

АНОТАЦІЯ

Кузуб Ю.О. Обґрунтування параметрів розчинозмішувача з приводом від валу трансмісії мотоблока. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

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

Підвищення ефективності приготування будівельних розчинів набуває особливого значення за відсутності стаціонарного електропостачання, обмежених енергетичних ресурсів та необхідності виконання робіт у маломасштабному будівництві. Використання змішувачів з електроприводом у таких умовах супроводжується підвищеними енерговитратами, збільшенням тривалості підготовчих операцій і зниженням мобільності технологічного обладнання.

Аналіз існуючих конструкцій розчинозмішувачів показав, що більшість із них орієнтовані на використання стаціонарних джерел енергії та недостатньо пристосовані до роботи в польових умовах. Одним із перспективних напрямів удосконалення змішувального обладнання є застосування механічного привода від вала трансмісії мотоблока, що забезпечує автономну роботу змішувача зі збереженням необхідних технологічних показників.

У дисертаційній роботі розв'язано актуальну науково-технічну задачу обґрунтування параметрів роботи розчинозмішувача з приводом від вала трансмісії мотоблока. Одержано аналітичні залежності для визначення кінематичних та енергетичних параметрів змішування з урахуванням передавання крутного моменту від трансмісії мобільного енергетичного засобу до змішувального органа. Запропоновано стохастичний підхід до оцінювання однорідності розчинної суміші, який дає змогу визначати раціональну тривалість змішування та частоту обертання робочого органа.

Експериментально встановлено, що раціональними параметрами роботи розчинозмішувача є коефіцієнт заповнення робочого об'єму 0,6–0,7 та частота обертання змішувального вала 35–40 об/хв, за яких досягаються найвища ефективність перемішування й необхідна однорідність цементно-піщаних розчинів. Підтверджено можливість ефективної роботи обладнання без використання зовнішніх джерел електроенергії.

Встановлено, що використання розробленого розчинозмішувача дає змогу зменшити енерговитрати на 45–50 %, скоротити тривалість циклу змішування на 25–30 % та підвищити продуктивність праці на 12–15 % порівняно зі змішувачами аналогічного об'єму з електроприводом. Зниження трудомісткості приготування розчинів до 0,25 людино·год/м³ і собівартості їх виготовлення на 20–25 % підтверджує економічну доцільність запропонованого технічного рішення для маломасштабного будівництва.

Одержані результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення мобільних змішувальних установок і обґрунтування їх конструктивних та режимних параметрів під час проектування обладнання для приготування будівельних розчинів.

Об'єктом дослідження є розчинозмішувач з приводом від валу трансмісії мотоблока та його конструктивні й технологічні параметри, що визначають продуктивність, однорідність суміші та енергоефективність процесу приготування будівельних розчинів.

Предметом дослідження є процеси приготування будівельних розчинів у змішувальних установках примусової дії з автономним механічним приводом від валу трансмісії мотоблока та вплив конструктивних і режимних параметрів обладнання на ефективність і енергетичні показники процесу змішування.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності процесу приготування будівельних розчинів шляхом обґрунтування конструктивних і режимних параметрів розчинозмішувача з приводом від валу трансмісії мотоблока.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- вперше встановлено закономірності впливу кінематичних параметрів привода від валу трансмісії мотоблока на інтенсивність перемішування будівельних розчинів та енергетичні показники роботи розчинозмішувача примусової дії;

- отримало подальший розвиток застосування стохастичних моделей для оцінювання однорідності будівельних розчинів у змішувачах примусової дії;

- отримано аналітичні залежності для визначення кінематичних і енергетичних параметрів процесу змішування з урахуванням передачі крутного моменту від трансмісії мотоблока до робочого органа змішувача;

- експериментально обґрунтовано раціональні параметри роботи розчинозмішувача (коефіцієнт заповнення робочого об'єму 0,6–0,7, частота обертання змішувального вала 35–40 об/хв, тривалість змішування 4–6 хв), за яких забезпечується максимальна однорідність розчинної суміші при меншому енергоспоживанні;

- отримало подальший розвиток теоретичні положення щодо механізму інтенсифікації процесу перемішування будівельних розчинів у змішувачах примусової дії за рахунок використання механічного привода від мобільного джерела механічної енергії.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання розробленої конструкції розчинозмішувача з приводом від валу трансмісії мотоблока для приготування будівельних розчинів в умовах відсутності стаціонарного електропостачання під час виконання робіт маломасштабного та індивідуального будівництва.

Отримані аналітичні залежності та раціональні параметри роботи розчинозмішувача можуть бути використані під час інженерних розрахунків, проектування мобільного змішувального обладнання та вибору режимів роботи змішувачів залежно від властивостей будівельних розчинів і умов їх застосування.

Результати дисертаційного дослідження впроваджено у виробничу діяльність ТОВ «Виробниче підприємство “Будмеханізація”» (м. Полтава) та ЖБК «Ворскла» (м. Полтава) під час виконання ремонтно-будівельних робіт із приготування будівельних розчинів, що підтверджено відповідними актами впровадження.

