

**Коруняк П.С.**

к.т.н., доцент

**Шеремета Р.Б.**

к.т.н., ст. викладач

**Швец О.П.**

к.т.н., доцент

**Березовецький С.А.**

к.т.н., доцент

**Львівський національний  
університет  
природокористування****Korunyak P.**

Ph.D., Associate Professor

**Sheremeta R.**

Ph.D., Senior Lecturer

**Shvets O.**

Ph.D., Associate Professor

**Berezovetskyi S.**

Ph.D., Associate Professor

**Lviv National  
Environmental University****УДК 621-752****DOI: 10.37128/2306-8744-2022-3-4****ВЕРТИКАЛЬНИЙ ВІБРАЦІЙНИЙ  
ПЕРЕСУВНИЙ ПРИСТРОЙ**

Сучасна промисловість характеризується високим рівнем автоматизації виконання технологічних операцій у виробництві будь якої продукції. Так з метою економії виробничих площ, а також організації транспортування об'єктів по під стелею цеху використовують підвісні транспортувальні робототехнічні системи. З їх допомогою до робочих місць подаються заготовки, а до складальних позицій – готові деталі, а також проводиться завантаження та передача матеріалів і готових виробів. Перш за все це стосується електронної та радіоелектронної промисловості.

Існує цілий ряд транспортних пристроїв, де вантажний потік може рухатись як горизонтально, під кутом до горизонту, так і вертикально. Транспортування у вертикальній площині може здійснюватись завдяки робочому елементу такому як стрічка, канат, ланцюг, комбінованого елемента, шнека, труби або ж середовища (повітря, вода) чи явища (електромагнітного поля, вібрації).

На підставі проведеного аналізу їх конструкцій та патентного пошуку можна зробити висновки, що робочий процес переміщення вантажів у вертикальній площині, у зв'язку з його широким різноманіттям вибору конструктивного рішення є предметом наукових досліджень, а скерованість конструкторів на модернізацію даних засобів переміщення, насамперед з метою підвищення ефективності використання, енергетичного коефіцієнта корисної дії та зменшення матеріалоемності обладнання, завжди залишається актуальною задачею машинобудування. Вибір таких засобів залежить, перш за все, від його виду, технологічного призначення, техніко-економічних показників виробництва. Все це говорить про необхідність займатись даним питанням, тому що навіть незначне покращення цих показників дає у цілому значний економічний ефект.

У даній роботі, як розвиток альтернативних засобів переміщення у підвісних транспортувальних робототехнічних системах стали вібраційні пересувні пристрої, які можуть містити вантажну платформу з виробом або ж, наприклад, простий маніпулятор. Пропонуємо ознайомитись з результатами досліджень пристрою у прямому і зворотному напрямку руху у вертикальній площині. Для зручності дослідження за монорельс приймається круглий профіль (трубу), на який нанизується вібраційний пересувний пристрій.

Конструктивне виконання пристрою може бути достатньо різноманітним: у вигляді пружних елементів, гальмівних, фрикційних, обгінних, ексцентрикових і храпових механізмів тощо. У даному випадку використовується пружна конічна цанга, яка контактує з поверхнею колони. Ефективним засобом реалізації заданої функції є використання електромагнітного колодкового гальма.

Конструкція побудована за двомасовою схемою, яка містить робочий орган, електромагнітний привод та стопорний механізм. Ефект вібраційного переміщення пристрою вздовж вертикальної (шорсткої) труби реалізується за схемою асиметрії першого виду під дією



поздовжніх гармонійних коливань.

Циклове програмування забезпечує автоматичне виконання заданих операцій, зупинку для завантаження і розвантаження, зміну напрямку руху.

**Ключові слова:** вібрація, транспортування, коливання, автоматизація, вібраційний привод, збудувальне зусилля, пересувний пристрій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З метою економії виробничих площ, а також організації транспортування об'єктів по під стелею цеху використовують підвісні транспортувальні системи. З їх допомогою до робочих місць подаються заготовки, а до складальних позицій – готові деталі, а також проводиться завантаження та передача матеріалів і готових виробів. Функціональні можливості підвісних систем не обмежуються внутрішньоцеховим, міжпозиційним і міжверстатним транспортуванням. Одночасно вони використовуються для виконання цілого ряду виробничих операцій, таких як зварювання, фарбування, маркування тощо. Підвісні транспортувальні системи ефективні в обслуговуванні складських приміщень, де завдяки запрограмованому автоматизованому керуванню відбувається адресне складування готової продукції.

