

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Механізація вирощування озимої пшениці з обґрунтуванням параметрів
зерноочисної машини МЗП-10»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи АІ-24М-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Олексієнко Дмитро Сергійович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

професор, канд. техн. наук

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

професор, докт. техн. наук

_____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«___» _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Олексієнко Дмитро Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Механізація вирощування озимої пшениці з обґрунтуванням параметрів зерноочисної машини МЗП-10
2. Керівник роботи(проекту)
Васильковський Олексій Михайлович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 15.12.2025 р.
4. Мета та завдання дипломної роботи Підвищення ефективності зерноочищення зерна пшениці шляхом вдосконалення конструкції зерноочисної машини МЗП-10.
5. Перелік ілюстративного матеріалу 1. Аналіз та огляд конструкцій зерноочисних машин та решет; 2. Обґрунтування об'єкта досліджень; 3. Теоретичний аналіз об'єкта дослідження; 4. Результати досліджень, висновки, рекомендації.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Виконання розділу «Вступ»	18.10.2025 р.	
2	Виконання розділу «Аналіз сучасної технології вирощування пшениці»	01.11.2025 р.	
3	Виконання розділу «Наукова частина»	18.11.2025 р.	
4	Виконання розділу «Практична реалізація результатів досліджень»	26.11.2025 р.	
5	Виконання розділу «Охорона праці».	29.11.2025 р.	
6	Формулювання загальних висновків. Оформлення пояснювальної записки, ілюстративної частини, підготовка до захисту	10.12.2025 р.	

Дата видачі завдання
«15» жовтня 2025 р.

Підпис керівника

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«15» жовтня 2025 р.

Підпис здобувача

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У дипломній роботі нами удосконалено механізацію вирощування пшениці та обґрунтовано параметри для зерноочисної машини МЗПІ-10. Здійснено огляд і аналіз сучасної технології вирощування пшениці, а також зерноочисних машин і їх робочих органів. Проведено дослідження процесу розділення зернової маси на експериментальній установці. На основі проведених досліджень, обґрунтовано довжину решета, площу та ширину живого перерізу решета, також отриманні результати було порівняно з площиною та шириною живого перерізу стандартних пробивних решіт.

Ключові слова: Зерноочисна машина, очищення зерна, струнне решето

In the thesis, we improved the mechanization of wheat cultivation and substantiated the parameters for the MZPI-10 grain cleaning machine. A review and analysis of modern wheat cultivation technology, as well as grain cleaning machines and their working components, have been carried out. The process of separating the grain mass was studied on an experimental setup. Based on the conducted research, the length of the sieve, the area, and the width of the sieve's active cross-section were justified, and the results obtained were also compared with the area and width of the active cross-section of standard punched sieves.

Keywords: Grain cleaning machine, grain cleaning, wire sieve

ЗМІСТ

1. Вступ.....	6
2. Аналіз сучасної технології вирощування пшениці.....	8
3. Наукова частина.....	21
3.1. Методика досліджень.....	21
3.2. Результати експериментальних досліджень.....	27
3.3. Наукові висновки.....	31
4. Практична реалізація результатів досліджень.....	32
4.1. Розроблення технологічної схеми для операції просіювання зернової маси.....	32
4.2. Характеристика об'єкта модернізації.....	35
5. Охорона праці.....	44
6. Висновки.....	46
7. Список використаних джерел.....	47
8. Додатки.....	49

1. Вступ

У ході аналізу роботи сучасних зерноочисних машин було встановлено, що в умовах реальної експлуатації забезпечити стабільно високу якість очищення вдається не завжди. Причини цього можуть бути різними – від нерівномірності подачі зернового вороху до коливань швидкості повітряного потоку та конструктивних обмежень машин. Розділення зернових сумішей за аеродинамічними ознаками дає нам можливість позбутися більшої частини легких домішок, таких як солома, пошкоджене зерно, часточки листя та стебел, насіння бур'янів тощо.

