

## **ВІДГУК**

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора  
Ланця Олексія Степановича на дисертацію Волинця Євгенія Олександровича  
на тему «Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів вібраційного  
змішувача», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за  
спеціальністю 133 Галузеве машинобудування  
(галузь знань 13 Механічна інженерія)

### **Актуальність обраної теми, її зв'язок з науковими програмами**

Актуальність дослідження обумовлена потребою підвищення ефективності змішування сипких матеріалів у різних галузях виробництва, зокрема у кормовиробництві, харчовій і хімічній промисловості. Вирішення цього завдання сприяє зниженню енергетичних витрат, покращенню якості готових сумішей, оптимізації виробничих процесів і зменшенню собівартості продукції.

Особливої уваги набуває питання створення обладнання з високою продуктивністю, мінімальною тривалістю процесу та забезпеченням високого ступеня однорідності сумішей. Використання вібраційних змішувачів є перспективним напрямом, адже такі конструкції дають змогу поєднувати вібраційний вплив з обертальним рухом робочих органів, що забезпечує покращення якісних показників змішування та зниження енергоспоживання.

Незважаючи на наявність певної кількості технічних рішень, проблема забезпечення ефективного змішування сипких матеріалів із заданими параметрами залишається актуальною. Сучасний рівень досліджень потребує подальшого теоретичного обґрунтування та експериментального підтвердження раціональних конструктивно-режимних параметрів роботи вібраційних змішувачів.

Таким чином, розробка конструкцій вібраційних змішувачів і дослідження їх функціонування є актуальним завданням, яке відповідає потребам сучасного виробництва, спрямованим на енергоефективність, надійність та високу якість приготування сипких сумішей.

Дисертація Волинця Є.О., метою якої є зменшення енергетичних витрат при забезпеченні встановлених показників якості змішування сипких сумішей шляхом обґрунтування конструктивно-режимних параметрів вібраційного змішувача спрямована на вирішення вищезазначених проблем.

Актуальність теми та її зв'язок з науковими програмами підтверджується тим, що основну частину одержаних результатів отримано в рамках виконання ініціативних науково-дослідних робіт: «Інтенсифікація процесів механічної обробки сільськогосподарської сировини за вібраційного впливу» (№ РК 0117U004700, період виконання 2017-2022 рр.), «Високоєфективне обладнання для здійснення масо- та теплообмінних процесів у харчовій та переробній галузі» (№ РК 0122U002098, період виконання 2022-2026 рр.) та «Розробка науково-технологічного забезпечення підвищення родючості ґрунтів та раціонального використання потенціалу біоресурсів» (№ 0124U000444, період виконання 2024-2026 рр.) що виконується за рахунок коштів державного бюджету.

## **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Наукові положення, висновки та рекомендації, наведені в дисертації, є достовірними і належним чином обґрунтованими. Автором проведені теоретичні та експериментальні дослідження з використанням розроблених та відомих методик, використані літературні джерела.

Висновки дисертації є достатньо обґрунтованими та підтверджені необхідною кількістю експериментальних досліджень, що проведені як в лабораторних, так і виробничих умовах.

У першому висновку підтверджено доцільність застосування конструкції вібраційного змішувача з поєднанням вібраційного впливу, обертання контейнера та обертання лопатевого валу. Висновок базується на аналізі понад 40 джерел, порівнянні характеристик п'яти типів змішувачів (лопатових, шнекових, барабанних, стрічкових, вібраційних) і результатах попередніх досліджень, що підтверджують переваги вібраційних змішувачів щодо енергоспоживання та якості змішування.

Другий висновок ґрунтується на результатах аналітичних розрахунків і чисельного моделювання у SolidWorks Simulation, де встановлено раціональні геометричні параметри лопаті: довжина – 185 мм, висота трапецієподібної пластини – 62 мм, більша основа – 75 мм, менша основа – 45 мм, кут нахилу –  $25^\circ$ , товщина пластини – 2 мм, радіус прутка – 8 мм, радіус валу – 20 мм, радіус контейнера – 200 мм. Ці параметри забезпечують необхідну міцність та мінімальну масу конструкції.

У третьому висновку наведено математичну модель, яка описує залежність часу досягнення однорідності  $t_{0,9}$  від частоти обертання лопатевого валу ( $n_{\text{л}}$ ), частоти обертання контейнера ( $n_{\text{к}}$ ), частоти коливань віброзбуджувача ( $n_{\text{в}}$ ) та амплітуди коливань ( $A_{\text{в}}$ ). Статистична обробка підтвердила високу достовірність моделі: значення Fisher  $F(2.19) = 1839,74$  та  $F(2.22) = 947,14$  значно перевищують критичне  $F_{\text{кр}} = 1,93$ .