Як правило такі підвісні транспортувальні системи можуть бути виконані у вигляді підвісних монорельсових конвеєрних систем, які оснащені вантажними каретками (візками). До їх складу входять пристрої, які забезпечують зміну положення об'єкта по висоті, а також механізми для реалізації маніпуляційних операцій.

Циклове програмування забезпечує автоматичне виконання заданих операцій, вибір раціонального шляху переміщення вздовж траси, зміни напрямку руху, зупинку для завантаження і розвантаження пристроїв та їх взаємне блокування.

Схеми таких систем можуть містити вертикальні, горизонтальні, похилі і криволінійні ділянки, а також її рухомі елементи. Транспортування у вертикальній площині може здійснюватись завдяки робочому елементу такому як стрічка, канат, ланцюг, комбінованого елемента, шнека, труби або ж середовища (повітря, вода) чи використання явища (електромагнітного поля, вібрації). Вибір таких засобів залежить, перш за все, від його виду, технологічного призначення, техніко-економічних показників виробництва. Все це говорить про необхідність займатися даним питанням, тому що навіть незначне покращення цих показників дає у цілому значний економічний ефект.

На підставі проведеного аналізу їх конструкцій та патентного пошуку можна зробити висновки, що робочий процес переміщення вантажів у вертикальній площині, у зв'язку з його широким різноманіттям вибору інженерного вирішення є предметом наукових досліджень.

Альтернативними засобами переміщення у транспортувальних системах можуть бути вібраційні пересувні пристрої, які оснащені вантажною платформою для виробів або ж, наприклад, містити простий маніпулятор. Оскільки вібраційне самопересування технологічних машин є одним із проявів ефекту вібраційного переміщення, тому пристрої побудовані на цьому принципі можуть бути використані у вирішенні поставлених задач. Раціональність їх використання або поєднання з механізмами, побудованими за традиційною схемою, пояснюється спрощенням конструкції, безінерційністю механічної системи та точністю виконання рухів. Аналіз функціонування відомих пристроїв такого типу [1, 2, 3], дозволяє здійснити їх модернізацію та проектувати нові сучасні засоби переміщення.

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є розробка конструктивної схеми, моделювання та реалізація вертикального руху вібраційного пересувного пристрою, а також проаналізувати вплив його режиму роботи на параметри руху.

**Виклад основного матеріалу.** На рис. 1 зображена конструктивна схема вібраційного пересувного пристрою, у якому передбачено наскрізний отвір з метою розміщення його на циліндричній поверхні [4]. Він містить електромагнітний вібраційний привод, якір 3 якого закріплений до платформи, а статор 1 – до основи 2. Між собою вони пов'язані пружними елементами 5, виконаними у вигляді циліндричних пружин та напрямних 6. До основи 2, з протилежної сторони, закріплено стопорний механізм 7, що протидіє опусканню пристрою відносно циліндричної поверхні під дією сили тяжіння.

Слід зауважити, що для зручності дослідження за монорельс приймається круглий профіль (трубу), на якій нанизується вібраційний пересувний пристрій. Дослідимо його переміщення догори вздовж вертикальної труби.

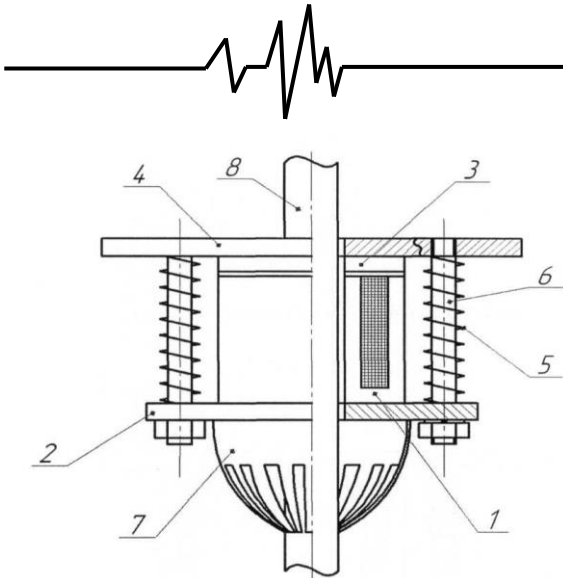


Рис. 1. Вібраційний пересувний пристрій: 1, 3 – статор і яркір електромагнітного вібропривода; 2 – основа; 4 – платформа; 5 – циліндрична пружина; 6 – напрямна; 7 – стопорний механізм; 8 – вертикальна циліндрична поверхня (колона)