Практичне використання розробленого розчинозмішувача з приводом від валу трансмісії мотоблока підтвердило доцільність його застосування, надійність роботи та ефективність процесу приготування будівельних розчинів в умовах відсутності стаціонарного електропостачання. Отримані результати засвідчили можливість використання запропонованої конструкції в автономних малогабаритних змішувальних установках для індивідуального, ремонтного та маломасштабного будівництва.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, зумовлену необхідністю підвищення ефективності приготування будівельних розчинів в умовах будівельного майданчика, особливо під час виконання робіт маломасштабного будівництва за відсутності стаціонарного електропостачання. Визначено мету й основні завдання дослідження, сформульовано об'єкт і предмет дослідження. Описано методи дослідження, використані для теоретичного обґрунтування та експериментальної перевірки параметрів розчинозмішувача з приводом від валу трансмісії мотоблока. Сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі здійснено аналітичний огляд сучасного стану засобів і технологій приготування будівельних розчинів. Розглянуто вимоги до змішувального обладнання та показників якості розчинних сумішей, проаналізовано існуючі конструкції розчинозмішувачів і систем їх приводів. За результатами аналізу визначено основні недоліки традиційних технічних рішень та обґрунтовано доцільність застосування привода від валу трансмісії мотоблока.

У другому розділі виконано теоретичні дослідження роботи розчинозмішувача з приводом від вала трансмісії мотоблока. Розроблено конструктивну схему обладнання та обґрунтовано принцип його роботи в умовах будівельного майданчика. Запропоновано стохастичну модель процесу змішування будівельних розчинів, а також одержано аналітичні залежності для визначення кінематичних і енергетичних параметрів, що дало змогу встановити раціональні режими роботи змішувача.

У третьому розділі подано результати експериментальних досліджень процесу змішування будівельних розчинів у розчинозмішувачі з приводом від вала трансмісії мотоблока. Розроблено програму й методики експериментальних досліджень, наведено характеристику обладнання, матеріалів і вимірювальних засобів. На основі отриманих експериментальних даних встановлено раціональні параметри роботи змішувача та підтверджено адекватність запропонованих теоретичних положень.

У четвертому розділі висвітлено результати виробничих випробувань розробленого розчинозмішувача в умовах будівельного майданчика. Подано його основні технічні характеристики та результати експлуатаційної перевірки на реальних об'єктах будівництва. Виконано оцінку техніко-економічної ефективності застосування змішувача й підтверджено зниження енерговитрат і тривалості циклу змішування, що засвідчено актами впровадження.

У додатках наведено матеріали, що доповнюють основні положення дисертаційної роботи, зокрема акти впровадження результатів досліджень у виробничу діяльність будівельних підприємств і список наукових праць здобувача за темою дисертації. Наведені матеріали підтверджують практичне значення отриманих результатів та їх апробацію.

Ключові слова: будівельний розчин, розчинозмішувальна установка, змішування, мотоблок, вал змішувача, однорідність суміші, стохастична модель, критерії подібності, математична модель, продуктивність, потужність приводу, малогабаритне обладнання, робочі параметри, енергоефективність, робочий орган.

ANOTATION

Kuzub Yu.O. Justification of the parameters of the mortar mixer driven by the transmission shaft of the walk-behind tractor. – Qualification scientific work submitted as a manuscript.

Doctor of Philosophy dissertation in specialty 133 Industrial Mechanical Engineering. – National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”, Poltava, 2026.

Improving the efficiency of mortar preparation becomes particularly important when stationary power supply is unavailable, energy resources are limited, and construction activities are performed on small-scale building sites. Under such conditions, conventional electrically driven mixers are characterized by higher energy consumption, longer preparation time, and limited mobility.

An analysis of existing mortar mixer designs showed that most of them rely on stationary power sources and are poorly suited for operation under field conditions. One promising approach involves using a mechanical drive powered by the transmission shaft of a walk-behind tractor, enabling autonomous mixer operation while maintaining the required technological performance.

The dissertation solves the scientific and engineering problem of substantiating operating parameters for a mortar mixer driven by the transmission shaft of a walk-behind tractor. Analytical relationships were derived to determine kinematic and energy parameters of the mixing process, taking into account torque transmission from the mobile power unit to the mixing shaft. A stochastic approach for evaluating mortar homogeneity was proposed, making it possible to determine the rational mixing duration and rotational speed of the working body.

Experimental studies established that the rational operating conditions correspond to a filling ratio of 0.6–0.7 and a mixing shaft speed of 35–40 rpm. These parameters ensure maximum mixing efficiency together with the required homogeneity of cement–sand mortars. The developed mixer was also confirmed to operate efficiently without external electrical power.

The proposed design reduced energy consumption by 45–50%, shortened the mixing cycle by 25–30%, and increased labour productivity by 12–15% compared with electrically driven mixers of similar capacity. Labour input decreased to 0.25 man-hours per cubic metre, while production cost was reduced by 20–25%, confirming the economic feasibility of the proposed solution for small-scale construction.

