



**Міністерство освіти і науки  
України**

**ДЕРЖАВНИЙ  
БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет мехатроніки та інжинірингу**

**Кафедра надійності та міцності машин і споруд  
імені В.Я. Аніловича**

**ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА**

**РОЗВ'ЯЗОК ПРЯМОЇ ЗАДАЧІ ДИНАМІКИ ТОЧКИ  
В ДЕКАРТОВІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ**

**Методичні вказівки  
до виконання практичних робіт**

**для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої  
освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальностей  
131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування  
192 Будівництво та цивільна інженерія,  
208 Агроінженерія, 274 Автомобільний транспорт**

**Харків  
2023**

Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет мехатроніки та інжинірингу

Кафедра надійності та міцності машин і споруд імені  
В.Я. Аніловича

## **ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА**

### **РОЗВ'ЯЗОК ПРЯМОЇ ЗАДАЧІ ДИНАМІКИ ТОЧКИ В ДЕКАРТОВІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ**

Методичні вказівки  
до виконання практичних робіт

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної та заочної форм навчання зі спеціальностей  
131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування,  
192 Будівництво та цивільна інженерія,  
208 Агроінженерія, 274 Автомобільний транспорт

Затверджено рішенням  
Методичної ради  
ФМІ ДБТУ  
Протокол № 1  
від 07.02.2023 р.

Харків  
2023

## УДК 531/534 (075.8)

Схвалено на засіданні кафедри надійності та міцності машин і споруд імені В.Я. Аніловича  
протокол № 6 від 30.01.2023 р.

Теоретична механіка. Розв'язок прямої задачі динаміки точки в декартовій системі координат: методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальностей 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування, 192 Будівництво та цивільна інженерія, 208 Агроінженерія, 274 Автомобільний транспорт. Харків. ДБТУ; уклад.: М.В. Сліпченко, В.В. Бредихін, О.М. Шукаєва. – Харків: [б. в.], 2023.–23 с.

Методичні вказівки призначені для підвищення ефективності самостійної роботи студентів у поза аудиторний час і при спілкуванні з викладачем.

Матеріали цих вказівок можуть бути використані викладачами кафедри при проведенні самостійних і контрольних робіт в аудиторії, під час захисту розрахунково-графічних робіт, комплектуванні задач в екзаменаційних білетах.

Розраховані методичні вказівки на студентів вищих навчальних закладів технічних спеціальностей.

### Рецензенти:

**О. І. Завгородній**, д-р техн. наук, проф., проф.. фізики та вищої математики Державного біотехнологічного університету.

**О. І. Алфьоров**, д-р техн. наук, доц., проф. кафедри надійності та міцності машин і споруд імені В.Я. Аніловича

**Відповідальний за випуск: М. В. Сліпченко**, к.т.н., доцент, зав.каф.

© Сліпченко М.В., Бредихін В.В., Шукаєва О.М. 2023

© ДБТУ, 2023

1. Основні закони динаміки.
2. Рівняння руху матеріальної точки у декартовій системі відл
3. Пряма задача динаміки матеріальної точки в декартовій системі координат.
4. Порядок розв'язування прямої задачі динаміки невільної матеріальної точки.
5. Приклади розв'язування задач.
6. Задачі для самостійного розв'язку

### 1.1.Основні закони динаміки

У динаміці вивчається рух матеріальних систем у зв'язку з діючими на них силами. Найпростішим об'єктом механіки є матеріальна точка.

*Матеріальна точка* – тіло, розмірами якого при розв'язуванні даної задачі можна знехтувати.

Якщо на положення матеріальної точки і на її рух не накладені ніякі обмеження, точка називається *вільною*, у протилежному випадку маємо справу з рухом *невільної точки*.

Рух механічної системи визначається рухом усіх її матеріальних точок. Тому вивчення динаміки починається з вивчення руху однієї матеріальної точки.

