

**Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»**

Теоретична механіка – 3.

**Методичні рекомендації до виконання
розрахунково-графічної роботи для студентів
механіко-машинобудівного інституту напрямів
підготовки 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050503
«Машинобудування» всіх форм навчання**

**Київ
НТУУ «КПІ»
2015**

Теоретична механіка – 3. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів механіко-машинобудівного інституту напрямів підготовки 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050503 «Машинобудування» всіх форм навчання / Уклад Т. М. Можаровська, В.Ф. Кришталь. О.М. Алексейчук, О.А. Бабаєв – К.: НТУУ «КПІ», 2015р. – 30 с.

Рекомендовано Вченою радою ФАКС НТУУ «КПІ»

Навчальне електронне видання

ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА – 3.
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ
ДЛЯ СТУДЕНТІВ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНОГО ІНСТИТУТУ НАПРЯМІВ
ПІДГОТОВКИ 6.050502 «ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА», 6.050503 «МАШИНОБУДУВАННЯ»
ВСІХ ФОРМ НАВЧАННЯ

Укладачі:	Можаровська Тамара Миколаївна, канд. техн. наук, доц. Кришталь Володимир Федорович, канд. техн. наук, доц. Алексейчук Ольга Миколаївна, канд.техн.наук,доц. Бабаєв Олександр Арташесович, канд. фіз-мат наук
Відповідальний редактор	Штефан Наталія Іллівна, кант. техн. наук, доц.
Рецензент	Луговський Олександр Федорович, докт. техн. наук, проф.

Вступ

Кредитний модуль «Теоретична механіка – 3» є частиною дисципліни теоретична механіка, в якому вивчають методи і способи складання і розв’язання диференціальних рівнянь руху твердих тіл, механічних систем та окремих їх точок за допомогою основних теорем динаміки.

Вивчення кредитного модуля «Теоретична механіка – 3» базується на широкому використанні знань з кредитних модулів «Теоретична механіка -1», «Теоретична механіка – 2» та на базових знаннях, отриманих з елементарної та вищої математики, геометрії, аналітичної алгебри, загальної фізики.

При вивченні кредитного модуля «Теоретична механіка – 3» студент отримує конкретні знання для складання математичної моделі будь-якого можливого руху окремих матеріальних точок, твердих тіл, механічних систем, а також знання з сучасних питань про задачі та методи складання диференціальних рівнянь руху механічних систем, які застосовують у різних галузях машинобудування.

Кредитний модуль «Теоретична механіка -3» передбачає виконання студентом індивідуального завдання – розрахунково-графічної роботи (РГР).

Представлені методичні вказівки містять матеріали, які стосуються виконання РГР з кредитного модуля «Теоретична механіка -3» для студентів напрямів підготовки 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050503 «Машинобудування» всіх форм навчання.

Тематика РГР:

Динаміка. Теорема про зміну кінетичної енергії системи матеріальних точок.

Мета виконання розрахунково-графічної роботи – набуття студентом досвіду щодо визначення кінематичних характеристик за умови застосування теореми про зміну кінетичної енергії системи матеріальних точок.

В методичних вказівках наведені короткі теоретичні відомості з теми, приклад виконання РГР, деякі довідкові матеріали, методика оцінювання виконаної індивідуальної роботи, варіанти для самостійної роботи студентів та вимоги щодо оформлення РГР.

I Основні поняття та визначення

1. *Механіка* – наука про найпростіші форми руху матерії, що зводяться до простих переміщень або переходів фізичних тіл з одного положення чи стану у просторі і часі в інше внаслідок взаємодії між матеріальними тілами.
2. *Теоретична механіка* – розділ механіки, що вивчає найбільш загальні закони руху і взаємодії тіл.
3. *Матеріальна точка* – геометрична точка, яка має масу.
4. *Система матеріальних точок* – сукупність матеріальних точок, положення і руху яких взаємопов'язані між собою.
5. *Абсолютно тверде тіло* - матеріальне тіло, в якому відстань між двома будь-якими точками завжди залишається незмінною.
6. *Вектор* – відрізок, який характеризується довжиною і напрямком.
7. *Скаляр* – величина, кожне значення якої може бути виражене одним числом.
8. *Сила* – векторна величина, яка є мірою механічної дії одного матеріального тіла на інше.
9. *Інертність* – властивість матеріального тіла чинити опір при спробі привести його у стан руху або змінити швидкість.
10. *Маса матеріальної точки* – фізичка величина, яка є мірою її інертних і гравітаційних властивостей.
11. *Зовнішня сила* – сила, яка діє на будь-яку матеріальну точку механічної системи зі сторони тіл, що не належать до механічної системи, яка розглядається.
12. *Внутрішня сила* – сила, яка діє на будь-яку матеріальну точку механічної системи зі сторони інших матеріальних точок, що належать до цієї механічної системи.
13. *Головний вектор системи сил* – величина, яка визначається векторною сумою всіх сил системи.
14. *Головний момент системи сил* – величина, яка визначається векторною сумою моментів всіх сил системи відносно даного центру.

15. *Робота механічної сили* – фізична величина, яка характеризує дію сили на переміщенні її точки прикладання.
16. *Енергія* – фізична величина, яка є скалярною мірою механічного руху при переході однієї форми руху в іншу.
17. *Кінетична енергія* – скалярна міра механічного руху в нерухомій системі координат, що дорівнює половині добутку маси на квадрат її швидкості.

II Основні теоретичні відомості

1. Робота механічної сили (A)

Якщо сила постійна, то її робота визначається як добуток сили на переміщення її точки прикладання і на косинус кута між силою та переміщенням α :

$$A = \pm F \cdot S \cdot \cos \alpha$$

Робота сили є додатною, якщо кут α між силою та переміщенням є гострим і від'ємною, якщо кут α є тупим.

Робота сили дорівнює нулю, якщо кут α між силою та переміщенням є прямим, тобто $\alpha = \pi/2$.

Якщо сила є перемінною, то спочатку визначають елементарну роботу сили за формулою:

$$d'A = \vec{F} \cdot d\vec{r},$$

а потім повну роботу сили:

$$A = \int_{M_0}^M \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

Оскільки існують три способи завдання руху точки – векторний, координатний та натуральний, елементарну роботу сили \vec{F} визначають за однією з формул:

- при векторному способі завдання руху точки:

$$d'A = \vec{F} d\vec{r}$$

- при координатному способі завдання руху точки:

$$d'A = Xdx + Ydy + Zdz,$$

де X, Y, Z - проекції сили на осі x, y, z .