Четвертий висновок підтверджено лабораторними випробуваннями дослідного зразка змішувача об'ємом 72 дм<sup>3</sup>. Оптимальні параметри:  $n_{\text{л}} = 23,3 \text{ хв}^{-1}$ ,  $n_{\text{к}} = 10,1 \text{ хв}^{-1}$ , коефіцієнт режиму вібрації  $k = 2,69$ , забезпечують потужність приводу 513 Вт, продуктивність 25,1 кг/хв, час досягнення однорідності 95,7 с, питому енерговитрату 1228 Дж/кг.

У п'ятому висновку узгодженість результатів підтверджено високим коефіцієнтом кореляції 0,87 між теоретично розрахованими та експериментально отриманими значеннями тривалості змішування, що свідчить про сильний зв'язок за шкалою Чеддока.

У шостому висновку техніко-економічна оцінка показала, що річний економічний ефект від впровадження розробленого змішувача становить 35951 грн, строк окупності капіталовкладень – 1,17 року, а економія експлуатаційних витрат – 15,6 грн/т у порівнянні з базовою моделлю.

Таким чином, кожен із загальних висновків дисертаційної роботи ґрунтується на об'єктивно отриманих числових результатах, що підтверджують їх достовірність і практичну цінність.

## **Повнота викладу результатів дисертаційної роботи в опублікованих працях**

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 10 наукових працях, серед яких: 4 статті у наукових фахових виданнях України за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування, 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір та 5 тез доповідей, опублікованих у матеріалах науково-практичних конференцій.

Опубліковані роботи повністю відображають основний зміст і результати, отримані у дисертаційній роботі.

## **Наукова новизна одержаних результатів та їх значення для науки та виробництва**

У дисертаційній роботі отримано нові наукові результати, що мають суттєве значення для теорії та практики змішування сипких матеріалів у вібраційних змішувачах.

Розроблено комп'ютерну модель процесу змішування сипких матеріалів у вібраційному змішувачі з поєднанням вібраційного впливу, обертання лопатевого валу та обертання контейнера, що забезпечує покращення якості змішування при зниженні енергетичних витрат.

Побудовано комп'ютерну симуляційну модель напружено-деформованого стану лопаті вібраційного змішувача залежно від конструктивних параметрів, яка дозволяє обґрунтувати оптимальні геометричні розміри з урахуванням мінімальної маси та забезпечення необхідної міцності.

Розроблено математичну модель, яка описує залежність часу досягнення заданої однорідності суміші від частоти обертання лопатевого валу, частоти обертання контейнера, частоти коливань віброзбуджувача та амплітуди коливань контейнера.

Отримано емпіричні залежності, що відображають вплив основних режимних параметрів на тривалість змішування, якість суміші, продуктивність та енергетичні витрати.

Набули подальшого розвитку підходи до динамічного моделювання процесу роботи вібраційного змішувача, встановлено залежності амплітуди коливань контейнера та споживаної потужності від частоти коливань віброзбуджувача.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень лягли в основу технічних рішень для вибору конструктивно-режимних параметрів вібраційного змішувача, що забезпечують оптимальне поєднання якості змішування та енергоефективності.

Розроблена конструкція вібраційного змішувача пройшла виробничу перевірку на базі фермерського господарства «Літагор» (с. Миколаївка, Хмельницький р-н., Вінницька область), а також передана для виготовлення дослідного зразка на підприємство ТОВ «Агромаш-Калина» (м. Калинівка, Вінницька область).

Результати досліджень впроваджені у навчальний процес освітньо-

професійної програми «Агроінженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти Вінницького національного аграрного університету при викладанні дисципліни «Машини, обладнання та їх використання для переробки сільськогосподарської продукції».

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому**

Дисертація складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

Обсяг роботи складає 199 сторінок комп'ютерного тексту, зокрема, 30 сторінок додатків та 19 сторінок списку використаних джерел, який містить 190 найменування. Основна частина дисертації викладена на 149 сторінках тексту і містить 49 рисунків та 18 таблиць.

У вступі, у відповідності з вимогами, обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета і задачі досліджень, представлено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів наукових досліджень.

У першому розділі проведено ґрунтовний аналітичний огляд літературних джерел та сучасних конструкцій змішувачів сипких матеріалів. Встановлено, що вібраційні змішувачі демонструють переваги в забезпеченні високої якості сумішей, скороченні тривалості процесу та зниженні енергетичних витрат. Водночас потребують подальшого вдосконалення конструктивно-режимних параметрів для досягнення максимальної ефективності роботи.

Другий розділ присвячено розробці нової конструкції вібраційного змішувача, яка поєднує вібраційний вплив, обертання лопатевого валу та обертання контейнера навколо горизонтальної осі. Встановлено раціональні геометричні параметри лопаті: довжина – 185 мм, висота – 62 мм, більша основа – 75 мм, менша основа – 45 мм, товщина – 2 мм, кут нахилу –  $25^\circ$ . Виконано чисельне моделювання у SolidWorks Simulation, що дозволило визначити напружено-деформований стан лопаті та забезпечити мінімальну масу конструкції при збереженні міцності. Розроблено математичну модель, яка описує вплив основних режимних параметрів на час досягнення однорідності змішування. Статистична обробка підтвердила високу достовірність моделей: Fisher  $F(2.19) = 1839,74$  та  $F(2.22) = 947,14$  при  $F_{кр} = 1,93$ .

