

## Дослідження механізму для ущільнення бетону та ґрунту в будівництві

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Виконаний розрахунок вібромеханізму з електричним приводом для ущільнення бетону та ґрунту, знайдений закон руху корпусу електродвигуна і тиск механізму на бетон (ґрунт).

**Ключові слова:** вібромеханізм, електричний привід, закон руху корпусу, тиск на ґрунт

### Abstract

Calculated vibrating mechanism with an electric drive for sealing concrete and soil is given the law of motion of the motor body and the mechanism pressure on the concrete (soil).

**Keywords:** vibrating mechanism, electric drive, body motion law, pressure on the ground.

### Вступ

Ущільнення бетону (ґрунту) проводиться з метою збільшення несучої здатності ґрунту, зменшення його стисливості і зниження водопроникності. Ущільнення може бути поверхневим і глибинним. В обох випадках воно здійснюється механізмами.

Метою роботи є знайти для механізму із зміщеним центром ваги закон руху корпусу вібромеханізму і силу з яким він діє на бетон (ґрунт).

### Результати досліджень

Розглянемо рух невільної системи тіл (рис. 1), що приєднана до корпусу вібромеханізму за допомогою системи пружин і до якої входить: електродвигун 1 масою  $m_1$ , однорідні стержні 2 масою  $m_2$  кожний та довжиною  $l$ , матеріальні точки масою  $m_A$ , які знаходяться в точці А ( $OA = (2/3) \cdot l$ ) на стержнях.

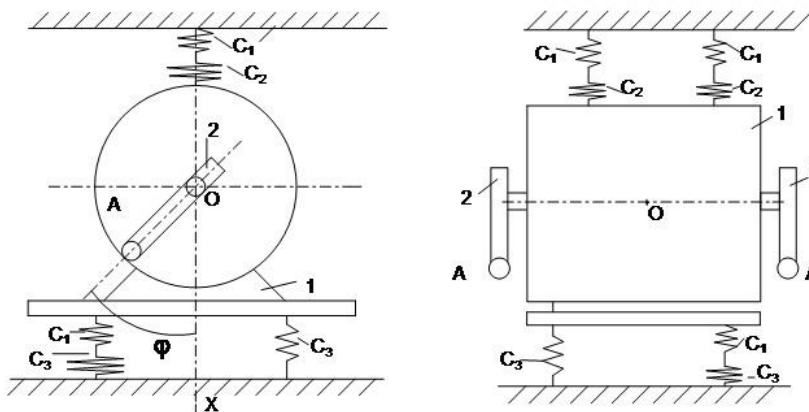


Рис. 1

В початковий момент часу точку О зміщують із положення рівноваги ввєрх на величину  $x_0$  та надають швидкість  $v_0$  вертикально вниз і одночасно ротор електродвигуна починає обертатись із постійною кутовою швидкістю  $\omega = p$  ( $p$  – частота збурю вальної сили) навколо горизонтальної осі, що проходить через точку О.

$$\omega = p = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{c}{m_1 + 2m_2 + 2m_A}}$$

$$\text{де } c = 2C_{12} + 2C_3 + 2C_{13}, \quad C_{12} = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}, \quad C_{13} = \frac{c_1 c_3}{c_1 + c_3}.$$

В процесі руху центр мас  $O$  електродвигуна переміщується із положення статичної рівноваги  $O'$  (рис. 2) на величину  $x$ , а стержні 2 повертаються на кут  $\varphi$  навколо горизонтальної осі.

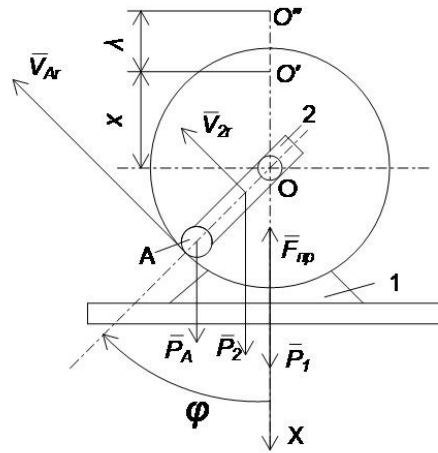


Рис. 2

Для дослідження руху корпусу електродвигуна (рис. ) використаємо принцип Д'Аламбера в проекціях на вісь  $x$ :

$$F_x + R_x + F_x^{in} = 0 \quad (1)$$

де  $F_x = P_1 + 2P_2 + 2P_A$  ( $P_1 = m_1g$ ,  $P_2 = m_2g$ ,  $P_A = m_Ag$ ) – проекція активних сил на вісь  $x$ ;  $R_x = -F_{пр}$  – проекція реакцій в'язей на вісь  $x$ ;  $F_{пр} = C \cdot (x + \lambda)$  – сила пружності;  $\lambda = \frac{P_1 + 2P_2 + 2P_A}{C}$  – статична деформація пружин;  $F_x^{in} = -\frac{dQ_x}{dt}$  – проекція сил інерції на вісь  $x$ .

Проекція головного вектора кількості руху системи  $Q$  на вісь  $x$

$$Q_x = m_1 \dot{x} + 2m_2 V_{2x} + 2m_A V_{Ax} \quad (2)$$

де  $\dot{x}$  – швидкість центра мас електродвигуна 1 (рис. 2),  $V_{2x}$  – проекція швидкості центра мас тіла 2 на вісь  $x$ ;

$V_{Ax}$  – проекція швидкості точок  $A$  на вісь  $x$ .

