомляє на початку семестру лектор.

Вибір варіанта (номер схеми та номер рядка) відбувається за допомогою:

- числа N (порядковий номер в журналі викладача на початок семестру);
- числа C: C = N, якщо $N \le 15$;
  C = N – 15, якщо $N > 15$;
- числа R1, яке визначається за таблицею 1.1.

В умові кожного завдання та відповідній йому таблиці є необхідні вказівки щодо використання N, C, R1.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Наприклад, студент навчається в третій групі і його прізвище Омельченко І. К. в журналі викладача записано числом 19. Маємо N = 19, C = 4 (N >15), R1 = 8.

Таблиця 1.1

Список групи в журналі (число **N**)	1 група	2 група	3 група	4 група	5 група
	Ч И С Л О **R1**				
1, 11, 21	0	8	6	4	2
2, 12, 22	9	7	5	3	1
3, 13, 23	8	6	4	2	0
4, 14, 24	7	5	3	1	9
5, 15, 25	6	4	2	0	8
6, 16, 26	5	3	1	9	7
7, 17, 27	4	2	0	8	6
8, 18, 28	3	1	9	7	5
9, 19, 29	2	0	8	6	4
10, 20, 30	1	9	7	5	3

Національний університет
водного господарства

Захист самостійної роботи проводиться відповідно до графіка навчального процесу. ***Робота, виконанастудентом не за варіантом, до захисту не допускається.*** Захист роботи полягає в тому, що студент повинен дати пояснення щодо її змісту, вміти розв'язувати типові задачі та давати відповіді на теоретичні питання відповідного розділу курсу.

Л І Т Е Р А Т У Р А

1. В.В. Цасюк. Теоретична механіка: Навчальний посібник. - Київ: Центр навчальної літератури, 2004.- 402 с.
2. М.А. Павловський. Теоретична механіка. – К.: Техніка, 2002.- 512 с.
3. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Ч.II. Динамика. Учеб.для втузов.- 5-е изд., испр.- М.:Высш.шк.1977- 430 с.
4. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з теоретичної механіки. Динаміка / О.В.Хижняков, Л.С.Серілко — Рівне: НУВГП, 2005.–36 с, (062-83).
5. Завдання для самостійної роботи з теоретичної механіки для студентів всіх спеціальностей денної форми навчання. Статика / Л. С. Серілко, В.О Щурик, Рівне: НУВГП, 2014.–29 с, (02-05-23).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

2. ЗАВДАННЯ З ДИНАМІКИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

З а в д а н н я Д-1. ***Обернена задача динаміки точки***

Кулька М масою m отримала в точці О початкову швидкість V_0 і рухається по жолобу ОАВ, який вона залишає в точці В зі швидкістю V_B та через Т секунд вільного падіння опиняється в точці С (на схемах рис.2.1 показані розрізи в вертикальній площині).

На гладенькій ділянці ОА = S крім власної ваги на кулю діє постійна сила $\boldsymbol{Q}$ та сила опору середовища $\boldsymbol{R}$. Час руху від точки О до точки А – τ секунд, $\alpha = 30^{o}$.

В точці А куля, не міняючи своєї швидкості, переходить на шорстку ділянку АВ (коефіцієнт тертя ковзання f = 0,2) і продовжує рухається під дією змінної сили F, яка напрямлена в бік руху паралельно осі X_1. Час руху від точки А до точки В – $\tau_1 = 2$ секунди.

Визначити швидкість кулі в точках А,В,С, час Т та h або d (знак „?” в табл. 2.1). Вихідні дані для розрахунку наведені в табл. 2.1; номер схеми відповідає числу R1.

Вказівки див. на с. 8.

Таблиця 2.1

Рядок С	m	V_0	$\boldsymbol{Q}$	$\boldsymbol{R}$	$\boldsymbol{F}$	τ	S	h = ВД	d = СД
	кг	м/с	Н			с	м		
0	2,8	20	5	$0{,}5V^2$	$2t^2 + 4$	–	4,0	?	9
1	3,6	20	8	0,3 V	$e^{2{,}5\,t} - 1$	2,0	–	5	?
2	4,8	10	12	$0{,}2\,V^2$	-6 sin(3t) + 24	–	4	?	7
3	3,0	20	8	0,6 V	$4t^2 + 2$	2,0	–	6	?
4	8,0	10	16	$0{,}5\,V^2$	-6 sin(3t) + 34	–	4	?	4
5	4,0	24	3	0,2 V	4t + 6	3,5	–	10	?
6	2,4	12	6	$0{,}8\,V^2$	6t + 2	–	1,5	6	?
7	3,8	18	6	0,3 V	$3t^2 – t + 2$	2,0	–	8	?
8	5,6	12	10	$0{,}4\,V^2$	4t + 8	–	3,0	5	?
9	2,0	20	3	0,2 V	2 sin(3t) + 12	2,5	–	8	?
10	3,2	14	10	$0{,}5\,V^2$	$2e^{1{,}5t} + 1$	–	3,0	?	8
11	1,8	20	6	0,3 V	$3t^2 + 2$	2,0	–	6	?
12	6,0	14	22	$0{,}6\,V^2$	3 cos(4t) + 25	–	5	?	8
13	1,6	18	2	0,3 V	cos(4t) + 3	2,0	–	7	?
14	7,0	10	12	$0{,}7\,V^2$	$16t^2 + 8$	–	4,5	?	5
15	4,0	28	6	0,4 V	2 cos(2t) + 2	3,0	–	8	?