Запропонована конструкція побудована за двомасовою схемою, у якій до маси  $m_1$  відноситься основа із закріпленими на ній статором електромагнітного привода та стопорним механізмом, а до маси  $m_2$  – яркір привода з платформою. Завдяки внутрішньому ступеню вільності маса  $m_2$  здійснює коливання відносно маси  $m_1$  і взаємодіє з нею через пружні елементи та напрямні. Ефект вібраційного переміщення пристрою вздовж вертикальної (шорсткої) труби реалізується за схемою асиметрії першого виду під дією поздовжніх гармонійних коливань [1,], згідно з якою під час подачі електричного струму до котушки статора 1 електромагнітного вібраційного привода генеруються прямолінійні коливання ярка 3. Коливальний рух через циліндричні пружини 5 передається на основу 2 та стопорний механізм 7. Оскільки електромагнітний привод працює за однотактною схемою з частотою 50 Гц, то під час одного півперіоду вібраційна сила відриває пристрій від вертикальної циліндричної поверхні 8, зменшує силу нормального тиску на неї, а, отже, і силу тертя, та здійснює його переміщення. Протягом другого півперіоду, коли вібраційна сила відсутня, завдяки роботі і пружним властивостям елементів стопорного механізму 7 та силі тяжіння, зростає сила тертя, яка протидіє рухові пристрою вниз. У результаті такої силової взаємодії та накопичення мікропереміщень системи відбувається направлене догори пересування пристрою та об'єкта, що знаходиться на платформі 4.

Жорсткість пружних елементів, що з'єднують маси 1 і 2, вибирається з умови налаштування механічної системи на білярезонансний режим роботи, що

уможливорює достатньо просто регулювати вібраційну силу та параметри руху.

Конструктивне виконання пристрою може бути достатньо різноманітним: у вигляді пружних елементів, гальмівних, фрикційних, обгінних, ексцентрикових і храпових механізмів тощо. У даному випадку використовується пружна конічна цанга, яка контактує з поверхнею колони. Ефективним засобом реалізації заданої функції на нашу думку було б використання електромагнітного колодкового гальма.

Запишемо диференціальне рівняння руху механічної системи, що складається з двох мас  $m_1$  і  $m_2$ , які взаємодіють між собою через пружні елементи і електромагнітний привод (рис. 2).

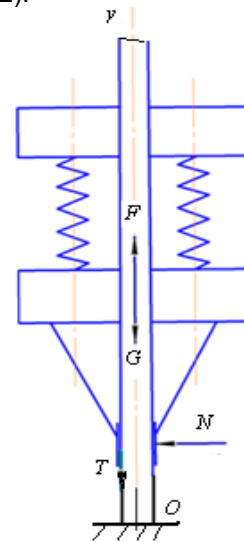


Рис. 2. Розрахункова схема пристрою

Нерухому систему координат поєднуємо з трубою, а вісь  $Oy$  спрямуємо вгору вздовж осі труби:

$$m_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} = c(y_2 - y_1) + F(t) - m_1 g + T; \quad (1)$$

$$m_2 \frac{d^2 y_2}{dt^2} = -c(y_2 - y_1) - F(t) - m_2 g;$$

де  $y_1, y_2$  – абсолютні переміщення вантажів;  
 $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – пришвидшення земного тяжіння;

$c$  – сумарна жорсткість пружин,  $\text{Н/м}$ ;

$F(t)$  – збуджувальна сила;

$$F(t) = \begin{cases} F_0 \sin(pt), & \sin(pt) \geq 0 \\ 0, & \sin(pt) \leq 0 \end{cases}$$

$F_0$  – максимальне значення

збуджувальної сили;

$T$  – реакція взаємодії пристрою з трубою;

$p = 2\pi \cdot 50$  – кругова частота збуджувальної сили.