The obtained results can be applied to further development of mobile mixing equipment and to substantiation of design and operating parameters for mortar mixers intended for construction work under field conditions.

The object of the research is a mortar mixer driven by the transmission shaft of a walk-behind tractor together with its structural and technological parameters governing productivity, mixture homogeneity, and energy efficiency during mortar preparation.

The subject of the research comprises mortar preparation processes in forced-action mixers equipped with a mechanical drive powered by the transmission shaft of a walk-behind tractor, as well as the influence of structural and operating parameters on mixing efficiency and energy performance.

The aim of the dissertation is to improve mortar preparation efficiency by substantiating the structural and operating parameters of a mortar mixer driven by the transmission shaft of a walk-behind tractor.

Scientific novelty of the obtained results is as follows:

- for the first time, the influence of kinematic parameters of the transmission-driven system powered by a walk-behind tractor on mixing intensity and energy performance of a forced-action mortar mixer has been established;
- the application of stochastic models for evaluating mortar homogeneity in forced-action mixers has been further developed;
- analytical relationships have been derived for determining kinematic and energy parameters of the mixing process while accounting for torque transmission from the walk-behind tractor transmission to the mixing mechanism;

– rational operating parameters of the mortar mixer have been experimentally substantiated, including a filling coefficient of 0.6–0.7, a mixing shaft rotational speed of 35–40 rpm, and a mixing time of 4–6 min, providing maximum mixture homogeneity with reduced energy consumption;

– theoretical principles describing the mechanism of mixing intensification in forced-action mortar mixers through the use of a mechanical drive supplied by a mobile mechanical power source have been further developed.

The practical significance of the obtained results lies in the possibility of using the developed mortar mixer driven by the transmission shaft of a walk-behind tractor for mortar preparation under conditions without access to grid electricity during small-scale and individual construction projects.

The derived analytical relationships and rational operating parameters of the mortar mixer can be applied in engineering calculations, the design of mobile mixing equipment, and the selection of operating modes according to mortar properties and application conditions.

The research results have been implemented in the production activities of Budmekhanizatsiia Manufacturing Enterprise LLC (Poltava, Ukraine) and the Vorskla Housing Cooperative (Poltava, Ukraine) during repair and construction work involving mortar preparation, as confirmed by the corresponding implementation certificates.

Practical application of the developed mortar mixer driven by the transmission shaft of a walk-behind tractor confirmed the feasibility of the proposed design, its reliable operation, and high efficiency in mortar preparation without access to grid electricity. The obtained results also demonstrated the potential for using the proposed design in compact mobile mixing units intended for individual, repair, and small-scale construction projects.

The Introduction substantiates the relevance of the dissertation topic, driven by the need to improve the efficiency of mortar preparation under construction-site conditions, particularly during small-scale construction where stationary electrical power is unavailable. The research objective and main tasks are defined, while the

object and subject of the study are specified. The research methods used for theoretical substantiation and experimental verification of the operating parameters of a mortar mixer driven by the transmission shaft of a walk-behind tractor are described. The scientific novelty and practical significance of the obtained results are also presented.

Chapter 1 provides an analytical review of current equipment and technologies used for preparing construction mortars. Requirements for mixing equipment and mortar quality are considered, while existing mortar mixer designs and drive systems are analysed. Based on this review, the main limitations of conventional technical solutions are identified, and the feasibility of using a drive powered by the transmission shaft of a walk-behind tractor is substantiated.

Chapter 2 presents theoretical investigations into the operation of the proposed mortar mixer driven by the transmission shaft of a walk-behind tractor. A structural design of the equipment is developed, and its operating principle under construction-site conditions is substantiated. A stochastic model describing the mixing process is proposed, and analytical relationships are derived to determine kinematic and energy parameters. These relationships make it possible to establish rational operating conditions for the mixer.

Chapter 3 presents the results of experimental investigations into mortar mixing using the proposed transmission-driven mixer. Experimental procedures are developed, and the characteristics of the equipment, materials, and measuring instruments are described. Analysis of the experimental data made it possible to determine rational operating parameters and to confirm the adequacy of the proposed theoretical model.

Chapter 4 describes industrial testing of the developed mortar mixer under actual construction-site conditions. The main technical characteristics of the equipment and the results of field performance evaluation are presented. A technical and economic assessment confirmed reduced energy consumption and shorter mixing time, as verified by implementation reports.

The Appendices contain supplementary materials supporting the main provisions of the dissertation, including implementation reports documenting industrial application of the research results and a list of the author's scientific publications related to the dissertation topic. These materials confirm both the practical significance of the obtained results and their successful validation.

Keywords: construction mortar, mortar mixing unit, mixing process, walk-behind tractor, mixing shaft, mixture homogeneity, stochastic model, similarity criteria, mathematical model, productivity, drive power, compact equipment, operating parameters, energy efficiency, mixing element.