У третьому розділі наведено методику та програму проведення 75 експериментів на лабораторній установці з об'ємом контейнера 72 дм<sup>3</sup>. Для досліджень використано суміш кукурудзи та гороху з однаковою фракцією 3-5 мм. Якість змішування оцінювали на основі аналізу 19 точкових проб, відібраних з різних зон контейнера. Описано методику розрахунку амплітуди коливань за віброшвидкістю, а також методику визначення питомих енерговитрат.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень. Встановлено, що найкращі результати досягаються при частоті обертання лопатевого валу  $n_d = 23,3$  хв<sup>-1</sup>, частоті обертання контейнера

$n_k = 10,1 \text{ хв}^{-1}$  та коефіцієнті режиму вібрації  $k = 2,69$ . У таких умовах отримано потужність приводу 513 Вт, продуктивність 25,1 кг/хв, час досягнення однорідності суміші 95,7 с та питому енерговитрату 1228 Дж/кг. Теоретичні та експериментальні результати мають високий рівень узгодженості, що підтверджено коефіцієнтом кореляції 0,87.

У п'ятому розділі проведено техніко-економічну оцінку розробленого вібраційного змішувача. Визначено, що впровадження змішувача забезпечує річний економічний ефект у розмірі 35 951 грн, строк окупності становить 1,17 року, економія експлуатаційних витрат – 15,6 грн/т у порівнянні з базовим змішувачем.

### **Відсутність порушення академічної доброчесності**

Проведений аналіз дисертаційної роботи, авторських публікацій та перевірка на наявність запозичень з використанням відкритих інтернет-джерел не виявили ознак академічного плагіату. У дисертації здобувачем належним чином зазначені посилання як на власні праці, так і на роботи інших дослідників. Фактів фальсифікації або фабрикації матеріалів у роботі не встановлено. Це дозволяє стверджувати, що у дисертаційній роботі Волинця Євгенія Олександровича дотримано вимог академічної доброчесності.

### **Основні зауваження до дисертації**

1. Зміст розділу 1 орієнтований переважно на теоретичні аспекти вібраційного впливу на сипке середовище, тоді як огляду конструкцій вібраційних машин, що застосовуються в аграрному виробництві, зокрема вібраційних змішувачів, приділено порівняно менше уваги.

2. На с. 35 (останній абзац) без належного пояснення вживаються терміни «параметр перевантаження» та «питома продуктивність», що ускладнює сприйняття викладеного матеріалу. Крім того, викликає запитання зазначене зменшення питомої продуктивності зі зростанням товщини шару матеріалу, оскільки не конкретизовано, до якого типу машин належить розглянута модель.

3. Висновок 1 (с. 45-46) охоплює занадто великий обсяг інформації та містить декілька самостійних положень, що доцільно було б подати у вигляді окремих висновків.

4. На с. 58 вказано на використання Лагранжевої моделі, проте, на нашу думку, більш точним було б визначення як Ейлерово-Лагранжевої моделі, з огляду на присутність компонентів, що описуються в різних системах координат. Крім того, у тексті не розкрито зміст умовних позначень «компонент I» та «компонент II».

5. У таблиці 3.4 (с. 109) як нижній рівень варіювання фактора  $x_2$  зазначено значення 0, що відповідає відсутності коливального збудження контейнера. Такий режим фактично означає його нерухомість і виглядає суперечливим на тлі інших експериментальних умов, де реалізується вібраційний вплив.

6. Висновок 2 на с. 113 викладено без належного розкриття змісту та узагальнення результатів, що характерно для наукових висновків. З огляду на це, доцільним виглядає його розширення або переформулювання з акцентом на наукову новизну чи практичну значущість.

7. У тексті дисертаційної роботи трапляються поодинокі граматичні, орфографічні та стилістичні помилки.

### ВИСНОВОК

Дисертація «Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів вібраційного змішувача» є завершеною науково-дослідною роботою, в якій розв'язана конкретна наукова задача зменшення 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, відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», вимогам постанови КМ України від 12 січня 2022 року № 44 «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її автор Волинець Євгеній Олександрович заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування (13 Механічна інженерія).

**Офіційний опонент:**

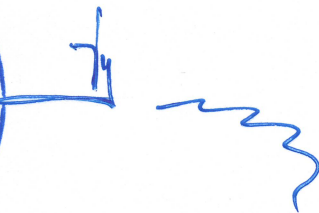
доктор технічних наук,  
професор, завідувач кафедри  
авіаційної та виробничої інженерії  
Національного університету  
«Львівська політехніка»



Олексій ЛАНЕЦЬ

**Підпис Олексія Ланця засвідчую:**

проректор з наукової роботи  
Національного університету  
«Львівська політехніка»



Іван ДЕМИДОВ