- при натуральному способі завдання руху точки:

$$d'A = F \cdot ds \cdot \cos(\overline{F}, \overline{\tau}),$$

де ds - модуль диференціала дугової координати s точки, τ - орт дотичної до траєкторії точки;

А повну роботу сили за формулами:

- при векторному способі завдання руху точки:

$$A = \int_{M_0}^M F dr$$

- при координатному способі завдання руху точки:

$$A = \int_{M_0}^M (Xdx + Ydy + Zdz)$$

- при натуральному способі завдання руху точки:

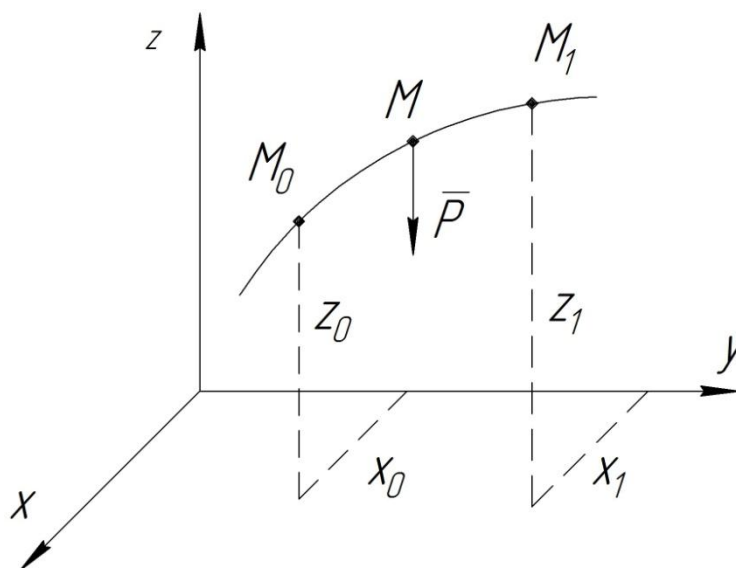
$$A = \int_{M_0}^M F ds \cdot \cos(\overline{F}, \overline{s})$$

Робота рівнодійної сили ($\overline{R} = \overline{F}_1 + \overline{F}_2 + \overline{F}_3 + \dots + \overline{F}_i$) визначається як алгебраїчна сума робіт складових сил:

$$d'A = d'A_1 + d'A_2 + d'A_3 + \dots + d'A_i$$

Окремі випадки обчислення роботи сил

а) робота, виконувана силою ваги

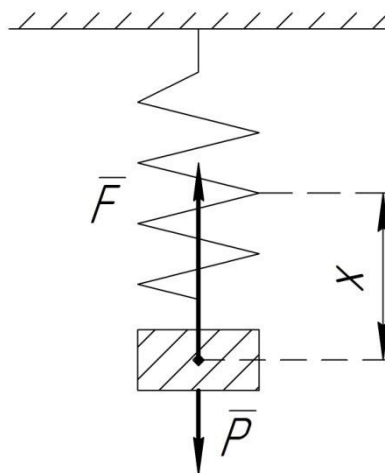


Оскільки різниця $z_1 - z_0$ може бути і додатною і від'ємною, то позначивши $z_1 - z_0 = \pm h$, дістанемо:

$$A = \pm Ph = \pm mgh$$

Відмітимо, що робота сили ваги \bar{P} не залежить від форми траєкторії руху матеріальної точки, а залежить тільки від крайніх її положень.

б) робота, виконувана силою пружності \bar{F}

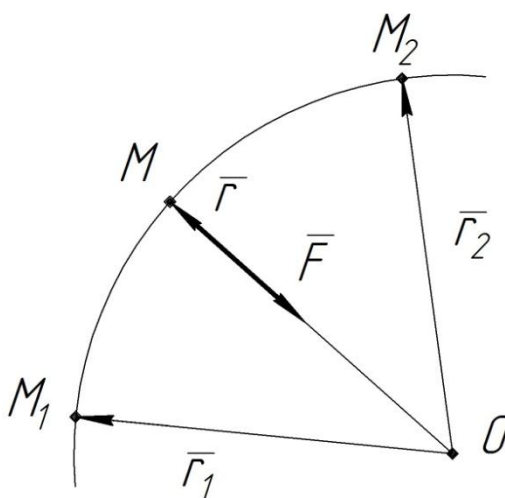


$$A = -\frac{ch^2}{2},$$

де h – повне подовження пружини, c – коефіцієнт жорсткості пружини.

Відмітимо, що робота сили пружності не залежить від форми траєкторії руху матеріальної точки, а залежить від її крайніх положень.

в) робота, виконувана центральною силою



Центральною силою називають силу, лінія дії якої, о під час руху матеріальної точки проходить через фіксовану точку простору

$$A = \int_{r_1}^{r_2} F_2(r) dr$$

Відмітимо, що і в разі центральної сили, робота не залежить від форми траєкторії матеріальної точки, на яку діє центральна сила, а залежить тільки від початкового і кінцевого положень точки.

2. Визначення роботи зовнішніх сил, що прикладені до абсолютно твердого тіла

Теорема: | Елементарна робота сил, що прикладені до абсолютно твердого тіла, визначається як алгебраїчна сума двох складових: роботи головного вектора цих сил (\bar{R}) на елементарному поступальному переміщенні тіла разом з довільно вибраним полюсом і роботи

|| головного моменту сил, взятого відносно полюса (\overline{M}_O), на
 || елементарному обертальному переміщенні тіла навколо полюса

$$d'A = \overline{R} \cdot d\overline{r}_O + \overline{M}_O \cdot d\varphi,$$

де \overline{R} – головний вектор сил, \overline{M}_O – головний момент сил відносно полюса O, $d\overline{r}_O$ – елементарне переміщення полюса, $d\varphi = \omega \cdot dt$ – вектор елементарного поворота тіла навколо полюса, ω – миттєва кутова швидкість обертання тіла навколо полюса.

Відмітимо, що в якості полюса доцільно вибирати центр інерції тіла. Оскільки головний вектор і головний момент внутрішніх сил, які діють на тверде тіло, дорівнюють нулю, то згідно цієї теореми робота внутрішніх сил дорівнює нулю тільки для твердого тіла. Тому ніякими внутрішніми силами не можна змінити кінетичну енергію (\overline{T}) твердого тіла.

а) якщо тіло рухається поступально, то елементарна робота зовнішніх сил, прикладених до нього, визначається за формулою:

$$d'A = \overline{R} d\overline{r}_O$$

б) якщо тіло обертається навколо нерухомої осі z, то елементарна робота зовнішніх сил, прикладених до нього, визначається:

$$d'A = M_z d\phi$$

Полюс O в цьому випадку вибирається на осі z і тоді $M_O d\varphi = M_z d\varphi$

в) якщо тіло рухається плоско-паралельно, то елементарна робота зовнішніх сил, прикладених до нього, визначається:

$$d'A = \overline{R} d\overline{r}_c + \overline{M}_{zc} d\varphi,$$

де $d\overline{r}_c$ – елементарне переміщення центра інерції; M_{zc} – головний момент зовнішніх сил відносно центра інерції, або відносно осі, яка проходить через центр інерції, перпендикулярно до площини плоскої фігури, що рухається; $d\varphi$ – елементарне переміщення навколо центра інерції.

3. Визначання кінетичної енергії твердого тіла (T)

а) при поступальному русі твердого тіла його кінетична енергія визначається за формулою:

$$T = \frac{mV_c^2}{2},$$

де m – маса тіла, V_c – швидкість центра інерції

б) при обертальному русі твердого тіла навколо нерухомої осі z його кінетична енергія визначається:

$$T = \frac{I_z \omega^2}{2},$$

де T – кінетична енергія твердого тіла, ω – миттєва кутова швидкість твердого тіла, I_z – осьовий момент інерції.

в) при плоско-паралельному русі твердого тіла, його кінетична енергія визначається як:

$$T = \frac{mV_c^2}{2} + \frac{I_{zc} \omega^2}{2},$$

де I_{zc} – момент інерції тіла відносно центральної осі, перпендикулярної до площини руху плоскої фігури.

