

АНОТАЦІЯ

Сліпецький В.В. Обґрунтування параметрів віброформуального обладнання для виготовлення бетонних виробів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії технічних за спеціальністю 133 — Галузеве машинобудування. Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2022.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми, яка полягає у розробці науково обґрунтованих методів обґрунтування параметрів віброформуального обладнання, дослідження та розрахунку вібраційної установки, як основної машини досліджуваної системи.

Сучасні тенденції розвитку будівництва формуються на вимогах розробки машин і технологій, які можуть забезпечити мінімізацію витрат енергії з реалізацією високої якості виконання технологічного процесу. Так, у комплекті віброформуального обладнання, до якого зазвичай відносять бетоноукладач, за умови, що на його бункері улаштований збудник коливань, віброущільнюючу установку та можливий вібраційний притискач поверхневого шару суміші. Найбільш важливе місце в цій системі займають вібраційні машини для ущільнення будівельних сумішей. Традиційні машини, як правило, працюють в резонансному режимі із значними витратами енергії на протікання технологічного процесу ущільнення. Використання більш ефективних, енергоощадних режимів, до яких відносяться резонансні, застосування яких стримується відсутністю загальноприйнятих розрахункових моделей. Одним із напрямків вирішення проблеми є розробка методу дослідження робочого процесу системи «робочий орган вібраційної машини і ущільнюючого середовища», створення розрахункової моделі та розробка методики розрахунку основних параметрів резонансної вібраційної установки.

Перший розділ складається із розгляду та аналізу фізики процесу укладання та вібраційного ущільнення бетонних сумішей, огляду будови

конструкцій віброформувального обладнання, в тому числі віброплощадок і віброустановок. Зазначено, що бетоноукладачі здійснюють процес укладки бетонної суміші у форму і забезпечують свою основну роботу, а віромайданчики та установки не в повній мірі. Із використанням критеріїв оцінки визначено недоліки і переваги існуючих конструктивних особливостей та параметрів віброустановок різних режимів роботи. Здійснено аналіз існуючих режимів і параметрів ущільнення бетонних сумішей та методів їх визначення. Визначений стан проблеми став обґрунтуванням мети роботи, для досягнення якої визначені задачі дисертаційного дослідження.

У другому розділі обґрунтована та вибрана розрахункова модель віброустановки із урахуванням взаємодії із бетонною сумішшю, яка в рівняннях руху представлена у вигляді хвильових коефіцієнтів, що дозволило спростити рівняння і адекватно відобразити реальний робочий процес. Здійсненими теоретичними дослідженнями встановлені закономірності руху динамічної системи «резонансна вібраційна установка – бетонна суміш», що відкрило можливість створити передумови для розробки методів розрахунку основних параметрів. Результатами досліджень виявлено наявність різних за формою та числовими значеннями амплітуд коливань по площі вібраційної установки з багато режимним спектром коливань. Отримано новий результат за яким складна форма коливань є ефективним методом прискореного ущільнення бетонних сумішей. Досягнутий результат реалізується розташуванням дебалансів під певним кутом на кожному окремо взятому вібраційному блоку. Внаслідок цього очікується зменшення енерговитрат на 30 %, а процес формування бетонного виробу зменшується на 20 %. Наявність різних форм поліфазного спектру підтверджується формами коливань та розподілом амплітуд коливань поверхні форми по довжині конструкції за один період коливань. Використання таких ефектів визначається габаритними розмірами виробу у плані та його висотою. А це впливає не тільки на фазове розвертання дебалансів по центральній осі віброустановки, а і за величиною статичного моменту дебалансів.

У третьому розділі експериментально досліджено вплив характеристик віброустановки та бетонної суміші на здатність забезпечення біля резонансного режиму та допустимих меж стійкості в такому режимі. Здійснено проведення комп'ютерного експерименту для оцінки багато режимного процесу, реалізованого на віброустановці зі зміною фазових кутів. Для визначення пружно – інерційних та дисипативних параметрів віброустановки бетонної суміші використано фазовий метод в режимі сталих та згасаючих коливань. В рамках виконаних експериментальних досліджень коефіцієнт поглинання енергії змінюється в межах 0,04-0,20, залежить від амплітуди відносної деформації, складу бетонної суміші і за характером зміни не залежить від частоти коливань. Порівняння експериментальних та теоретичних значень за параметрами процесу коливань засвідчують, що їх розбіжність знаходиться в межах 11...15% в резонансній зоні роботи віброустановки.

У четвертому розділі приведені основні положення **обґрунтування параметрів віброформувального обладнання для виготовлення бетонних виробів**, в тому числі вибору режимів та параметрів вібраційної установки. Розроблені алгоритми вибору та методики розрахунків параметрів віброустановок з гармонійними, багато режимними та віброударних резонансних вібраційних установок.

