КНУБА

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКА РАДА ІНЖЕНЕРІВ-БУДІВЕЛЬНИКІВ

БУДІВЕЛЬНА ПАЛАТА УКРАЇНИ

АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО «ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ»

**VII Міжнародна науково-практична конференція**

# «ЕНЕРГООЩАДНІ МАШИНИ І ТЕХНОЛОГІЇ»

**19-20 травня 2026 року**

## Матеріали конференції

**Київ 2026**

# ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВІБРОСТОЛУ З ВАЖІЛЬНИМ ЗАКРІПЛЕННЯМ ВІБРОЗБУДЖУВАЧА ЗА СПРОЩЕНОЮ КІНЕМАТИЧНОЮ МОДЕЛЛЮ

**Юрій Коротич,** доктор філософії, доцент[1] (ORCID: 0000-0002-1961-5318),
**Сергій Жигилій,** доцент, к.т.н., доцент[1] (ORCID: 0000-0001-5829-9226),
[1]Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», проспект Віталія Грицаєнка 24, 36011, Україна

***АНОТАЦІЯ.*** *Розглянуто спрощену кінематичну модель вібраційного столу й для відповідної механічної системи знайдено її кінетичну енергію, без якої неможливо отримати математичну модель руху цієї механічної системи. Зазначена модель моделює реальний оригінальний вібростіл, у якого дебалансний збуджувач коливань закріплено на важелі певної довжини вертикально по центру під віброплитою. При дослідженні були використані методи математичної фізики та фізико-математичне моделювання методами прикладної механіки. В результаті отримано кінетичну енергію вібростолу як суму кінетичних енергій трьох матеріальних тіл у вигляді функціональної залежності від інерціальних і кінематичних характеристик розглянутої механічної системи. В подальшому склавши математичну модель розглянутого віброобладнання, буде проведено відповідне аналітичне дослідження цієї математичної моделі з метою встановлення оптимальних значень конструктивних параметрів вібраційного столу у напрямку покращення його технологічних можливостей.*

***Ключові слова:*** *кінетична енергія; вібростіл; віброзбуджувач; важіль; амплітуда віброколивань.*

**Вступ.** Для з'ясування впливу окремих параметрів розробленого малогабаритного обладнання для віброформування бетонних виробів [1] на рух його робочого органу була складена математична модель цієї механічної системи, чисельний аналіз якої виявився складною та громіздкою задачею. Для вирішення цієї проблеми розглянемо рух спрощеної механічної системи та складемо її математичну модель. Першою дією цього завдання буде визначення кінетичної енергії даної спрощеної механічної системи.

**Аналіз літературних джерел.** У сучасному виробництві для формування бетонних виробів використовують вібраційні машини. Багато досліджень та розробок приділяється питанню виявлення особливостей роботи даних машин, поясненню і застосуванню на практиці ефектів, які виникають під час дії вібрації на механічні системи [2-5], розкриваючи при цьому такі переваги вібраційного обладнання, як висока ефективність ущільнення, простота конструкції, висока надійність та відносно невелика металоємність і енергоємність.

До зазначеного вібраційного обладнання відноситься й оригінальна конструкція вібраційного столу для виготовлення малогабаритних бетонних виробів, у якого відцентровий дебалансний збуджувач коливань закріплено на важелі певної довжини $\ell_{важ.}$ вертикально по центру під плитою вібростолу, яка є його робочим органом. У роботі [6] розглянуто й описано складний просторовий рух відповідної механічної системи й визначено її кінетичну енергію.

**Мета роботи.** Для підтвердження технологічних можливостей конструкції вібростілу з важільним закріпленням віброзбуджувача нами запропоновано розробити його математичну модель, яка б об'єднувала між собою конструктивні і технологічні параметри вібростолу з важільним закріпленням віброзбуджувача, вказуючи їх вплив на амплітуду коливань робочої поверхні віброобладнання. Одержана залежність дозволить проводити математичне моделювання з метою оптимізації перелічених параметрів у напрямку покращення енергозбереження та технологічних можливостей даного вібростолу.

Першим кроком для одержання математичної моделі є визначення кінетичної енергії вібростолу.

