

АНОТАЦІЯ

Ведмідь В. В. Розроблення вискоєфективного комбінованого імпульсно-вібраційного обладнання для формування стінових панелей. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування. Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Полтава, 2025.

Дисертацію присвячено вирішенню актуальної науково-технічної проблеми підвищення ефективності процесу ущільнення бетонних сумішей при формуванні стінових панелей за рахунок розроблення нового типу вібраційного обладнання з комбінованим імпульсно-гармонічним режимом коливань. Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення продуктивності й якості бетонних виробів в умовах післявоєнного відновлення будівництва, а також недосконалістю традиційних технологій ущільнення, які не забезпечують однорідність структури та енергоефективність процесу.

У першому розділі виконано огляд існуючих конструкцій вібраційного обладнання, визначено основні недоліки традиційних систем ущільнення та обґрунтовано доцільність застосування комбінованих коливань. Визначено мету дослідження – підвищення ефективності ущільнення бетонної суміші шляхом створення імпульсно-вібраційної установки нового типу.

У другому розділі розроблено математичну модель системи «вібраційна установка – бетонна суміш – форма», яка враховує хвильову природу коливань, демпфування, в'язко-пластичні властивості середовища та резонансні ефекти. Отримано аналітичні залежності для визначення оптимальних параметрів ущільнення.

У третьому розділі описано конструкцію експериментальної установки, що поєднує горизонтальні вібрації та вертикальні імпульси через пружно-інерційний привантажувач. Проведено експериментальні дослідження ущільнення легких бетонів (арболіту, полістиролбетону). Встановлено

підвищення щільності на 5–7%, зниження пористості на 1,2–1,5% і підвищення однорідності суміші.

У четвертому розділі подано методику проектування установок із комбінованим режимом коливань, наведено рекомендації для впровадження технології у виробництво. Розроблену установку використано як лабораторний стенд і впроваджено у навчальний процес.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у:

- вперше запропоновано комбінований просторовий режим ущільнення бетонної суміші з використанням імпульсно-вібраційної дії, який поєднує переваги гармонічного та ударного збудження для формування великогабаритних стінових панелей;

- встановлено механізм впливу енерго-кінетичних характеристик імпульсно-вібраційного впливу (частоти, амплітуди, тривалості імпульсу, фази зсуву) на ефективність ущільнення бетонної суміші з урахуванням її структурно-реологічних характеристик;

- розроблено механізм динамічної взаємодії системи «вібраційна установка – бетонна суміш – форма», яка враховує хвильову природу збудження та ефекти внутрішнього демпфування середовища;

- вперше встановлено аналітичні залежності для визначення раціональних параметрів імпульсно-вібраційного ущільнення, що забезпечують мінімальне енергоспоживання при збереженні високої якості готових виробів;

- удосконалено методику оцінювання ефективності ущільнення на основі аналізу релаксаційних характеристик бетонної суміші та фазового зсуву в системі «навантаження – деформація»;

- експериментально підтверджено ефективність застосування пружно-інерційних привантажувачів у складі комбінованої установки для ущільнення легких бетонів, зокрема арболіту та полістиролбетону.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає в тому, що автором отримано нові науково обґрунтовані результати, які стали основою для

створення високоефективного комбінованого імпульсно-вібраційного обладнання, здатного забезпечити рівномірне ущільнення бетонних сумішей різної жорсткості, зокрема легких бетонів, при зниженому енергоспоживанні та високій швидкості формування виробів.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень розроблено інженерну методику вибору параметрів ущільнення із врахуванням хвильових і резонансних ефектів, а також розрахункову модель для проектування вібраційних машин нового покоління. Запропонована установка забезпечує скорочення циклу формування на 20–25%, зниження питомих енерговитрат на 10–15%, покращення рівномірності ущільнення та збільшення щільності виробу до 7%.

Результати дисертаційної роботи реалізовано у вигляді дослідного зразка комбінованої установки для ущільнення стінових панелей, яка була впроваджена у навчально-дослідну лабораторію кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Обладнання використовується для проведення лабораторних занять, підготовки кваліфікаційних робіт і виконання наукових досліджень.