Національний університет
водного господарства
та природокористування

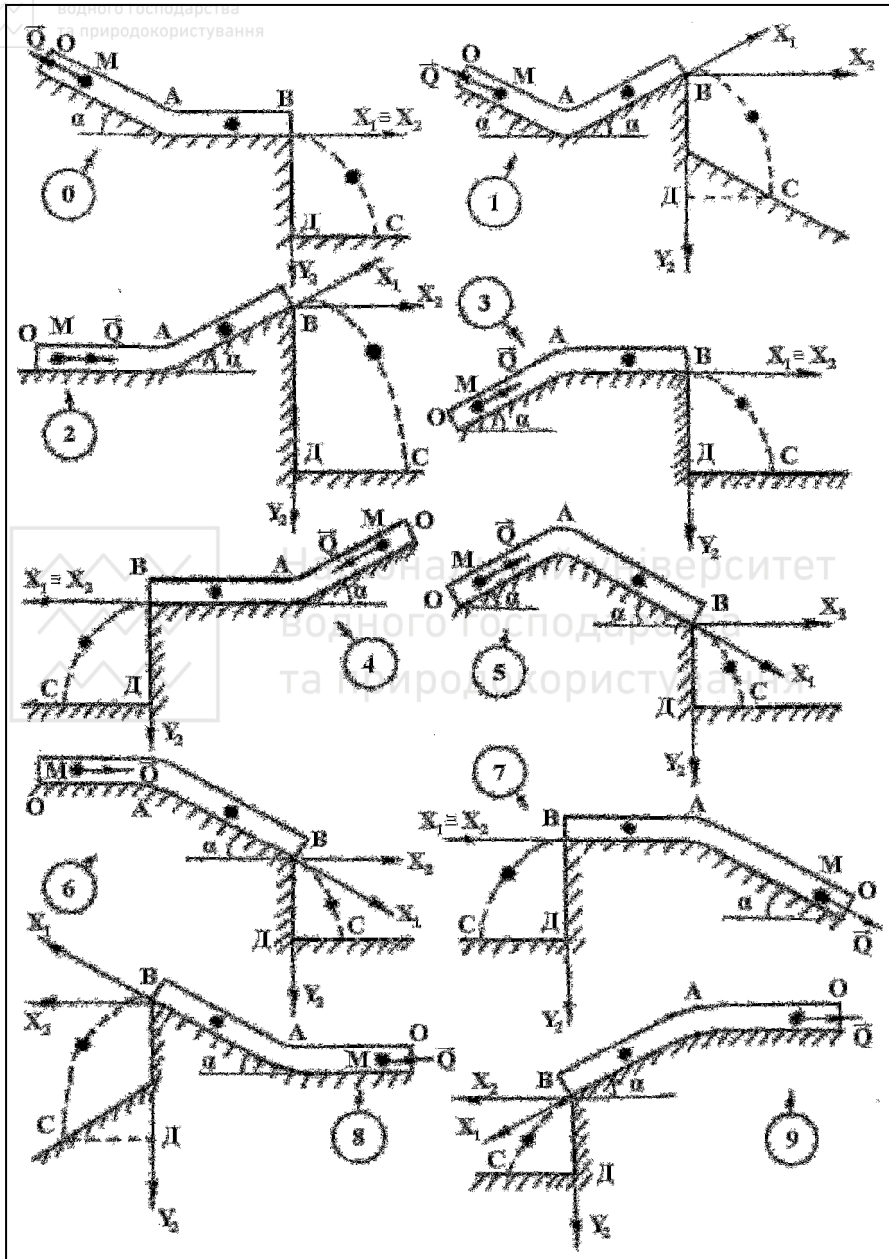


Рис. 2.1

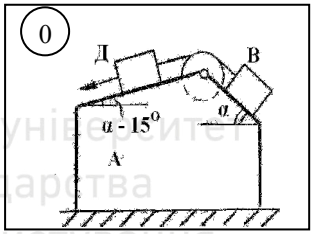
Національний університет
водного господарства
та природокористування

Вказівки: а) розв'язати обернену задачу динаміки точки, для чого послідовно розглянути рух кульки на ділянках ОА, АВ та ВС, кожний раз вибираючи свої осі координат; б) при обчисленнях cos(kt) або sin(kt) пам'ятати, що аргумент kt вимірюється в радіанах.

Примітка: задачу за вказівкою викладача можна спростити, поклавши нулю силу R (визначити ті самі величини що і в основному завданні) або обмежитись розв'язанням на перших двох ділянках ОА та АВ, визначивши закон руху $X_1 = f(t)$ на ділянці АВ.

З а в д а н н я Д-2. *Дослідження руху механічної системи*

Вантажі В та Д одночасно почали рухатись по поверхні нерухомої в по-чатковий момент часу гладенької призми А в напрямках, що вказані на рис.2.2, у відповідності з законом S = S(t). Призма А розташована на гладенькій горизонтальній поверхні. Нехтуючи масою блоків (якщо вони є) та силами опору руху, визначити для моменту часу $t = t_1$ зміщення призми А, її швидкість та силу сумарного тиску призми А на горизонтальну поверхню.



Вихідні дані для розрахунку взяти з табл.2.2 (рядок R1), номер схеми на рис.2.2 відповідає числу С.

Вказівка: при розв'язанні використати теореми про зміну кількості руху механічної системи та про рух її центра мас або одну з них.

Таблиця 2.2

Рядок R1	m_A	m_B	$m_Д$	α	S = S(t)	t_1
	кг			град	м	с
0	300	100	75	30	$e^k - 1$, де $k = t^2$	1/2
1	240	120	80	60	$t(t + \pi/2) - \sin(\pi t/2)$	1/3
2	120	80	40	45	$1 - \cos(\pi t/4)$	1
3	250	125	50	45	$\pi t - \sin(\pi t)$	1/3
4	160	80	20	30	$2t^3$	1/2
5	150	50	75	30	$t^3 + t^2$	1/2
6	140	35	70	60	$e^t + e^{-t} - 2$	1/2
7	100	50	25	60	$2t^2$	1/4
8	180	60	90	45	$tg(t) - t$	π/4
9	200	100	50	30	$0{,}5(1 - \cos(\pi t/4))$	4/3

Національний університет
водного господарства
та природокористування

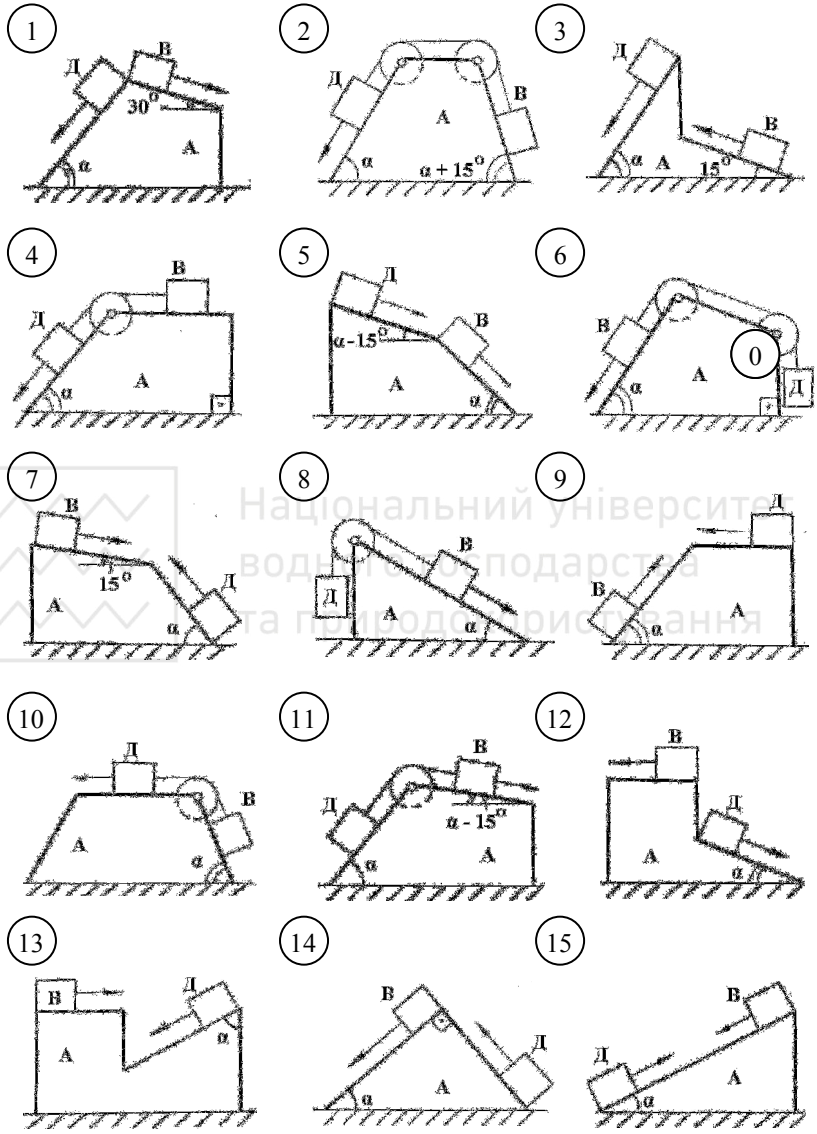


Рис. 2.2

Національний університет
водного господарства
та природокористування

З а в д а н н я Д-3. ***Дослідження обертального руху твердого тіла***

Однорідна пластинка товщиною δ = 0,01 м, яка виготовлена з матеріалу густиною γ = 8000 кг/м^3, має вертикальну вісь обертання і приводиться в рух парою сил з моментом М (рис.2.3, рис.2.4). При обертанні на пластинку діють сили опору, момент яких відносно осі обертання дорівнює M_0. Знайти закон обертального руху пластинки φ = φ(t), якщо а = 0,72м, в = 0,36м, с = 0,54м.

Вихідні дані взяти з табл.2.3 (рядок R1), номер схеми на рис.2.3, 2.4 відповідає числу С.