В основі динаміки лежать три закони І.Ньютона, які уперше в найбільш повному й закінченому вигляді були сформульовані у книзі “Математичні начала натуральної філософії” (1686 р.).

#### 1. *Перший закон* (закон інерції):

*ізолювана від зовнішніх дій матеріальна точка зберігає свій стан спокою або рівномірного прямолінійного руху до тих пір, поки дія інших тіл не змінить цього стану.*

## 2. *Другий закон* (основний закон динаміки):

*сила, яка діє на матеріальну точку, дорівнює добутку маси точки на її прискорення, а напрямок сили співпадає з напрямком прискорення:*

$$\bar{F} = m\bar{a}. \quad (1)$$

Якщо на точку діє декілька сил, то їх можна замінити рівнодіючою:

$$\bar{R} = \sum \bar{F}_k. \quad (2)$$

Якщо точка рухається по якійсь поверхні, то на неї, крім активних сил діє і реакція в'язі  $\bar{N}$ .

Таким чином у загальному випадку у рівнянні (1):

$$\bar{F} = \bar{R} + \bar{N}.$$

## 3. *Третій закон* (закон рівності дії і протидії):

*Сили взаємодії двох матеріальних точок рівні між собою за модулем і напрямлені вздовж однієї прямої, яка з'єднує ці точки, у протилежні сторони.*

## 2. Рівняння руху матеріальної точки у декартовій системі відліку

Щоб задати рух точки  $M$  масою  $m$  у координатній формі (рис. 1) необхідно задати залежності координат як функцій від часу:

$$x = f_1(t); \quad y = f_2(t); \quad z = f_3(t),$$

де  $x, y, z$  – координати точки  $M$ .



визначити рівнодіючу прикладених до точки сил.

Спочатку треба визначити проекції прискорення точки на осі координат:

$$a_x = \frac{d^2x}{dt^2}; \quad a_y = \frac{d^2y}{dt^2}; \quad a_z = \frac{d^2z}{dt^2}.$$

Використовуючи рівняння руху точки у декартових координатах (1.3), визначаємо значення проекцій рівнодіючої прикладених до точки сил, а також її модуль:

$$F_x = ma_x; \quad F_y = ma_y; \quad F_z = ma_z,$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}. \quad (4)$$

Напрямок вектора сили відносно осей координат визначається за допомогою напрямних косинусів:

$$\begin{aligned} \cos(\vec{F}, \vec{i}) &= \frac{F_x}{F}; \\ \cos(\vec{F}, \vec{j}) &= \frac{F_y}{F}; \\ \cos(\vec{F}, \vec{k}) &= \frac{F_z}{F}. \end{aligned} \quad (5)$$

#### **4. Порядок розв'язування прямої задачі динаміки невіЛЬНОї матеріальної точки**

1. Зобразити на рисунку матеріальну точку у проміжному положенні.
2. Показати активні сили і реакції в'язей, які на неї діють.
3. Вибрати систему відліку.

4. Записати векторне рівняння руху точки у формі другого закону динаміки (1).
5. Спроектувати векторне рівняння руху точки на вибрані осі координат.
6. Із одержаних рівнянь визначити необхідні величини.

## 5. Приклади розв'язування задач

### Задача № 1

В шахту починає опускатися рівноприскорено ліфт, маса якого  $m = 280$  кг. У перші 10 с він проходить 35 м.

**Визначити** натяг  $T$  каната, на якому висить ліфт.

**Розв'язування.** Зобразимо кабіну ліфту у довільному положенні (рис.2). На ліфт діє сила тяжіння  $\vec{P}$ , яка спрямована униз, і натяг канату  $\vec{T}$ , який спрямовано вздовж троса догори.

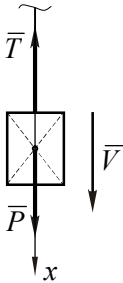


Рис. 2.