Використовуючи теорему додавання швидкостей, отримаємо проекцію швидкості точки  $A$  і швидкості центра мас тіла 2 на вісь  $x$  (рис. 2):

$$V_{Ax} = \dot{x} + (\bar{V}_{Ar})_x = \dot{x} - \frac{2}{3} 1\omega \sin \omega t;$$

$$V_{2x} = \dot{x} + (\bar{V}_{2r})_x = \dot{x} - \frac{1}{6} 1\omega \sin \omega t.$$

Тепер формула (2) запишеться в вигляді:

$$Q_x = \dot{x}(m_1 + 2m_2 + 2m_A) - \left(\frac{1}{3}m_2 + \frac{4}{3}m_A\right)1\omega \sin \omega t$$

Підставляючи значення  $Q_x$  в формулу (1), отримаємо диференціальне рівняння:

$$\ddot{x} + k^2x = h_0 \cos \omega t \quad (3)$$

$$\text{де } k^2 = \frac{c}{(m_1 + 2m_2 + 2m_A)}, \quad h_0 = \frac{(m_2 + 4m_A)1\omega^2}{3 \cdot (m_1 + 2m_2 + 2m_A)}.$$

Розв'язок неоднорідного диференціального рівняння (3) складається із загального розв'язку однорідного диференціального рівняння  $\dot{x}_1 + k^2x_1 = 0$ , а саме:

$$x_1 = B_1 \cos kt + B_2 \sin kt \quad (4)$$

та частинного розв'язку  $x_2$  неоднорідного диференціального рівняння (3), яке будемо шукати у вигляді:

$$x_2 = B_3 \cos \omega t \quad (5)$$

Із диференціального рівняння (3) враховуючи (5), знаходимо  $B_3$

$$-\omega^2 B_3 \cos \omega t + k^2 B_3 \cos \omega t = h_0 \cos \omega t, \quad B_3 = \frac{h_0}{k^2 - \omega^2}.$$

Розв'язок неоднорідного диференціального рівняння (3)

$$x = x_1 + x_2 = B_1 \cos(kt) + B_2 \sin(kt) + B_3 \cos(\omega t) \quad (6)$$

Постійні інтегрування  $B_1$  та  $B_2$  визначимо з початкових умов (при  $t = 0$ ;  $x = x_0$ ,  $\dot{x} = v_0$ ), враховуючі, що швидкість  $V$  точки  $O$  (рис. 2):

$$V = \dot{x} = -k \cdot B_1 \sin(kt) + k \cdot B_2 \cos(kt) - B_3 \cdot \omega \sin(\omega t),$$

$$B_1 = x_0 - B_3; \quad B_2 = \frac{v_0}{k};$$

Тепер рівняння (6) руху точки  $O$  електродвигуна запишеться:

$$x = (x_0 - B_3) \cdot \cos(kt) + (v_0/k) \cdot \sin(kt) + B_3 \cdot \cos(\omega t).$$

Якщо початкові умови дорівнюють нулю, то закон руху корпусу електродвигуна буде:

$$x = \frac{h_0}{k^2 - \omega^2} \cdot (\cos(\omega t) - \cos(kt)).$$

Сила з якою вібромеханізм здійснює ущільнення бетону (грунту) знаходиться з виразу:

$$F = C \cdot x + P_1 + 2P_1 + 2P_A.$$

### Висновок

В результаті розрахунків для вібромеханізму з електроприводом знайдений закон руху корпусу електродвигуна вважаючи, що він переміщується поступально, та зусилля з яким вібромеханізм здійснює ущільнення бетону (грунту)

### Список використаної літератури:

1. Теоретична механіка: підручник для студентів вищих навчальних закладів/кол. авторів; за заг. ред. У. В. Кузько. – Харків: Фоліо, 2017. – 780с.
2. Федотов В. О. Аналітична динаміка: Навчальний посібник / В. О. Федотов, О. Д. Панкевич// - Вінниця: ВНТУ, 2008. – 125 с.
3. Приятельчук В. О. Теоретична механіка. Кінематика. Навчальний посібник/ В.О. Приятельчук, В. І. Риндюк, В. О. Федотов// - Вінниця: ВНТУ, 2005. – 108 с.

**Забаштанська Лілія Анатоліївна** – студентка групи Б-166, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [1b16b.zabashtanska@gmail.com](mailto:1b16b.zabashtanska@gmail.com)

**Яцук Наталія Миколаївна** - студентка групи Б-166, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [natalia.yashchh@gmail.com](mailto:natalia.yashchh@gmail.com)

**Кремінська Юлія Олександрівна** - студентка групи Б-166, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [1b16b.kreminska@gmail.com](mailto:1b16b.kreminska@gmail.com)

Науковий керівник : **Федотов Валерій Олександрович** – кандидат технічних наук, професор кафедри опору матеріалів та прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [fedotov\\_va@ukr.net](mailto:fedotov_va@ukr.net)

**Liliya A. Zabashtanska** – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [1b16b.zabashtanska@gmail.com](mailto:1b16b.zabashtanska@gmail.com)

**Nataliya M. Yashchuk** - Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [natalia.yashchh@gmail.com](mailto:natalia.yashchh@gmail.com)

**Yulia O. Kreminska** – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [1b16b.kreminska@gmail.com](mailto:1b16b.kreminska@gmail.com)

Supervisor:

**Valery Fedotov**, Ph.D., Vinnytsia National Technical University, professor of materials resistance and applied mechanics VNTU, Ukraine. e-mail: [fedotov\\_va@ukr.net](mailto:fedotov_va@ukr.net), tel. +380507585509, Ukraine, 21000, Vinnytsya, st. Soldiers Internationalists, 9A, 84.