Вказівка: для розв'язання завдання використати диференціальне рівняння обертального руху твердого тіла навколо нерухомої осі; для обчислення моментів інерції використати табл.2.4 (дав.с.12).

Таблиця 2.3

Рядок R1	М (Нм)	M_0 (Нм)	ω_0 (с$^{-1}$)	Рядок R1	М (Нм)	M_0 (Нм)	ω_0 (с$^{-1}$)
0	80	4ω	2	5	175 – 3t	15	3
1	50 + 2t	10	4	6	50	3ω	10
2	60	5ω	-1	7	5e^t – 5	5	5
3	10e^t + 10	8	6	8	100	6ω	-3
4	40	2ω	-2	9	75 + 5t	25	8

Національний університет
водного господарства
та природокористування

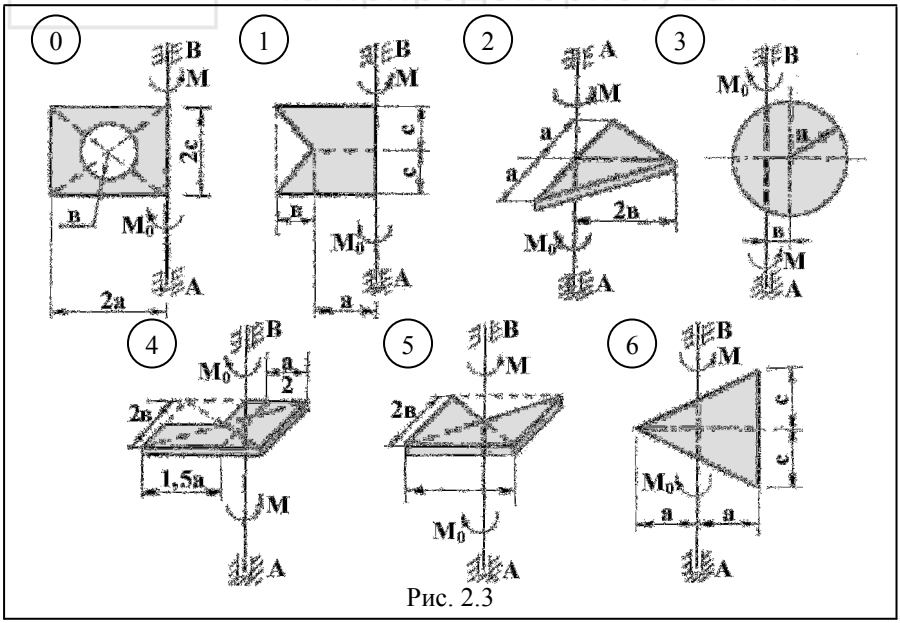


Рис. 2.3

Національний університет
водного господарства
та природокористування

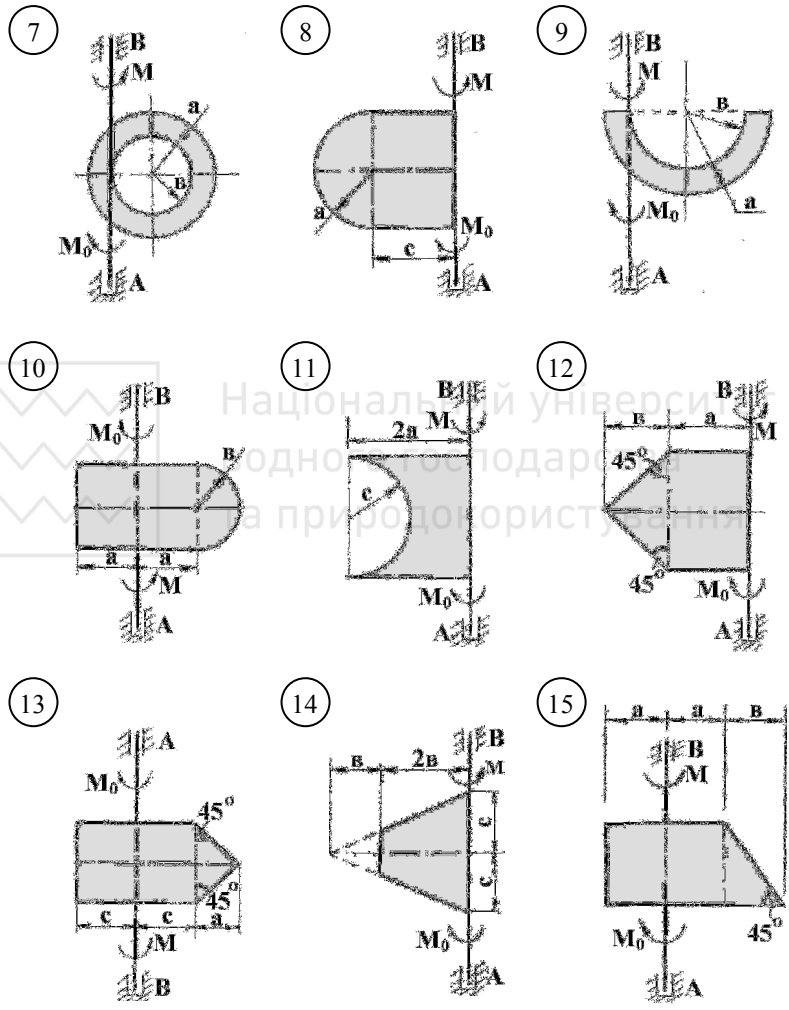
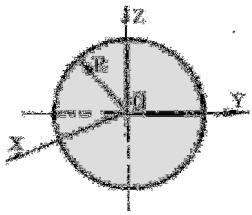
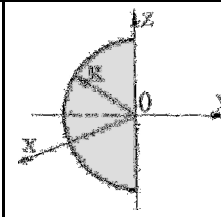
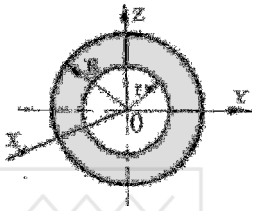
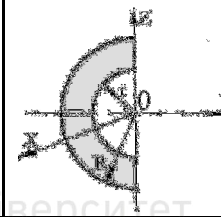
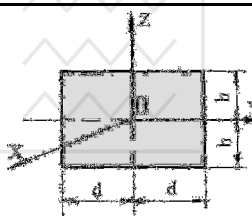
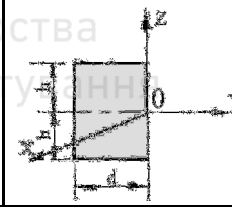
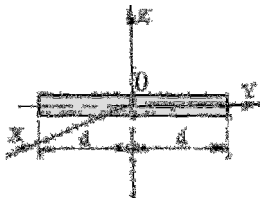
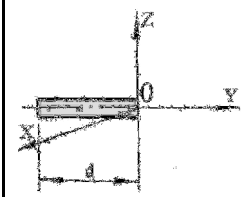
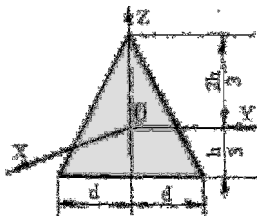
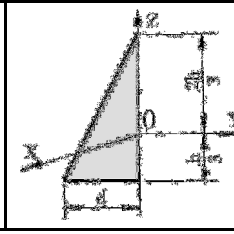


Рис. 2.4

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 2.4. Осьові моменти інерції однорідних пластинок

	I_x	I_y	I_z	
	$\frac{MR^2}{2}$	$\frac{MR^2}{4}$	$\frac{MR^2}{4}$	
	$\frac{M(R^2+r^2)}{2}$	$\frac{M(R^2+r^2)}{4}$	$\frac{M(R^2+r^2)}{4}$	
	$\frac{M(d^2+h^2)}{3}$	$\frac{Mh^2}{3}$	$\frac{Md^2}{3}$	
	$\frac{Md^2}{3}$	0	$\frac{Md^2}{3}$	
	$\frac{M(3d^2+h^2)}{18}$	$\frac{Mh^2}{18}$	$\frac{Md^2}{6}$	

Національний університет
водного господарства
та природокористування

З а в д а н н я Д-4. ***Вивчення руху механічної системи за допомогою теореми про зміну кінетичної енергії***

Механічна система (рис.2.5...2.8) під дією сили **F** або пари сил M_1 починає рухатись зі стану спокою. Нехтуючи тертям та вважаючи нитки нерозтяжними і невагомими, визначити швидкість та прискорення точки, до якої прикладена сила **F**, в той момент часу, коли ця точка пройде шлях S (для схем 2,20,28 визначити V_A , a_A коли $S_A = S$).