Рух відбувається по вертикалі, тому спрямуємо вісь  $x$  вертикально униз відповідно до напрямку швидкості та прискорення.

Запишемо рівняння руху кабіни ліфту у формі другого закону Ньютона:

$$m\bar{a} = \sum \bar{F}_k,$$

де  $\bar{a}$  - прискорення кабіни ліфту.

З урахуванням сил, що діють на кабіну ліфту, рівняння буде мати вигляд:

$$m\bar{a} = \bar{P} + \bar{T}.$$

Спроектуємо це рівняння на вісь  $x$ :



$$ma = P - T.$$

З урахуванням того, що  $P = mg$ , знаходимо

$$T = P - ma = mg - ma = m(g - a) = mg \left( 1 - \frac{a}{g} \right).$$

Ми одержали залежність натягу каната від прискорення, з яким рухається кабіна ліфту.

Проаналізуємо цю залежність. Може бути три випадки:

- $a = 0$  - кабіна ліфту рухається рівномірно або нерухома;
- $a > 0$  - кабіна ліфту має прискорення, яке за напрямком співпадає з додатним напрямком осі  $x$  (униз);
- $a < 0$  - кабіна ліфту з прискоренням піднімається угору.

У першому випадку

$$T = mg(1 - 0) = mg = P.$$

Тобто, якщо кабіна ліфту рухається без прискорення у будь-якому напрямку, натяг троса буде дорівнювати силі тяжіння кабіни ліфту.

У другому випадку натяг троса менший за силу тяжіння кабіни ліфту, бо  $\frac{a}{g} > 0$ , а якщо  $a = g$ , то  $T = 0$ .

У третьому випадку натяг троса завжди більший за силу тяжіння кабіни ліфту, бо  $\frac{a}{g} < 0$  і  $\left( 1 - \frac{a}{g} \right) > 1$ .

Наприклад, коли  $|a| = g$ ,  $T = 2mg = 2P$ , тобто натяг троса удвічі перевищує силу тяжіння кабіни ліфту.

У нашій задачі прискорення визначиться з виразу для шляху при рівнозмінному русі з урахуванням того, що початкова швидкість  $V_0 = 0$ :

$$S = \frac{at^2}{2}, \quad a = \frac{2S}{t^2}.$$

Тоді

$$\begin{aligned} T &= m(g - a) = m\left(g - \frac{2S}{t^2}\right) = \\ &= 280\left(9,81 - \frac{2 \cdot 35}{10^2}\right) = 2,55 \cdot 10^3 \text{ Н} = 2,55 \text{ кН}. \end{aligned}$$

**Відповідь:** натяг троса  $T = 2,55 \text{ кН}$ .

### Задача №2

До тіла вагою  $P = 3 \text{ Н}$ , яке лежить на столі, прив'язали нитку, другий кінець якої (рис.3) держать у руці.

**Визначити**, з яким прискоренням  $a$  треба піднімати тіло уверх вертикально, щоб нитка обірвалася, якщо вона рветься коли натяг досягає величини  $T = 4,2 \text{ Н}$ ?

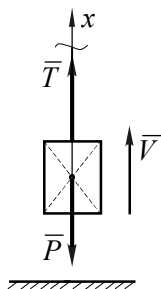


Рис. 3.

**Розв'язування:** Зобразимо тіло з прив'язаною до нього ниткою (рис.1.2). Покажемо сили, які діють на тіло: сила тяжіння  $\bar{P}$  та натяг нитки  $\bar{T}$ . Вісь  $x$  спрямуємо вертикально уверх у додатному напрямку швидкості та прискорення.

