

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

НЕВМЕРЖИЦЬКИЙ АНТОН МИХАЙЛОВИЧ

УДК 631.362

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**УДОСКОНАЛЕННЯ РЕШІТНОГО СТАНУ ЗЕРНООЧИСНОЇ
МАШИНИ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ Невмержицький А.М.

Керівник роботи

Грабар І.Г.

доктор технічних наук, професор

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Невмержицький Антон Михайлович. Удосконалення решітного стану зерноочисної машини. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В магістерській роботі на підставі аналізу встановлено, що для підвищення надійності зерноочисних машин та їх вібраційної безпеки, покращення якості сепарування необхідне зниження вібраційних переміщень несучих конструкцій. Поліпшення вібраційних характеристик зерноочисних машин можливе за рахунок удосконалення пристроїв підвісу решітних станів. Установка решітного стану на пневмоподушку дозволяє гасити шкідливі вібрації, знижуючи їх вплив на раму машини, а також зменшити масу конструкції зерноочисної машини і спростити процес регулювання висоти установки решітного стану.

Експериментально встановлено, що використання конструкції решітного стану, встановленого на пневмоподушці AIRKRAFT 2B-220, дозволяє знизити рівень вібрації на 2,5...44,3% залежно від режимних параметрів. Найбільше розбіжність показників рівня вібрації спостерігаються при частоті 300 хв⁻¹ та амплітуді 28 мм – 44,3 %, а найменша різниця при 400 хв⁻¹ та амплітуді 16 мм – 2,5 %. Даний факт можна пояснити тим, що решітний стан, встановлений на пневмоподушці, не входить в резонансний рух з рамою машини і знакозмінні навантаження, що виникають, гасяться за рахунок пружності повітря в пневмоподушці. Встановлення решітного стану на пневмоподушці дозволить гасити шкідливі вібрації, знижуючи їх вплив на раму машини, а також знизити металоємність зерноочисного агрегату та спростити процес регулювання висоти установки решітного стану.

Ключові слова: пневмоподушка, зерноочисна машина, решітний стан, вібрація.

ANNOTATION

Nevmerzhitsky Anton Mikhailovich. Improvement of the grate condition of the grain cleaning machine. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

In the master's thesis, based on the analysis, it was established that in order to increase the reliability of grain cleaning machines and their vibration safety, to improve the quality of separation, it is necessary to reduce the vibration movements of the supporting structures. Improvement of the vibration characteristics of grain cleaning machines is possible due to the improvement of the suspension devices of the gratings. Installation of the grate stand on a pneumatic cushion allows you to dampen harmful vibrations, reducing their impact on the machine frame, as well as reduce the weight of the grain cleaning machine structure and simplify the process of adjusting the height of the grate stand installation.

It has been experimentally established that the use of the structure of the lattice structure installed on the air cushion AIRKRAFT 2B-220 allows to reduce the level of vibration by 2.5...44.3% depending on the mode parameters. The largest difference in vibration level indicators is observed at a frequency of 300 min⁻¹ and an amplitude of 28 mm - 44.3%, and the smallest difference at 400 min⁻¹ and an amplitude of 16 mm - 2.5%. This fact can be explained by the fact that the lattice stage installed on the pneumatic cushion does not engage in resonant movement with the machine frame and the alternating loads that arise are extinguished due to the elasticity of the air in the pneumatic cushion. Installation of the grate bed on a pneumatic cushion will allow to extinguish harmful vibrations, reducing their impact on the machine frame, as well as to reduce the metal capacity of the grain cleaning unit and simplify the process of adjusting the height of the grate bed installation.

Key words: pneumatic cushion, grain cleaning machine, grating condition, vibration.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТА РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН.....	8
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	16
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	23
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	29

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Збільшення виробництва зерна є основою сталого функціонування всього агропромислового комплексу та забезпечення продовольчої безпеки. Отримання високоякісного товарного зерна забезпечує негайна, без проміжного зберігання, післязбиральна обробка вороха, що надходить з поля, з його поділом на фракції. Для цього використовуються різні зерноочисні агрегати, зокрема машини, що здійснюють очищення вороху на плоских решетах. Такі робочі органи є нині найбільш універсальними і широко використовуються у зерноочисних комплексах.

Решетні стани зерноочисних машин здійснюють зворотно-поступальний рух, що викликає вібрації, які негативно впливають на вузли та деталі машин, опорні будівельні конструкції, а також на працівників. Слід зазначити і високий рівень шуму під час роботи решітних станів. В результаті погіршуються умови виробничого середовища, що призводить до зниження ефективності технологічного процесу, виникнення захворювань у працівників, передчасного зносу машин, опорних будівельних конструкцій і в результаті до додаткових фінансових, матеріальних і трудових витрат за виробництво продукції.

Для зниження вібрації зерноочисних машин необхідно вивчити кінематичні та динамічні параметри роботи решітного стану, що дозволить виявити причини виникнення вібрації та обґрунтувати технічні рішення щодо її зниження.

Пошук технічних рішень, спрямованих на зниження вібрації зерноочисних машин є актуальним завданням удосконалення зазначених машин. Внаслідок зниження вібрації не лише покращуватиметься умови виробничого середовища, умови праці працівників зерноочисних комплексів, а й підвищиться ефективність очищення зернового вороху.

Магістерська робота присвячена обґрунтуванню технічного рішення щодо зниження вібрації зерноочисних машин на основі застосування пневмоподушки

для встановлення решітного стану та вивчення особливостей роботи такого пристрою з метою визначення раціональних режимів поділу зернового вороху. Отже, тема дослідження є актуальною.

Мета роботи: підвищення ефективності функціонування та вібраційної безпеки зерноочисних машин.

Завдання дослідження:

- визначити кінематичні параметри решітного стану, що коливається на пружній плоскій підвісі;
- оцінити вплив показників режимів роботи решітних станів на пружній плоскій підвісі, та встановленого на пневмоподушці, на вібрацію та шум зерноочисних машин.