**Виклад основного матеріалу.** Вивчаючи роботу та технологічні можливості спроектованого й сконструйованого дослідного зразка вібраційного столу для виготовлення малогабаритних бетонних виробів, візуально й за допомогою відповідних приладів були встановлені всі наявні рухи

складових елементів вібростолу. Виявилося, що його однозначне положення в просторі та реальний дійсний рух визначають сім незалежних між собою параметрів [1], через що механічна система, яка моделює зазначений вібраційний стіл має $s=7$ ступенів вільності, а математична модель цього столу є системою з семи нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку. Чисельний аналіз математичної моделі виявляється надзвичайно складною та громіздкою задачею, в якій важко дослідити вплив усіх (або навіть декількох) параметрів на рух й ефективність досліджуваного зразка.

Для з'ясування загальної тенденції руху плити $1$, яка за суттю є робочим органом вібростолу, та впливу на цей рух довжини $\ell_{важ.}$ важеля $2$ розглянемо рух спрощеної механічної системи.

Спрощена механічна система, що моделює вібраційний стіл для виготовлення малогабаритних бетонних виробів, складається з шести фізичних тіл (рис. 1), кожне з яких рухається в площині $Oyz$, й задача про дослідження руху цієї системи перетворюється на двовимірну ($2D$) задачу.

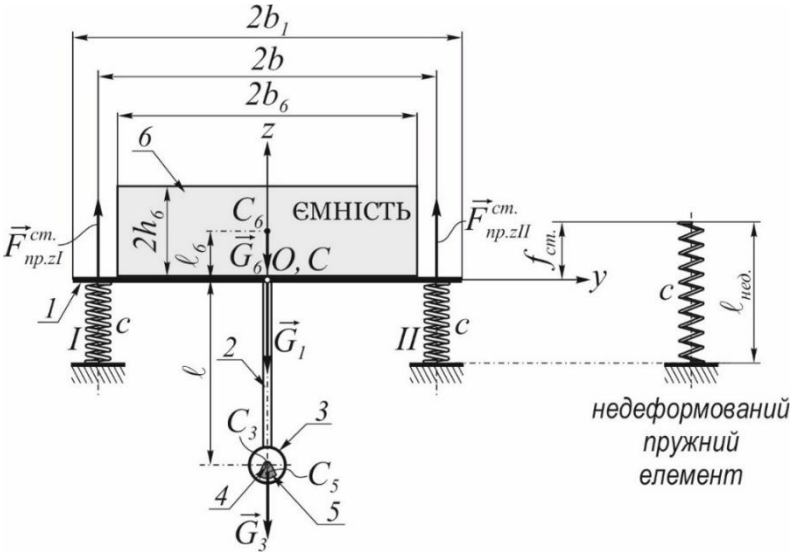


**Рис. 1. Механічна система в положенні статичної рівноваги**

Для розв'язання задачі скористаємось рівняннями Лагранжа другого роду

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}\right)-\frac{\partial T}{\partial q_i}=Q_i,\quad (i=1,2,...,s). \tag{1}$$

Для визначення положення й опису рухів тіл розглядуваної механічної системи застосуємо три системи координат: нерухому $Oyz$ і рухомі $Cy'z'$ та $Cy_1z_1$. Початок відліку $O$ нерухомої системи $Oyz$ пов'яжемо з центром інерції $C$ плити $1$ у положенні статичної рівноваги механічної системи, яке подано на рисунку 1. Початок відліку обох рухомих систем координат рухається разом із точкою $C$; при цьому система $Cy'z'$ рухається поступально, через що її осі лишаються паралельними осям нерухомої системи координат, а система $Cy_1z_1$ жорстко пов'язана з плитою $1$. У положенні статичної рівноваги всі три системи координат співпадають, а при русі механічної системи точка $C$ характеризує рух центра інерції плити у нерухомій системі $Oyz$.

З нескладного аналізу видно, що положення в просторі усіх матеріальних тіл механічної системи, яка моделює вібростіл, однозначно визначають такі незалежні параметри:

- декартові координати $y_C=y_C(t)$ і $z_C=z_C(t)$, які визначають положення центра $C$ інерції плити $1$ в нерухомій системі координат $Oyz$;
- кут $\beta=\beta(t)$, який визначає положення плити $1$ в рухомій системі координат $Cy'z'$.

Таким чином, розглядувана механічна система має $s=3$ ступені вільності, узагальненими координатами є $q_2=y_C$, $q_3=z_C$ і $q_5=\beta$, а узагальненими швидкостями – $\dot{q}_2=\dot{y}_C$, $\dot{q}_3=\dot{z}_C$ і $\dot{q}_5=\dot{\beta}$.