Зробимо в (1) заміну  $y_2 = y_1 + x - \frac{m_2 g}{c}$ ;

$$m_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} = c x + F(t) - G + T;$$

$$m_2 \frac{d^2 y_2}{dt^2} + m_2 \frac{d^2 x}{dt^2} = -c x - F(t); \quad (2)$$

де  $G = (m_1 + m_2)g$  – загальна вага рухомої частини пристрою;



$x$  – зміщення вантажу  $m_2$  від положення його статичної рівноваги.

Якщо на протязі деякого часу маса  $m_1$  не рухається ( $y_1 = const, \frac{dy}{dt} = 0, \frac{d^2 y_1}{dt^2} = 0$ ), то рух вантажу  $m_2$  описується диференціальним рівнянням

$$m_2 \frac{d^2 x}{dt^2} = -cx - F(t). \quad (3)$$

Якщо  $F(t) > 0$ , то розв'язок рівняння (3) за початкових умов ( $t = t_0, x = x_0, \dot{x} = V_0$ ) матиме вигляд

$$x = A_1 \cos(\omega_2(t - t_0)) + B_1 \sin(\omega_2(t - t_0)) - D_1 \sin(pt); \quad (4)$$

де прийняті наступні позначення:

$$D_1 = \frac{F_0}{m_2(\omega_2^2 - p^2)}; A_1 = D_1 \sin(pt_0) + x_0; B_1 = \frac{V_0}{\omega_2} + D_1 \frac{p}{\omega_2} \cos(pt_0).$$

У випадку, коли  $F(t) = 0$ , розв'язок (3) можна отримати з (4), прийнявши  $F_0 = 0$ , тобто

$$x = x_0 \cos(\omega_2(t - t_0)) + \frac{V_0}{\omega_2} \sin(\omega_2(t - t_0)), \quad (5)$$

де  $\omega_2 = \sqrt{\frac{c}{m_2}}$  – кругова частота власних коливань маси  $m_2$ , рад/с.

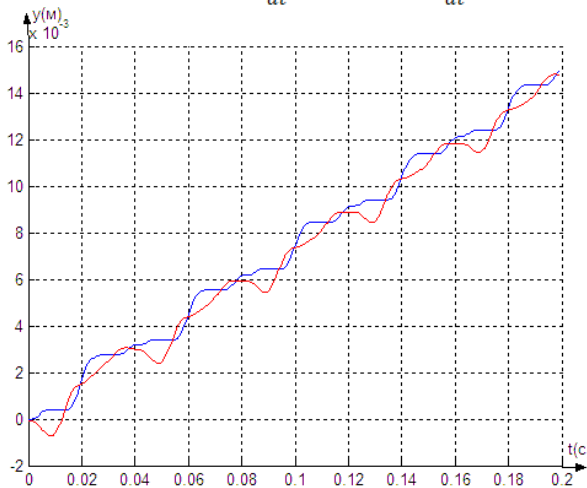
З формули (5), можна знайти швидкість тіла 2

$$\frac{dx}{dt} = -A_1 \omega_2 \sin(\omega_2(t - t_0)) + B_1 \omega_2 \cos(\omega_2(t - t_0)) - D_1 p \cos(pt). \quad (6)$$

Якщо у деякий момент часу  $t = t_1$  сила  $T$  досягає граничного значення  $T < -fN$  ( $f$  – коефіцієнт тертя,  $N$  – нормальна реакція), а відповідно права частина першого рівняння системи (2) задовольнятиме нерівність

$$cx(t_1) + F(t_1) > G + fN, \quad (7)$$

то достатньо розв'язати систему диференціальних рівнянь (2) за початкових умов: ( $t = t_1; y_1 = y_0; \frac{dy}{dt} = y; x = x_1; \frac{dx}{dt} = V_1$ ).



