

## РЕЦЕНЗІЯ

**ТОКАРЧУКА Олексія Анатолійовича,**

к.т.н., доцента, завідувач кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК

на дисертаційну роботу **ВОЛИНЦЯ Євгенія Олександровича**

**«Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів вібраційного змішувача»**, подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

### **1. Актуальність теми і зв'язок з науковими планами і програмами**

В умовах сучасного агропромислового комплексу особливої актуальності набуває виробництво комбікормів безпосередньо на невеликих підприємствах з використанням малогабаритного обладнання. Такий підхід є економічно обґрунтованим завдяки скороченню витрат на транспортування та зберігання сировини, а також ефективному використанню ресурсів.

Однак процес виробництва комбікормів є складним і багатофакторним, де однією з ключових операцій виступає змішування компонентів. На малих виробництвах використання наявних технічних засобів не завжди забезпечує достатню однорідність сумішей на мікрорівні. Для задоволення виробничих потреб вважається достатнім досягнення однорідності на рівні 90–95%.

Використання вібрації як механічного методу впливу на дисперсні системи дозволяє ефективно керувати динамічним станом комбікормових сумішей. Завдяки регулюванню параметрів вібрації можна впливати як на великі обсяги сипкого середовища, так і на його найтонші шари. Вібраційні змішувачі є менш енергоємними та металомісткими, проте процес змішування в таких апаратах, особливо стосовно хлібопекарських сумішей, вивчений недостатньо.

Зростаючий інтерес до наукових досліджень в області змішування комбікормів обумовив появу нових конструкцій змішувачів різного типу, включаючи вібровідцентрові пристрої. Найбільш поширеними є барабанні змішувачі, що поєднують простоту конструкції з низьким енергоспоживанням.

Проте проблема сегрегації компонентів через різні фізико-механічні властивості суміші досі залишається невирішеною.

Таким чином, розробка нових підходів та пристроїв для змішування комбікормів є актуальним завданням, спрямованим на підвищення якості готової продукції та ефективності виробничих процесів.

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційну роботу виконано у Вінницькому національному аграрному університеті. Основні результати було отримано в межах реалізації ініціативних науково-дослідних проєктів, зокрема: «Інтенсифікація процесів механічної обробки сільськогосподарської сировини за умов вібраційного впливу» (реєстраційний номер 0117U004700, термін виконання: 2017-2022 рр.), «Розробка високоефективного обладнання для масо- та теплообмінних процесів у харчовій і переробній промисловості» (реєстраційний номер 0122U002098, термін виконання: 2022-2026 рр.) та «Розробка науково-технологічного забезпечення підвищення родючості ґрунтів та раціонального використання потенціалу біоресурсів» (номер державної реєстрації 0124U000444, термін виконання 2024-2026 рр.) що виконується за рахунок коштів державного бюджету.

## **3. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації**

Дисертаційна робота має чітку логічну структуру та повною мірою охоплює всі етапи наукового дослідження – від аналізу існуючих конструкцій змішувачів та постановки задач до розробки нових підходів, математичного моделювання, експериментальної перевірки та формулювання висновків і рекомендацій. У кожному розділі простежується послідовність наукового мислення, цілеспрямованість дослідження та відповідність між поставленими завданнями, проведеними дослідженнями і зробленими висновками.

У вступі автор чітко визначив мету, завдання, об'єкт, предмет

дослідження, а також обґрунтував актуальність тематики у межах галузі знань 13 «Механічна інженерія» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». У першому розділі виконано ґрунтовний огляд літератури та існуючих конструкцій, що дозволило виявити наукову проблему й обрати раціональний напрям удосконалення змішувального обладнання.

У другому розділі запропоновано нову конструкцію вібраційного змішувача з лопатевим валом та обґрунтовано його принцип дії. Математична модель процесу руху частинок у вібраційному полі створена з урахуванням дії обертального руху й коливань. Побудовані рівняння руху мають коректну фізичну інтерпретацію, супроводжуються відповідними припущеннями та спрощеннями, що не знижують рівня наукової обґрунтованості.