В табл.2.5 вказані форма тіла В та радіус інерції $i_{ДZ}$ для тіла Д. Для всіх схем, якщо необхідно, покласти $\alpha = 30^o$, $m_A = m$, $r_Д = R$, $M = mgR$, $M_1 = FR$; m та R вважати заданими (m - в кг, R - в метрах).

Дані для розрахунку взяти з табл.2.5 - рядок R1 , а номер схеми на рис. 2.5...2.8 відповідає числу N: їх вибір див. розділ 1 (с. 4,5).

Таблиця 2.5

Рядок R1	$\frac{m_В}{m}$	$\frac{m_Д}{m}$	$\frac{R_Д}{R}$	$\frac{R_В}{R}$	$\frac{i_{ДZ}}{R}$	$\frac{S}{м}$	$\frac{F}{mg}$	Форма тіла В*	Рядок R1	$\frac{m_В}{m}$	$\frac{m_Д}{m}$	$\frac{R_Д}{R}$	$\frac{R_В}{R}$	$\frac{i_{ДZ}}{R}$	$\frac{S}{м}$	$\frac{F}{mg}$	Форма тіла В*
0	1,5	2	3	2	2	1,5	3,4	диск	5	1,5	2,5	2	1	1	1,8	2,5	цил-р
1	1	3	3	1	1,5	2,0	3	цил-р	6	1	1,5	4	2	3	2,0	3,6	кільце
2	3	1,5	2	1	1	2,5	4	кільце	7	0,8	2	3	1,5	2	2,8	4	диск
3	2	1	3	2	2	2,2	5	диск	8	2	3,5	2	2	1	1,5	3,0	кільце
4	1,5	3	2	2	1,5	2,5	3,2	кільце	9	2	4	3	2	1,5	3,0	3,8	цил-р

* „диск” - тонкий однорідний; „циліндр” - круговий однорідний; „кільце”- маса тіла В рівномірно розподілена по його ободу.