Запишемо рівняння руху тіла у векторній формі:

$$m\bar{a} = \sum \bar{F}_K = \bar{T} + \bar{P}.$$

Спроекуємо це рівняння на вісь  $x$  :

$$ma = T - P; \quad \frac{P}{g}a = T - P.$$

Звідки

$$a = g \left( \frac{T}{P} - 1 \right).$$

Якщо урахувати числові дані, то

$$a = 9,81 \left( \frac{4,2}{3} - 1 \right) = 3,92 \text{ м/с}^2.$$

**Відповідь:**  $a = 3,92 \text{ м/с}^2$ .

### Задача №3

Куля вагою  $G = 100 \text{ Н}$  падає вертикально униз під дією сили тяжіння і зазнає опору середовища (рис.4). Закон руху кулі відповідає рівнянню  $x = 327t - 109(1 - e^{-3t})$ , причому  $x$  виражається у сантиметрах,  $t$  – у секундах.

**Визначити** силу опору середовища  $R$  у вигляді функції швидкості, тобто  $R = f(V)$ .

**Розв'язування.** Зобразимо кулю у довільному положенні на траєкторії і покажемо сили, які на неї діють (рис.4):  $\vec{G}$  - сила тяжіння;  $\vec{R}$  - сила опору середовища.

Рух кулі відбувається вздовж вертикалі, тому спрямуємо вісь  $x$  вертикально униз за напрямком швидкості. Тоді положення кулі буде визначатися координатою  $x$ .

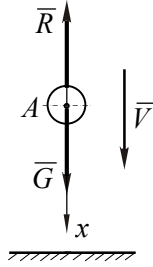


Рис. 4.

Запишемо рівняння руху кулі у векторній формі:

$$m\bar{a} = \sum \bar{F}_K = \bar{G} + \bar{R}$$

та споектуємо його на вісь  $x$  :

$$ma_x = G - R,$$

відкіля

$$R = G - ma_x.$$

Таким чином, щоб визначити силу опору  $R$ , необхідно знати прискорення кулі  $a_x$ .

Оскільки закон зміни координати  $x$  відомий, то

$$V_x = \dot{x}, \quad a_x = \ddot{x}.$$

Знаходимо першу и другу похідні від закону руху кулі:

$$V_x = \dot{x} = \left[ 327t - 109(1 - e^{-3t}) \right]' = 327 - 109 \cdot 3e^{-3t} = 327(1 - e^{-3t})$$

$$a_x = \ddot{x} = \left[ 327(1 - e^{-3t}) \right]' = 327 \cdot e^{-3t} = 981e^{-3t}.$$

Таким чином,

$$R = G - \frac{G}{g} \cdot 981 \cdot e^{-3t} = 100 - \frac{100}{981} \cdot 981 \cdot e^{-3t} = 100(1 - e^{-3t}).$$

Із виразу для  $V_x$  (з урахуванням того, що  $V_x = V$ ) витікає

$$(1 - e^{-3t}) = \frac{V}{327},$$

тобто

$$R = \frac{100}{327}V = 0,306 \cdot V.$$

**Відповідь:**  $R = 0,306 \cdot V$ .

#### Задача № 4

Рух тіла масою  $m = 1\text{кг}$  виражається рівняннями:

$$x = V_0 t, \quad y = h - \frac{gt^2}{2},$$

де  $x$  і  $y$  - в метрах;  $t$  - в секундах.

**Визначити** силу  $Q$ , яка діє на тіло, приймаючи його за матеріальну точку (рис.5).

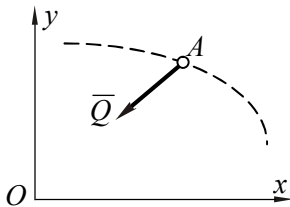


Рис. 5.

**Розв'язування.** Проекції на осі координат сили  $\bar{Q}$ , яка прикладена до тіла, визначаються за формулами:

$$Q_x = ma_x, \quad Q_y = ma_y,$$

де  $a_x$  і  $a_y$  - проекції прискорення тіла на осі координат.

