

## АНОТАЦІЯ

Пирлик Максим Олександрович Обґрунтування параметрів безінерційного привантажувача з автономним вібробуджувачем для доущільнення бетонних сумішей . – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування. Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Полтава, 2026.

Дисертацію присвячено вирішенню актуальної науково-технічної проблеми підвищення ефективності ущільнення бетонних сумішей при формуванні бетонних і залізобетонних виробів шляхом розроблення та обґрунтування параметрів безінерційного привантажувача з автономним вібробуджувачем. Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення якості та однорідності бетонних виробів, скорочення тривалості формувального циклу, зменшення енерговитрат і вдосконалення вібраційного обладнання, яке застосовується для формування виробів, зокрема залізобетонних кілець для інженерних мереж.

У першому розділі виконано аналіз сучасних методів формування та ущільнення бетонних і залізобетонних виробів, розглянуто конструктивні особливості вібраційного обладнання, оцінено існуючі методи розрахунку параметрів вібраційних установок, а також проаналізовано конструкції привантажувачів для доущільнення бетонних сумішей. Встановлено, що для виробів кільцевого типу однією з основних технологічних проблем є нерівномірність ущільнення бетонної суміші по висоті виробу, особливо у верхній його частині.

У другому розділі розроблено математичну модель системи «вібраційна форма – бетонна суміш – безінерційний привантажувач», у якій враховано пружно-дисипативні властивості бетонного середовища, динамічну взаємодію основної форми і привантажувача, а також комбінований вертикально-горизонтальний характер вібраційного впливу. Отримано аналітичні залежності для визначення раціональних параметрів безінерційного

привантажувача, встановлено умови ефективного доущільнення бетонної суміші та сформульовано критерії вибору робочих режимів системи.

У третьому розділі описано конструкцію експериментальної установки для формування бетонних виробів, що включає основну вібраційну форму та безінерційний привантажувач з автономним віброзбуджувачем. Наведено методику планування та проведення експериментальних досліджень, виконано статистичну обробку результатів і оптимізацію параметрів робочого процесу. За результатами експериментів підтверджено ефективність застосування привантажувача для інтенсифікації доущільнення бетонної суміші, підвищення рівномірності ущільнення по висоті виробу та покращення якості сформованих зразків.

У четвертому розділі виконано техніко-технологічне обґрунтування режимів ущільнення, розроблено методику технічного розрахунку установки з безінерційним привантажувачем, наведено результати виробничих випробувань дослідного зразка в умовах ТОВ «Виробниче підприємство Будмеханізація», сформульовано рекомендації щодо подальшого вдосконалення конструкції та виконано розрахунок економічної ефективності впровадження. Встановлено, що використання безінерційного привантажувача з автономним віброзбуджувачем є технічно та економічно доцільним.

**Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що:**

– набули подальшого розвитку конструктивні рішення привантажувачів для доущільнення бетонних сумішей за рахунок використання автономного віброзбуджувача, який забезпечує локальний додатковий динамічний вплив на верхню частину виробу в процесі вібраційного формування.

– розроблено математичну модель системи «вібраційна форма – бетонна суміш – безінерційний привантажувач», яка враховує спільну дію основної вібраційної форми та автономного привантажувача на бетонне середовище;

- встановлено закономірності впливу маси привантажувача, жорсткості пружних елементів, частоти автономного вібробуджувача та параметрів основної вібраційної системи на інтенсивність доущільнення бетонної суміші;
- отримано аналітичні залежності для визначення амплітуд коливань, прискорень і динамічного тиску безінерційного привантажувача на бетонну суміш, що дало змогу обґрунтувати раціональні режими його роботи;
- удосконалено підхід до оцінки ефективності комбінованого ущільнення бетонної суміші за рахунок урахування нерівномірності передавання коливального впливу по висоті виробу та додаткового динамічного навантаження у верхній його зоні;
- дістали подальшого розвитку методи технічного розрахунку вібраційних установок для формування бетонних виробів із використанням додаткових робочих органів локального доущільнення.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що на основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень розроблено конструкцію безінерційного привантажувача з автономним вібробуджувачем, яка може бути використана у складі вібраційних установок для формування бетонних і залізобетонних виробів. Запропоновано методика технічного розрахунку таких установок, що дозволяє визначати їх основні конструктивні та режимні параметри ще на стадії проектування. Розроблене технічне рішення забезпечує покращення рівномірності ущільнення бетонної суміші, зменшення дефектності верхньої зони виробу, скорочення тривалості формувального циклу та підвищення якості готової продукції.

Результати дисертаційної роботи впроваджено у вигляді дослідного зразка безінерційного привантажувача з автономним вібробуджувачем, випробуваного у виробничих умовах КТ «Підприємство „Теплотехбуд“» (м. Полтава). Окремі результати використано у навчальному процесі Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» при викладанні дисциплін, пов'язаних із теорією та проектуванням машин будівельної індустрії.