4. Теорема про зміну кінетичної енергії системи матеріальних точок.

|| Приріст кінетичної енергії системи матеріальних точок за деякий проміжок часу дорівнює сумі робіт зовнішніх і внутрішніх сил, що діють на точки системи протягом цього проміжку часу

$$\frac{m_i V_i^2}{2} - \frac{m_i V_{i0}^2}{2} = A(\bar{F}) + A(\bar{F}^{BH})$$

$$(i = 1, 2, \dots, n)$$

де F^{BH} — внутрішні сили, \bar{F} — зовнішні сили;

V_{i0} – швидкість в початковий момент часу;

V_i – швидкість в кінцевий момент часу.

Оскільки кінетична енергія системи матеріальних точок є сума кінетичних енергій усіх точок, що входять в систему:

$$T = \sum_{i=1}^n T_i = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n m_i V_i^2,$$

тобто

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_i,$$

отримаємо

$$T - T_0 = \sum_{i=1}^n A_i$$

де T – кінетична енергія система матеріальних точок в кінцевий момент часу, T_0 – в початковий момент часу, $\sum_{i=1}^n A_i$ — сума робіт усіх сил, що діють на систему.

Теорему про зміну кінетичної енергії системи матеріальних точок доцільно застосовувати для задач, в яких:

1. Дано: сили, які діють на систему матеріальних точок; початкові та кінцеві швидкості точок системи.

Визначити: лінійне або кутове переміщення системи.

2. Дано: швидкість точок системи, переміщення цих точок .

Визначити: одну із сил, які діють на систему.

3. Дано: переміщення (лінійне, або кутове); сили, що діють на систему; одна із швидкостей (початкова, або кінцева) якої-небудь точки системи.

Визначити: іншу швидкість (лінійну або кутову) тієї ж системи.

5. Моменти інерції матеріальної точки та системи матеріальних точок

Поняття моменту інерції є одним з основних понять у динаміці. Вперше це поняття було введено Л. Ейлером.

а) Моментом інерції матеріальної точки відносно осі називається добуток маси цієї точки m на квадрат її відстані h від осі (наприклад OZ):

$$I_z = m h^2$$

б) Моментом інерції системи, яка складається з n матеріальних точок, відносно осі називають суму добутків мас точок системи на квадрати відстаней h_i від точок до осі:

$$I_z = \sum_{i=1}^n m_i h_i^2$$

в) Моментом інерції твердого тіла відносно осі (наприклад OZ) називають інтеграл, що поширений на всю масу:

$$I_z = \int_{(m)} r^2 dm$$

За своїм визначенням осьовий момент інерції є величиною додатною і нерівною нулю і є характеристикою розподілення центра мас.

В техніці широко використовується поняття радіуса інерції (r).

Радіусом інерції r називають відстань, на якій від осі обертання треба розмістити масу тіла m , що розглядається, зосередивши її в одній точці, щоб вона мала той самий момент інерції, що і розглядуване тіло:

$$m r_z^2 = I_z$$

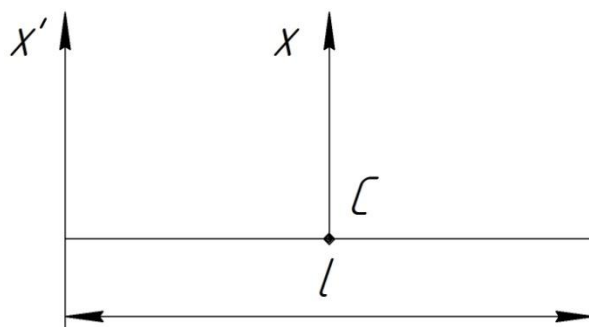
Розрізняють осьові моменти інерції, полярні та планарні.

Для обчислення осьового моменту інерції точки її масу множать на квадрат відстані до осі, полярного – до заданої точки (полюса), планарного – до заданої площини.

Обчислені моменти інерції деяких найпростіших тіл наводяться у різних довідниках з механіки.

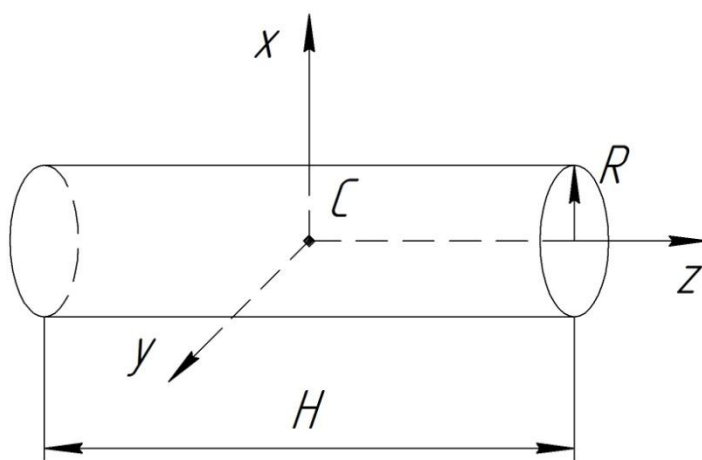
6. Деякі вирази для моментів інерції найпростіших однорідних тіл

а) Стержень



$$I_x = \frac{1}{12} ml^2; I_{x'} = \frac{1}{3} ml^2$$

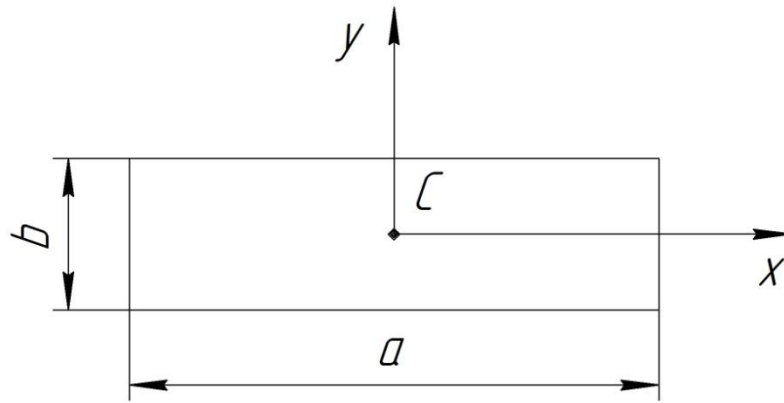
б) Прямий коловий циліндр



$$I_x = I_y = \frac{1}{4} m \left(\frac{1}{3} H^2 + R^2 \right)$$

$$I_z = \frac{1}{2} m R^2$$

в) Прямокутник



$$I_x = \frac{1}{3}mb^2$$

$$I_y = \frac{1}{3}ma^2$$

III Приклад

Механічна система внаслідок дії сили ваги P_1 тіла I починає рухатись після стану спокою (рис. 1) по похилій гладенькій поверхні з кутом нахилу α вниз. По похилій поверхні з кутом нахилу β котиться без ковзання однорідний коловий циліндр III радіусом R і вагою P_3 . Нехтуючи масою тросу, що перекинутий через циліндричний однорідний блок II радіусом r і вагою P_2 , який вважається нерозтяжним, визначити швидкість тіла I (V_1) в залежності від пройденого шляху S .