У даному випадку

$$a_x = \ddot{x}, \quad \dot{x} = V_0, \quad \ddot{x} = 0; \quad a_y = \ddot{y}, \quad \dot{y} = -gt, \quad \ddot{y} = -g.$$

Отже

$$Q_x = 0; \quad Q_y = -mg = -1 \cdot 9,81 = -9,81 \text{ Н}.$$

Модуль сили  $Q$  дорівнює:

$$Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = \sqrt{9,81^2} = 9,81 \text{ Н}.$$

Сила  $Q$  спрямована вертикально униз, оскільки  $Q_x = 0$ . Таким чином, шукана сила, модуль якої дорівнює  $mg$ , є силою тяжіння.

**Відповідь:**  $Q = 9,81 \text{ Н}$ .

### Задача № 5

Навантажена вагонетка масою  $m = 700 \text{ кг}$  опускається по канатній залізниці з нахилом  $\alpha = 15^\circ$  і має швидкість  $V = 1,6 \text{ м/с}$  (рис. 6).

**Визначити** натяг каната при рівномірному опусканні і при гальмуванні вагонетки, якщо час гальмування  $t = 4 \text{ с}$ , загальний коефіцієнт опору руху  $f = 0,015$ . При гальмуванні вагонетка рухається рівноуповільнено.

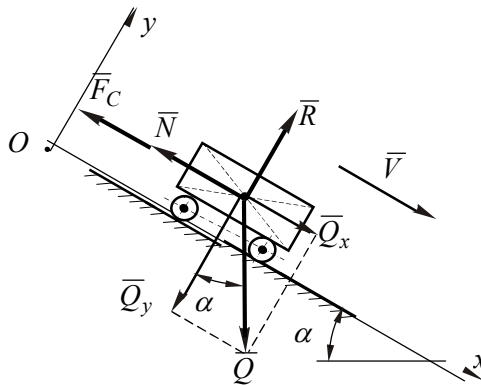


Рис. 6.

**Розв'язування.** Зобразимо вагонетку у довільному положенні. Покажемо сили, які діють на неї: силу тяжіння  $\bar{Q}$ , нормальну реакцію залізниці  $\bar{R}$ , натяг канату  $\bar{N}$  і силу опору  $\bar{F}_C$ .

Вибираємо декартову систему координат: вісь  $x$  спрямуємо паралельно дорозі у бік руху; вісь  $y$  - уверх перпендикулярно дорозі. Запишемо векторне рівняння руху вагонетки у формі другого закону Ньютона:

$$m\bar{a} = \sum \bar{F}_k = \bar{Q} + \bar{R} + \bar{N} + \bar{F}_C.$$

Проектуємо векторне рівняння руху на осі координат:

$$ma_x = Q \sin 15^\circ - N - F_C; \quad (1)$$

$$ma_y = -Q \cos 15^\circ + R. \quad (2)$$

Оскільки  $y = const$  весь час руху вагонетки, то  $a_y = 0$ , і з рівняння (2) легко знаходимо величину нормальної реакції:

$$R = Q \cos 15^\circ = mg \cdot \cos 15^\circ = 700 \cdot 9,81 \cdot 0,966 = 6,63 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Тоді загальна сила опору руху складає:

$$F_C = f \cdot R = 0,015 \cdot 6,63 \cdot 10^3 = 97,8 \text{ Н}.$$

Для визначення натягу  $\bar{N}$  використаємо рівняння (1)

$$N = Q \sin 15^\circ - F_C - ma_x.$$

При рівномірному опусканні  $a_x = 0$  і  $N_1$  складе:

$$\begin{aligned} N_1 &= mg \sin 15^\circ - F_C = 700 \cdot 9,81 \cdot 0,259 - 97,8 = \\ &= 1681 \text{ Н} = 1,681 \cdot 10^3 \text{ Н}. \end{aligned}$$

При рівноуповільненому гальмуванні

$$a_x = \frac{V_2 - V_1}{t},$$

де  $V_1 = 1,6 \text{ м/с}$  – початкова швидкість;

$V_2 = 0$  - кінцева швидкість.