а)

Загальний розв'язок системи рівнянь (2) має вигляд:

$$x = A_2 \cos(\omega(t - t_1)) + B_2 \sin(\omega(t - t_1)) + B \sin(pt) + D$$

$$y_1 = -\frac{\omega_1^2}{\omega^2} (A_2 \cos(\omega(t - t_1)) + B_2 \sin(\omega(t - t_1))) + C_1 + C_2(t - t_1) - \quad (8)$$

$$-\frac{1}{2} \omega_2^2 D(t - t_1)^2 + A \sin(pt);$$

де  $\omega_1 = \sqrt{\frac{c}{m_1}}; \omega = \sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}; D = \frac{G + fN}{m_1 \omega^2};$

$$B = -\frac{F_0}{(\omega^2 - p^2)} \left( \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right); A = -\frac{1}{p^2} \left( \frac{F_0}{m_1} + \omega_1^2 B \right).$$

Взявши похідні за часом від (8), одержуємо формули для розрахунку швидкостей тіл  $m_1$  і  $m_2$ :

$$\frac{dx}{dt} = -A_2 \omega \sin(\omega(t - t_1)) + B_2 \omega \cos(\omega(t - t_1)) + Bp \cos(pt);$$

$$\frac{dy_1}{dt} = -\frac{\omega_1^2}{\omega} (-A_2 \sin(\omega(t - t_1)) + B_2 \cos(\omega(t - t_1))) + C_2 - \quad (9)$$

$$-\omega_2^2 D(t - t_1) + Ap \cos(pt);$$

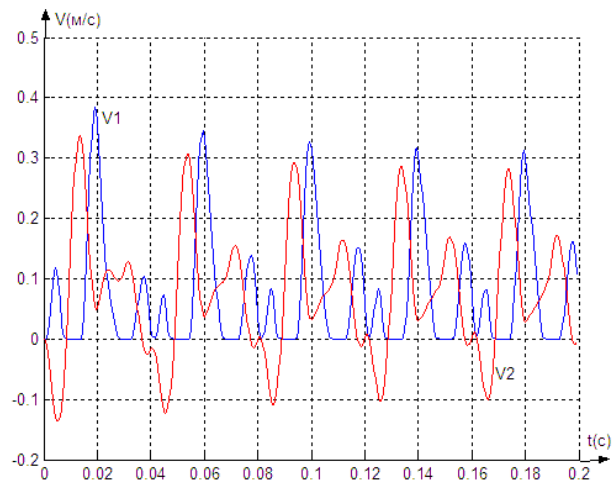
Постійні інтегрування  $A_2, B_2, C_1, C_2$  визначається з системи алгебраїчних рівнянь, складених з урахуванням початкових умов:

$$A_2 = x_1 - B \sin(pt_1) - D; B_2 = \frac{V_1}{\omega} - B \frac{p}{\omega} \cos(pt_1); \quad (10)$$

$$C_1 = \frac{\omega_1^2}{\omega^2} A_2 - A \sin(pt_1) + y_0; C_2 = \frac{\omega_1^2}{\omega} B_2 - Ap \cos(pt_1) + V_y$$

Формули (8), (9) необхідно використовувати до тих пір, поки швидкість маси  $m_1$  додатна  $\frac{dy_1}{dt} > 0$ . Як тільки забезпечиться умова  $\frac{dy_1}{dt} < 0$ , необхідно прийняти  $y_1 = const, \dot{y}_1 = 0, \ddot{y} = 0$  і знову розглядати рух тільки тіла 2.

На рис. 3 представлено діаграми руху мас  $m_1$  та  $m_2$  пристрою.



б)

Рис. 3. Діаграми руху мас вібраційного пересувного пристрою

( $m_1 = 2; m_2 = 4; p = 100\pi$  рад/с;

$f = 0, 25; N = 40$  Н;  $F_0 = 280$  Н;  $c = p^2 m_2 1, 1$  ) :

а – переміщення; б – швидкості



Розглянемо регульоване переміщення пристрою вздовж вертикальної труби вниз під дією сили тяжіння та сили тертя. Для генерування сили тертя використовується електромагнітне гальмо замкнутого типу. Аналогічно до роботи електромагнітного вібропривода, гальмо працює за однотактною схемою із частотою 50 Гц. Під час одного півперіоду сила тертя утримує пристрій на вертикальній циліндричній поверхні, а протягом другого півперіоду вона відсутня або змінює своє значення. У результаті взаємодії сил тяжіння і тертя відбувається регульоване переміщення (ковзання) пристрою вниз (рис. 4).