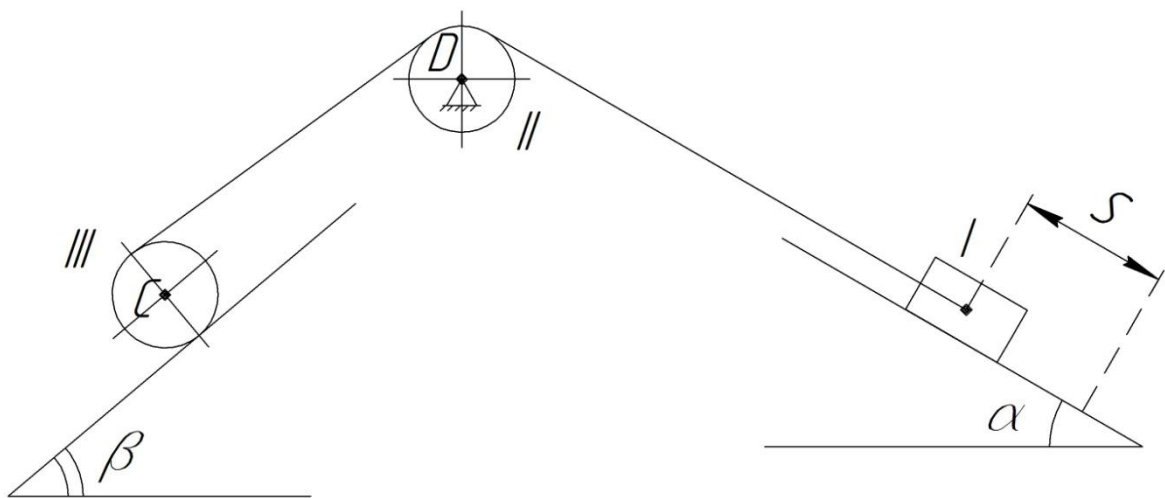


Рис. 1

Дано: $P_1, P_2, P_3, \alpha, \beta, R, r$

Визначити: $V_1 = V_1(S)$

Виходячи з умов даної задачі, для визначення $V_1 = V_1(S)$ доцільно застосувати теорему про зміну кінетичної енергії для системи матеріальних точок.

Методика розв'язання задачі

1. На рисунку зображуємо всі активні сили та реакції в'язей (рис. 2)

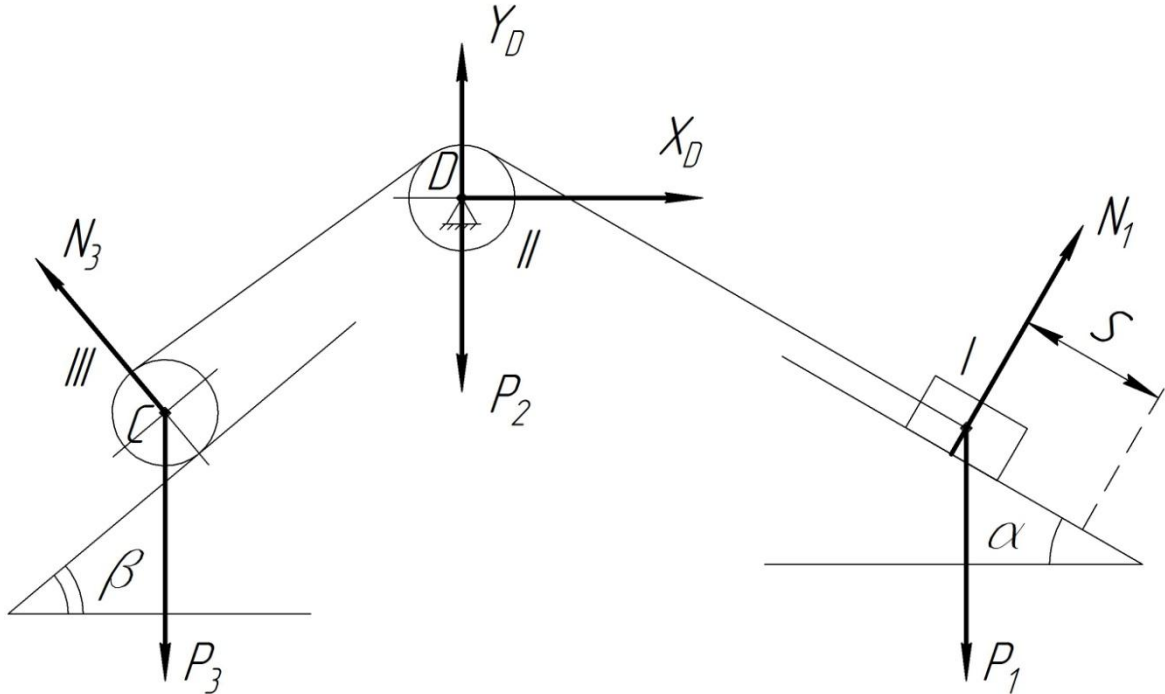


Рис. 2

2. Застосовуємо теорему про зміну кінетичної енергії для системи матеріальних точок:

$$T_1 - T_0 = \sum_{i=1}^n A_i(\overline{F_i}) \quad (1)$$

Оскільки в початковий момент часу система матеріальних точок знаходилась в стані спокою, рівняння (1) буде мати вигляд:

$$T = \sum_{i=1}^n A_i(\overline{F_i}) \quad (2)$$

3. Визначаємо кінетичну енергію кожного тіла, що входить до системи, враховуючи характер руху тіла:

а) тіло I рухається поступально, тому:

$$T_I = \frac{m_1 V_1^2}{2} = \frac{P_1 V_1^2}{2g} \quad (3)$$

б) тіло II обертається навколо нерухомої осі, що проходить через точку D перпендикулярно до площини рисунка, тому:

$$T_{II} = \frac{I_{z2} \omega_2^2}{2} \quad (4)$$

Оскільки тіло II – однорідний коловий циліндр, то осьовий момент інерції I_{z2} :

$$I_{z2} = \frac{m_2 r^2}{2} = \frac{P_2 r^2}{2g} \quad (5)$$

Тоді вираз (4) буде мати вигляд:

$$T_{II} = \frac{P_2 r^2 \omega_2^2}{4g} \quad (6)$$

в) тіло III рухається плоско-паралельно, тому:

$$T_{III} = \frac{m_3 V_{c3}^2}{2} + \frac{I_{zc} \omega_3^2}{2} \quad (7)$$

Оскільки тіло III – однорідний коловий циліндр, то осьовий момент інерції I_{zc} :

$$I_{zc} = \frac{m_3 R^2}{2} + \frac{P_3 R^2}{2g} \quad (8)$$

Тоді вираз (7) матиме вигляд:

$$T_{III} = \frac{P_3 V_{c3}^2}{2g} + \frac{P_3 R^2 \omega_3^2}{4g} \quad (9)$$

4. Визначаємо кінетичну енергію системи матеріальних точок, користуючись тим, що кінетична енергія системи дорівнює сумі кінетичних енергій всіх тіл, що входять до неї:

$$T = T_I + T_{II} + T_{III} , \quad (10)$$

Тобто, використовуючи формули (3), (6), (9), формула (10) буде мати вигляд:

$$T = \frac{P_1 V_1^2}{2g} + \frac{P_2 r^2 \omega_2^2}{4g} + \frac{P_3 V_{c3}^2}{2g} + \frac{P_3 R^2 \omega_3^2}{4g} \quad (11)$$

