

ВІДГУК
офіційної опонентки
доктора технічних наук, професора САЛЕНКО Юлії Сергіївни
на дисертацію ТІКАНА Юрія Миколайовича
на тему: «Підвищення ефективності вібраційного обладнання для
транспортування матеріалів»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
галузі знань 13 «Механічна інженерія»

Актуальність обраної теми дослідження.

Сучасний етап розвитку промислового виробництва, відновлення та модернізації інфраструктури України зумовлює підвищення вимог до продуктивності, енергоефективності та надійності транспортно-технологічного обладнання. У будівельній, гірничодобувній, металургійній, хімічній, агропромисловій та інших галузях значна частина виробничих процесів пов'язана з безперервним переміщенням сипучих, зернистих і дрібнокускових матеріалів. Від стабільності роботи транспортних систем безпосередньо залежать ритмічність технологічних операцій, продуктивність підприємств, якість готової продукції та рівень енергетичних і експлуатаційних витрат.

Серед різних видів транспортуючих машин важливе місце посідають вібраційні транспортери, які характеризуються відносною простотою конструкції, компактністю, можливістю герметизації робочого процесу та здатністю поєднувати переміщення матеріалу з його дозуванням, класифікацією, очищенням, охолодженням, підсушуванням або зневодненням. Водночас ефективність такого обладнання значною мірою визначається правильністю узгодження конструктивних, масово-інерційних, пружно-дисипативних і режимних параметрів коливальної системи з фізико-механічними властивостями транспортованого матеріалу.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Наукові положення, висновки та практичні рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі Ю. М. Тікана, мають достатній ступінь теоретичного й експериментального обґрунтування. Їх достовірність забезпечується логічною послідовністю проведеного дослідження, коректним визначенням мети, об'єкта, предмета та завдань роботи, обґрунтованим вибором методів дослідження, а також комплексним поєднанням аналітичного моделювання, чисельно-аналітичних розрахунків, експериментальних досліджень і техніко-економічного оцінювання запропонованих конструктивних рішень.

Теоретичну основу дисертації становлять положення класичної теорії коливань механічних систем, теорії машин і механізмів, динаміки машин, механіки сипучих середовищ та методів проєктування транспортно-технологічного обладнання. Застосування зазначених положень відповідає характеру досліджуваного процесу та дає змогу достатньо повно описати взаємодію робочого органу транспортера, пружного підвісу, інерційних віброзбуджувачів і транспортованого матеріалу.

Здобувачем розроблено математичну модель динамічної системи «вібраційний транспортер – пружний підвіс – сипучий матеріал», у якій ураховано поступальні переміщення центра мас робочого органу в горизонтальному та вертикальному напрямках, масово-інерційні характеристики елементів системи, пружні й дисипативні властивості підвісу, параметри двох дебалансних віброзбуджувачів та вплив транспортованого матеріалу.

Важливою складовою теоретичного дослідження є врахування вищих гармонік збурювальної дії. Автором отримано аналітичні залежності для визначення амплітуд окремих гармонічних складових, максимальної та еквівалентної середньоквадратичної амплітуд коливань, а також пікових значень швидкостей і прискорень робочого органу. Це дозволило розширити традиційне уявлення про динамічне навантаження вібраційного транспортера

та підвищити точність оцінювання його робочого режиму порівняно з розрахунками, у яких ураховується лише основна гармоніка.

Достатньо обґрунтованим є проведений у роботі аналіз амплітудно-частотних характеристик системи, умов виникнення резонансних режимів і самосинхронізації двох інерційних віброзбуджувачів. Автором розглянуто вплив маси транспортованого матеріалу, жорсткості пружних елементів, параметрів дебалансів і частоти їх обертання на характер коливального руху транспортера. Отримані залежності дають змогу визначати області стійкого функціонування системи та обґрунтовувати раціональні параметри, за яких забезпечується спрямований рух робочого органу й стабільне переміщення сипучого матеріалу.

Теоретичні положення дисертації підтверджено результатами експериментальних досліджень, проведених на спеціально створеній лабораторній установці вібраційного конвеєра з двома інерційними віброзбуджувачами. Конструкція установки забезпечила можливість дослідження коливального режиму за різної частоти обертання дебалансів, величини завантаження та довжини робочого органу. У процесі експериментів визначалися параметри коливального руху, швидкість транспортування та продуктивність обладнання, що дало змогу оцінити вплив основних режимних і конструктивних факторів на ефективність процесу.

Оброблення експериментальних даних здійснювалося із застосуванням методів математичної статистики, регресійного аналізу та оцінювання адекватності отриманих залежностей. Зіставлення розрахункових та експериментальних результатів підтвердило правильність основних теоретичних положень і працездатність запропонованої динамічної моделі. Встановлені закономірності зміни параметрів коливань і показників транспортування логічно узгоджуються з фізичною сутністю досліджуваних процесів. Обґрунтованість практичних рекомендацій підтверджується створенням експериментально-дослідного зразка вібраційного конвеєра,

розробленням методики інженерного розрахунку його конструктивних, динамічних та енергетичних параметрів.