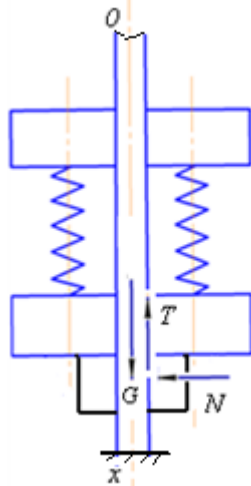


Рис. 4. Розрахункова схема пристрою

Для дослідження руху вниз скеруємо вісь  $Ox$  вертикально додолу вздовж труби. Тоді диференціальне рівняння руху тіла (пристрою) масою  $m$ , на яке діє сила ваги і сила тертя, матиме вигляд

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = mg - fF(t), \quad (11)$$

де  $g$  – пришвидшення земного тяжіння;  
 $f$  – коефіцієнт тертя ковзання;

$$F(t) = \frac{mg}{f} A \sin(pt), \quad \text{при } \sin(pt) > 0 \quad (12)$$

$$F(t) = 0, \quad \text{при } \sin(pt) \leq 0.$$

Підставляючи вираз для сили у рівняння (11) та інтегруючи його за початкових умов  $t=0, x=0, V=V_0+gT/2$  ( $T=2\pi/p$  – період сили  $F$ ), одержимо:

$$V(t) = V_0 + gT/2 + gt - \frac{Ag}{p}(1 - \cos(pt)); \quad (13)$$

За умови  $t = T/2$  швидкість і переміщення матимуть значення:

$$V(T/2) = V_0 + gT - \frac{2Ag}{p};$$

$$x(T/2) = (V_0 + g\frac{T}{2} - \frac{Ag}{p})\frac{T}{2} + g\frac{T^2}{8}. \quad (14)$$

Ці величини будуть початковими значеннями швидкості і переміщення під час інтегрування рівняння (14) у наступному півперіоді, коли  $F(t) = 0$ :

$$V(t) = V_0 + gT - \frac{2Ag}{p} + g(t - \frac{T}{2});$$

$$\frac{T}{2} \leq t \leq T;$$

$$x(t) = (V_0 + g\frac{T}{2} - \frac{Ag}{p})\frac{T}{2} + g\frac{T^2}{8} + (V_0 + gT - \frac{2Ag}{p})(t - \frac{T}{2}) + \frac{g}{2}(t - \frac{T}{2})^2 \quad (15)$$

У кінці періоду ( $t = T$ ) швидкість набуває значення

$$V(T) = V_0 + gT - \frac{2Ag}{p} + g\frac{T}{2}. \quad (16)$$

Будемо вважати, що ця швидкість дорівнює початковій швидкості

$$V(0) = V_0 + g\frac{T}{2}.$$

Це можливо за умови, коли  $A = \pi = 3,14158$ . Тоді переміщення у кінці періоду визначаємо за формулою

$$x(T) = V_0T + g\frac{T^2}{4}, \quad (17)$$

а середня швидкість дорівнюватиме

$$V_{cp} = \frac{x(T)}{T} = V_0 + g\frac{T}{4}. \quad (18)$$

Вибираючи  $V_0$ , можна регулювати як середню швидкість, так і величину переміщення (рис. 5).

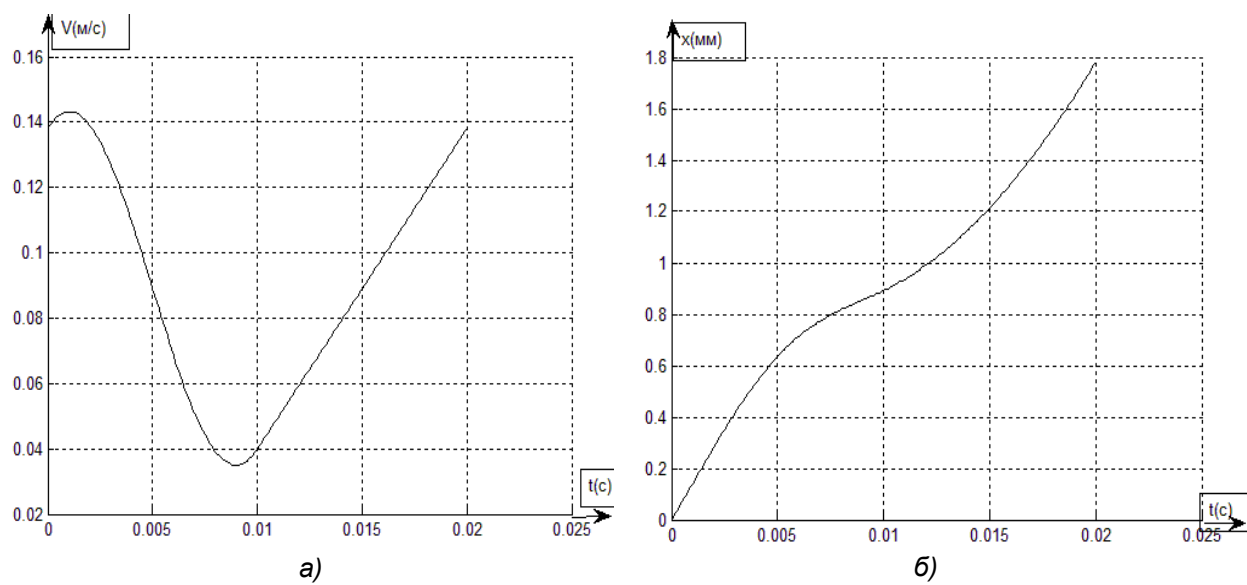
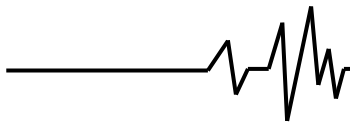