Найбільш розповсюдженими етапами очистки зернової маси залишаються повітряний та решітний методи. Саме вони дозволяють вилучити зі зернового вороху легкі домішки та частину неповноцінних зернин. При решітному очищенні зерновий матеріал просіюється за фізичними ознаками, які впливають на проходження часток через отвори решета. За такого очищення можна видалити крупні домішки, дрібні домішки, фрагменти стебел, рослинні залишки, насіння бур'янів.

Для виконання первинного очищення зернових сумішей у господарствах найчастіше застосовують універсальні повітряно-решітні машини типу СВС-15, ОВС-25 та їх аналоги. У свою чергу, для вторинної, більш тонкої очистки використовують спеціалізовані повітряні сепаратори, наприклад ІСМ-5 або ПС-60. Ці машини здатні працювати з великими обсягами матеріалу, проте навіть вони мають свої конструктивні обмеження.

Проведений аналіз попередніх досліджень роботи решітних сепараторів дав можливість сформулювати нову робочу гіпотезу: ефективність механічного очищення зернових сумішей можна підвищити без зміни габаритів, якщо забезпечити стабільніше та більш спрямоване розподілення матеріалу по поверхні решета.

Основою удосконаленого підходу щодо очищення зерна стало застосування струнного решета, конструкція якого створює інші умови взаємодії частинок з поверхнею просіювання. Струнні елементи формують рівномірний рух зернового потоку, зменшують ефект забивання та повторного накопичення частинок, а також підвищують інтенсивність самоочищення робочої поверхні. Завдяки цьому домішки та дрібні фракції отримують більше шансів пройти крізь отвори, тоді як основне зерно ефективніше транспортується далі.

Ключовий ефект полягає у покращенні розподілу частинок за висотою шару та по площі решета, що збільшує час та якість взаємодії матеріалу з робочою поверхнею без необхідності збільшення довжини чи ширини решета.

Запропонований технічне рішення може стати перспективним напрямом удосконалення решітних систем очищення, оскільки не потребує суттєвих конструктивних змін, але має потенціал значно підвищити ефективність відокремлення домішок і якість підготовки зернових сумішей.

2. Аналіз сучасної технології вирощування пшениці

Вирощування пшениці — це багатокомпонентний технологічний процес, успіх якого залежить від правильності виконання кожного етапу, починаючи з вибору сорту й закінчуючи післязбиральною обробкою зерна. Також якість врожаю формується завдяки комплексному підходу, який охоплює агротехнічні, технологічні, біологічні та організаційні аспекти.

Попередники. Сучасні сорти пшениці висувають підвищені вимоги до родючості, вологості та чистоти ґрунту, тому вибір попередника стає вирішальним фактором від якого буде залежати урожайність. У південних посушливих районах найкращими є попередники, які мінімально висушують ґрунт і забезпечують добрі умови для появи сходів. Такими є чорні та зайняті пари, а також горох. У північних зонах достатнього зволоження перевагу надають попередникам, що створюють оптимальні строки сівби, сприятливий поживний режим і низьку засміченість бур'янами. Для північних зон найефективнішими попередниками є зайняті пари, горох і багаторічні трави. Також гарними попередниками будуть горох, кукурудза на силос, ріпак і гречка.

Обробіток ґрунту. Пшениця потребує ґрунту з достатніми запасами вологи, оптимальною щільністю та мінімальною засміченістю бур'янами. Система обробітку формується з урахуванням попередника, наявності вологи та забур'яненості поля. Основним способом обробітку ґрунту є відвальний або плужний спосіб. Його часто застосовують у зонах достатнього зволоження, на чорних парах та після багаторічних трав. За допомогою цього способу відбувається повне зароблення післяжнивних решток, знищення багаторічних бур'янів та формування глибокого, пухкого орного шару. При наявності бур'янів та стерньових попередників проводять лушення дисковими луцильниками (ЛДГ-10, ЛДГ-15) на глибину 6-8 см. Після лушення проводять оранку плугами (ПЛН-5-35, ПЛП-6-35) у поєднанні з котками на глибину – 20-22 см. Також основна оранка може проводитися на глибину 20-27 см.