Для наочності й для подальших міркувань уявімо та зобразимо на рисунку 2 кінематичну схему механічної системи у довільний момент часу $t$ так, щоб усі узагальнені координати та кут $\varphi$, який у цю мить визначає положення точки $C_5$, були б додатними, й уважаючи, що у цю мить кожна узагальнена координата збільшується (за такого припущення усі похідні за часом від узагальнених координат також будуть тільки додатними).

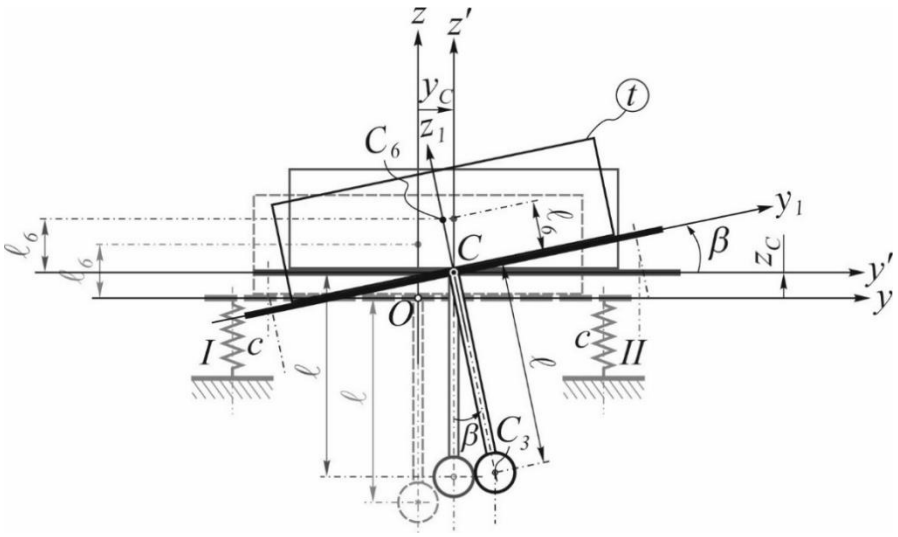


**Рис. 2. Кінематична схема механічної системи**

Оскільки масами важеля $2$ і дебалансного вала $4$ нехтуємо [6], а маса дебаланса $5$ є джерелом енергії, то розглядуване віброобладнання моделюється механічною системою, що складається з трьох матеріальних тіл, кінетична енергія якої

$$T=T_1+T_3+T_6, \tag{2}$$

де $T_1$, $T_3$ і $T_6$ – відповідно кінетичні енергії плити $1$, корпусу $3$ віброзбуджувача і тіла $6$, яким моделюється ємність (форма) разом з завантаженою в неї бетонною сумішшю.

Визначивши відповідні кінетичні енергії

$$T_1=\frac{m_1}{2}\cdot\left(\dot{y}_C^2+\dot{z}_C^2\right)+\frac{m_1\cdot b_1^2}{6}\cdot\dot{\beta}^2, \tag{3}$$

$$T_3=\frac{m_3}{2}\cdot\left(\dot{y}_C^2+\dot{z}_C^2\right)+m_3\cdot\ell\cdot\dot{y}_C\cdot\dot{\beta}\cdot\cos\beta+m_3\cdot\ell\cdot\dot{z}_C\cdot\dot{\beta}\cdot\sin\beta+\frac{m_3\cdot\left(\ell^2+R_3^2\right)}{2}\cdot\dot{\beta}^2, \tag{4}$$

$$T_6=\frac{m_6}{2}\cdot\left(\dot{y}_C^2+\dot{z}_C^2\right)-m_6\cdot h_6\cdot\dot{y}_C\cdot\dot{\beta}\cdot\cos\beta-m_6\cdot h_6\cdot\dot{z}_C\cdot\dot{\beta}\cdot\sin\beta+\frac{m_6\cdot\left(b_6^2+4h_6^2\right)}{6}\cdot\dot{\beta}^2, \tag{5}$$

та підставляючи значення (3), (4) і (5) у формулу (2), дістанемо кінетичну енергію досліджуваного вібраційного столу у вигляді суми п’яти доданків:

$$T=\frac{M\cdot\dot{y}_C^2}{2}+\frac{M\cdot\dot{z}_C^2}{2}+\left(m_3\cdot\ell-m_6\cdot h_6\right)\cdot\dot{y}_C\cdot\dot{\beta}\cdot\cos\beta+\left(m_3\cdot\ell-m_6\cdot h_6\right)\cdot\dot{z}_C\cdot\dot{\beta}\cdot\sin\beta+\frac{1\cdot\dot{\beta}^2}{2}\left(Дж\right),$$

де $M=m_1+m_3+m_6$ – загальна маса вібростолу, рух якого генерує обертання дебалансу $5$ масою $m$; $\mathcal{J}=\dfrac{m_1\cdot b_1^2+3m_3\cdot\left(R_3^2+\ell^2\right)+m_6\cdot\left(b_6^2+4h_6^2\right)}{3}$ – зведений момент інерції рухомої частини

вібростолу відносно осі, що в розглядуваному положенні механічної системи проходить через точку $C$ перпендикулярно до площини розташування системи.