Об'єкти досліджень. Робочий процес решітного стану зерноочисної машини.

Предмет дослідження. Закономірності функціонування решітних станів зерноочисних машин.

Методи дослідження. Лабораторний експеримент поставлено на основі апробованих методик, для його проведення модернізовано лабораторну установку дослідження процесу сепарації зерна. Вимірювання проводили сертифікованими та повіреними приладами. При проведенні розрахунків та обробці результатів експерименту використовували сучасні комп'ютери та застосовували програмне забезпечення: Microsoft Excel, Mathcad, MatLab, Maple, Statistica.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Грабар І.Г., **Невмержицький А.М.** Вплив виду підвіски решітного стану на ефективність очищення зернового вороху. Наукові читання–2022: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 7 червня 2022 р. Житомир: Поліський національний університет, 2022. С. 3-5.

2. Грабар І.Г., **Невмержицький А.М.** Аналіз конструкцій та робочих процесів зерноочисних машин. *Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки"* (16–18 жовтня 2022 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Житомир. 2022. С. 277-281.

3. **Невмержицький А.М.** Оцінка рівня вібрації при різних видах підвіски решітного стану та режими його роботи. *Збірник тез VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 31 березня 2021 року, м. Житомир. С. 282.

Практичне значення одержаних результатів. практичну цінність мають запропонована конструкція решітного стану, встановленого на пневмоподушці, що забезпечує зниження вібрації та шуму зерноочисних машин, підвищення ефективності сепарації зернового вороху; табличні та графічні залежності коефіцієнта сепарації, вібрації та шуму від режимів роботи решітних станів, що дозволяють визначити раціональні режими технологічного процесу сепарації зернового вороху.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 30 сторінок комп'ютерного тексту, містить 7 рисунків та 3 таблиці.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТА РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН

Зерноочисні машини здійснюють відокремлення сторонніх домішок від вихідного матеріалу та поділяють продукт на фракції. Технологічні вимоги до даних машин регламентують ТУ 23.2.587-86, відповідно до яких основними показниками є продуктивність, повнота поділу і втрати основного продукту у відходи .

Поділ зернової суміші за геометричними розмірами (товщиною і шириною) проводиться на ситах (решетах). Основною умовою перебігу даного процесу є рух матеріалу по ситі. Це забезпечується кутом нахилу сита та рухом сита. Для підвищення ефективності процесу сепарування в даний час найбільшого поширення набули машини зі зворотно-поступальним рухом робочого органу, що здійснюється за допомогою кривошипно-шатунного приводу.

Закономірності руху матеріалу по поверхні, що здійснює гармонічні коливання, були розглянуті в роботах Бушуєва Н.М., Гончарова Є.С., Дубровського А.А., Бардишева Г.М., Заїки П.М., Гортинського В.В., Бабченко В.Д., Волошина Н.І., Бикова В.С., Корнева О.С. При розгляді переміщення зернової суміші частина авторів описує переміщення матеріальної точки або одиничного зерна сипучої суміші.

Технологічні процеси поділу зернової суміші, післязбиральної обробки зерна, а також конструкції та робочі процеси зерноочисних машин досліджували та вдосконалювали у багатьох наукових та науково-освітніх організаціях України. Значний внесок у розвиток зерноочисної техніки, удосконалення технологічних процесів післязбиральної обробки зерна та підготовки насіння зробила наукова школа професора Тарасенка А.П. Представники цієї школи (Оробінський В.І. А.М., Баскаков І.В., Чернишов А.В. та інші) і в даний час

активно ведуть наукові дослідження в галузі вдосконалення технологічних процесів післязбиральної обробки зерна та підготовки насіння, зерноочисних машин. Необхідно також відзначити плідну роботу з удосконалення та модернізації зерноочисних машин та комплексів фахівців ТОВ «Вібросипаратор». Наукові досягнення вказаних учених та фахівців дозволили створити сучасні зерноочисні машини та комплекси, що реалізують технологічні процеси ефективного очищення зернового вороху, у тому числі і на плоских решітках.

Для вібраційних ситових машин залежно від руху, що здійснюється робочим органом і фізико-механічних властивостей частинок, що розділяються, існує кілька регулярних режимів вібраційного переміщення. Для зворотно-поступального руху робочих органів найкращим є режим руху частинок без підкидання з двома миттєвими зупинками в кожному періоді. Визначено також необхідні та достатні умови існування та стійкості всіх можливих режимів встановленого руху. Даний режим вібраційного переміщення збільшує ймовірність просіювання частинок і зменшує динамічні навантаження на сито.

Питання розрахунку та проектування вібраційних зерноочисних машин висвітлено у багатьох роботах. Основні дослідження з удосконалення вібраційних зерноочисних машин спрямовані вивчення чинників, які впливають технологічну ефективність процесу сепарування. Такими чинниками є робочі розміри отворів сит, кути нахилу сит і підвісок ситових корпусів, габаритні розміри сит, параметри зернової суміші, питомі навантаження на сита, кінематичні параметри руху сит. Робочі розміри отворів вибираються в залежності від геометричних розмірів компонентів суміші.

Вибір кута нахилу сит пов'язані з кінематичним режимом руху сит. При зменшенні кута нахилу необхідно збільшити частоту коливання сит, що у свою чергу викликає додаткове навантаження на всі ланки машини, збільшує ймовірність відмов, особливо при неповній врівноваженості решітних станів. Збільшення кута нахилу обмежується габаритами машини та як наслідок її

масою. Найбільш оптимальний кут нахилу сит до горизонту становить 8° . Кожухівський І.Є. зазначає, що зміна кута нахилу від 4 до 15 не надає істотного впливу на ефективність процесу просіювання.

