

Тікан Ю.М. Підвищення ефективності вібраційного обладнання для транспортування матеріалів – 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 актуального науково-технічного завдання підвищення ефективності вібраційного обладнання для транспортування сипучих матеріалів шляхом обґрунтування конструктивних, динамічних і режимних параметрів вібраційного транспортера. Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення продуктивності, енергоефективності та надійності транспортно-технологічних процесів у будівельній, гірничій, металургійній та інших галузях промисловості, а також недостатньою ефективністю традиційних транспортуючих систем, які не забезпечують стабільності режимів роботи, раціонального використання енергії та належної адаптації до змінних властивостей транспортованого матеріалу.

У першому розділі виконано аналіз існуючих конструкцій і принципів дії вібраційного обладнання для транспортування матеріалів, розглянуто особливості переміщення сипучих середовищ по робочих органах вібраційних машин, визначено основні фактори, що впливають на продуктивність і стійкість транспортування. На основі огляду наукових джерел та конструктивних рішень встановлено основні недоліки існуючих систем і обґрунтовано необхідність удосконалення параметрів вібраційних транспортерів.

У другому розділі розроблено теоретичні положення та розрахункові залежності для дослідження робочого процесу вібраційного транспортера. Розглянуто вплив масово-інерційних параметрів системи, жорсткості пружного підвісу, параметрів вібробудувача та режимів коливань на амплітуду, швидкість, прискорення і умови стійкого переміщення матеріалу. Отримано аналітичні залежності для визначення раціональних конструктивних і режимних параметрів вібраційного обладнання.

У третьому розділі описано конструкцію лабораторної установки вібраційного транспортера та методику проведення експериментальних досліджень. Проведено експериментальну перевірку впливу частоти обертання дебалансів, параметрів завантаження та довжини робочого органу на ефективність транспортування сипучого матеріалу. За результатами досліджень підтверджено працездатність прийнятої конструктивної схеми, встановлено закономірності зміни продуктивності транспортера та визначено раціональні режими його роботи.

У четвертому розділі подано методику інженерного розрахунку та проєктування вібраційного транспортера, наведено результати розрахунку для варіантів обладнання довжиною 2, 4 і 6 м, а також виконано техніко-

економічну оцінку запропонованих рішень. Встановлено, що найбільш збалансованим за сукупністю технічних і економічних показників є варіант транспортера довжиною 4 м. Розроблені рекомендації можуть бути використані при проектуванні та впровадженні вібраційного обладнання для транспортування сипучих матеріалів у виробничих умовах.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у:

- обґрунтовано раціональні конструктивні та режимні параметри вібраційного обладнання для транспортування сипучих матеріалів, які забезпечують стійкий коливальний режим, підвищення продуктивності транспортування та зниження непродуктивних енерговитрат;

- встановлено закономірності впливу основних енерго-кінематичних параметрів вібраційного транспортера, зокрема частоти, амплітуди, прискорення коливань, жорсткості пружної системи та збурювальної сили віброзбуджувача, на інтенсивність переміщення сипучого матеріалу;

- розроблено розрахункову модель динамічної взаємодії системи «вібраційний транспортер – пружний підвіс – сипучий матеріал», яка враховує масово-інерційні параметри коливної системи, характеристики підвісу та умови реалізації стійкого транспортувального режиму;

- вперше отримано аналітичні залежності для визначення раціональних параметрів вібраційного транспортера, що дозволяють узгодити продуктивність, довжину транспортера, параметри коливального режиму, жорсткість підвісу та потужність приводу;

- удосконалено методику оцінювання ефективності вібраційного транспортування матеріалів на основі комплексного врахування продуктивності, питомих енерговитрат, динамічних характеристик системи та конструктивних параметрів транспортера;

- експериментально підтверджено ефективність запропонованого підходу до вибору режимів роботи вібраційного транспортера та встановлено раціональні умови його функціонування для конвеєрів різної довжини.

Практична цінність одержаних результатів полягає в тому, що автором отримано нові науково обґрунтовані результати, які стали основою для створення ефективного вібраційного обладнання для транспортування сипучих матеріалів із підвищеною продуктивністю, раціональними енерговитратами та стабільними режимами роботи.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень розроблено методику інженерного розрахунку та проектування вібраційного транспортера, яка дає змогу визначати його основні конструктивні, динамічні та енергетичні параметри з урахуванням довжини жолоба, властивостей транспортованого матеріалу та режиму збудження коливань.

Запропонований підхід дозволив виконати розрахунок і обґрунтування параметрів вібраційних транспортерів довжиною 2, 4 і 6 м, для яких встановлено раціональні режими роботи, визначено жорсткість пружного

підвісу, необхідну збурювальну силу та потужність приводу. За результатами техніко-економічної оцінки встановлено, що найбільш збалансованим за сукупністю технічних і економічних показників є варіант транспортера довжиною 4 м.

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані при проєктуванні, модернізації та впровадженні вібраційних транспортерів у будівельній, гірничій, металургійній та інших галузях промисловості, де необхідне ефективне переміщення сипучих матеріалів.