5. Визначаємо роботу всіх активних сил та реакцій в'язей системи матеріальних точок:

$$\text{а) } A(P_1) = +P_1 \cdot S \cdot \sin \alpha \quad (12)$$

$$\text{б) } A(N_1) = 0 \quad (13)$$

$$\text{в) } A(P_2) = 0 \quad (14)$$

$$\text{г) } A(x_D) = 0 \quad (15)$$

$$\text{д) } A(y_D) = 0 \quad (16)$$

$$\text{е) } A(P_3) = -P_3 \cdot S \cdot \sin \beta \quad (17)$$

$$\text{ж) } A(N_3) = 0 \quad (18)$$

Таким чином:

$$\sum_{i=1}^n A_1(\overline{F_i}) = +P_1 \cdot S \cdot \sin \alpha - P_3 \cdot S \cdot \sin \beta = (P_1 \sin \alpha - P_3 \sin \beta) \cdot S \quad (19)$$

6. Записуємо теорему про зміну кінетичної енергії системи матеріальних точок, використовуючи рівняння (2), з урахуванням (11), (19):

$$\frac{P_1 V_1^2}{2g} + \frac{P_2 r^2 \omega_2^2}{4g} + \frac{P_3 V_{c3}^2}{2g} + \frac{P_3 R^2 \omega_3^2}{4g} = (P_1 \sin \alpha - P_3 \sin \beta) \cdot S \quad (20)$$

7. В отримане рівняння крім шуканого параметру V_1 входять ще три невідомих величини $\omega_2, V_{c3}, \omega_3$. Щоб привести рівняння (20) до одного невідомого шуканого параметру V_1 , необхідно виразити невідомі величини $\omega_2, V_{c3}, \omega_3$ через V_1 , користуючись знаннями з кредитного модуля «Теоретична механіка – 2» («Кінематика твердого тіла») (рис.3)

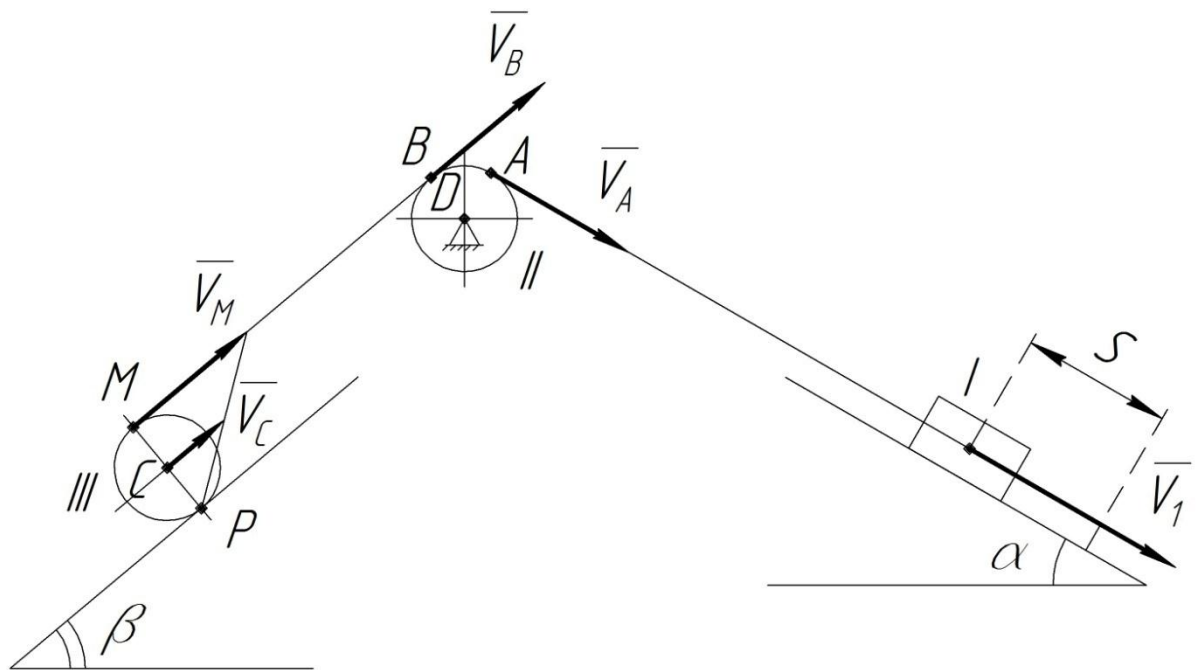


Рис. 3

$$\text{a) } V_1 = V_A = V_B \quad (21)$$

Точки А, В належать тілу II, що обертається навколо нерухомої осі, яка проходить через точку D перпендикулярно до рисунка, тому V_A, V_B визначаються за формулою Ейлера, тобто з урахуванням (21), маємо:

$$V_A = V_B = \omega_2 r = V_1, \quad (22)$$

звідки визначаємо ω_2 :

$$\omega_2 = \frac{V_1}{r} \quad (23)$$

$$\text{б) } V_B = V_M \quad (24)$$

Точка М належить тілу III, що рухається плоско-паралельно без ковзання, тому точка Р є миттєвим центром швидкостей (МЦШ) і

$$\frac{V_m}{PM} = \frac{V_{c3}}{PC} = \omega_3, \quad (25)$$

тобто

$$\omega_3 = \frac{V_{c3}}{R}, \text{ а } V_{c3} = \frac{V_M}{2} \quad (26)$$

З урахуванням (24) і (22):