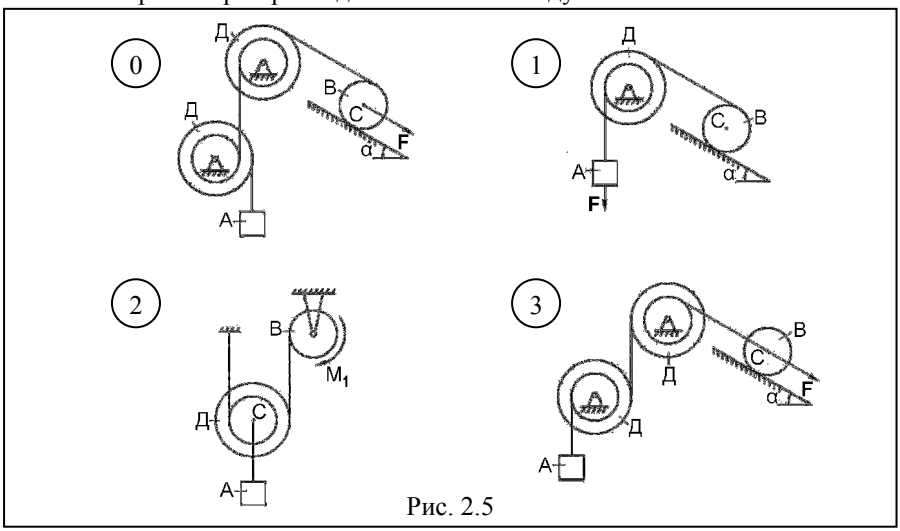


Рис. 2.5

Національний університет
водного господарства
та природокористування

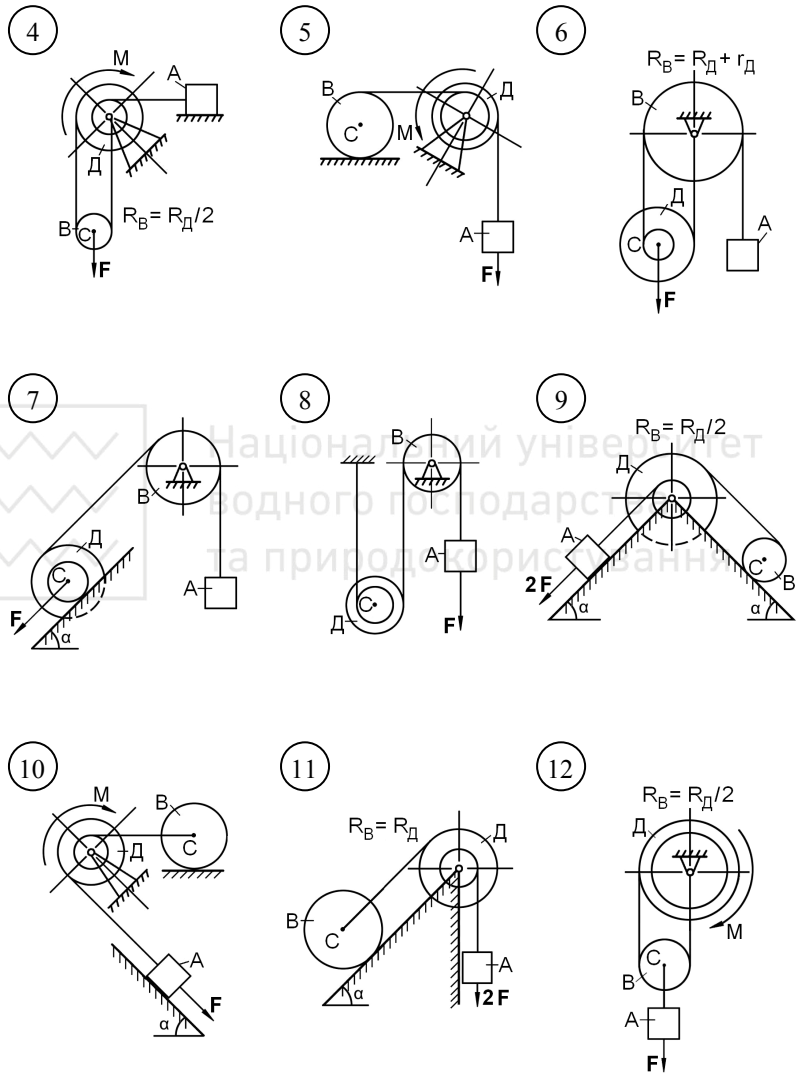


Рис. 2.6

Національний університет
водного господарства
та природокористування

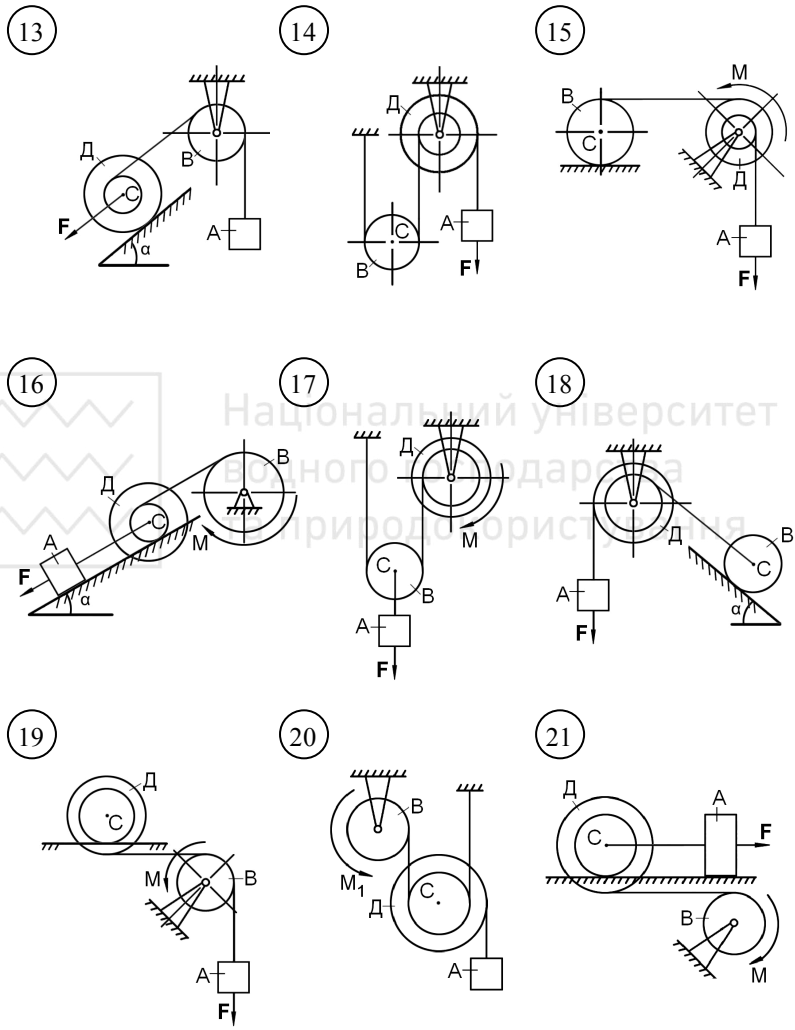


Рис. 2.7

Національний університет
водного господарства
та природокористування

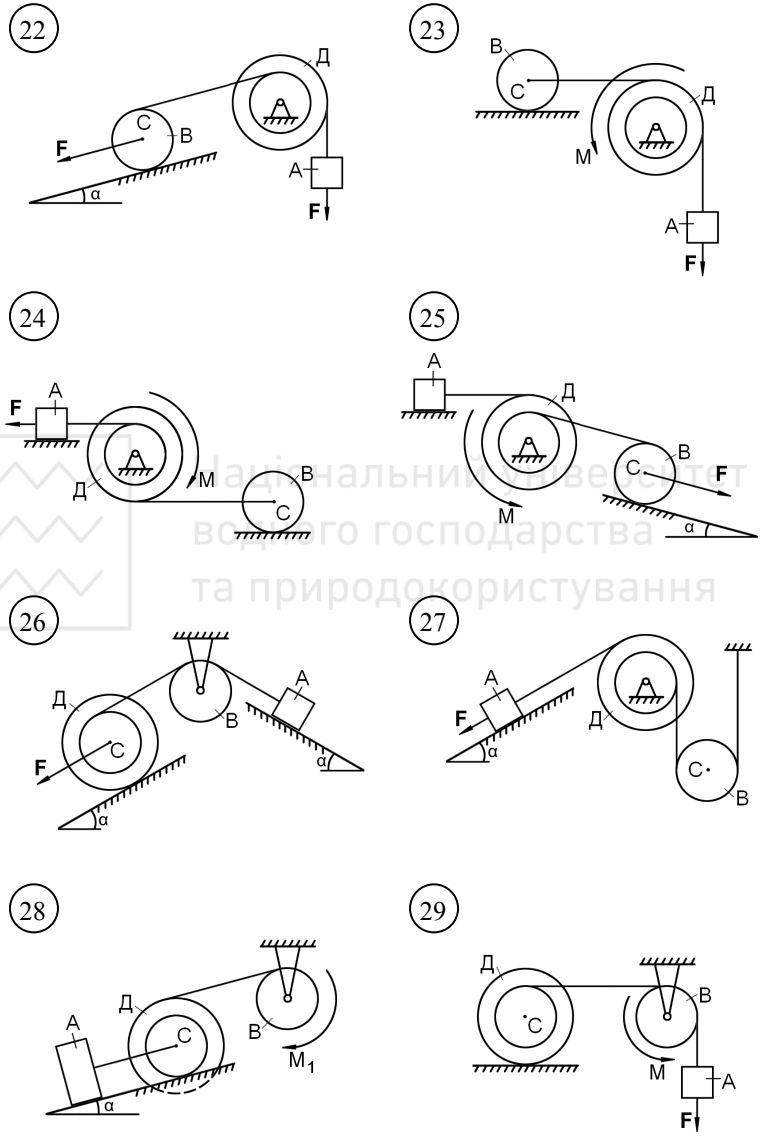
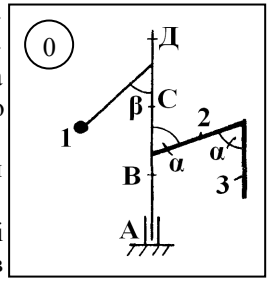


Рис. 2.8

Національний університет
водного господарства
та природокористування

З а в д а н н я Д-5. ***Застосування принципу Даламбера до визначення реакцій в'язей***

Вал АД (рис. 2.9), який обертається навколо вертикальної осі з постійною кутовою швидкістю $\omega = 10\ с^{-1}$, закріплено підп'ятником А та циліндричним підшипником в точці, яка вказана в табл. 2.6 (АВ = ВС = СД = 1, 0 м) , до вала жорстко прикріплені невагомий стержень 1 з точковою масою m_1 на кінці та тонкий однорідний ламаний стержень масою $m = m_2 + m_3 = 12$ кг, який складається з частин 2 і 3 (їх маси пропорційні довжинам: $m_2 : m_3 = l_2 : l_3$; на схемах 3, 5, 7, 8 по дві однакові частини 3). Точки кріплення стержнів 1 та 2 вказані в табл. 2.6.



Нехтуючи вагою вала, визначити реакції підп'ятника та підшипника, якщо відомо, що $l_1 = 0{,}8$ м, $l_2 = 0{,}6$ м, $l_3 = 0{,}4$ м, $\gamma = 180^{\circ} - \alpha$. Зробити перевірку.