Рис. 5. Діаграми руху мас вібраційного пересувного пристрою  
( $m = 2$  кг;  $p = 100\pi$  рад/с;  $f = 0, 1$ ;  $N = 200$  Н;  $V_0 = 0.04$  м/с):  
а) – швидкості; б) – переміщення

**Висновки.** На перший погляд, розглянутий рух технічних об'єктів у певній мірі можна вважати інноваційним і цікавим, а у принциповому відношенні альтернативним до традиційного. На підставі розробленої теорії вібраційного переміщення, подальше дослідження цього ефекту та розробка різноманітних конструкцій пристроїв дають впевненість, що і вібраційні пересувні пристрої з електромагнітним віброприводом знайдуть своє місце у техніці.

**Список джерел у транслітерації**

1. Коруняк П.С., Малащенко В.О., Ніщенко І.І. Вібраційне пересування по шорсткій поверхні. *Науково-технічний та виробничий журнал: Підйомно-транспортна техніка*. 2017. № 3. С. 33–40.
2. Коруняк П.С. Транспортувальні машини. Основи конструювання і розрахунку вібраційних транспортувальних машин: навч. посіб. Львів : Видавництво «Сполом», 2017. 244 с.
3. Вібраційний пристрій пересування : пат. 121455 Україна : МПК В65J 5/100 П.С. Коруняк, Р.Б. Шеремета, І.М. Малик № u2017 05040; заявл. 24.05.2017, опубл. 11.12.2017, Бюл. № 23.
4. Вертикальний вібраційний пересувний пристрій : пат. 132128. Україна : МПК В25J 5/00. Коруняк П.С., Шеремета Р.Б. № u201809388; заявл. 17.09.2018, опубл. 11.02.2019. Бюл. № 3.

**References**

1. Koruniak P.S., Malashchenko V.O., Nishchenko I.I. Vibratsiine peresuvannya po

shorstkii poverkhni. *Naukovo-tekhnichnyi ta vyrobnychy zhurnal: Pidiomno-transportna tekhnika*. 2017. № 3. S. 33–40.

2. Koruniak P.S. Transportovalni mashyny. *Osnovy konstruiuvannya i rozrakhunku vibratsiinykh transportovalnykh mashyn: navch. posib*. Lviv : Vydavnytstvo «Spolom», 2017. 244 s.

3. Vibratsiinyi prystrii peresuvannya : pat. 121455 Ukraina : MPK B65J 5/100 P.S. Koruniak, R.B. Sheremeta, I.M. Malyk № u2017 05040; zaiavl. 24.05.2017, opubl. 11.12.2017, Biul. № 23.

4. Vertykalnyi vibratsiinyi peresuvnyi prystrii : pat. 132128. Ukraina : MPK V25J 5/00. P.S. Koruniak, R.B. Sheremeta № u201809388; zaiavl. 17.09.2018, opubl. 11.02.2019. Biul. № 3.