Отримані науково-технічні результати можуть бути впроваджені у навчальний процес при викладанні дисциплін, пов'язаних із теорією машин і механізмів, динамікою машин, вібраційною технікою та проєктуванням транспортно-технологічного обладнання для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».

Ключеві слова: вібраційний транспортер, вібраційна машина, транспортування матеріалів, сипучі матеріали, коливальний режим, амплітуда, частота коливань, вібратор, віброзбуджувач, вібрація, частота, енергоефективність, дебаланс, хвильове рівняння.

Tikan Yurii. Enhancement of the efficiency of vibration equipment for material transportation – 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 the urgent scientific and technical task of improving the efficiency of vibration equipment for the transportation of bulk materials by substantiating the structural, dynamic, and operational parameters of a vibrating conveyor. The relevance of the study is determined by the need to increase the productivity, energy efficiency, and reliability of transport-technological processes in the construction, mining, metallurgical, and other industries, as well as by the insufficient efficiency of traditional conveying systems, which do not ensure stable operating modes, rational energy use, or proper adaptation to changing properties of the transported material.

The first chapter analyzes existing designs and operating principles of vibration equipment for material transportation, considers the specific features of bulk media movement along the working members of vibrating machines, and identifies the main factors affecting transportation productivity and stability. Based on a review of scientific sources and design solutions, the principal shortcomings of existing systems were identified, and the necessity of improving the parameters of vibrating conveyors was substantiated.

The second chapter develops theoretical provisions and design relationships for studying the operating process of a vibrating conveyor. The influence of the

mass-inertial parameters of the system, the stiffness of the elastic suspension, the parameters of the vibration exciter, and vibration modes on amplitude, velocity, acceleration, and the conditions of stable material movement is considered. Analytical relationships were obtained for determining the rational structural and operational parameters of vibration equipment.

The third chapter describes the design of a laboratory vibrating conveyor and the methodology for conducting experimental studies. An experimental verification of the influence of the rotational speed of the unbalances, loading parameters, and the length of the working member on the efficiency of bulk material transportation was carried out. The results confirmed the operability of the adopted design scheme, established regularities in the change of conveyor productivity, and determined rational operating modes.

The fourth chapter presents a methodology for the engineering calculation and design of a vibrating conveyor, provides calculation results for equipment variants with lengths of 2, 4, and 6 m, and includes a technical and economic assessment of the proposed solutions. It was established that the 4 m conveyor variant is the most balanced in terms of the combination of technical and economic indicators. The developed recommendations can be used in the design and implementation of vibration equipment for transporting bulk materials under industrial conditions.

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

- rational structural and operational parameters of vibration equipment for bulk material transportation have been substantiated, ensuring a stable vibration mode, increased transportation productivity, and reduced non-productive energy consumption;

- regularities of the influence of the main energy-kinematic parameters of a vibrating conveyor, in particular vibration frequency, amplitude, acceleration, stiffness of the elastic system, and excitation force of the vibration exciter, on the intensity of bulk material movement have been established;

- a calculation model of the dynamic interaction in the system “vibrating conveyor – elastic suspension – bulk material” has been developed, taking into account the mass-inertial parameters of the oscillatory system, the characteristics of the suspension, and the conditions for implementing a stable conveying mode;

- for the first time, analytical dependences have been obtained for determining rational parameters of a vibrating conveyor, making it possible to coordinate productivity, conveyor length, vibration mode parameters, suspension stiffness, and drive power;

- the methodology for assessing the efficiency of vibration transportation of materials has been improved on the basis of an integrated consideration of productivity, specific energy consumption, dynamic characteristics of the system, and the structural parameters of the conveyor;

– the effectiveness of the proposed approach to selecting operating modes of a vibrating conveyor has been experimentally confirmed, and rational operating conditions for conveyors of different lengths have been established.

The practical significance of the obtained results lies in the fact that the author obtained new scientifically substantiated results that formed the basis for creating effective vibration equipment for the transportation of bulk materials with increased productivity, rational energy consumption, and stable operating modes.

Based on theoretical and experimental studies, a methodology for the engineering calculation and design of a vibrating conveyor has been developed, making it possible to determine its main structural, dynamic, and energy parameters with regard to trough length, properties of the transported material, and the vibration excitation mode.

The proposed approach made it possible to calculate and substantiate the parameters of vibrating conveyors with lengths of 2, 4, and 6 m, for which rational operating modes were established, the stiffness of the elastic suspension was determined, and the required excitation force and drive power were defined. According to the results of the technical and economic assessment, it was established that the 4 m conveyor variant is the most balanced in terms of the combination of technical and economic indicators.

The results of the dissertation can be used in the design, modernization, and implementation of vibrating conveyors in the construction, mining, metallurgical, and other industries where efficient transportation of bulk materials is required.

The obtained scientific and technical results can be introduced into the educational process when teaching disciplines related to the theory of machines and mechanisms, machine dynamics, vibration engineering, and the design of transport-technological equipment for higher education students in specialty 133 “Industrial Engineering”.

Keywords: vibrating conveyor, vibrating machine, material transportation, bulk materials, vibration mode, amplitude, frequency of oscillations, vibrator, vibration exciter, vibration, frequency, energy efficiency, unbalance, wave equation