Таким чином

$$a_x = \frac{0 - 1,6}{4} = -0,4 \text{ м/с}^2.$$

Тоді

$$N_2 = N_1 + 700 \cdot 0,4 = 1681 + 280 = 1961 \text{ Н} = 1,961 \text{ кН}$$

**Відповідь:**  $N_1 = 1,681 \text{ кН}$ ,  $N_2 = 1,961 \text{ кН}$ .

З отриманих результатів витікає, що при гальмуванні навантаження на канат збільшується порівняно з навантаженням при рівномірному русі.

### Задача № 6

Вагон вагою  $\bar{P}$  скочується по колії, яку нахилено до горизонту під кутом  $\alpha$ .

**Визначити** силу гальмування вагона  $\bar{F}$ , яка викликається тертям коліс по рейках, припускаючи, що рух вагона відбувається зі сталим прискоренням, а також те значення кута  $\alpha$ , при якому вагон буде скочуватися рівномірно.

**Розв'язання.** Зображаємо вагон у вигляді матеріальної точки у довільному положенні на похилій площині та



показуємо сили, що на нього діють (рис.7):  $\vec{P}$  – сила тяжіння вагону;  $\vec{N}$  – нормальна реакція рейок;  $\vec{F}$  – сила тертя.

Вибераємо декартову систему координат, причому вісь  $x$  направимо паралельно рейкам у бік руху вагону; а вісь  $y$  – перпендикулярно рейкам.

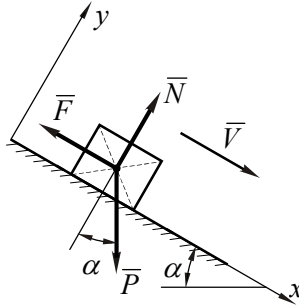


Рис. 7.

Запишемо рівняння руху вагону у векторній формі:

$$m\vec{a} = \sum \vec{F}_k = \vec{P} + \vec{N} + \vec{F}. \quad (1)$$

та спроектуємо його на осі вибраної системи координат:

$$ma_x = P \sin \alpha - F, \quad (2)$$

$$ma_y = N - P \cos \alpha. \quad (3)$$

З рівняння (2) визначимо силу гальмування вагону:

$$F = P \sin \alpha - ma = P \sin \alpha - \frac{P}{g} a = P \left( \sin \alpha - \frac{a}{g} \right).$$

За умовами задачі вагон рухається з прискоренням  $a = \text{const}$ , яке напрямлено вздовж осі  $Ox$ , тобто  $a_y = 0$ .

Якщо підставимо у рівняння (3)  $a_y = 0$ , то отримаємо:

$$N = P \cos \alpha.$$

Визначимо значення кута  $\alpha$ , при якому вагон буде скочуватися рівномірно. Оскільки

$$F = f \cdot N,$$

то

$$F = f \cdot P \cos \alpha,$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя.

Відкіля одержимо

$$f = \frac{F}{P \cos \alpha} = \frac{P(\sin \alpha - a/g)}{P \cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha - \frac{a}{g}. \quad (4)$$

З цього рівняння витікає, що, змінюючи кут  $\alpha$ , можна знайти таке значення кута, при якому  $a = 0$ . Якщо в рівнянні (4) покласти  $a = 0$ , то

$$f = \operatorname{tg} \alpha.$$

Оскільки відомо, що коефіцієнт тертя дорівнює тангенсу кута тертя  $\varphi$ , то

$$\alpha = \varphi.$$

Таким чином, при куті нахилу рейок до горизонту, що дорівнює куту тертя  $\varphi$ , вагон буде скочуватися рівномірно.

**Відповідь:**  $F = P(\sin \alpha - \frac{a}{g}), \quad \alpha = \varphi.$

### Задача № 7

Прямолінійний рух ножа  $BC$  ріжучого апарата жатки зернозбирального комбайна (рис. 8) наближено виражається рівнянням  $S = -0,05 \cos 10\pi t$  ( $S$  - в метрах;  $t$  - в секундах).