**Ключові слова:** амплітуда, бетонна суміш, бетонні вироби, вібробуджувач, вібраційна установка, вібрація, вібратор, ущільнення, залізобетонні вироби, динамічна модель, динамічний тиск, дебаланс, енергоефективність, привантажувач.

## **ABSTRACT**

**Pyryk Maksym Oleksandrovysh. Substantiation of Parameters of an Inertia-Free Load Applicator with an Autonomous Vibration Exciter for Additional Compaction of Concrete Mixtures. – Manuscript.**

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Specialty 133 – Industrial Engineering. National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”. Poltava, 2026.

The dissertation is devoted to solving an urgent scientific and technical problem of increasing the efficiency of concrete mixture compaction in the forming of concrete and reinforced concrete products by developing and substantiating the parameters of an inertia-free load applicator with an autonomous vibration exciter. The relevance of the study is обусловлено by the need to improve the quality and homogeneity of concrete products, reduce the duration of the forming cycle, decrease energy consumption, and improve vibration equipment used for product manufacturing, in particular reinforced concrete rings for engineering networks.

The first chapter analyzes modern methods of forming and compacting concrete and reinforced concrete products, considers the design features of vibration equipment, evaluates existing methods for calculating the parameters of vibration installations, and also analyzes the designs of load applicators for additional compaction of concrete mixtures. It is established that for ring-type products one of the main technological problems is the non-uniform compaction of the concrete mixture along the height of the product, especially in its upper part.

The second chapter develops a mathematical model of the system “vibrating mold – concrete mixture – inertia-free load applicator,” which takes into account the elastic-dissipative properties of the concrete medium, the dynamic interaction of the main mold and the load applicator, as well as the combined vertical-horizontal nature of the vibration impact. Analytical dependences are obtained for determining the rational parameters of the inertia-free load applicator, the conditions for effective additional compaction of the concrete mixture are established, and criteria for selecting the operating modes of the system are formulated.

The third chapter describes the design of an experimental installation for forming concrete products, which includes the main vibrating mold and an inertia-free load applicator with an autonomous vibration exciter. The methodology for planning and conducting experimental studies is presented, statistical processing of the results and optimization of the operating process parameters are performed. The experimental results confirm the effectiveness of using the load applicator to intensify the additional compaction of the concrete mixture, increase the uniformity of compaction along the height of the product, and improve the quality of the formed samples.

The fourth chapter provides a technical and technological substantiation of compaction modes, develops a method for the technical calculation of an installation with an inertia-free load applicator, presents the results of industrial tests of the prototype under the conditions of the limited partnership “Enterprise ‘Teplotekhbud’,” formulates recommendations for further improvement of the design, and calculates the economic efficiency of implementation. It is established that the use of an inertia-free load applicator with an autonomous vibration exciter is technically and economically feasible.

**The scientific novelty of the obtained results lies in the following:**

– the design solutions of load applicators for additional compaction of concrete mixtures have been further developed through the use of an autonomous vibration exciter, which provides a local additional dynamic effect on the upper part of the product during vibration forming;

– a mathematical model of the system “vibrating mold – concrete mixture – inertia-free load applicator” has been developed, which takes into account the combined action of the main vibrating mold and the autonomous load applicator on the concrete medium;

– the regularities of the influence of the load applicator mass, the stiffness of elastic elements, the frequency of the autonomous vibration exciter, and the parameters of the main vibration system on the intensity of additional compaction of the concrete mixture have been established;

– analytical dependences have been obtained for determining the oscillation amplitudes, accelerations, and dynamic pressure of the inertia-free load applicator on the concrete mixture, which made it possible to substantiate rational operating modes of the applicator;

– the approach to evaluating the efficiency of combined compaction of the concrete mixture has been improved by taking into account the non-uniform transmission of vibration impact along the product height and the additional dynamic loading in its upper zone;

– methods for the technical calculation of vibration installations for forming concrete products using additional working bodies for local additional compaction have been further developed.

**The practical significance of the obtained results** lies in the fact that, on the basis of the performed theoretical and experimental studies, a design of an inertia-free load applicator with an autonomous vibration exciter has been developed, which can be used as part of vibration installations for forming concrete and reinforced concrete products. A method for the technical calculation of such installations has been proposed, which makes it possible to determine their main design and operating parameters already at the design stage. The developed technical solution provides improved uniformity of concrete mixture compaction, reduced defects in the upper zone of the product, shortened forming cycle duration, and improved quality of finished products.

The results of the dissertation research have been implemented in the form of a prototype inertia-free load applicator with an autonomous vibration exciter, tested under industrial conditions at the limited partnership «Manufacturing enterprise Budmekhanizatsia» (Poltava). Certain results have also been used in the educational process at the National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic” in teaching disciplines related to the theory and design of machines for the construction industry.

**Keywords:** amplitude, concrete mix, concrete products, vibrator, vibration unit, vibration, vibrator, compaction, reinforced concrete products, dynamic model, dynamic pressure, unbalance, energy efficiency, loader.