$$\omega_3 = \frac{V_1}{2R}; V_{c3} = \frac{V_1}{2} \quad (27)$$

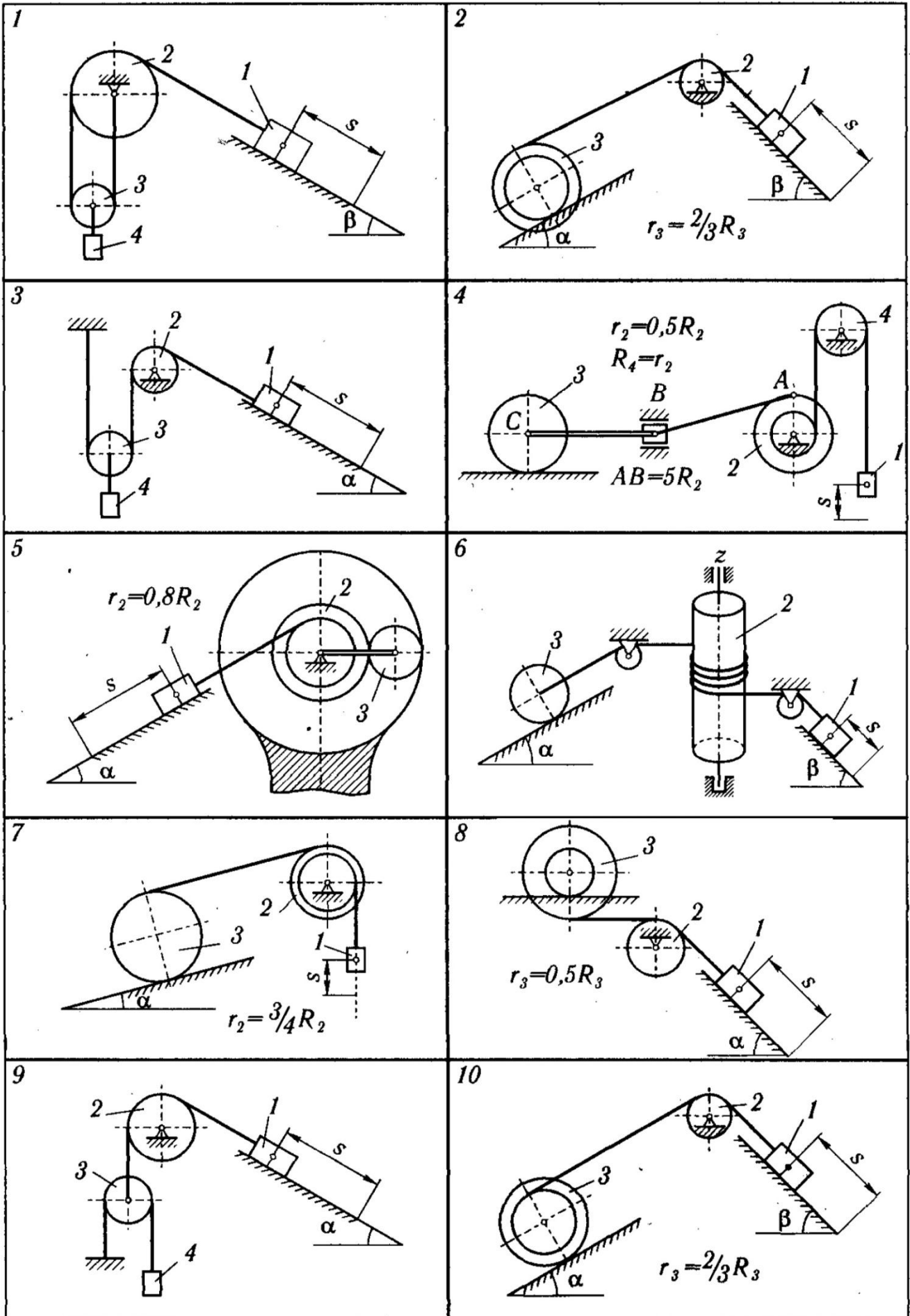
8. Підставляємо знайдені величини $\omega_2, V_{c3}, \omega_3$ в рівняння (20) і визначаємо шукану величину $V_1 = V_1(S)$:

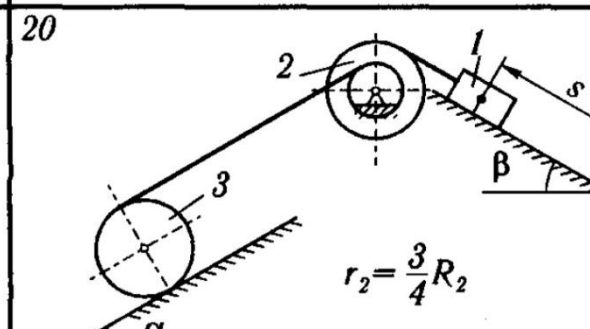
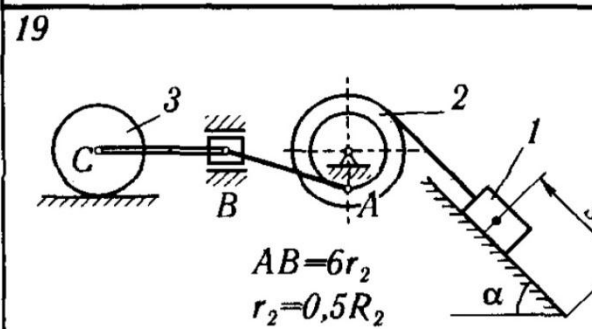
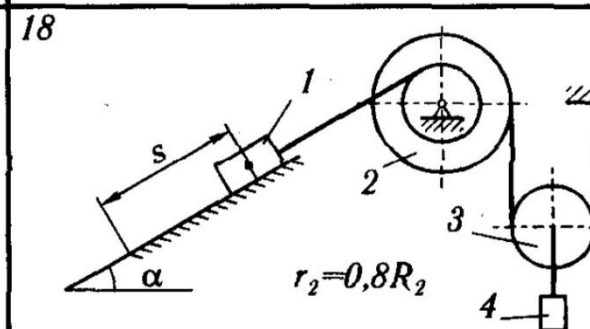
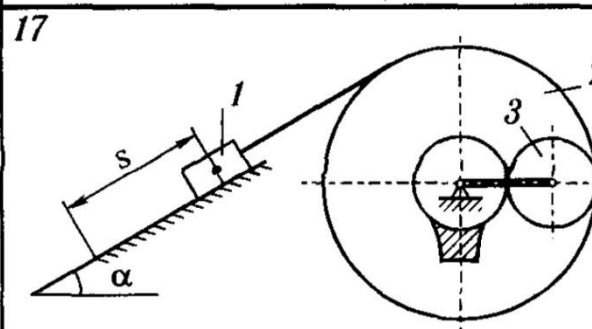
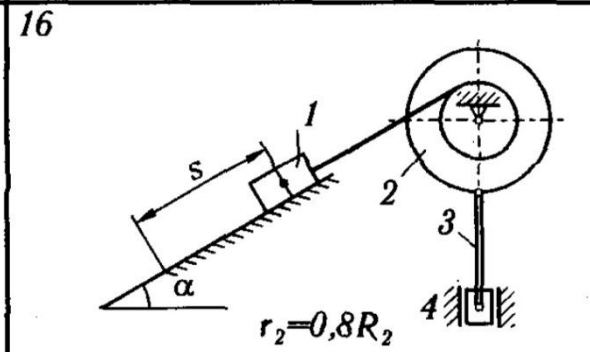
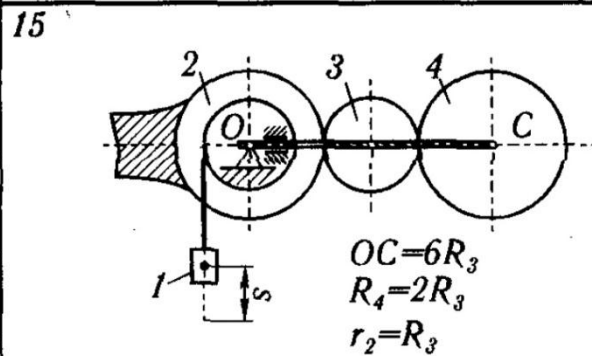
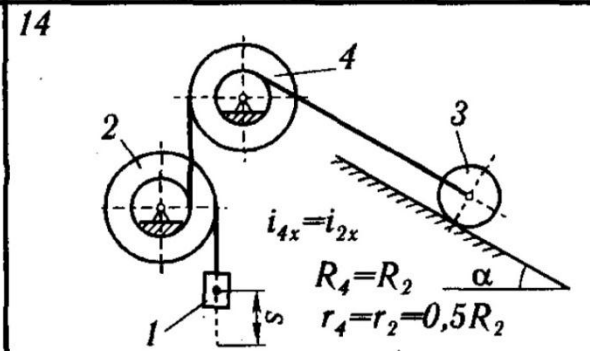
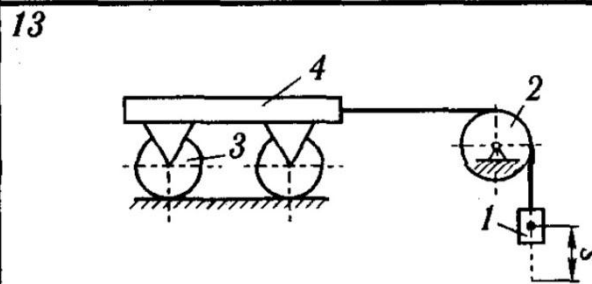
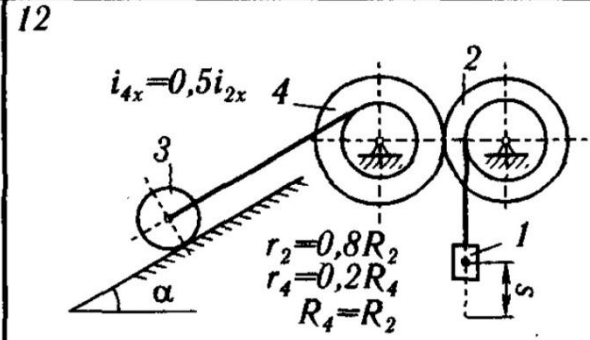
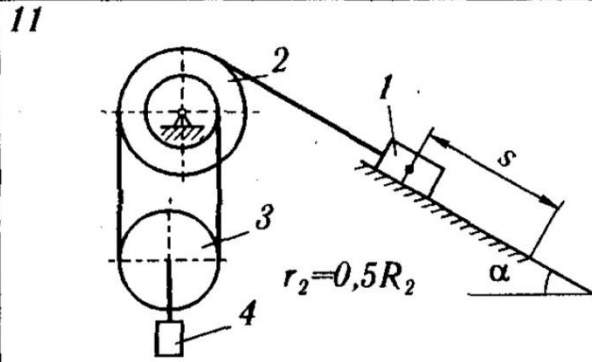
$$V_1 = 4 \sqrt{\frac{g(P_1 \sin \alpha - P_3 \sin \beta) \cdot S}{P_1 + 4P_2 + 3P_3}}$$