Ключові слова: віброформувальне обладнання, резонансна віброустановка, ущільнення, бетонна суміш, параметри, амплітуда, частота, коливання, режими, вдосконалення, дослідження, рівняння руху, пружні, дисипативні властивості, алгоритм, методика.

ABSTRACT

Slipetsky V.V. Substantiation of parameters of vibroforming equipment for the manufacture of concrete products. - On the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering, specialty 133 - Industrial Engineering. Kyiv National University of Construction and Architecture. Kyiv, 2022.

The dissertation is devoted to solving an urgent scientific and applied problem, which consists in the development of scientifically sound methods for substantiating the parameters of vibroforming equipment, research and calculation of the vibrating installation as the main machine of the studied system.

Modern trends in the development of construction are formed on the requirements of the development of machines and technologies that can ensure minimization of energy consumption with the implementation of high quality of the technological process. Thus, in the set of vibroforming equipment, which usually includes a concrete paver, provided that its hopper is equipped with an oscillation exciter, a vibration compaction unit and a possible vibration clamp of the surface layer of the mixture. The most important place in this system is occupied by vibratory machines for compaction of building mixtures. Traditional machines usually operate in resonance mode with significant energy consumption for the compaction process. The use of more efficient, energy-saving modes, which include resonant, the use of which is constrained by the lack of generally accepted calculation models. One of the ways of solving the problem is to develop a method for studying the working process of the system "working body of the vibrating machine and the sealing medium", creating a calculation model and developing a method for calculating the main parameters of the resonant vibrating installation.

The first section consists of a review and analysis of the physics of the process of laying and vibration compaction of concrete mixtures, a review of the structure of the structures of vibroforming equipment, including vibroplatforms and vibroinstallations.

It is noted that concrete pavers carry out the process of laying the concrete mixture in the form and provide their main work, and vibration sites and installations do not fully. Using the evaluation criteria, the disadvantages and advantages of the existing design features and parameters of vibratory installations of different modes of operation are determined. The analysis of existing modes and parameters of compaction of concrete mixtures and methods of their determination was carried

out. The determined state of the problem became the justification of the purpose of the work, for which the tasks of the dissertation research are defined.

In the second section, the calculation model of the vibratory installation is substantiated and selected, taking into account the interaction with the concrete mixture, which is represented in the equations of motion in the form of wave coefficients, which made it possible to simplify the equations and adequately reflect the real work process. Theoretical studies have established the laws of motion of the dynamic system "resonant vibration installation - concrete mixture", which opened the possibility to create prerequisites for the development of methods for calculating the main parameters. The results of the research revealed the presence of different in shape and numerical values of the amplitudes of oscillations over the area of the vibrating installation with a multi-mode spectrum of oscillations. A new result is obtained according to which the complex form of oscillations is an effective method of accelerated compaction of concrete mixtures. The achieved result is realized by the arrangement of unbalances at a certain angle on each individual vibrating block. As a result, it is expected to reduce energy consumption by 30%, and the process of forming a concrete product is reduced by 20%. The presence of different forms of the polyphase spectrum is confirmed by the forms of oscillations and the distribution of the amplitudes of oscillations of the mold surface along the length of the structure for one period of oscillations. The use of such effects is determined by the overall dimensions of the product in plan and its height. And this affects not only the phase rotation of the unbalances along the central axis of the vibration installation, but also the value of the static moment of the unbalances.

In the third section, the influence of the characteristics of the vibration installation and concrete mixture on the ability to provide near resonance mode and the permissible limits of stability in this mode is experimentally investigated. A computer experiment was carried out to evaluate the multi-mode process implemented on the vibration installation with a change in phase angles. To determine the elastic-inertial and dissipative parameters of the concrete mixture vibroinstallation, the phase method was used in the mode of steady and damped

oscillations. In the framework of the experimental studies performed, the energy absorption coefficient varies within 0.04-0.20, depends on the amplitude of relative deformation, the composition of the concrete mixture and does not depend on the nature of the change in the frequency of oscillations. Comparison of experimental and theoretical values for the parameters of the vibration process shows that their discrepancy is within 11...15% in the resonance zone of the vibration installation.

The fourth section presents the main provisions of substantiation of the parameters of vibroforming equipment for the manufacture of concrete products, including the choice of modes and parameters of the vibration installation. The algorithms of selection and methods of calculations of parameters of vibrating plants with harmonic, multi-mode and vibration-impact resonant vibrating plants are developed.

Keywords: vibroforming equipment, resonant vibratory installation, compaction, concrete mixture, parameters, amplitude, frequency, oscillations, modes, improvement, research, equations of motion, elastic, dissipative properties, algorithm, technique.

СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ

Праці, які відображають основні наукові результати дисертації
Наукові праці, які мають імпакт-фактор (Scopus, Web of Science):

1. Ivan Nazarenko, Anatoly Svidersky, Alexandr Kostenyuk, Oleg Dedov, Nikolai Kyzminec, Volodymyr Slipetskyi. Determination of the workflow of energy-saving vibration unit with polyphase spectrum of vibrations. EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol 1, No 7 (103). P. 43–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.0.184632> *(побудовані графіки зміни параметрів резонансної установки)*
2. Ivan Nazarenko, Oleg Dedov, Iryna Bernyk, Ivan Rogovskii, Andrii Bondarenk, Andrii Zapryvoda, Volodymyr Slipetskyi, Liudmyla Titova. Determining the regions of stability in the motion regimes and parameters of vibratory machines for different technological purposes. Eastern-European Journal of Enterprise

- Technologies. 2020. Vol 6, No 7 (108). P. 71–79.
<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217747> (розраховано області стійкості режимів руху вібраційних машин)
3. I. Nazarenko, O. Dedov, A. Bondarenko, A. Zapryvoda, M. Kyzmines, M. Nazarenko, M. Ruchynskiyi, A. Svidersky, V. Slipetsky. Study of technical systems of materials compaction process. Dynamic processes in technological technical systems, 2021, pp. 77–93.<https://doi: 10.15587/978-617-7319-49-7.ch5>(здійснено розрахунок параметрів робочого процесу ущільнення суміші)
 4. Nazarenko, O. Dedov, M. Delembovskyi, Ye. Mishchuk, M. Nesterenko, I. Zalisko, V. Slipetsky Research of stress-strain state of elements of technological technical constructions. Dynamic processes in technological technical systems, 2021, <https://doi: 10.15587/978-617-7319-49-7.ch5> pp. 140–179(здійснено розрахунок та будова графіків).
- Публікації в наукових фахових виданнях України*
5. Ivan Nazarenko, Volodymyr Slipetskyi. Development of the organizational principles of formation of the optimal diagram and parameters of vibration system / Technology audit and production reserves. 2019, Vol 5/1 (49). P. 29-31 <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.183874> (розроблена структурна схема ознак параметрів вібраційної машини і середовища та визначені оптимальні значення амплітуд коливань)
 6. Ivan Nazarenko, Volodymyr Slipetskyi. Analysis and synthesis of creation of vibration machines with an estimation of their efficiency and reliability / Technology audit and production reserves 6 (1 (50)). 2019, Vol 6/1 (50). P. 29-31 (за критеріїв здійснено параметричний синтез робочого процесу вібромашин)

Публікації в наукових іноземних виданнях

7. Ivan Nazarenko, Volodimir Slipetskyu. Study of Dynamics and Determine the Operating Parameters Two-Masses Resonant Vibration Machines for Sealing Mortars TEKA. QUARTERLY JOURNAL OF AGRI-FOOD INDUSTRY. Lublin-Rzeszow. 2019. Vol. 19. No 1. 101–106. (*вирішені рівняння руху та побудовані графіки*)
8. Ivan Nazarenko, Andriy Bondarenko, Andriy Zapryvoda, Volodymyr Slipetskyi. IDENTIFICATION OF VIBRATING MACHINES AND CONTROL OF THEIR WORK PROCESS. TEKA. QUARTERLY JOURNAL OF AGRI-FOOD INDUSTRY – 2020, Vol. 20, No. 3, 71-78 (*складені рівняння руху системи та визначені амплітуди та частоти коливань*)

Матеріали і тези наукових доповідей міжнародних конференцій

9. Назаренко І.І, Дєдов О.П., Ручинський М.М., Свідерський А.Т., Сліпецький В.В. Ефективність використання різних типів збудників коливань в машинах технологічного призначення. Тези доповіді, I-ої Міжнародної науково-технічної конференції “Перспективи розвитку машинобудування та транспорту”. – Вінниця: ТД Едельвейс і К, 2019. С. 256-259 .
10. Назаренко І.І, Дєдов О.П., Ручинський М.М., Свідерський А.Т., Сліпецький В.В, Визначення раціональних режимів і параметрів віброустановки з складним характером руху. XXIV міжнародна науково-технічна конференція “Гідроаеромеханіка в інженерній практиці”. 2019. – К.: КПІ, С.192-194.
11. Назаренко І.І, Сліпецький В.В. , Слюсар В.С Обґрунтування створення системи управління зміною параметрів вібраційної установки в процесі ущільнення бетонної суміші VII міжнародна науково-практична конференція «Управління розвитком технологій».–К. : КНУБА, 2020. С.107-108.
12. Русан І.В., Сліпецький В.В. Дослідження режимів та параметрів резонансної вібраційної машини для виробництва плоских плит. XXVI міжнародна науково-технічна конференція “Гідроаеромеханіка в інженерній практиці”. – К.: КПІ, 2021. С.276-278.

13. Назаренко І.І., Нестеренко М.М., Сліпецький В.В. Експериментальні дослідження параметрів вібраційної установки. Матеріали ІV Всеукраїнської науково-технічної конференції «Створення, експлуатація і ремонт автомобільного транспорту та будівельної техніки». – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». – 2020. – С. 3.