**Визначити** силу  $\bar{F}$ , яка призводить ніж до руху, в залежності від відстані  $S$ . Вага ножа  $Q = 100 \text{ Н}$ .

**Пояснення:** Для приводу ножа ріжучого апарата жатки використовуються плоскі і просторові механізми. Серед плоских механізмів знайшли застосування кривошипно-шатунні, які складаються з кривошипа 1, шатуна 2 і ножа жатки 3. Механізм перетворює обертальний рух кривошипа 1 в зворотно поступальний рух ножа 3.

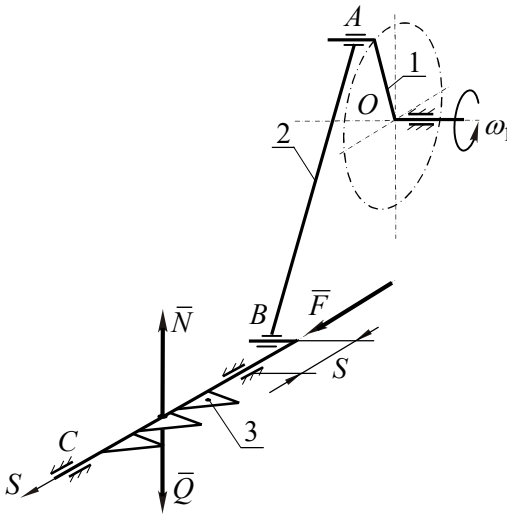


Рис. 8.

У збиральних машинах вісь кривошипного пальця  $O$  знаходиться вище лінії руху ножа  $BC$ .

**Розв'язування.** Зобразимо ніж ріжучого апарата у середньому положенні на переміщенні  $S$  і покажемо сили, які діють на нього.

На ніж  $BC$  діє сила тяжіння  $\bar{Q}$ , нормальна реакція опорної поверхні напрямних ножа  $\bar{N}$  і сила  $\bar{F}$  з боку шатуна  $AB$ , яка викликає рух ножа.

Запишемо рівняння руху ножа у векторній формі:

$$m\bar{a} = \sum F_k = \bar{Q} + \bar{N} + \bar{F}.$$

Проектуємо це рівняння на напрямок руху ножа (вісь  $S$ ):

$$ma = F, \quad \text{або} \quad \frac{Q}{g}a = F.$$

Із останнього рівняння впливає, що для визначення сили  $F$  необхідно знати прискорення  $a$ .

Оскільки задано закон руху ножа  $BC$ :  $S = 0,05 \cos 10\pi t$ , то прискорення  $a$  визначається як друга похідна від закону руху за часом:

$$a = \frac{d^2S}{dt^2};$$

$$V = \frac{dS}{dt} = (-0,05 \cos 10\pi t)' = 0,05 \cdot 10\pi \sin 10\pi t = 0,5\pi \sin 10\pi t,$$

$$a = \frac{dV}{dt} = (0,5\pi \sin 10\pi t)' = 0,5 \cdot 10\pi^2 \cos 10\pi t = 5\pi^2 \cos 10\pi t.$$

Отже,

$$F = \frac{Q}{g}a = \frac{100}{9,81} (5\pi^2 \cos 10\pi t).$$

Врахуємо, що  $\cos 10\pi t = \frac{S}{0,05}$ , та одержимо:

$$F = \frac{100}{9,81} \frac{5}{0,05} \pi^2 S \approx 10^3 \pi^2 S.$$

**Відповідь:**  $F = 10^3 \pi^2 S$ .

### 6. Задачі для самостійного розв'язку

Задачі взято з задачника Мещерського [4].