На ефективність технологічного процесу сепарування впливають кінематичні характеристики машини: ω - частота коливань сита; A - амплітуда, амплітудні величини швидкості $A\omega$ і прискорення $A\omega^2$ цих коливань; кут спрямованості коливань сита. Більшість авторів визначальним показником вважає максимальне прискорення сит. Однак оптимальне значення амплітуди прискорення, що рекомендується, змінюється в досить широких межах, наприклад, для очищення насіння пшениці від 9 до 28 m/s^2 .

Багато авторів відзначають, що на технологічний ефект процесу сепарування істотно впливає середня швидкість руху зернового матеріалу по ситі. Середня швидкість матеріалу визначається комбінацією значень наступних параметрів: амплітуди, товщини шару суміші, частоти коливань, кута нахилу і напрямів коливань сита. Середня швидкість залежить від кута нахилу, амплітуди, частоти коливань сита.

Відносну швидкість переміщення нижнього шару матеріалу за сити визначено Гортинським В.В. Існує також графічний метод визначення середньої швидкості руху матеріалу по ситі.

З аналізу досліджень, спрямованих на визначення оптимальних значень технологічних і динамічних характеристик вібраційних зерноочисних машин, виходить, що отримані наукові результати не враховують вплив вібрації несучих конструкцій машин на технологічні показники їхньої роботи. Різниця в результатах, отриманих різними авторами, а також у їх рекомендаціях може пояснюватися тим, що в даних дослідженнях не враховувався вплив на технологічний процес сепарування вібрації рами машини. Використання для експериментальних досліджень машин з різною жорсткістю їх конструкцій не дозволяє об'єктивно зіставляти результати досліджень, проведених різними авторами.

Вібраційні машини широко застосовуються в різних галузях техніки для інтенсифікації фізичних і хімічних процесів для транспортування і дозування сипких матеріалів, їх змішування, ущільнення, а також поділу сипких матеріалів на різноякісні фракції. Вібраційні сепаруючі машини використовуються для збагачення корисних копалин, вібраційної обробки деталей, виготовлення ливарних форм, поділу різного роду порошків, підготовки сировини в технологічних процесах виробництва будівельних виробів та харчових виробництв, сепарування зерна на елеваторах, в агропромисловому комплексі. Характеристики машин для вібраційного поділу сипких сумішей наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Характеристики машин для вібраційного поділу сипких сумішей

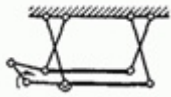
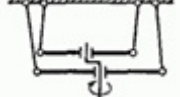
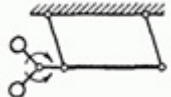
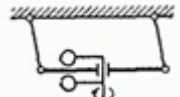
признаки розділу частинок		Спосіб поділу	Робочі органи	Коливання	Галузеві назви машини
Основні	Супутні				
Щільність і розміри	Форма	Вібропневматичний з просіюванням	Сита і повітряні канали	Теж саме	Ситовійкі (сільське господарство, зернопереробні виробництва), повітряні грохоти (гірничовидобувне виробництво), пневмостволи (сільське господарство).
Пружність	Щільність, коефіцієнт тертя	Ударно-вібраційний	Похилі, гладкі опорні поверхні з вертикальними боковими стінками	Горизонтальні, прямолінійні і зворотнообертальні	Сортувальні столи (зернопереробне виробництво)

Найбільш складними за технологічними вимогами є розділові процеси в харчових виробництвах і при очищенні зерна. Це визначається великою різноманітністю фізико-механічних властивостей вихідних компонентів, а також високими вимогами до кінцевого продукту. Високі технологічні вимоги до якості сепарування зумовили найбільшу різноманітність, складність конструкції

і приводів сепаруючих машин. При цьому їх принципові конструктивні та кінематичні схеми включають і сепаруючі машини суміжних галузей техніки, що використовують вібраційний поділ сипких сумішей.

Схеми деяких найпоширеніших машин із механічним збудженням коливань наведені у табл. 2.

Таблиця 2 - Схеми машин для розподілу сипучих сумішей

Привід	Рух	
	майже прямолінійне зворотно-поступальний	Коловий поступальний
З примусовим рухом		
Самобалансуючих		
З вібробудником		

У зернопереробних виробництвах більшість розділових процесів ґрунтується на застосуванні вібраційних машин. У цих машинах здійснюються такі операції: очищення сировини від домішок, фракціонування, сортування.

Вібраційні сепаратори бувають безперервної та періодичної дії. Найбільшого застосування знайшли сепаратори безперервної дії. Залежно від призначення дані машини відрізняються одна від одної за типом приводу, за числом і розташування рухомих корпусів та за характером їх руху.

Велику групу машин складають машини для очищення зерна від домішок (сепаратори типу ЗСМ, ЗПС, ЗВС-20, Р8-УЗК-50, А1-ВІС, А1-БЛС, А1-БСФ, «Класіфайер»). Дані машини використовуються на елеваторах і хлібоприймальних пунктах, у підготовчих відділеннях борошномельних підприємств, у технологічних лініях комбикормових заводів.

Основна технологічна функція сепараторів - очищення зерна від домішок за аеродинамічними ознаками (пилу, частинок оболонки, легких бур'янів) і розмірними ознаками (великі та дрібні частинки). Аналогічні кінематичні схеми мають вібраційні сепаруючі машини у гірничодобувному виробництві, сепаратори для фракціонування порошків. Для виділення органічних та мінеральних домішок, які відрізняються від зерна за вагою, але мають той самий розмір і аеродинамічні характеристики застосовують каменевідокремлювальні машини типу РЗ-БКТ і концентратори типу А1-БЗК.

Сортування проміжних продуктів розмелювання зерна за розмірами виробляють розсівання. Сортування круподунстових продуктів за якістю для отримання однорідних за вмістом ендосперму фракцій виробляють у ситових машинах (критерій поділу – різна щільність) [4].

