

АНОТАЦІЯ

Кулай В. П. Обґрунтування робочих процесів обладнання для приготування ніздрюватих бетонів. – На правах рукопису.

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

Дисертаційне дослідження спрямоване на вирішення актуальної науково-технічної задачі зі зниження енерговитрат у процесі приготування ніздрюватих бетонів у змішувачах примусової дії шляхом визначення геометричних параметрів робочого органу та обґрунтування раціональних конструктивних і кінематичних параметрів змішувальної установки з урахуванням силової взаємодії робочих органів із розчинною сумішшю та умов формування однорідної структури матеріалу. На основі отриманих результатів розроблено та випробувано змішувальну установку примусової дії, визначено її техніко-економічну ефективність і практичну доцільність впровадження у будівельне виробництво.

У першому розділі виконано огляд сучасного стану науково-технічних рішень для приготування будівельних сумішей, а саме ніздрюватих бетонів. Розглянуто роль процесу змішування у формуванні структури та фізико-механічних властивостей бетонних і розчинних сумішей. Проведено класифікацію змішувачів за принципом дії, режимом роботи та конструктивними ознаками, проаналізовано переваги й недоліки змішувальних установок. Приділено увагу змішувачам примусової дії як найбільш перспективним для приготування ніздрюватих бетонів в умовах малого виробництва та на будівельному майданчику. Проаналізовано науковий внесок провідних науковців у галузі змішування та установок для виробництва будівельних матеріалів. Сформульовано мету та основні завдання дисертаційної роботи, обґрунтовано її актуальність і доцільність подальших теоретичних та експериментальних досліджень.

У другому розділі наведено теоретичне обґрунтування робочих процесів і режимів роботи установки для приготування ніздрюватих бетонів з вертикально розміщеним валом. На основі аналізу конструкції змішувальної установки та принципу дії сформовано кінематичну схему та визначено основні елементи, які входять до складу установки. Виконано аналіз взаємодії робочих органів із розчинною сумішшю. Встановлено дію основних сил, що виникають у процесі змішування. Обґрунтовано вплив геометричної форми лопатей на величину опору руху в розчинній суміші та запропоновано критерії для порівняльної оцінки різних профілів робочих органів. Розроблено математичну залежність для визначення потужності, що витрачається на перемішування частинок у робочому об'ємі змішувача. Отримано математичні залежності, котрі враховують витрати енергії на підтримку швидкісного режиму суміші у зоні вихрового потоку та на подолання сил опору при взаємодії лопатей із матеріалом.

У третьому розділі представлені експериментальні дослідження робочих процесів установки для приготування ніздрюватих бетонів. Для проведення експериментальних досліджень було створено установку для приготування ніздрюватих бетонів з вертикально розміщеним валом, яка має в комплекті змінні робочі лопаті різної конфігурації. На першому етапі приділено увагу впливу геометричних параметрів робочого органу на лобовий опір лопаті установки. Виконано ряд дослідів для кожного робочого органу, який має різну форму лопаті (у формі прямокутного перерізу, у формі умовно трикутного перерізу, у формі круглого перерізу) змішувальної установки для визначення витрат електричної енергії. Проведено трифакторний експеримент з виведенням функціональної залежності для кожного робочого органу, який має різну форму лопаті, що описує вплив параметрів (часу перемішування, частоти обертання робочого органу та рухливість суміші) на енерговитрати установки для приготування ніздрюватих бетонів. Проведено аналіз енергетичної ефективності установки

на основі експериментально отриманих даних та визначено закономірності зміни сил опору та споживаної потужності залежно від форми лопатей та режимів роботи. Проведено експериментальні дослідження з метою перевірки міцності готових бетонних виробів “зразків-кубів” виготовлених установкою для приготування ніздрюватих бетонів відповідності до ДСТУ Б В.2.7-45:2010.

У четвертому розділі наведено результати впровадження розробленої установки для приготування ніздрюватих бетонів УдПНБ-100 в умовах виробництва і проведено оцінку її техніко-економічної ефективності. Детально описано конструктивні особливості установки, принцип її роботи та наведені основні технічні характеристики, що підтверджують відповідність устаткування вимогам сучасного будівельного виробництва. Наведена методика розрахунку конструктивних параметрів змішувальної установки, що базується на теоретичних та експериментальних дослідженнях. Наведені результати виробничих випробувань дослідного зразка в реальних умовах будівельного майданчика на підприємстві ТОВ «АСФЕР ГРУП» та ТОВ «ПРИМУМ АКТИВ», які підтвердили працездатність, надійність та універсальність установки при приготуванні ніздрюватих бетонів та фібробетонів. Запропоновані рекомендації щодо подальшого вдосконалення конструкції установки з урахуванням підвищення продуктивності, зменшення матеріалоємності і розширення функціональних можливостей.