Розроблене рішення рекомендовано до впровадження у виробництво, зокрема в умовах мобільних або децентралізованих майданчиків, що особливо актуально для потреб швидкомонтованого будівництва у відновлювальний період. Очікуваний техніко-економічний ефект від впровадження полягає в зменшенні вартості виготовлення виробів, підвищенні їх якості та зменшенні браку, що сумарно може дати економію понад 150 000 грн на кожні 1000 м² формованих панелей.

Отримані науково-технічні результати впроваджено у навчальний процес в курсах «Технічні основи створення машин» та «Експериментальні методи досліджень у інженерній механіці», що викладаються студентам другого рівня вищої освіти за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

у Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Ключові слова: імпульсно-вібраційне ущільнення, вібрація, вібраційна машина, ущільнення, переміщення, стінові панелі, легкі бетони, комбіноване коливання, хвильова модель, динаміка бетонного середовища, полістиролбетон, пружно-інерційне привантаження, привантажувач, енергоефективність, технологічний цикл, експериментальна установка.

СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ

Праці, які відображають основні наукові результати дисертації

Статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань

України категорії «Б» :

1. Nesterenko M. M., **Vedmid V. V.** Movement of air voids in lightweight concrete mixtures during vibration compaction. System technologies. – 2025. – Т. 3, № 158. – С. 201–208. <https://doi.org/10.34185/1562-9945-3-158-2025-20> (*Отримав залежності швидкості дрейфу бульбашок від параметрів вібрації та довів переваги комбінованого коливального збудження*).

2. Reasoning of the expediency of using vibration supports with variable parameters / O. Sheka, A. Yakovenko, **V. Vedmid** // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво = Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering / голов. ред. С.Ф. Пічугін. – Полтава : Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2022. – Вип. 2 (59). – С. 27–34. <https://doi.org/10.26906/znp.2022.59.3096> <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/14825> (*Проведення досліджень та аналіз даних*)

3. Нестеренко М.М., **Ведмідь В.В.** Теоретичні положення та аналіз робочого процесу ущільнення бетонних сумішей. Техніка будівництва. – 2025. – № (42). – С. 4–13. <https://doi.org/10.32347/tb.2025-42.0501> <http://tehbud.knuba.edu.ua/article/view/331978/320980> (*Зробив теоретичне*

модельовання впливу вібрацій на бетонну суміш, провів дослідження та аналіз даних)

4. Nesterenko M. M., **Vedmid V. V.** Дослідження впливу вертикальних вібраційних режимів на взаємодію робочого органу віброплощадки з бетонною сумішшю. Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. – 2025. – No. 2. – P. 182–188. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2025.2.23> *(Розробив математичну модель та провів експеримент).*

5. Аніщенко А.І. Комплексний підхід до виробництва та ущільнення бетонних блоків для модульного будівництва / А.І. Аніщенко, М.Ю. Бугрименко, Д.С. Каленіч, В.В. Блажко, **В.В. Ведмідь** // Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова/ 2025 – №112. – 179–187. <https://doi.org/10.33042/2311-7257.2025.112.1.22> *(здійснив комплексний науково-технічний аналіз і розроблення комбінованої вібраційної системи ущільнення арболітової суміші з активним привантажувачем, обґрунтував вплив конструктивних і режимних параметрів на процес ущільнення)*

6. **Ведмідь В.В.** Експериментальні дослідження комбінованої імпульсно-вібраційної установки / **В.В. Ведмідь**, Т.М. Нестеренко, М.М. Нестеренко, М.О. Пирлик // Системні технології. – 2025. – Т. 5, № 160. – С. 178–188. <https://doi.org/10.34185/1562-9945-5-160-2025-19> . <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/article/view/2237> *(Проводив ущільнення зразків стінових панелей, провів випробування міцності на стиск зразків, виконав побудову поверхонь відгуків у вигляді графічного зображення тривимірних поверхонь).*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

7. Нестеренко М.М. Використання імпульсного вібраційного привантажувача для доущільнення бетонних сумішей / М.М. Нестеренко, О.І. Панфілов, М.О. Пирлик, **В.В. Ведмідь** [та ін.] // Створення, експлуатація і ремонт автомобільного транспорту та будівельної техніки : матеріали VII