Для обробки сходової фракції після вимольної машини А1-БВГ як допоміжна машина використовується віброцентрофугал РЗ-БЦА, який забезпечує сепарування вологої важкосипучої суміші, що містить борошно [2].

За типом перетворення енергії, що підводиться, в енергію механічних коливань приводи зерноочисних машин діляться на групи [1]. Найпростішими є кінематично жорсткі приводи. Перевага кінематично твердого приводу в тому, що він забезпечує задану амплітуду коливань робочого органу при зміні частоти коливань, маси, ρ і технологічного навантаження. Недоліком такого приводу є дія великих інерційних сил на ланки пристрою. При зворотно-поступальному русі двох ситових корпусів застосовують ексцентриковий колівач [1].

До наступної групи приводних пристроїв відносяться інерційні коливання [2]. Амплітуда коливань зерноочисних машин з інерційними коливальниками залежить від співвідношення частот вимушених та власних коливань, маси робочих органів та продукту, що обробляється.

За кількістю твердих тіл (корпусів), що коливаються, вібраційні зерноочисні машини діляться на одномасні і двомасні [6]. У двомасних зерноочисних машинах послідовне просіювання розшарованої зернової суміші

через сито дозволяє не лише виділяти дрібні легкі домішки а й розділяти очищене зерно за різними ознаками.

Форма коливань робочого органу визначається динамічними характеристиками системи (привідним пристроєм, масою робочого органу, жорсткістю пружних зв'язків). Форма коливань робочого органу вибирається залежно призначення машини [2]. У багатьох машинах робочі органи здійснюють зворотно-поступальний рух, у них використовують пружні зв'язки у вигляді пластинчастих дерев'яних (багатошарова фанера) або сталевих пружин та гумометалевих опор [3]. Є група машин, робочі органи яких здійснюють круговий поступальний рух у горизонтальній площині [3].

Характер руху робочого органу може бути гармонійним чи псевдогармонічним залежно від конструкції та матеріалу пружних зв'язків та типом приводу [2]. У більшості зерноочисних машин використовують зв'язки з лінійними пружними характеристиками, характер руху робочого органу в таких машинах гармонійний [2].

Використання гумометалевих опор призвело до застосування на зерноочисних машинах пружних зв'язків з нелінійною характеристикою, що визначають псевдогармонічний характер руху робочого органу [4]. Більшість машин працює у зарезонансному режимі, тобто частота вимушених коливань значно перевищує частоту власних коливань, що забезпечує стійкий рух системи.

Наведена класифікація вібраційних зерноочисних машин дозволяє об'єднувати різні машини у відповідні групи за тим або іншим ознакам та вдосконалювати загальну методику їх розрахунку.

Стабільність перебігу технологічного процесу вібраційних зерноочисних машин багато в чому залежить від стійкості віброхарактеристик (віброприскорення, вібропереміщення), які забезпечуються динамічним режимом рухомих частин машин, а також жорсткістю конструкції, яка закладається на стадії проектування.

Висновки по розділу

Аналіз науково-технічної літератури з цієї проблеми [2] показує, що основними тенденціями розвитку вібраційних зерноочисних машин є: удосконалення пристроїв приводу; оптимізація динамічного режиму ситових корпусів за різних видів руху; ефективне використання основних та супутніх ознак поділу; автоматизація завантаження машини та регулювання оптимальних режимів роботи окремих робочих органів; підвищення стабільності динамічних характеристик машин на основних та перехідних режимах роботи; зниження вібрації несучих конструкцій та оптимізація жорсткості елементів рамної конструкції.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження щодо впливу вібрації рамної конструкції зерноочисної машини на шумові показники решітного стану, його механічну стійкість та показники очищення зернового вороху проводили в лабораторних умовах на вдосконаленій експериментальній установці, яка моделює роботу зерноочисної машини фракційної очищення типу ОЗФ-80.

При дослідженнях використовували два решітних стани:

- базовий (рис. 2.1) – решітний стан підвішений на двох парах пружних плоских підвісок;
- удосконалений (рис. 2.2, 2.3) – решітний стан встановлений на пневмопіддушці.