У посушливих районах можуть застосовувати безплужний обробіток ґрунту. Цей спосіб призначається для мінімального порушення структури ґрунту та захисту від вітрової ерозії. Після збирання гороху або стерньових попередників поле обробляють голчастими боронами (БИГ-3А) в агрегаті з культиватором-плоскорізом ОПТ-3-5, а також за потреби з котком ЗККШ-6 на глибину 8-12 см. При посіві пшениці після кукурудзи використовують комбінацію агрегатів ОПТ-3-5 + БИГ-3А + ЗККШ-6, яка дозволяє обробити ґрунт на глибину 8-16 см.

Також важливим є передпосівний обробіток ґрунту, який спрямований для створення сприятливого структурно-агрегатного складу посівного шару, для подрібнення грудок та вирівнювання поля перед сівбою. Для цього використовують культиватори КПС-4, УСМК-5,4 зі стрільчастими лапами та виконують на глибину 4-6 см.

Застосування добрив. Удобрення пшениці є одним із ключових елементів технології вирощування, оскільки забезпечує формування високопродуктивних посівів за рахунок оптимального живлення рослин протягом усього періоду вегетації. Основне внесення добрив проводять під передпосівний або основний обробіток ґрунту, зазвичай у дозах 40–60 кг/га д. р. азоту, 60–80 кг/га фосфору та 40–60 кг/га калію, що створює базовий поживний фон. У ранньовесняний період, під час відновлення вегетації, посіви підживлюють азотними добривами в нормі 30–60 кг/га д. р., що сприяє інтенсивному куцінню та формуванню продуктивних пагонів. Друге підживлення виконують у фазу виходу в трубку, вносячи додатково 20–40 кг/га д. р. азоту для забезпечення максимальної маси та якості зерна. У разі слабого стартового розвитку або нестачі мікроелементів застосовують позакореневі підживлення препаратами на основі цинку, марганцю та комплексних хелатних сумішей.

Підготовка насіння та сівба. Використання найбільш піходяшого насіння для вашого регіону є однією з важливих умов підвищення врожайності культури. Насіння для сівби повинно мати високу схожість, силу росту, вирівняність.

Також важливо, щоб воно було чистим від насіння бур'янів та інших домішок. Для сівби використовують насіння різні репродукції(1, 2 та 3) зі схожістю пшениці не менше ніж 98 %, вологістю 14–15,5 %. Підготовка насіння включає калібрування, очищення від домішок, протруєння від хвороб і ґрунтових шкідників, а також обробку мікроелементами або бактеріальними препаратами. Використовують зерноочисні агрегати та машини (ОВС-25, МС-4,5, САД-1) та комплекси для протруєння (КПС-10, КПС-40) із застосуванням фунгіцидів, інсектицидів або комплексних препаратів, які захищають від хвороб та шкідників.

Оптимальна густина зернових на час збирання повина становити 300 – 400 рослин/м² за наявності 500–600 продуктивних стебел із гарно сформованим колоссям.

Посів пшениці потрібно проводити у оптимальні строки, котрі встановлені для кожної ґрунтово-кліматичної зони: для лісостепу та західних районів (10-25 вересня), для степу (15-25 вересня), коли середньодобова температура повітря коливається у межах 15–17 °С. Сівба відбувається рядковим способом з міжряддям 15 см, вузькорядним – 7,5 см та перехресним – 15 см. Також глибина загортання насіння повинна складати від 3 см до 5 см на вологих ґрунтах, на важких від 1 см до 2 см, а на легких ґрунтах від 6 см до 8 см.