Ключові слова: бетонозмішувач з вертикальним валом, потужність приводу, математичне моделювання змішувача, енергоефективність, робочий орган, лопать, змішування, змішувач примусової дії, енергія руху суміші, ніздрюватий бетон, кінематика руху частинок, лобовий опір, бетонна суміш, будівельний розчин, змішувальне обладнання, технологічні режими приготування, малогабаритність, однорідність суміші, продуктивність, активний робочий орган, кут атаки лопаті.

ABSTRACT

Kulai V. P. Justification of working processes of equipment for the preparation of cellular concrete. - On the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy. Specialty 133: Mechanical Engineering. National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic". Poltava, 2026.

The dissertation research is aimed at solving the actual scientific and technical problem of reducing energy consumption in the process of preparing cellular concrete in forced action mixers by determining the geometric parameters of the working body and substantiating the rational structural and kinematic parameters of the mixing plant, taking into account the force interaction of the working bodies with the soluble mixture and the conditions of formation of a homogeneous structure of the material. On the basis of the obtained results, a mixing plant of forced action was developed and tested, its technical and economic efficiency and practical feasibility of implementation in construction production were determined.

In the first chapter, an overview of the current state of scientific and technical solutions for the preparation of construction mixtures, namely cellular concrete, was carried out. The role of the mixing process in the formation of the structure and physical and mechanical properties of concrete and soluble mixtures is considered. The classification of mixers according to the principle of operation, mode of operation and design features was carried out, the advantages and disadvantages of mixing plants were analyzed. Attention is paid to forced action mixers as the most promising for the preparation of cellular concrete in conditions of small production and on the construction site. The scientific contribution of leading scientists in the field of mixing and installations for the production of building materials was analyzed. The purpose and main tasks of the dissertation work are formulated, its relevance and expediency of further theoretical and experimental research are substantiated.

The second chapter provides a theoretical justification of the working processes and operating modes of the installation for the preparation of cellular concrete with a vertically placed shaft. Based on the analysis of the design of the mixing plant and the principle of operation, a kinematic scheme was formed and the main elements that are part of the plant were determined. An analysis of the interaction of working bodies with the soluble mixture was performed. The action of the main forces arising in the mixing process has been established. The influence of the geometric shape of the blades on the amount of resistance to movement in the soluble mixture is substantiated, and criteria for the comparative assessment of different profiles of working bodies are proposed. A mathematical relationship has been developed to determine the power used to mix particles in the working volume of the mixer. Mathematical dependences were obtained that take into account energy costs for maintaining the speed regime of the mixture in the zone of vortex flow and for overcoming resistance forces during the interaction of the blades with the material.

The third section presents experimental studies of the working processes of the unit for preparing cellular concrete. For experimental studies, a unit for preparing cellular concrete with a vertically placed shaft was created, which is equipped with replaceable working blades of various configurations. At the first stage, attention was paid to the influence of the geometric parameters of the working body on the frontal resistance of the blade of the unit. A number of experiments were performed for each working body that has a different blade shape (in the form of a rectangular section, in the form of a conditionally triangular section, in the form of a circular section) of the mixing unit to determine the electrical energy consumption. A three-factor experiment was conducted with the derivation of a functional dependence for each working body that has a different blade shape, which describes the influence of parameters (mixing time, working body rotation frequency and mixture mobility) on the energy consumption of the unit for preparing cellular concrete. An analysis of the energy efficiency of the

installation was carried out based on experimentally obtained data and the patterns of changes in resistance forces and power consumption were determined depending on the shape of the blades and operating modes. Experimental studies were carried out to check the strength of finished concrete products "cube samples" manufactured by the installation for the preparation of cellular concrete in accordance with DSTU B V.2.7-45:2010.

The fourth section presents the results of the implementation of the developed installation for the preparation of cellular concrete UdPNB-100 in production conditions and an assessment of its technical and economic efficiency. The design features of the installation, the principle of its operation are described in detail and the main technical characteristics are given, confirming the compliance of the equipment with the requirements of modern construction production. The methodology for calculating the design parameters of the mixing installation, based on theoretical and experimental studies, is presented. The results of production tests of the prototype in real conditions of the construction site at the enterprises of TOV «ASFER HRUP» and TOV «PRIMUM AKTYV», which confirmed the operability, reliability and versatility of the installation in the preparation of cellular concrete and fiber concrete, are presented. Recommendations are proposed for further improvement of the installation design taking into account increased productivity, reduced material consumption and expanded functionality.

Keywords: concrete mixer with vertical shaft, drive power, mathematical modeling of the mixer, energy efficiency, working body, blade, mixing, forced action mixer, energy of movement of the mixture, cellular concrete, kinematics of movement of particles, frontal resistance, concrete mixture, mortar, mixing equipment, technological modes of preparation, small size, homogeneity of the mixture, productivity, active working body, blade angle of attack.