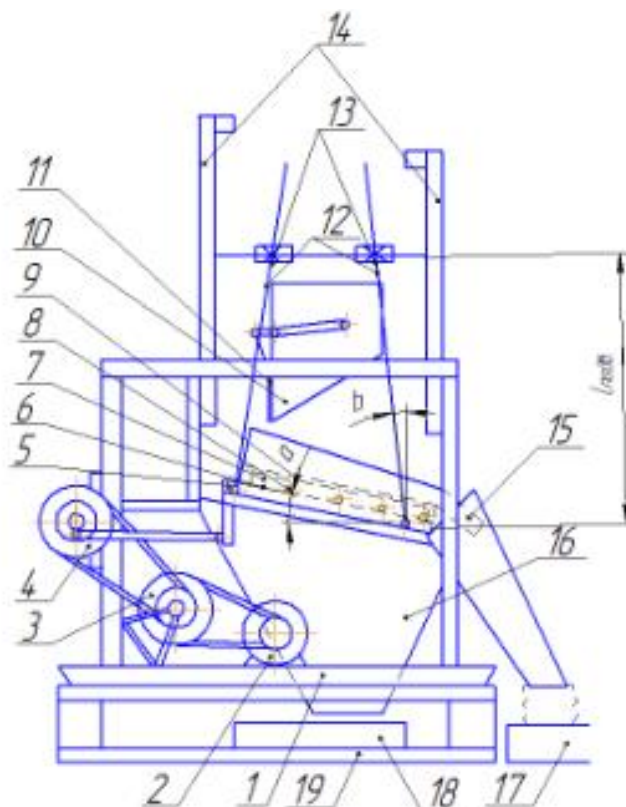


Рис. 2.1. Експериментальна установка, що імітує роботу базового гратного стану

Експериментальна установка (рисунок 2.1) складається із зварної рами 1, на якій встановлений решітний стан 5, з штампованою відбивною поверхнею 6, рухомою картатою рамкою 7, кульковими очищувачами 8, решетом 9 з кутом нахилу α . Решетний стан підвішений на плоских підвісках 12 довжиною $L_{\text{підв}}$, встановлених з можливістю регулювання кута нахилу b щодо вертикалі за допомогою регульовальних кронштейнів 13. Для регулювання висоти підвісу решітного стану встановлені напрямні 14. З бункера 10, який кріпиться до рами здійснюється подача зернової суміші на решітний стан. Зміна подачі з бункера відбувається за рахунок регульованої заслінки 11. Привід експериментальної установки здійснюється від електродвигуна 2 за допомогою клинопасового варіатора 3 і шатунно-кривошипного механізму 4. Під решітним станом змонтована скатна поверхня 16 із приймальним бункером 18 для збору проходу. Сходова фракція скатної поверхні 15 направляється в бункер сходу 17.

Експериментальна установка виконана з можливістю оперативної заміни решіт для визначення ефективності процесу сепарації при обробці різних видів сільськогосподарських культур. Довжина решета становить $L_p=0,79$ м; при ширині $B_p=0,2$ м. Очищення отворів решіт здійснюється кульковими очисниками. Для ефективної реалізації завдань дослідження регулювати основні параметри роботи установки можна було в межах:

- величина питомої подачі зернового вороху на решето $q=1,0\dots25,0\text{т}/(\text{год}\cdot\text{м}^2)$;
- частота обертання приводного валу $n=180 \dots 950 \text{ хв}^{-1}$;
- амплітуда коливань решітного стану $r=5,0\dots50,0$ мм;
- Висота кріплення решітного стану $l_n=100\dots1200$ мм.

Робота представленої експериментальної установки здійснюється наступним чином: вихідний зерновий ворох засипається в бункер 10, звідти самопливом проходить через заслінку 11 і надходить на поверхню решета 9 решітного стану 5 коливається в горизонтальній площині. Очисні елементи 8 розташовані в підрешітному просторі, в процесі коливального руху

спвударяються зі зворотною поверхнею решета і вибивають з отворів застрягли елементи зернового вороху, тим самим виконуючи його очищення. Частина зерноsumіші, яка просіялася крізь решето 9 направляється по скатній поверхні в бункер для проходової фракції 18. У бункер для сходу 17 надходить інша частина зерноsumіші, що йде сходом. У конструкції експериментальної установки передбачено можливість демонтажу плоских підвісок та використання інших технічних рішень для кріплення решітного стану.

Експериментальні дослідження щодо визначення впливу основних кінематичних параметрів роботи зерноочисної машини на рівень вібрації проводили на експериментальних установках, представлених на рис. 2.1 та 2.3. Досліди проводили в трьох повторностях, при продуктивності 15 т/год.

Подачу вихідного вороху на решітку поверхню 9 експериментальної установки здійснювали наступним чином. Перед дослідами зробили тарування величини відкриття заслінки 11 в бункері 10. У бункер засипали певну кількість попередньо зваженого оброблюваного матеріалу, далі відкривали дозуючу заслінку на необхідну величину. За допомогою секундоміра засікали час, за який бункер 10 спорожніє. Пропускную здатність визначали, ділячи відому масу матеріалу на час проведення досліду при даній величині відкриття заслінки 11. Надалі подачу приймали в розрахунку на дійсну ширину решітного стану, рівну 1,5 м.

Для забезпечення порівняльних даних досліди проводили при базовому кріпленні решітного стану на плоских підвісках та при встановленні решітного стану на пневмоподушці балонного типу AIRKRAFT 2B-220 (рис. 2.2 та 2.3).



Рис. 2.2. Пневмоподушка балонного типу AIRKRAFT 2B-220

Пневмоподушка балонного типу AIRKRAFT 2B-220 дозволяє змінювати висоту в діапазоні 80...265 мм в залежності від тиску в балоні, максимальне допустиме навантаження становить 17 кН при тиску 0,7 МПа (7 атмосфер). Пневмоподушка, на якій встановлений решітний стан, гасить вертикально спрямовані вібрації, забезпечена повітряним клапаном з манометром для контролю тиску (на схемі не показано), через який заповнюється стисненим повітрям. Пневмоподушка встановлюється по центру мас решітного стану, при русі вліво його однойменна сторона стискається, права розтягується. Під час руху вправо відбувається зворотний процес. Змінюючи тиск усередині пневмоподушки можна регулювати висоту установки решітного стану, тим самим змінюючи характер переміщення зернового матеріалу по решету в залежності від матеріалу, необхідного ступеня очищення і продуктивності машини [3].



Рис. 2.3. Експлуатація експериментальна установка

Решетний стан працює наступним чином: обертальний рух ексцентрика перетворюється на зворотно-поступальне переміщення штовхача, при цьому виникає контакт-силово взаємодія між ним і корпусом решітного стану. При коливанні решітного стану виникають інерційні сили, що діють як у горизонтальній, так і вертикальній площині, максимальне значення цієї сили проявляється в крайніх положеннях решітного стану. Решітний стан, встановлений на пневмоподушці, не входить у резонансне коливання з рамою зерноочисної машини і знакозмінні навантаження, що виникають, гасяться за рахунок пружності повітря в пневмоподушці.

Вимірювання рівня вібрації необхідно проводити для визначення відповідності робочого місця оператора зерноочисної установки допустимим нормам, встановленим ДСТУ 31319-2006 [131].

Для вимірювань використовувався віброметр AS63B представлений рис. 2.4. Досліди проводили у трьох повторностях з відсіванням незначних факторів.