Збирання врожаю у господарствах України застосовують як однофазне, так і двофазне збирання. Найпоширеніший варіант — пряме комбайнування, яке виконують при вологості зерна 16–18%. Цю операцію проводять сучасними роторними та клавішними комбайнами Case, John Deere, New Holland та іншими.

Двофазне збирання застосовується рідше — здебільшого тоді, коли стиглість посівів нерівномірна або вологість перевищує 30%. Спочатку зерно скошують жатками ЖВН-6 у валки, а через 2–4 дні, після їх підсушування, підбирають комбайнами “Нива”, “Дон-1200” із відповідними підбирачами.

Післязбиральна обробка - після завершення жнив зерно надходить на первинне очищення, яке виконують на спеціальних машинах типу МЗПІ-10 або їх аналогах. На цьому етапі відокремлюють домішки, биті зернини та інші небажані включення, після чого зернова маса відправляється на зберігання. Від якості післязбиральної доробки залежить те, як довго врожай може зберігатися без втрат якості.

У процесі аналізу конструкції та процесу роботи зерноочисного агрегату МЗПІ-10 встановлено, що його технічні та технологічні можливості вже недостатньо відповідають сучасним вимогам післязбиральної обробки зерна. Незважаючи на відносну простоту конструкції, агрегат має низку суттєвих недоліків, які обмежують якість очистки та продуктивність:

1. **Обмежена пропускна здатність** — МЗПІ-10 не забезпечує необхідної продуктивності при роботі з високими потоками зернового вороху, що характерно для сучасних високоврожайних сортів та великих господарств.
2. **Недостатня ефективність решітної очистки** — мала амплітуда і частота коливань решіт призводять до нерівномірного переміщення вороху та зниження якості сепарації дрібних і крупних домішок.
3. **Забивання решет** — ворох із підвищеною вологістю або великою кількістю органічних домішок призводить до швидкого залипання робочих поверхонь і збільшення втрат зерна.
4. **Недосконалість пневмосистеми** — повітряний потік розподіляється нерівномірно, що погіршує якість виділення легких фракцій та знижує загальну ефективність очистки.
5. **Обмежені можливості налаштування** — агрегат має невеликий діапазон регулювання параметрів, що ускладнює адаптацію до різних типів зернового вороху, вологості.

Виявлені недоліки свідчать про недосконалість конструкції МЗПІ-10 та потребу її модернізації. Зважаючи на зростаючі обсяги виробництва, впровадження інтенсивних технологій вирощування та підвищені вимоги до

якості зерна, підвищення продуктивності агрегату є необхідною умовою забезпечення покращення результатів.

На наш погляд удосконалення конструкції МЗП-10 є технічно доцільним та економічно обґрунтованим. Зокрема, перспективним напрямом модернізації є застосування нових робочих органів, таких як **струнне решето**, яке може забезпечити:

- зменшення забивання та покращення самоочищення;
- інтенсивніше переміщення вороху по решітній поверхні;
- підвищення якості сепарації;
- можливість збільшення продуктивності без суттєвого зростання енерговитрат.

Аналіз конструкцій решітних сепараторів та аналіз конструкцій відомих решет, обґрунтування вибору струнного робочого органу

Решітні сепаратори є основними елементами зерноочисних машин і забезпечують поділ зернової маси за геометричними параметрами частинок. Найпоширеніші конструкції — це плоскі коливальні решета, решета з гвинтовими та ступінчастими поверхнями, а також комбіновані решітні системи, що працюють у складі машин типу ОВС-25, ЗВС-20А, МС-4,5, ЗАВ-25 та МЗП-10. У таких машин процес сепарації відбувається на решетах із штампованими отворами (круглими або продовгуватими), що рухаються у горизонтальній або похилій площині з частотою 180–320 об/хв і амплітудою 3–7 мм.

Продуктивність просіювання значною мірою залежить від рівномірності завантаження решета, стану його поверхні та ступеня забивання отворів.