Висновки до окремих розділів і загальні висновки дисертації логічно випливають із результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень, відповідають сформульованій меті та охоплюють поставлені в роботі завдання.

Наукова новизна одержаних результатів:

- встановлено закономірності впливу основних енергокінематичних параметрів вібраційного транспортера, зокрема частоти, амплітуди, швидкості й прискорення коливань, жорсткості пружної системи, величини збурювальної сили та параметрів завантаження, на швидкість і стабільність переміщення сипучого матеріалу;

- удосконалено підхід до розрахунку динамічних характеристик вібраційно-транспортної установки шляхом урахування вищих гармонічних складових збурювальної дії, що дозволило уточнити визначення максимальної та середньоквадратичної амплітуд, пікових швидкостей і прискорень робочого органу, а також оцінити їхній вплив на навантаження елементів конструкції;

- набули подальшого розвитку положення щодо самосинхронізації двох дебалансних віброзбуджувачів, зокрема визначено вплив масово-інерційних параметрів, характеристик пружного підвісу, частоти обертання дебалансів і маси транспортованого матеріалу на стійкість синхронного режиму та формування спрямованих коливань робочого органу;

- експериментально встановлено закономірності зміни параметрів коливального режиму, швидкості транспортування та продуктивності вібраційного конвеєра залежно від частоти обертання дебалансів, рівня завантаження та довжини робочого органу, що дало змогу визначити раціональні режими його функціонування;

- набули подальшого розвитку методи інженерного розрахунку та проєктування вібраційних транспортерів, доповнені послідовним

визначенням параметрів пружної системи, інерційних віброзбуджувачів, робочого органу та приводу для обладнання різної довжини й продуктивності.

Практичне значення і впровадження одержаних результатів дослідження.

Одержані в дисертаційній роботі Ю. М. Тікана результати мають практичне значення для проєктування, модернізації та експлуатації вібраційного обладнання, призначеного для транспортування сипучих, зернистих і дрібнокускових матеріалів. Виконані теоретичні та експериментальні дослідження стали основою для обґрунтування конструктивних, динамічних, режимних і енергетичних параметрів вібраційних транспортерів із двома інерційними віброзбуджувачами.

Практичну цінність має розроблена автором методика інженерного розрахунку та проєктування вібраційного транспортера. Вона дає змогу визначати основні масово-інерційні характеристики коливальної системи, параметри робочого органу, жорсткість пружного підвісу, величину збурювальної сили, частоту обертання дебалансів, амплітуду і прискорення коливань, а також необхідну потужність приводу. Важливим практичним результатом роботи є врахування впливу вищих гармонік збурювальної дії під час визначення динамічних характеристик вібраційної установки. За результатами проведених досліджень спроектовано та виготовлено експериментально-дослідний зразок вібраційного конвеєра з двома інерційними віброзбуджувачами.

Загальна характеристика структури і змісту дисертації.

Дисертаційна робота Ю. М. Тікана є завершеним науковим дослідженням, структура якого відповідає поставленій меті та послідовності розв'язання визначених завдань. Робота складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатка. У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання, визначено об'єкт, предмет, методи

дослідження, наукову новизну та практичне значення результатів. У першому розділі проаналізовано сучасний стан вібраційного транспортування сипучих матеріалів, конструкції транспортуючих машин, типи віброзбуджувачів, резонансні режими та особливості руху матеріалу по робочому органу. У другому розділі розроблено динамічну модель вібраційного конвеєра з двома інерційними віброзбуджувачами, отримано рівняння руху та досліджено амплітудно-частотні характеристики, умови самосинхронізації й вплив вищих гармонік. Третій розділ містить опис лабораторної установки, методику експериментальних досліджень та результати визначення впливу режимних і конструктивних параметрів на ефективність транспортування. У четвертому розділі наведено методику інженерного розрахунку, обґрунтовано параметри транспортерів різної довжини та виконано техніко-економічне оцінювання запропонованих рішень.

Загалом дисертація має логічну, послідовну й методично обґрунтовану структуру, а її зміст повною мірою відповідає темі дослідження.

Повнота викладення наукових положень, висновків і результатів в опублікованих працях.

Дисертація є самостійною науковою роботою, результати й досягнення котрої було отримано автором самостійно. Усі сформульовані в ній положення та висновки обґрунтовано на основі власних авторських досліджень з посиланнями на актуальні й сучасні наукові джерела. На тему дисертаційної роботи здобувачем опубліковано 8 наукових праць, у тому числі: 5 статей у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 3 тези наукових доповідей в збірниках матеріалів всеукраїнських та міжнародних конференцій.

Відповідність дисертації встановленим вимогам. Дисертація «Підвищення ефективності вібраційного обладнання для транспортування матеріалів» відповідає спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» та вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування

рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Змістове наповнення розділів дисертації узгоджується з темою кожного з розділів, що робить зміст дисертації відповідним темі роботи. Висновки, сформульовані автором на основі проведеного дослідження є чіткими, доведеними та підтвердженими. Оформлення дисертації відповідає встановленим нормативними документами вимогам.