Рис. 2.4. Прилад AS63B для заміру вібрації

На кафедрі ПНУ розроблено та зібрано пристрій вібродіагностики на основі Bluetooth-модуля (рис. 2.5), призначений для передачі даних від вібродатчика, що характеризується багатофункціональністю та перешкодостійкістю [1]. Його відмінною особливістю є використання приймального пристрою смартфона або планшета на операційній системі Android, для чого була написана спеціальна програма. Даний пристрій вібродіагностики на основі Bluetooth-модуля забезпечує автоматичний збір інформації з датчиків, встановлених на контрольованій машині, з передачею інформації комп'ютеру або на мобільний телефон і наступним поданням результатів у вигляді часових діаграм. Воно може бути ефективно використане під час технічної діагностики машин (за рівнем вібрації).

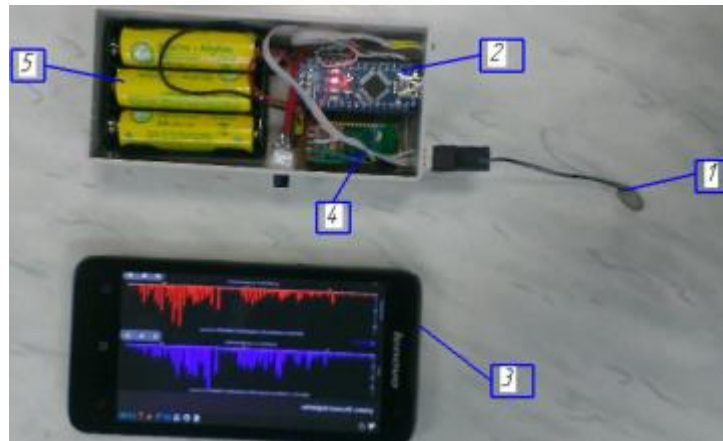


Рис. 2.5. Пристрій вібродіагностики на основі Bluetooth-модуля: 1 – чутливий елемент; 2 – плата Arduino nano; 3 – смартфон/планшет (Android); 4 – приймально-передавальний елемент (Bluetooth-модуль); 5 – джерело живлення (три батареї типу «AA»).

Висновки по розділу

В другому розділі магістерської роботи представлено методика та обладнання для проведення експериментальних досліджень запропонованої костркції решітного стану зерноочисної машини.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Вплив виду підвіски решітного стану на ефективність очищення зернового вороху

Знизити вібраційне навантаження на раму машини при збереженні штатних показників сепарування дозволить застосування пневмоподушки для встановлення на неї решітного стану. Таке технічне рішення дозволить за мінімальних конструктивних змін у зерноочисній машині знизити вібрацію. Пневмоподушка (рис 1 і 2) за рахунок пружних властивостей дозволяє нівелювати вібрацію від приводу решітного стану і гасити значне навантаження, що передається на раму машини. Конструкція решітного стану, встановленого на пневмоподушці, забезпечує рівномірну роботу машини з необхідними показниками якості матеріалу.

Ефективність роботи запропонованої конструкції була перевірена дослідним шляхом у лабораторії кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету. У ході досліджень використовувалася експериментальна установка, що імітує роботу фракційної зерноочисної машини ОЗФ-80. Подача зернового вороху з бункера на сито з розміром отворів решіт 2,8 мм складала 15 т/год. Частота коливань решітного стану варіювалася від 300 до 450 хв⁻¹, з інтервалом 25 хв⁻¹, амплітуда коливань становила 16 і 28 мм. При проведенні дослідів визначали масу зерна, що зійшла з решета, масу зерна, що пройшло через решето і виразили коефіцієнт сепарації μ . Результати представлені у таблиці 1 та рис. 1.

З наведених результатів видно, що конструкція кріплення решітного стану до рами зерноочисної машини у вигляді пневмоподушки дає кращі показники сепарування зернової суміші. Зі збільшенням частоти коливань решітного стану з 300 хв⁻¹ до 450 хв⁻¹ ефективність використання пневмоподушки збільшується

від 3,3 до 17,8 % при амплітуді 16 мм і від 5,5 до 14,3 % при амплітуді 28 мм в порівнянні з решітним станом, підвішеним на плоских пружних підвісках.

Таблиця 3.1 - Вплив виду підвіски решітного стану на ефективність сепарування

Частота коливачь п, хв ⁻¹	Амплітуда А, мм	Коефіцієнт сепарації при базовому кріплення решітного стану (вертикальне розмі-щення підвіски) μ , м ⁻¹	Коефіцієнт сепарації при установці решітного стану на пневмоподушці μ , м ⁻¹
300	27	0,163	0,172
	17	0,148	0,155
325	27	0,166	0,178
	176	0,152	0,162
350	27	0,176	0,187
	17	0,169	0,176
375	27	0,182	0,205
	176	0,172	0,185
400	27	0,188	0,213
	17	0,176	0,197
425	27	0,193	0,218
	176	0,176	0,205
450	27	0,203	0,232
	17	0,178	0,212

Пояснити таку різницю за коефіцієнтом сепарації можна зниженням рівня шкідливої вібрації за допомогою гасіння коливачь пневмоподушкою.