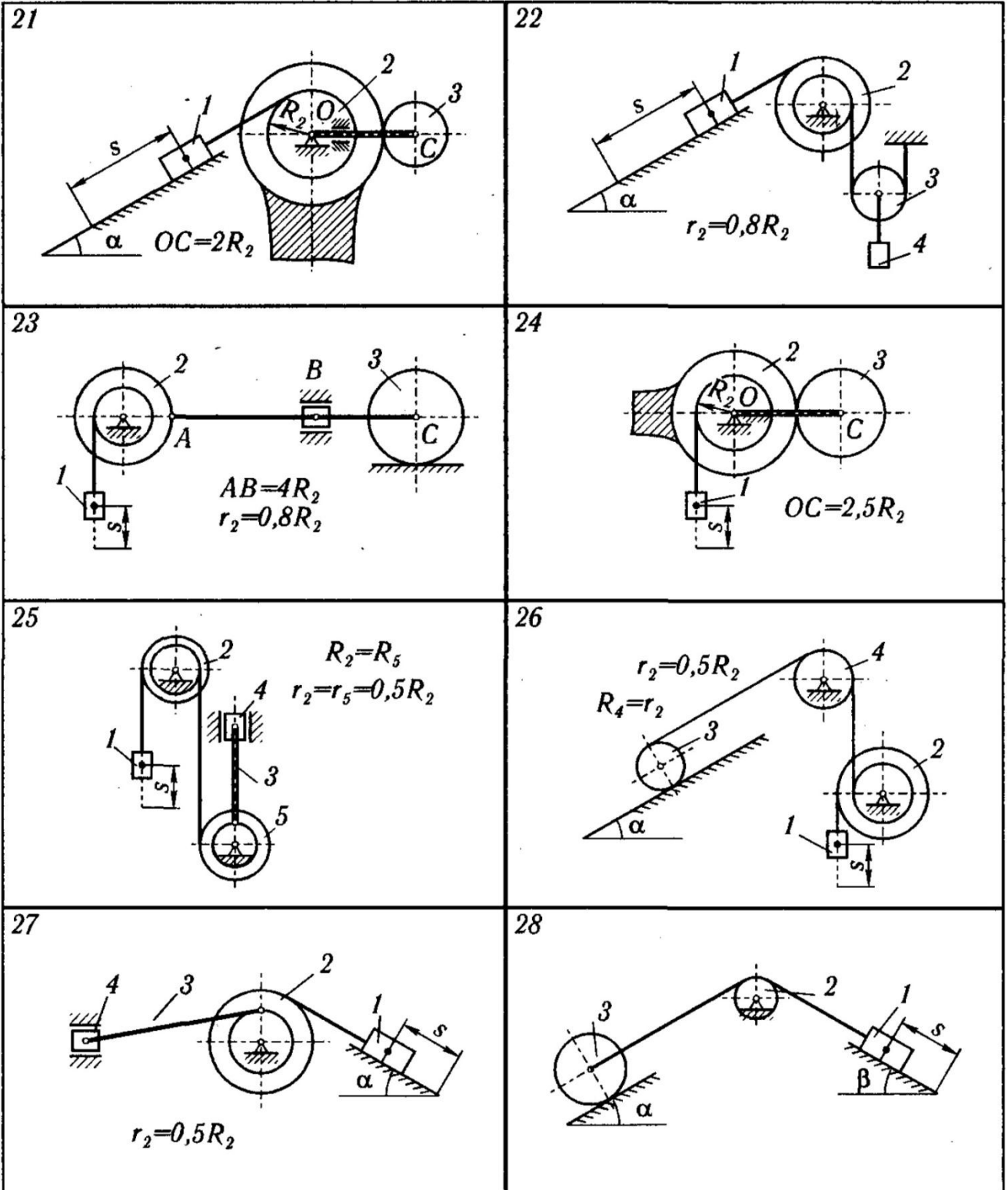
Для самостійної роботи студентам пропонується виконати розрахунково-графічну роботу згідно представлених у Додатку 1 і 2 індивідуальних варіантів завдань.