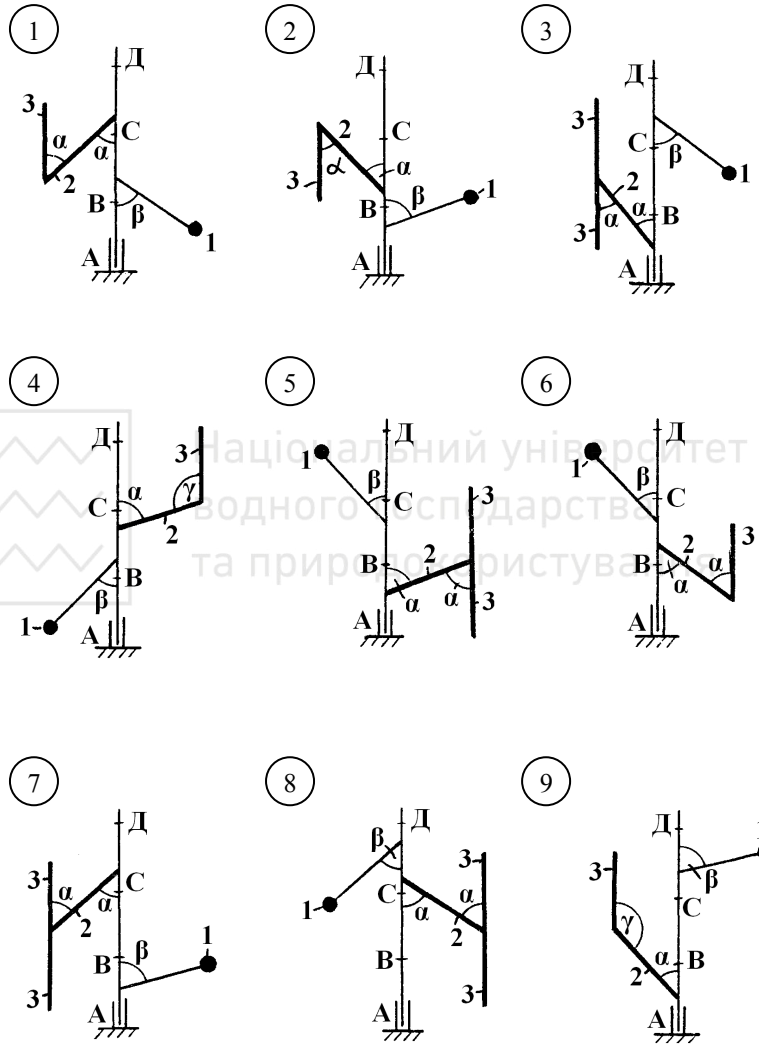
Вихідні дані взяти з табл. 2.9, схему вибрати (рис. 2.9) у відповідності з числом R1.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 2.6

Рядок С	Підшипник в точці	Кріплення в точці		α	β	m_1
		стержня 1	стержня 2	град		кг
0	С	В	Д	60	150	4
1	В	Д	С	60	45	2
2	Д	С	В	45	90	1
3	С	Д	В	30	120	5
4	В	С	Д	45	60	3
5	Д	В	С	60	45	2
6	С	Д	В	45	30	1
7	В	Д	С	30	135	5
8	Д	В	С	60	90	3
9	С	В	Д	30	60	4
10	В	С	Д	135	90	5
11	Д	С	В	60	120	6
12	С	В	Д	90	45	3
13	В	Д	С	120	90	4
14	Д	В	С	90	135	5
15	С	Д	В	90	60	6

Національний університет
водного господарства
та природокористування



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рис. 2.9

Національний університет
водного господарства
та природокористування

З а в д а н н я Д-6. ***Рівновага механізму з одним ступенем вільності під дією сил***

Механізм (рис. 2.11, 2.12), який розташовано в горизонтальній площині, знаходиться в рівновазі під дією прикладених до нього сил; стан рівноваги визначається кутами α, β, γ, φ, ψ (табл.2.7). Довжини стержнів механізму дорівнюють l_1 = 0,4 м, l_4 = 0,6 м (розміри l_2 та l_3 довільні); кут δ = 0° для схем 1 – 3, 6 – 11 та δ = 30° для схем 0, 4, 5, 12 – 15; точка К знаходиться посередині відповідного стержня.

Визначити чому дорівнює при рівновазі деформація λ пружини, вказати також розтягнута вона чи стиснута.

Номер схеми береться по С.

Вказівки:

а) побудову схеми механізму починати з ланки, напрям якої визначається кутом α ; всі кути повинні відкладатися згідно напрямку на схемі; якщо прикріплений до повзуна В стержень виявиться суміщеним з пружиною (рис. 2.10 а), то пружину слід рахувати прикріпленою до повзуна з іншого боку (рис.2.10 б);

б) щоб уникнути „мертвого" положення окремих ланок механізму в наступних варіантах треба внести корективи:

рядок 3, схеми 12 та 15 – $\gamma = 60^o$;

рядок 4, схеми 1 та 11 – $\beta = 120^o$;

рядок 4, схема 7 – $\psi = 150^o$;

рядок 1, схема 7 – $\varphi = 0^o$;

в) для розв'язання завдання використати принцип можливих переміщень.

Таблиця 2.7

Рядок R1	α	β	γ	φ	ψ	k	M_1	M_2	Q
	град					Н/см	Нм		Н
0	90	120	120	90	60 + 3 δ	160	360	180	320
1	90	120	150 – 2 δ	90	30 + δ	120	280	260	240
2	0	60	60 + δ	0	120	90	220	320	180
3	60	150	120 – 3 δ	90	30	100	240	300	200
4	30	60 + 2 δ	30	0	120 – 2 δ	110	260	280	220
5	30	120	150 – δ	0	60	130	300	240	260
6	60	I50 – 3 δ	150 – 3 δ	90	30	140	320	220	280
7	0	60 + 3 δ	30	0	120 – 2 δ	150	340	200	300
8	90 – 3 δ	150	120 – δ	90 – 3 δ	30 + 3 δ	180	380	160	340
9	30 + 3 δ	30	60 – δ	0 + 3 δ	150	80	200	340	160