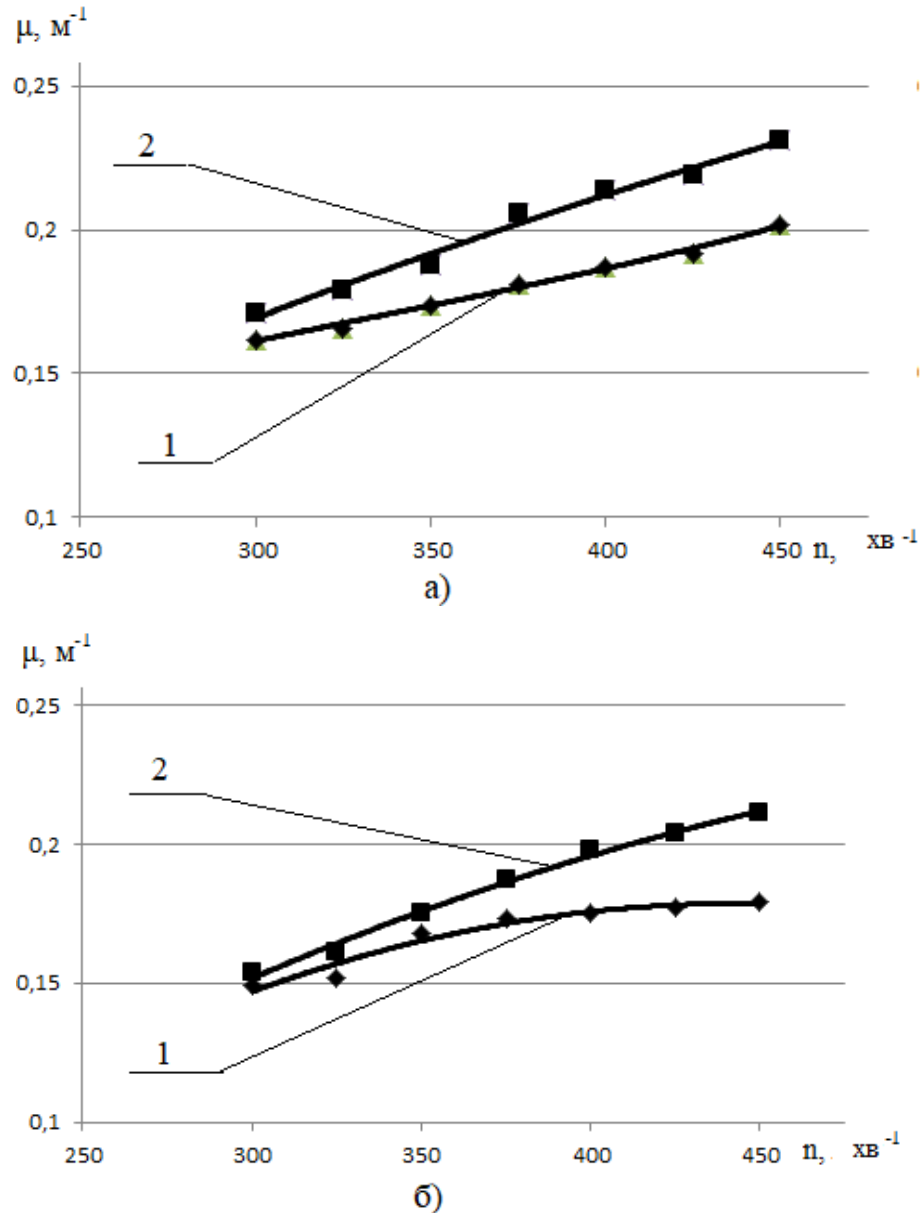


Рис. 3.1. Графіки залежності коефіцієнта сепарації від частоти приводу решітного стану: 1 – базова схема підвіски; 2 – встановлення решітного стану на пневмоподушку а – амплітуда коливань 28 мм; б – амплітуда коливань 16 мм

3.2. Оцінка рівня вібрації при різних видах підвіски решітного стану та режими його роботи

У результаті досліджень заміряли вібрацію безпосередньо на рамі експериментальної установки [1]. Частота коливань приводу решітного стану

варіювалася від 300 до 500 хв^{-1} з кроком 25 хв^{-1} . Амплітуда коливань становила 16 та 28 мм відповідно. Висота пневмоподушки становила 0,3 м.

Як об'єкт порівняння взято конструкцію решітного стану базового компонування, підвішену на плоских підвісках.

Графіки залежності рівня загальної вібрації від частоти коливань приводу решітного стану за різних видів підвіски решітного стану наведено на рис. 3.2.

Аналіз представлених даних показує, що характер зміни рівня вібрації при базовому компонуванні решітного стану має параболічну залежність [1]. Це пояснюється тим, що з малої частоти коливань решітного стану (300хв^{-1}) люфти в зчленуваннях решітного стану та в цілому по машині, а також знакозмінні навантаження та значні інерційні сили від коливань зернового матеріалу, що знаходиться на решеті та нерівномірно розподіленого по ньому, призводять до виникнення значних вібрацій, зі збільшенням частоти коливань решітного стану до 400хв^{-1} відбувається самобалансування (самоврівноваження) та оброблюваного вороху, при подальшому збільшенні частоти коливань відбувається розбалансування системи за рахунок збільшення інтенсивності зміни знакозмінних навантажень.

Установка решітного стану на пневмоподушці дозволить гасити шкідливі вібрації, знижуючи їх вплив на раму машини, і відповідно на несучі конструкції та навколишнє середовище [1], а також зменшити масу конструкції зерноочисного агрегату та спростити процес регулювання висоти установки решітного стану.