Анотація до дисертації повною мірою відповідає її змісту, структурі та основним результатам. Вона стисло, проте інформативно передає суть дослідження, його актуальність, наукову новизну, мету, завдання та практичну значущість. Текст анотації відповідає вимогам академічного стилю, логічний, граматично і стилістично коректний.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації.

Загалом позитивно оцінюючи дисертацію Ю.М. Тікану, вбачається за доцільне звернути увагу на окремі положення та висновки дисертації, що потребують уточнення або додаткової аргументації, та можуть слугувати підґрунтям наукової дискусії, зокрема:

1. У першому розділі наведено ґрунтовний огляд конструкцій вібраційного транспоруючого обладнання та типів віброзбуджувачів, однак доцільно було б доповнити його кількісним порівнянням розглянутих технічних рішень за продуктивністю, питомою енергоємністю, металоємністю, стабільністю режиму й рівнем передавання коливань на опорні конструкції. Це дало б змогу більш переконливо обґрунтувати вибір схеми транспортера саме з двома інерційними віброзбуджувачами.

2. У роботі достатньо повно сформульовано основні наукові положення та результати дослідження, однак межі застосування розробленої математичної моделі й інженерної методики визначено не досить чітко.

3. У математичній моделі вплив транспортованого матеріалу враховано переважно через приведену масу та еквівалентний коефіцієнт

демпфування, проте недостатньо детально розкрито методику визначення їх числових значень. Потребує додаткового пояснення, яким чином у моделі враховуються гранулометричний склад, насипна густина, вологість, коефіцієнти внутрішнього й зовнішнього тертя та зміна властивостей матеріалу в процесі транспортування.

4. На рисунку 2.11 наведено амплітудно-частотну характеристику коливань лотка з виділенням дорезонансної, резонансної та зарезонансної зон, однак не зазначено числових значень маси системи, жорсткості підвісу, коефіцієнта демпфування та величини завантаження, для яких побудовано цю залежність.

5. На рисунках 3.9–3.11 представлено переміщення робочого органа під час самосинхронізації віброзбуджувачів за кутових частот 297, 245 і 192 рад/с, проте за наведеними графіками складно безпосередньо оцінити сам процес установлення синхронного режиму.

6. На рисунку 3.12 виконано порівняння розрахункових і середніх експериментальних значень швидкості транспортування залежно від кутової частоти віброзбуджувачів, однак не наведено довірчих інтервалів, середньоквадратичних відхилень або відносної похибки між теоретичними й експериментальними даними.

7. Основну увагу зосереджено на усталених режимах функціонування вібраційного транспортера, тоді як перехідні процеси під час запуску, зупинки та зміни завантаження розглянуто недостатньо.

8. У роботі обґрунтовано раціональні режими роботи обладнання, проте недостатньо уваги приділено питанням автоматичного керування та стабілізації цих режимів за змінного завантаження транспортера. Практичну цінність дослідження підвищило б формулювання рекомендацій щодо використання частотного регулювання приводів, датчиків вібрації та систем зворотного зв'язку для підтримання заданих параметрів коливань.

9. У дисертації недостатньо розкрито питання масштабного переходу від лабораторної установки до промислового вібраційного

транспортера. Потребують додаткового обґрунтування критерії подібності, за якими результати лабораторних експериментів можуть бути перенесені на обладнання більшої довжини, маси, продуктивності та потужності.

Висловлені зауваження та рекомендації характеризують складність дослідженої проблеми та суттєво не пливають на її загальну позитивну оцінку та науково-практичну значущість.

Загальний висновок та оцінка дисертації. Вищенаведене свідчить про необхідний рівень наукової компетентності Ю.М. Тікана у досліджуваній проблематиці. Дисертація виконана відповідно до встановлених вимог до подібних наукових праць, засвідчує наявність у здобувача дослідницьких та аналітичних здібностей і містить аргументований авторський доробок за темою дослідження. Дисертація є самостійним, завершеним, оригінальним науковим дослідженням, виконаним на актуальну тему, що містить нові науково обґрунтовані результати проведених досліджень, які розв'язують конкретне наукове завдання, а саме: підвищення ефективності вібраційного обладнання для транспортування сипучих матеріалів шляхом теоретичного та експериментального обґрунтування конструктивних, динамічних, режимних і енергетичних параметрів вібраційного транспортера з двома інерційними вібробудувачами, удосконалення математичної моделі його робочого процесу з урахуванням вищих гармонік, умов самосинхронізації та впливу транспортованого матеріалу, а також розроблення методики інженерного розрахунку, що забезпечує стійкість коливального режиму, підвищення продуктивності транспортування та зниження питомих енерговитрат.

Отже, дисертація Ю.М. Тікана на тему: «Підвищення ефективності вібраційного обладнання для транспортування матеріалів» за змістом, обсягом, актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною значущістю здобутих результатів відповідає спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» та вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про

затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) і Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року (з наступними змінами).

З огляду на зазначене Тікан Юрій Миколайович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Офіційна опонентка професор
кафедри машинобудування
Кременчуцького національного
університету імені
Михайла Остроградського,
доктор технічних наук, професор

Юлія САЛЕНКО