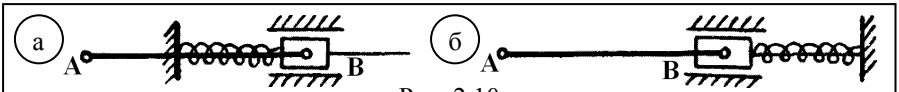


Рис. 2.10

Національний університет
водного господарства
та природокористування

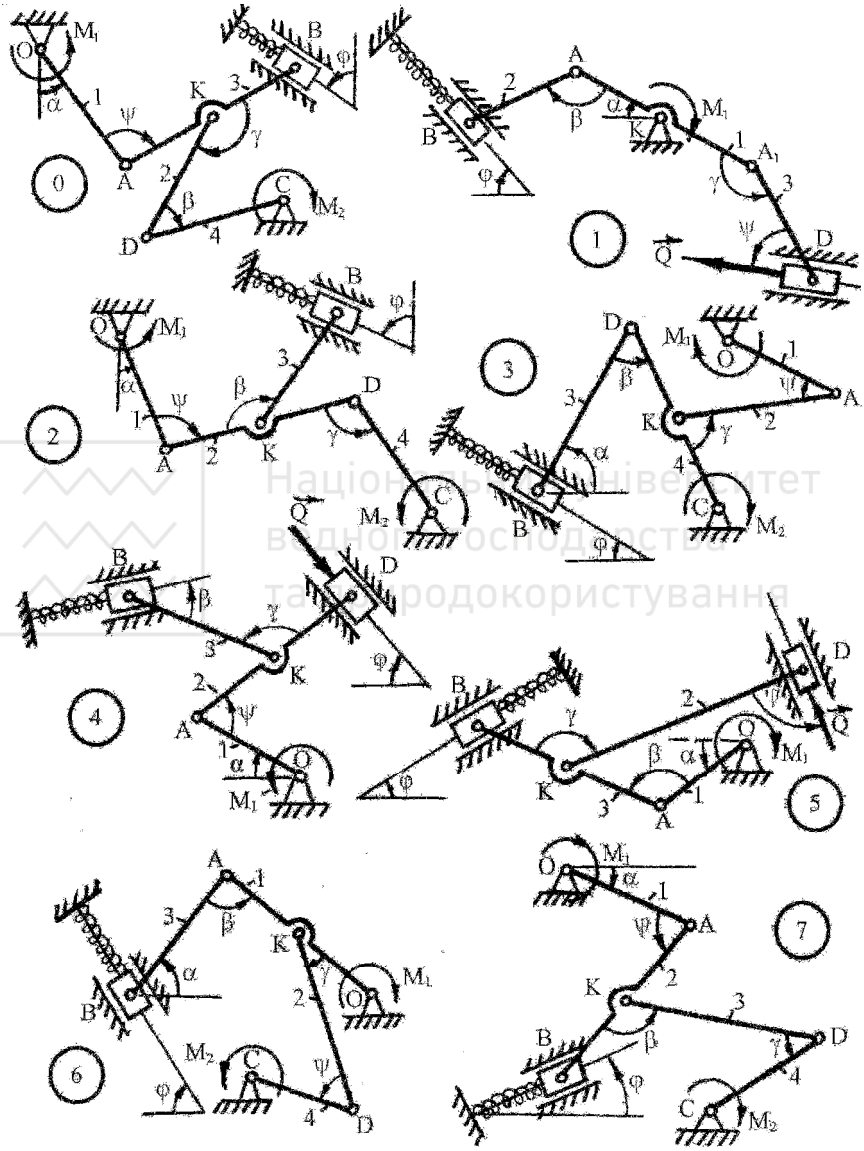


Рис. 2.11

Національний університет
водного господарства
та природокористування

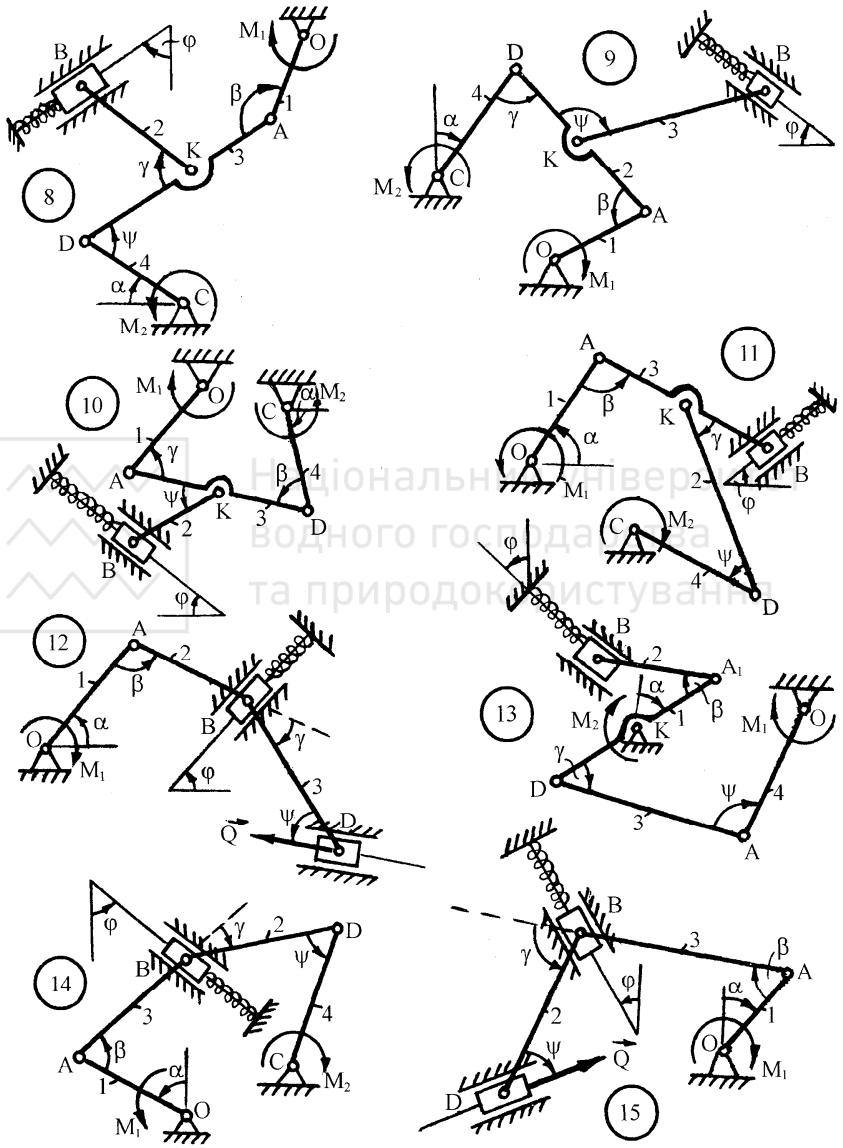


Рис. 2.12

Національний університет
водного господарства
та природокористування

З а в д а н н я Д-7. ***Дослідження руху механічної системи за допомогою загального рівняння динаміки***

Використовуючи загальне рівняння динаміки, перевірити розв'язок завдання № 4. Визначити також натяги двох ниток системи.

Примітка: якщо студент не виконує завдання 5, то можна замість загального рівняння динаміки використати принцип Даламбера для механічної системи.

З а в д а н н я Д-8. ***Застосування рівнянь Лагранжа другого роду до вивчення руху механічної системи***

На одну з ланок вантажопідйомного механізму (рис. 2.13, 2.14), який знаходився в стані спокою в початковий момент часу, починає діяти обертальний момент М, а на іншу ланку – момент сил опору M_0.

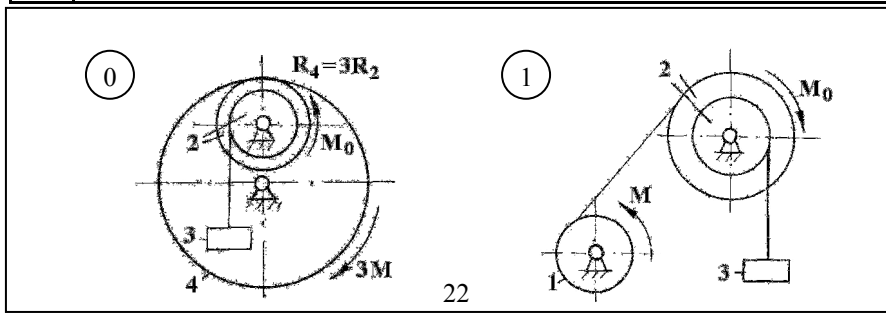
Визначити величину зазначену в табл.2.9 знаком " ? ". Тіла, для яких радіуси інерції не задані, вважати за диски. Якщо необхідно, то покласти $m_4 = m_1 + m_2$.

Вказівка: для розв'язання задачі застосувати рівняння Лагранжа 2-го роду.

Вихідні дані взяти з табл. 2.8 (рядок R1), номер схеми відповідає числу С.

Таблиця 2.8

Рядок R1	m_1	m_2	m_3	M	M_0	$r_2 = R$	$\frac{R_2}{R}$	$\frac{R_1}{R}$	$\frac{i_{2Z}}{R}$	?
	кг			Нм		м				
0	10	30	180	900 + 20 t	30	0,30	1,5	1,00	1,00	$\omega_1(t)$ або $\omega_4(t)$
1	5	30	175	880 + 20 t	20	0,30	1,8	0,80	1,25	$V_3(t)$
2	15	8	180	760 + 20 t	30	0,25	2,0	0,80	1,00	$\varepsilon_1(t)$ або $\varepsilon_4(t)$
3	15	80	190	980 + 40 t	40	0,30	1,5	0,90	1,00	$S_3(t)$
4	25	10	175	880 + 50 t	40	0,30	2,0	0,60	1,50	$S_3(t)$
5	6	20	210	980 + 10 t	40	0,20	1,6	1,25	1,00	$\varphi_1(t)$ або $\varphi_4(t)$
6	40	25	200	950 + 10 t	90	0,25	1,8	0,80	1,20	$\varphi_1(t)$ або $\varphi_4(t)$
7	20	10	150	620 + 20 t	80	0,20	2,0	0,75	1,25	$V_3(t)$
8	15	30	200	850 + 40 t	50	0,20	2,0	1,00	1,25	$a_3(t)$
9	20	10	175	850 + 30 t	50	0,20	2,2	1,00	1,50	$\varphi_1(t)$ або $\varphi_4(t)$