Додаток 1

Номер варіанта	m_1	m_2	m_3	m_4	R_2	R_3	i_{2x}	i_{3x}	a	b	f	d, см	s, м	Примітки
	кг				см		см		град					
1	m	$4m$	$1/5m$	$4/3m$	-	-	-	-	60	-	0,10	-	2	-
2	m	$1/2m$	$1/3m$	-	-	30	-	20	30	45	0,22	20	2	-
3	m	m	$1/10m$	m	-	-	-	-	45	-	0,10	-	2	-
4	m	$2m$	$40m$	m	20	40	18	-	-	-	-	30	0,1р	Масами ланок АВ, ВС і повзуна В знехтувати
5	m	$2m$	m	-	20	15	18	-	60	-	0,12	-	0,28р	Масою води́ла знехтувати
6	m	m	m	-	-	28	-	-	30	45	0,10	28	1,5	-
7	m	$2m$	$2m$	-	16	25	14	-	30	-	-	20	2	-
8	m	$2m$	$9m$	-	-	30	-	20	30	-	0,12	25	1,5	-
9	m	$1/4m$	$1/4m$	$1/5m$	-	-	-	-	60	-	0,10	-	3	-
10	m	$1/2m$	$1/4m$	-	-	30	-	25	30	45	0,17	20	2,5	-
11	m	$1/2m$	$1/5m$	m	30	-	20	-	30	-	0,20	-	2,5	-
12	m	$2m$	$5m$	$2m$	30	20	26	-	30	-	-	24	2	-
13	m	$1/2m$	$5m$	$4m$	-	25	-	-	-	-	-	20	2	Маси кожного з чотирьох коліс рівні
14	m	$1/2m$	$4m$	$1/2m$	20	15	18	-	60	-	-	25	1,5	-
15	m	$1/10m$	$1/20m$	$1/10m$	10	12	-	-	-	-	-	-	0,05р	Масою води́ла знехтувати
16	m	$1/4m$	$1/5m$	$1/10m$	20	-	15	-	60	-	0,10	-	0,16р	Шатун 3 розглядати як тонкий однорідний стержень
17	m	$3m$	m	-	35	15	32	-	60	-	0,15	-	0,2р	Масою води́ла знехтувати
18	m	$1/3m$	$1/10m$	m	24	-	20	-	60	-	0,15	-	1,5	-
19	m	$2m$	$20m$	-	20	15	16	-	30	-	0,10	20	0,2р	Масами ланок АВ, ВС і повзуна В знехтувати
20	m	m	$2m$	-	20	20	16	-	30	45	0,20	32	1,2	-
21	m	$1/2m$	$1/4m$	-	20	10	-	-	60	-	0,17	-	0,1р	Масою води́ла знехтувати
22	m	m	$1/10m$	$4/5m$	20	-	18	-	30	-	0,10	-	1	-
23	m	$3m$	$20m$	-	20	30	18	-	-	-	-	60	0,08р	Масами ланок АВ, ВС і повзуна В знехтувати
24	m	$1/3m$	$1/4m$	-	16	20	-	-	-	-	-	-	0,04р	Масою води́ла знехтувати
25	m	$1/2m$	m	$1/3m$	30	-	20	-	-	-	-	-	0,6р	Маси і моменти інерції блоків 2 і 5 однакові. Шатун 3 розглядати як тонкий однорідний стержень
26	m	m	$6m$	$1/2m$	20	20	16	-	30	-	-	20	2	-
27	m	$2m$	$3m$	-	-	-	14	-	60	-	0,10	-	0,1р	Шатун 3 розглядати як тонкий однорідний стержень
28	m	$1/4m$	$1/8m$	-	26	35	-	-	15	30	0,20	20	2,4	-







Критерії оцінювання розрахунково-графічної роботи

Ваговий бал – 32

Ваговий бал	Кредитний модуль «Теоретична механіка-3»
	<i>Динаміка. Теорема про зміну кінетичної енергії системи матеріальних точок</i>
10	Складені кінематичні залежності
25	Визначена кінетична енергія системи матеріальних точок
25	+визначена робота сил
32	+відповідь на контрольні запитання

Вимоги до оформлення розрахунково-графічних робіт (РГР)

1. РГР виконується з однієї сторони окремих аркушів білого паперу формату А4, які мають рамки відповідно до Державного стандарту, кульковою ручкою чорного кольору (на першій сторінці також повинен бути заповнений штамп розміром 185 x 45 мм, а на наступних сторінках - заповнені штампи розміром 185 x 15 мм).

2. У верхній частині першої сторінки кожної роботи вказується її шифр за збірником Яблонського О. О. 1985 року видання та повна назва. Перепишується у відповідності до варіанту *умова роботи* та робиться за правилами інженерної графіки ескіз досліджуваної механічної системи. Нижче вказуються скорочено вихідні дані задачі (*Дано:*) та шукані величини (*Знайти:*).

Увага: кожний наступний рисунок повинен мати свій номер, виконуватись за правилами інженерної графіки олівцем або чорною тушшю, бажано на окремому аркуші або в розриві тексту. Всі векторні величини, наявні в розв'язанні задачі, повинні бути відображені на рисунку та мати в позначенні стрілочку зверху.

3. Наступна сторінка починається із заголовку *Розв'язання*, за яким йде виклад розв'язання задачі з усіма необхідними поясненнями та рисунками (нагадаємо, що рисунки є лише ілюстраціями до тексту і не можуть йому передувати). Мінімальна чисельність рисунків повинна відповідати зразкам вищевказаного збірника.

4. Після розв'язання задачі РГР наводиться список літератури.

5. Весь пакет виконаних робіт вкладається в обкладинку формату А3, зігнуту навпіл. На першій (титульній) сторінці обкладинки у рамці 20 x 5 x 5 x 5 мм зверху вниз послідовно йдуть такі написи:

- (посередині сторінки) *Міністерство освіти і науки України*
- *НТУУ "Київський політехнічний інститут"*
- *Кафедра теоретичної механіки*
- (розрив)
- (більшим шрифтом) *Розрахунково-графічні роботи з курсу теоретичної механіки*
- (нижче посередині в дужках) *(Варіант ...)*
- (розрив)
- (від середини сторінки вправо) *Виконав: студент ... курсу ф-т, гр., (особистий підпис)*
- (від середини сторінки вправо) *Прийняв: доцент (підпис)*
- (внизу над рамкою посередині) *Київ-.... (Додаток 3)*

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
Кафедра теоретичної механіки

Розрахунково-графічна робота з курсу теоретичної
механіки
(Варіант ...)

Виконав:

студент ...-го курсу, ф-т, гр.

_____ П.І.П.
(підпис)

Прийняв:

доцент кафедри теоретичної механіки

_____ П.І.П.
(підпис)

Київ-...

Список використаної літератури

1. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підруч. –К.:Техніка, 2002, – 512 с.
2. Павловский М.А., Путята Т.В. Теоретическая механика. – К.: «Вища шк.» Главное изд-во, 1985, – 328с.
3. Савин Г.Н., Путята Т.В., Фрадлин Б.Н. Курс теоретической механики. – К.: «Вища шк.», 1973. – 359с.
4. А.А. Яблонский, С.С. Норейко, С.А.Вольфсон и др. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. – Изд-во «Высшая школа», Москва, 1985. – 287 с.

Зміст

Вступ	3
I Основні поняття та визначення	4
II Основні теоретичні відомості	5
1. Робота механічної сили (A)	5
2. Визначення роботи зовнішніх сил, що прикладені до абсолютно твердого тіла	
3. Визначення кінетичної енергії твердого тіла (T)	8
4. Теорема про зміну кінетичної енергії системи матеріальних точок	
5. Моменти інерції матеріальної точки та системи матеріальних точок	10
6. Деякі вирази для моментів інерції найпростіших однорідних тіл	
III Приклад	10
Додаток 1	11
Додаток 2	13
Критерії оцінювання розрахунково-графічної роботи	14
Вимоги до оформлення розрахунково-графічних робіт (РГР)	20
Додаток 3	21
Список використаної літератури	24
Зміст	24
	26
	27
	28