#### Задача 1

Кабіна ліфту рухається відповідно до графіку, зображеного на рис. 9. Маса ліфту 480 кг. Визначити натяг  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  канату до якого прикріплений ліфт, на протязі трьох проміжків часу: 1)  $t_1 \in (0; 2)$ ; 2)  $t_2 \in (2; 8)$ ; 3)  $t_3 \in (8; 10)$ .

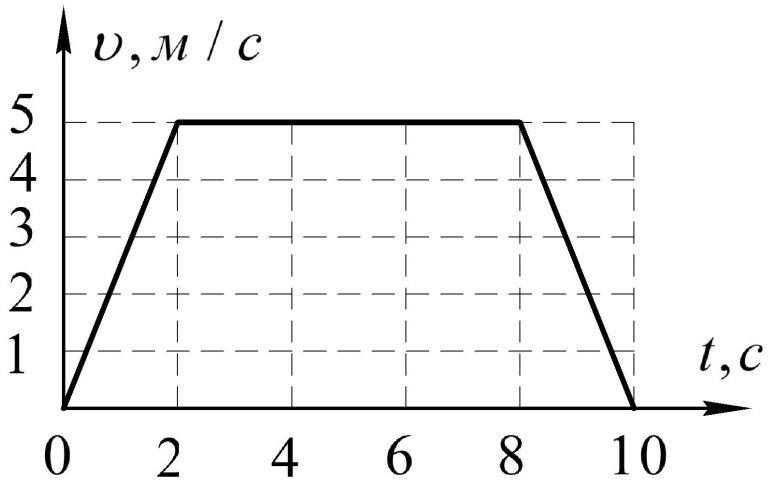


Рис. 8

## Задача 2

Горизонтальна платформа, на якій лежить вантаж масою 1 кг, опускається вертикально вниз з прискоренням 4 м/с. Знайдіть силу, з якою вантаж тисне на платформу, під час їх сумісного спуску.

## Задача 3

В кабіні підйомної машини, що рухається вгору, відбувається зважування тіла на пружинних вагах. При рівномірному русі кабінки значення ваг дорівнює 50 Н, а при прискореному – 51 Н. Знайдіть прискорення кабінки.

## Задача 4

Маса кузова трамвайного вагона дорівнює 10000 кг. Маса візка з колесами 1000 кг. Визначити силу найбільшого й найменшого тиску вагона на рейки горизонтальної прямолінійної ділянки шляху, якщо кузов здійснює на ресорах вертикальні гармонічні коливання відповідно до закону  $x = 0,02 \sin 10t$ , м.

## Задача 5

Маса вагона без локомотива дорівнює 20000 кг. Рухаючись по горизонтальному шляху рівноприскорено, вагон через 60 с після початку руху отримав швидкість 15 м/с. Сила тертя дорівнює 0,005 ваги вагону. Визначити натяг стяжки між вагоном та локомотивом в період розгону.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кучеренко С.І., Бурлака В.В., Тіщенко Л.М. Теоретична механіка. Курс лекцій. Харків, 2013. 544с.
2. Бурлака В.В., Сліпченко М.В., Тіщенко Л.М. Теоретична механіка: Збірник задач для курсових робіт. Навчальний посібник. Харків: Міськдрук, 2016. 309 с.
3. Кучеренко С.І., Бурлака В.В., Тіщенко Л.М. Теоретична механіка. Навчальний посібник / за ред. С.І. Кучеренка. Харків, 2012. 568с.
4. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. М.:Наука, 1973. 448с.

Навчальне видання

ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА

РОЗВ'ЯЗОК ПРЯМОЇ ЗАДАЧІ ДИНАМІКИ ТОЧКИ В  
ДЕКАРТОВІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ

Методичні вказівки  
до виконання практичних робіт

Укладачі

**СЛПЧЕНКО** Максим Володимирович

**БРЕДИХІН** Вадим Вікторович

**ШУКАЄВА** Ольга Миколаївна

Формат 60x84\16. Гарнітура Times New Roman  
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. 1,4

Наклад 30 пр.

Державний біотехнологічний університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44