Національний університет
водного господарства
та природокористування

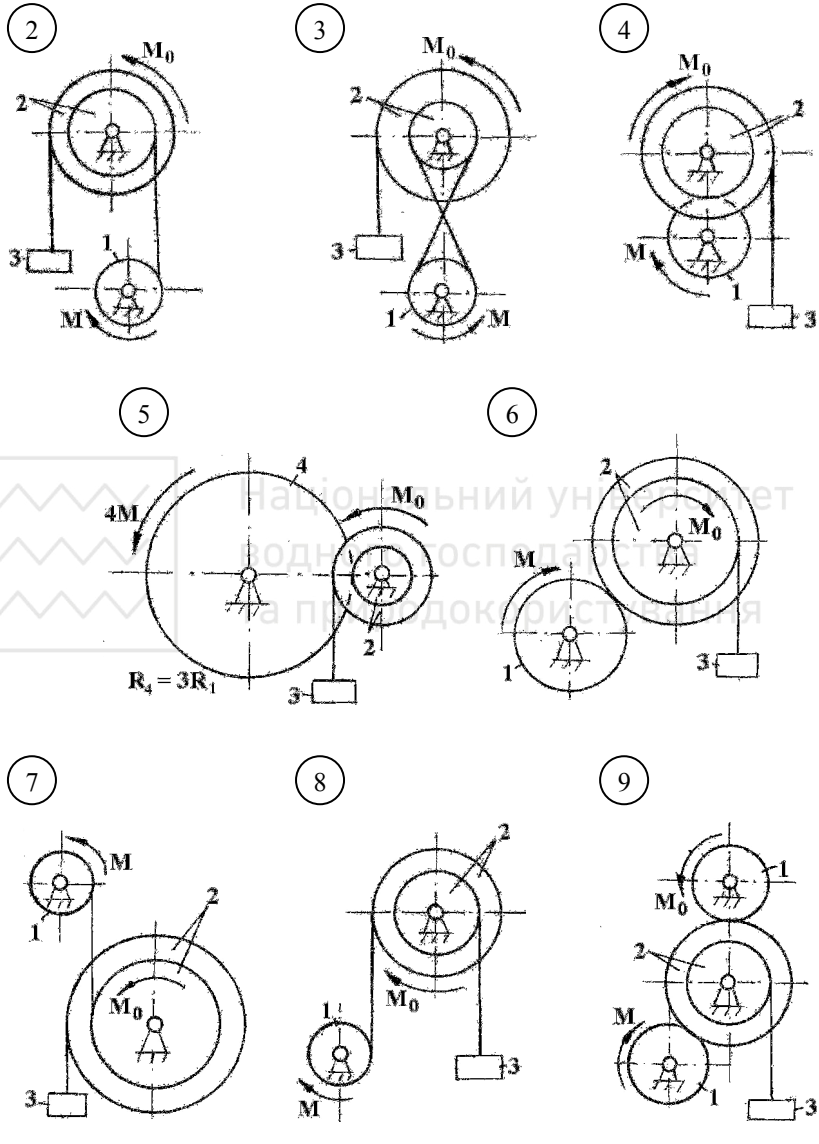


Рис. 2.13

Національний університет
водного господарства
та природокористування

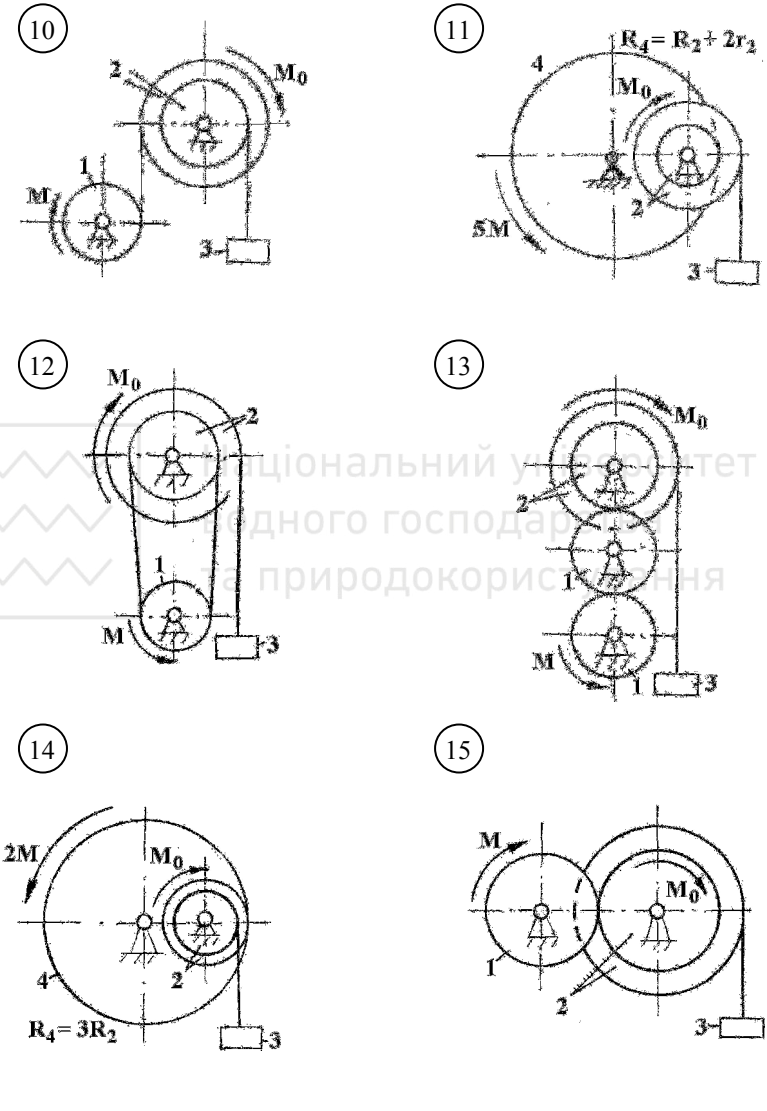


Рис. 2.14

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Д о д а т о к. ***Основні позначення в динаміці***

1.	Коефіцієнт жорсткості	k
2.	Статичний прогин	$f_{ст}$ *або* $\delta_{ст}$
3.	Амплітуда коливань	A
4.	Фаза коливань	φ
5.	Період коливань	T
6.	Частота коливань	v
7.	Внутрішні сили	$\overrightarrow{F_K^i}$
8.	Зовнішні сили	$\overrightarrow{F_K^e}$
9.	Сила тяжіння (P = mg)	P
10.	Момент інерції системи відносно осі Z	I_Z
11.	Радіус інерції	i_Z *або* ρ
12.	Кількість руху: точки	$m\overrightarrow{V}$
	системи	$\overrightarrow{K}$
13.	Прискорення центра мас	$\overrightarrow{a_c}$
14.	Елементарний імпульс сили	$\overrightarrow{dS}$
15.	Повний імпульс сили	$\overrightarrow{S}$
16.	Момент кількості руху : відносно центра O	$\overrightarrow{l_0}$
	відносно осі Z	l_Z
17.	Кінетичний момент системи : відносно центра O	$\overrightarrow{L_0}$
	відносно осі Z	L_Z
18.	Елементарна робота сили	$d'A$
19.	Повна робота сили	A
20.	Потужність сили	N *або* W
21.	Кінетична енергія : матеріальної точки	$mV^2/2$
	системи	T
22.	Потенціальна енергія	$П$
23.	Силова функція	U
24.	Момент зовнішніх сил : відносно точки O	M_0^e
	відносно осі Z	M_Z^e
25.	Можливе переміщення	δr_K
26.	Сила інерції	$Ф$
27.	Момент сил інерції відносно осі Z	$M_Z^Ф$
28.	Маса точки	m
29.	Маса системи	M
30.	Узагальнена координата	q_j
31.	Узагальнені швидкості	$\dot{q}_j$
32.	Узагальнені сили	Q_j
33.	Миттєвий центр швидкостей	P