**Висновки.** Обравши спрощену конструктивну схему моделі вібростолу з важільним закріпленням віброзбуджувача та використавши рівняння Лагранжа другого роду, визначена його кінетична енергія. В подальшому, визначивши діючі узагальнені сили, в результаті матимемо можливість скласти математичну модель, яка об'єднає між собою конструктивні та технологічні параметри з важільним закріпленням віброзбуджувача, вказуючи їх вплив на амплітуду коливань робочої поверхні вібростолу.

**Список використаних джерел**


1. Korotych, Y. Y. (2023). *Justification of Parameters of Small-Sized Equipment for Vibroforming Concrete Products.* [Ph.D. dissertation. Poltava National Yuri Kondratyuk University]. Repository of the Yuriy Kondratyuk National University. http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/14134.
2. Nazarenko, I. I. (2007). *Vibration machines and processes of the construction industry*. KNUBA Publ.
3. Nazarenko, I. I., & Ruchinsky, M. M. (2002). *Physical Foundations of Building Materials Mechanics*. Afisha.
4. Nesterenko, M. P., & Molchanov, P.O. (2014). Study of vibrations of plate of oscillation cassette setting as active working organ. In *Problems of energy and nature use 2013* : conference reports materials (pp. 146–151). Budapest.
5. Runova, R. F., Gots, V. I., Nazarenko, I. I., Sivko, V. Y., & Shylyuk, P. S. (2008). *Structural materials of the new generation and technologies of their implementation in construction*. EksOb.
6. Korobko, B., Zhyhylii, S., & Korotych Y. (2022). Determination of the Vibrating Table Kinetic Energy. *Academic Journal Industrial Machine Building, Civil Engineering*, *2*(59), 17–26. DOI: 10.26906/znp.2022.59.3095.


# ANALYSIS OF WAYS TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY FOR TRANSLUCENT STRUCTURES


**Kateryna Pushkarova,** professor, D.Sc.(Tech.), head of the department of building materials[1], (ORCID: 0000-0001-7640-8625),
**Maryna Kochevykh,** associate professor, Ph.D., associate professor[1] (ORCID: 0000-0002-6201-3507),
**Olha Honchar,** associate professor, Ph.D., associate professor[1] (ORCID: 0000-0002-1071- 7553),
**Ivan Semenyuk,** second-level education seeker (master's degree)[1],
[1]*Kyiv National University of Construction and Architecture, Povitrianykh syl Ave 31, 03037, Ukraine*



***ABSTRACT.*** *The features of creating translucent structures are analyzed, taking into account modern requirements for energy efficiency of buildings and structures with minimal total energy consumption for heating, air conditioning and lighting of premises. Ways to increase energy efficiency are considered by improving the designs of double-glazed windows with different numbers of chambers, choosing the optimal distance between the sheets of glass, using special types of glass and the type of gas filling of the chamber, as well as the influence of the thickness and material of the structural profile, installation depth, and type of spacer frames. The positive effect of using "warm" installation with the use of special vapor and waterproofing tapes, as well as structural means of thermal insulation of slopes and warm base profiles has been shown.*



***Keywords:*** *translucent structures, double-glazed window; energy efficiency; heat transfer resistance; low-emission glass; inert gas, window profile system; distance frame; «warm» installation*


**Introduction.** An important task for Ukraine during the post-war reconstruction of destroyed housing and infrastructure facilities is not only to maintain the quality of their construction, but also to comply with the "green principles" specified in the EU directives on energy efficiency and determining economic development and environmental safety [1]. Translucent structures of residential buildings, namely windows, play a key role in shaping the energy efficiency of a building, influencing it both through heat loss and through its inflow. Thermal energy losses through such structures can reach 20...40%. Modern requirements for the energy efficiency of windows have significantly increased and require the installation of more effective translucent structures to reduce heat loss [2].