У третьому розділі подано опис експериментальних досліджень, які проводились на дослідному зразку. Усі етапи – від підготовки суміші до оцінки її однорідності – детально описані. Застосовано як візуально-ваговий, так і хімічний метод аналізу однорідності, що забезпечує достовірність і відтворюваність результатів. Наведені графіки та таблиці показують вплив конструктивно-режимних параметрів на якість змішування, продуктивність та питому витрату енергії.

Четвертий розділ містить статистичну обробку результатів досліджень, побудову регресійних моделей та визначення оптимальних параметрів. Отримані моделі мають високі коефіцієнти детермінації, що свідчить про адекватність опису фізичних процесів. Запропоновано техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження розробленої конструкції.

У п'ятому розділі сформульовано узагальнення результатів і рекомендації щодо впровадження змішувача у виробничі умови. Окремо відзначено приклади практичного застосування результатів дослідження на базі фермерського господарства та машинобудівного підприємства, а також включення матеріалів дисертації до навчального процесу за ОПП «Агроінженерія».

Висновки дисертації структуровані, відповідають меті й завданням дослідження, чітко формулюють нові наукові положення, підтверджені

експериментально і теоретично. Рекомендації мають прикладний характер і є придатними для використання у промисловості, аграрному секторі, а також у навчальному процесі.

Загалом, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій є високим. Дисертаційна робота демонструє комплексне вирішення науково-практичної проблеми та має значну цінність як для подальших наукових досліджень, так і для виробничого впровадження.

#### **4. Наукова новизна одержаних результатів**

До найбільш суттєвих і науково нових результатів дисертаційної роботи, на мою думку, можна віднести те, що уперше:

- розроблено комп'ютерну симуляційну модель напружено-деформованого стану лопаті вібраційного змішувача залежно від конструктивних параметрів, що дозволяє обґрунтувати оптимальні значення для забезпечення необхідної міцності та жорсткості конструкції за умови мінімізації її маси;

- розроблено комп'ютерну модель процесу змішування компонентів у запропонованій конструкції вібраційного обладнання та встановлені рівняння регресії для часу досягнення заданої однорідності від частоти обертання лопатевого валу, частоти обертання контейнера, частоти коливання вібробуджувача та амплітуди коливань контейнера.

Отримана статистично достовірна квадратична регресійна модель дозволяє прогнозувати час досягнення заданої однорідності суміші залежно від основних режимних параметрів змішувача. Це забезпечує можливість обґрунтованої оптимізації параметрів роботи змішувача, що сприяє підвищенню його продуктивності та зменшенню енергетичних витрат.

Таким чином, результати проведеного дослідження формують науково обґрунтовані підходи до підвищення ефективності змішування сипких матеріалів, що має важливе практичне значення для промислових процесів із використанням вібраційних змішувачів.

## **5. Достовірність отриманих результатів і висновків**

Достовірність отриманих результатів дослідження з обґрунтування конструктивно-режимних параметрів вібраційного змішувача забезпечується коректним формулюванням мети, задач та послідовним вирішенням науково-технічних питань, що постають у ході дисертаційної роботи. Надійність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується відповідністю використаної методології специфіці поставленої задачі, повнотою теоретичного аналізу та експериментального вивчення об'єкта дослідження, а також застосуванням комплексу методів, що адекватно відображають особливості процесу змішування у вібраційному змішувачі.

## **6. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання**

Отримані результати теоретичних і експериментальних досліджень, пов'язаних з обґрунтуванням конструктивно-режимних параметрів вібраційного змішувача, впроваджені в навчальний процес освітньо-професійної програми «Агроінженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти інженерно-технологічного факультету Вінницького національного аграрного університету при викладанні дисципліни «Машини, обладнання та їх використання для переробки сільськогосподарської продукції». Розроблений вібраційний змішувач проходив виробничу перевірку на базі ФГ «Літагор» (Вінницька обл., Хмільницький р-н., село Миколаївка). Найвищих показників ефективності змішування було досягнуто за оптимального поєднання частоти обертання лопатевого валу та контейнера, а також відповідного значення коефіцієнта режиму вібрації. У таких умовах забезпечувалася помірна енергоспоживаність, висока продуктивність, достатня швидкість досягнення однорідності суміші та раціональна питома витрата енергії. Підприємство ТОВ «Агромаш-Калина» (м. Калинівка, Вінницька область) отримало конструкторську й технічну документацію для виготовлення дослідного зразка вібраційного змішувача для виробничих випробувань і серійного виробництва.