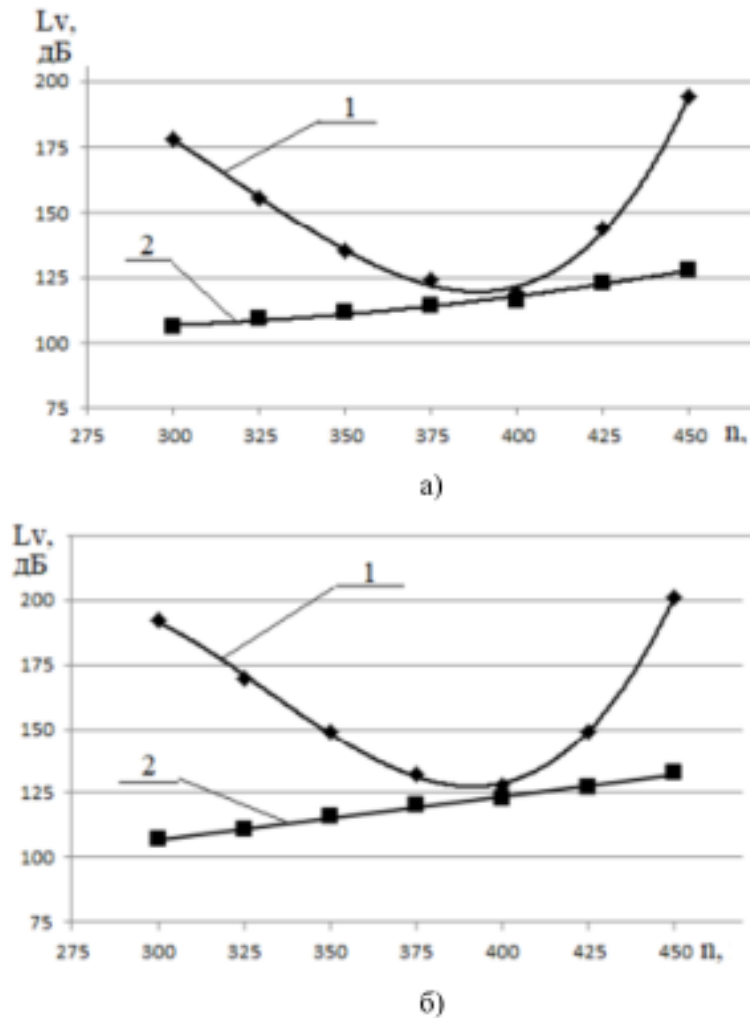


Рис. 3.2. Графіки залежності рівня загальної вібрації від частоти коливань приводу решітного стану за різних видів підвіски решітного стану: 1 – базова схема підвіски; 2 – встановлення решітного стану на пневмоподушці а – при амплітуді коливань 28 мм; б – при амплітуді коливань 16 мм

Висновки по розділу

Проведені дослідження показали, що знизити рівень вібрації машин для післязбиральної обробки зернового вороху, встановлених у технологічних лініях зерноочисних агрегатів, можна за рахунок використання нової конструкції кріплення решітних станів – пневмоподушки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Коливання рами зерноочисної машини збільшують фактичну амплітуду коливань ситових корпусів до 40% порівняно з номінальною та суттєво знижують якість сепарування. Для підвищення надійності зерноочисних машин та їх вібраційної безпеки, покращення якості сепарування необхідне зниження вібраційних переміщень несучих конструкцій. Поліпшення вібраційних характеристик зерноочисних машин можливе за рахунок удосконалення пристроїв підвісу решітних станів.

Установка решітного стану на пневмоподушку дозволяє гасити шкідливі вібрації, знижуючи їх вплив на раму машини, а також зменшити масу конструкції зерноочисної машини і спростити процес регулювання висоти установки решітного стану.

Експериментально встановлено, що використання конструкції решітного стану, встановленого на пневмоподушці AIRKRAFT 2B-220, дозволяє знизити рівень вібрації на 2,5...44,3% залежно від режимних параметрів. Найбільше розбіжність показників рівня вібрації спостерігаються при частоті 300 хв^{-1} та амплітуді 28 мм – 44,3 %, а найменша різниця при 400 хв^{-1} та амплітуді 16 мм – 2,5 %. Даний факт можна пояснити тим, що решітний стан, встановлений на пневмоподушці, не входить в резонансний рух з рамою машини і знакозмінні навантаження, що виникають, гасяться за рахунок пружності повітря в пневмоподушці. Встановлення решітного стану на пневмоподушці дозволить гасити шкідливі вібрації, знижуючи їх вплив на раму машини, а також знизити металоємність зерноочисного агрегату та спростити процес регулювання висоти установки решітного стану.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мельников Б.Н. Исследование процесса разделения зерновой смеси на подсевных центробежно-вибрационных решетках: автореф. дис. канд.техн.наук: 05.20.01. Саратов, 1972. 27 с.
2. . Циганенко М.О. Оптимізація процесу збирання та транспортування врожаю зернових культур з використанням бункера-накопичувача . Інженерія природокористування, № 2 (10). 2018. с. 87-93.
3. Котов Б.І. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерно матеріалів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 33. Кіровоград, 2003.
4. Сарана В.В., Аношкін О. С. Аналіз барабанних та роторних зерноочисних сепараторів [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/772317.pdf>.
5. Подирятов Г.І. Зберігання і переробка продукції рослинництва. Київ : Мета, 2002. 495 с.
6. Соколова А.Я. Технологическое оборудование предприятия по хранению и переработке зерна. Москва : Колос, 1984. 440 с.
7. Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції». Тернопіль 2010. 55 с.
8. Сисолін П. В., Петренко М. М., Свірень М. О. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Машини та обладнання для переробки зерна та насіння: підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. "Машини та обладн. с.-г. вир-ва". Кн. 3. К. : Фенікс, 2007. 432 с
9. Васильковський О. М., Васильковський М. І., Осипов І. М. Обґрунтування конструктивних параметрів інерційного прямооточного сепаратора зерна. Конструювання, виробництво та експлуатація

сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. 1999. Вип. 29. С. 234-238.

10. Лукьяненко В. М. Сепарация трудноразделимых семенных смесей. III Международная науднотехническая конференция “Сельскохозяйственные машины”. Харьков. XXIII Вип. 1. 2015 г. с. 95-98.

11. Стоцько З.А., Ребот Д.П., Топільницький В.Г. Визначення впливу властивостей сипкого середовища на ефективність сепарації. Вісник НУЛП Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. Львів. 2018. Вип.891. С. 60–65.

12. Ланець О.С. Теорія синфазних коливань у вібраційних машинах з електромагнітним приводом. Вібрації в техніці та технологіях. 2005. № 2(40). С. 46–59.

13. Заїка П.М., Бакум М.В., Михайлов А.Д. Вібраційна насіннеочисна машина для доочищення насіння сільськогосподарських культур. Журнал Пропозиція. № 6, 2005. с. 102.

14. Михайлов А.Д., Пастухов В.І., Бакум М.В. Машины, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки зерна і насіння. Харків : Навчальне видання, 2012. 95 с.