**VERTICAL VIBRATING MOVEABLE DEVICE**

*Modern industry is characterized by a high level of automation of technological operations in the production of any product. Thus, in order to save production space, as well as to organize the transportation of objects under the ceiling of the workshop, suspended transportation robotic systems are used. With their help, workpieces are supplied to workplaces, and finished parts to assembly positions, as well as loading and transfer of materials and finished products. First of all, it concerns the electronic and radio-electronic industry.*

*There are a number of transport devices where the cargo flow can move both horizontally, at an angle to the horizon, and vertically. Transportation in the vertical plane can be carried out thanks to a working element such as a belt, rope, chain, combined element, auger, pipe, or a medium (air, water) or a phenomenon (electromagnetic field, vibrations).*



*On the basis of the analysis of their designs and the patent search, it is possible to conclude that the working process of moving goods in the vertical plane, in connection with its wide variety of choosing a design solution, is the subject of scientific research, and the orientation of designers to the modernization of these means of movement, primarily with the aim increasing the efficiency of use, the energy efficiency coefficient and reducing the material consumption of equipment always remains an urgent task of mechanical engineering. The choice of such means depends, first of all, on its type, technological purpose, technical and economic indicators of production. All this indicates the need to deal with this issue, because even a slight improvement of these indicators gives a significant economic effect as a whole.*

*In this work, as a development of alternative means of movement in suspended transport robotic systems, vibrating mobile devices, which can contain a cargo platform with a product or, for example, a simple manipulator, have become. We suggest you familiarize yourself with the results of the device's research in the forward and reverse direction of movement in the*

*vertical plane. For the convenience of the study, a round profile (pipe) is taken as a monorail, on which a mobile vibrating device is strung.*

*The design of the device can be quite diverse: in the form of elastic elements, brake, friction, overtaking, eccentric and ratchet mechanisms, etc. In this case, an elastic conical collet is used, which contacts the surface of the column. An effective means of implementing the given function is the use of an electromagnetic pad brake.*

*The structure is built according to a two-mass scheme, which contains a working body, an electromagnetic drive and a locking mechanism. The effect of vibratory movement of the device along a vertical (rough) pipe is realized according to the asymmetry scheme of the first type under the action of longitudinal harmonic oscillations.*

*Cyclic programming provides automatic execution of specified operations, stopping at loading and unloading positions, changing the direction of movement.*

**Key words:** *vibration, transportation, oscillations, automation, vibration drive, disturbance force, mobile device.*

#### Відомості про авторів

**Коруняк Петро Степанович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри машинобудування Львівського національного університету природокористування (вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Львівський район, Львівська обл., Україна, 80381, e-mail: [petrokoruniak@gmail.com](mailto:petrokoruniak@gmail.com)).

**Шеремета Роман Богданович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри машинобудування Львівського національного університету природокористування (вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Львівський район, Львівська обл., Україна, 80381, e-mail: [romansheremeta@ukr.net](mailto:romansheremeta@ukr.net)).

**Швець Олексій Петрович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри машинобудування Львівського національного університету природокористування (вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Львівський район, Львівська обл., Україна, 80381, e-mail: [shvets2882@gmail.com](mailto:shvets2882@gmail.com)).

**Березовецький Сергій Андрійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри машинобудування Львівського національного університету природокористування (вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Львівський район, Львівська обл., Україна, 80381, e-mail: [siko@email.ua](mailto:siko@email.ua)).

**Koruniak Petro** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D in Engineering), Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering of Lviv National Environmental University (1, V. Velykoho Str., Dublyany, Lviv District, Lviv Region, Ukraine, 80381, e-mail: [petrokoruniak@gmail.com](mailto:petrokoruniak@gmail.com)).

**Sheremeta Roman** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D in Engineering), Senior Lecturer of the Department of Mechanical Engineering of Lviv National Environmental University (1, V. Velykoho Str., Dublyany, Lviv District, Lviv Region, Ukraine, 80381, e-mail: [romansheremeta@ukr.net](mailto:romansheremeta@ukr.net)).

**Shvets Oleksii** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D in Engineering), Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering of Lviv National Environmental University (1, V. Velykoho Str., Dublyany, Lviv District, Lviv Region, Ukraine, 80381, e-mail: [shvets2882@gmail.com](mailto:shvets2882@gmail.com)).

**Berezovetskyi Serhii** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D in Engineering), Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering of Lviv National Environmental University (1, V. Velykoho Str., Dublyany, Lviv District, Lviv Region, Ukraine, 80381, e-mail: [siko@email.ua](mailto:siko@email.ua)).