## **7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях**

Дисертація має чітку та логічну структуру. Основні висновки та рекомендації логічно випливають із результатів, представлених у розділах роботи.

Проведено перевірку дисертації на наявність академічного плагіату, результати якої свідчать про відсутність порушення академічної доброчесності та високу індивідуальність наукового дослідження. Протягом усього тексту дисертації простежується авторський стиль викладу.

Усі основні положення та найважливіші результати дисертації, подані до захисту, опубліковані у необхідному обсязі у фахових виданнях України. Основні положення дисертаційної роботи представлені у 10 наукових публікаціях, серед яких: 4 статті в наукових фахових виданнях України (категорії Б); 1 авторське свідоцтво; 5 тез у збірнику доповідей наукових конференцій.

Таким чином, вимоги щодо кількості та якості наукових публікацій повністю виконано.

## **8. Недоліки та зауваження щодо змісту дисертаційної роботи**

8.1. На мою думку, доцільніше використовувати вислів «запропонованої конструкції вібраційного змішувача» замість «розробленого вібраційного змішувача», оскільки це краще акцентує увагу на новизні дослідження.

8.2. У тексті не вказано похибку вимірювання основних показників, що ускладнює оцінку точності отриманих результатів. Додати фразу: «Похибка вимірювання основних параметрів (наприклад, коефіцієнта однорідності) не перевищує 5%, що свідчить про високу точність проведених експериментів.»

8.3. Рівняння (2.5) на сторінці 59 викликає сумніви щодо правильності його запису. Зокрема, неясною залишається розмірність величини в лівій частині рівняння, що ускладнює його фізичне трактування та перевірку коректності математичної моделі.

8.4. У рівнянні (4.8) (сторінка 129), яке подано як регресійну залежність

для визначення питомих витрат енергії, вказано тривалість змішування як один із факторів. Це викликає застереження, оскільки питомі витрати енергії самі по собі визначаються як добуток потужності на час. Включення часу як незалежної змінної є методологічно сумнівним.

8.5. У таблиці 3.1 (сторінка 98) вказано одиниці виміру віброприскорення в  $m/s^2$ , а віброшвидкість подано в  $mm/s$ . Такий підхід створює труднощі для порівняльного аналізу. Доцільно було б уніфікувати одиниці вимірювання для покращення сприйняття результатів.

8.6. Опис конструкції змішувача (другий абзац на сторінці 96) є недостатньо чітким. Текст викладено загальними фразами, без належної конкретизації основних елементів конструкції та їх функціонального призначення, що ускладнює розуміння технічного рішення.

8.7. Фраза «синергетична дія механічного та вібраційного змішування» у висновку до розділу 3 (сторінки 113-114) виглядає невдалою з наукової точки зору. Вібраційне змішування є підвидом механічного, тому їх протиставлення або поєднання у формі «синергії» створює логічну неточність.

## **9. Висновки до дисертаційної роботи**

Представлена дисертація є завершеною самостійною науково-дослідною роботою, яка містить науково обґрунтовані результати. У дослідженні розглянуто зниження енергетичних витрат при забезпеченні встановлених показників якості змішування сипких сумішей шляхом обґрунтування конструктивно-режимних параметрів вібраційного змішувача, що має важливе значення для галузі знань 13 Механічна інженерія. Тема та зміст дисертації відповідають спеціальності 133 Галузеве машинобудування.

Відмічені зауваження не мають принципового характеру, суттєво не впливають на практичну і наукову значимість проведених досліджень.

Представлена робота повністю відповідає 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 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами) та наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», і може бути представлена для офіційного захисту в разовій спеціалізованій вченій раді, а її автор – Волинець Євгеній Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування.

Рецензент, к.т.н., доцент, завідувач  
кафедри інженерної механіки та  
технологічних процесів в АПК  
Вінницького національного аграрного  
університету



Олексій ТОКАРЧУК

Підпис Токарчука О.А. засвідчую:  
Вчений секретар



Тетяна КОРПАНИЮК