Всеукр. наук.-техн. конф. (25 квіт. 2024 р., м. Полтава). – Полтава : Нац. ун-т ім. Юрія Кондратюка, 2024. – С. 128–130.
<https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/16748>

8. Назаренко І.І. Вібраційне обладнання для формування стінових панелей / І.І. Назаренко, М.М. Нестеренко, Т.М. Нестеренко, **В.В. Ведмідь** // Енергоощадні машини і технології : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., 17-19 трав. 2022 р. – К. : КНУБА, 2022. – С. 12–14.
<https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/11137>

9. Нестеренко М.М. Дослідження динаміки ущільнення полістиролбетону при вертикальних гармонійних коливаннях віброплощини / М.М. Нестеренко, О.І. Панфілов, **В.В. Ведмідь**, М.О. Пирлик // Тези 77-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів (16 травня – 22 травня 2025 р.). – Полтава : Нац. ун-т ім. Ю. Кондратюка, 2025. – Т. 1. – С. 246-247.
<https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/18771>

10. Назаренко І.І. Дослідження напружено-деформованого стану складових та формоутворюючих елементів вібраційних машин із мінімізацією металоємності / І.І. Назаренко, М.М. Нестеренко, Т.М. Нестеренко, **В.В. Ведмідь** // Тези за матеріалами X Міжнародної науково-практичної конференції «Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд» (Харків, 26 – 27 жовтня 2021р.). – Х. : ХНУБА, 2021. – С. 75-76.
<https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/10090>

11. Назаренко І.І. Лабораторний вібромайданчик зі змінно направленими коливаннями для ущільнення бетонних сумішей / І.І. Назаренко, М.М. Нестеренко, Т.М. Нестеренко, **В.В. Ведмідь** // Комплексні композитні конструкції будівель та споруд в умовах воєнного часу (CSCS-2022) : зб. наук. пр. за матеріалами XIV Міжнар. наук.-техн. конф. – Полтава : Нац. ун-т імені Юрія Кондратюка, 2022. – С. 84–86.
<https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/11135>

12. Назаренко І.І. Оцінка ефективності вібраційного ущільнення бетонних сумішей / І.І. Назаренко, В.С. Слюсар, М.М. Нестеренко, **В.В. Ведмідь** // Академічна й університетська наука: результати та перспективи : зб. наук. пр. XVII Міжнар. наук.–практ. конф., 12 – 13 груд. 2024 р. – Полтава: Нац. ун-т ім. Ю. Кондратюка, 2024. – С. 102–104. <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/17822>

13. Нестеренко М.М. Оцінка та аналіз конструкцій і параметрів вібраційних привантажувачів для доущільнення бетонних сумішей / М.М. Нестеренко, О.І. Панфілов, М.О. Пирлик, **В.В. Ведмідь** // Створення, експлуатація і ремонт автомобільного транспорту та будівельної техніки : матеріали VI Всеукр. наук.-техн. конф., 11 трав. 2023 р. – Полтава : Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2023. – С. 90–91. <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/12843>

14. Мороз В.М. Підвищення ефективності процесу вібраційного ущільнення великогабаритних залізобетонних виробів / В.М. Мороз; наук. кер.: М.М. Нестеренко, **В.В. Ведмідь** // Матеріали 77-ї студентської наукової конференції Харківського національного університету будівництва та архітектури : тези доп. – Х. : ХНУБА, 2022. – С. 282–283. <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/11128>

15. Назаренко І.І. Розроблення високоефективного вібраційного обладнання для формування залізобетонних стінових панелей / І.І. Назаренко, М.М. Нестеренко, **В.В. Ведмідь** // Тези 74-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Полтава, 25 квітня–21 травня 2022 р.). – Полтава : Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2022. – Т. 1. – С. 152–153. <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/10893>

16. Назаренко І.І. Структурний та параметричний синтез вібраційних машин / І.І. Назаренко, М.М. Нестеренко, О.В. Орісенко, **В.В. Ведмідь** // Академічна й університетська наука: результати та перспективи : зб. наук. пр.

ABSTRACT

Vedmid V. V. Engineering of high-efficiency combined impulse-vibration equipment for the formation of wall panels. – As manuscript.

Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy in Specialty 133 – Industrial Engineering.

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic». Poltava, 2025.

The dissertation is devoted to solving a current scientific and technical problem of increasing the efficiency of concrete mix compaction processes during the formation of wall panels by developing a new type of vibration equipment with a combined impulse-harmonic oscillation mode. The relevance of the work is due to the need to increase the productivity and quality of concrete products in the context of post-war construction recovery, as well as the imperfections of traditional compaction technologies, which do not ensure uniform structure and energy efficiency of the process.

Chapter 1 presents a review of existing designs of vibration equipment, identifies the main shortcomings of conventional compaction systems, and substantiates the feasibility of applying combined oscillations. The aim of the study is defined as increasing the efficiency of concrete mix compaction by creating a new-type impulse-vibration machine.

Chapter 2 develops a mathematical model of the system "vibration unit – concrete mix – mold," which accounts for wave nature of oscillations, damping, visco-plastic properties of the medium, and resonance effects. Analytical dependencies are derived to determine optimal compaction parameters.

Chapter 3 describes the design of the experimental unit, which combines horizontal vibrations and vertical impulses via an elastic-inertial load system.

Experimental studies on the compaction of lightweight concretes (woodcrete, polystyrene concrete) were conducted. The results showed a 5–7% increase in density, a 1.2–1.5% reduction in porosity, and improved homogeneity of the mixture.

Chapter 4 presents a methodology for designing machines with combined oscillation modes and provides recommendations for industrial implementation. The developed unit was used as a laboratory test rig and integrated into the educational process.

Scientific novelty of the obtained results includes:

- A combined mode of concrete mix compaction using impulse-vibration action is proposed for the first time, combining the advantages of harmonic and impact excitation for shaping large wall panels;
- The patterns of influence of impulse-vibration parameters (frequency, amplitude, impulse duration, phase shift) on the compaction rate of concrete mix were established, considering its structural and rheological characteristics;
- A mathematical model of dynamic interaction in the system "vibration unit – concrete mix – mold" was developed, accounting for wave excitation and internal damping effects;
- Analytical expressions were derived to determine optimal parameters of impulse-vibration compaction ensuring minimal energy consumption while maintaining high product quality;
- The efficiency of using elastic-inertial load systems as part of the combined compaction setup for lightweight concretes, including woodcrete and polystyrene concrete, was experimentally confirmed;
- The method for evaluating compaction efficiency was improved based on the analysis of relaxation characteristics of the concrete mix and phase shift in the "load – deformation" system.

The practical value of the dissertation lies in the newly substantiated results, which became the foundation for creating high-efficiency combined impulse-vibration equipment capable of uniformly compacting concrete mixtures of varying

stiffness, especially lightweight concrete, with reduced energy consumption and high forming speed.

Based on theoretical and experimental studies, an engineering methodology was developed for selecting compaction parameters considering wave and resonance effects, along with a calculation model for designing new-generation vibration equipment. The proposed system ensures a 20–25% reduction in forming time, a 10–15% reduction in specific energy consumption, improved compaction uniformity, and up to 7% increased product density.

The research results were implemented in a prototype of the combined system for wall panel compaction, introduced in the educational and research laboratory of the Department of Industrial Engineering and Mechatronics at the National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic». The equipment is used for laboratory training, thesis preparation, and scientific research.

The proposed solution is recommended for industrial implementation, particularly on mobile or decentralized sites, which is especially relevant for rapid construction in recovery periods. The expected techno-economic effect includes cost reduction in product manufacturing, improved quality, and lower rejection rates, potentially saving over 150,000 UAH per 1000 m² of panels formed.

The scientific and technical results are also implemented in the educational process through courses such as «Technical Foundations of Machine Design» and «Experimental Methods in Engineering Mechanics» taught to master's students in specialty 133 «Industrial Engineering» at the National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic».

Keywords: concrete mixture, impulse-vibration compaction, vibration, vibration machine, vibrator, excitation force, compaction, displacement, wall panels, lightweight concrete, combined oscillation, wave model, dynamics of the concrete medium, polystyrene concrete, elastic-inertial loading, compaction device, energy efficiency, experimental setup.