Рис 2.1. Зерноочисна машина ОВС-25

Зерноочисна машина ОВС-25 є однією з найбільш поширених машин для первинного очищення зернових культур. Машина забезпечує продуктивність 15–25 т/год залежно від вологості та забрудненості вороху. У конструкцію ОВС-25 входять завантажувальний транспортер, вентилятор попереднього очищення, двоярусна решітна система, аспіраційна камера та вихідні транспортери. Робочий процес базується на поєднанні повітряного та решітного способів сепарації, що дозволяє одночасно відокремлювати легкі домішки повітряним потоком та проводити фракціонування зернової маси на решетах. Верхні та нижні решета мають отвори різних форм і розмірів, що забезпечує виділення крупних, середніх та дрібних фракцій зерна. Вібраційний рух решітної рами з амплітудою 4–6 мм створює переміщення зернової маси, проте ефективність роботи решіт значною мірою залежить від рівномірності подачі матеріалу та його вологості. Серед переваг ОВС-25 можна виділити високу універсальність, можливість очищення пшениці, ячменю, кукурудзи та ріпаку, комбіновану систему очищення, мобільність завдяки самохідному шасі,

простоту обслуговування та можливість переналаштування решіт під різні культури. Машина забезпечує достатньо високий рівень первинного очищення зерна, до 92–95 %.

Водночас ОВС-25 має ряд конструктивних недоліків. Основними є низька точність просіювання через статичні штамповані решета, які часто забиваються вологою або дрібними домішками; обмежена площа просіювання, що призводить до перевантаження решіт і зниження ефективності; нерівномірне завантаження матеріалу; значний вплив зовнішніх повітряних потоків на аспіраційну систему при роботі на відкритому току; недостатня ефективність відділення дрібних насіння бур'янів; підвищені вібраційні навантаження та чутливість до високої вологості зерна.

Можна сказати, що машина ОВС-25 є надійною та простою в обслуговуванні, проте має деякі недоліки. Ці недоліки підтверджують необхідність та можливість удосконалення агрегату.



Рис 2.2 Зерноочисна машина ЗВС-20А

Зерноочисна машина ЗВС-20А призначена для первинного очищення зернових культур. Вона забезпечує продуктивність до 20 т/год, що дозволяє ефективно працювати з пшеницею, ячменем, жито та іншими зерновими. Конструктивно машина складається із завантажувального бункера, вертикального вентилятора, решітного блоку з верхньою і нижньою секціями, аспіраційної камери та вивантажувальних транспортерів. Робочий процес базується на комбінованому принципі – поєднанні повітряного очищення та просіювання через решета з різними отворами. Вібраційний механізм забезпечує переміщення зерна по решетах і відокремлення домішок різної фракції.

Серед переваг ЗВС-20А виділяють її просту та надійну конструкцію, можливість роботи з різними культурами без суттєвої переналадки, достатню мобільність для переміщення між об'єктами, відносно низьке енергоспоживання та простоту технічного обслуговування. Машина дозволяє досягати високого рівня очищення зерна – до 90–94 %.

До основних недоліків належить обмежена площа просіювання решет, що може призводити до перевантаження при великих об'ємах вороху; нерівномірний розподіл зерна по поверхні решета, що знижує ефективність сепарації; схильність решет до забивання вологою або дрібними домішками; недостатня точність відділення дрібного насіння бур'янів; залежність якості очищення від вологості зерна; та значні вібраційні навантаження на конструкцію при тривалій роботі.



Рис 2.3. Зерноочисна машина ЗАВ-25

Зерноочисна машина ЗАВ-25 призначена для первинного та вторинного очищення зернових культур. Продуктивність агрегату становить близько 25 т/год, що вдвічі перевищує продуктивність базових моделей, таких як МЗП-10, і дозволяє ефективніше обробляти великі обсяги зерна. Конструкція ЗАВ-25 включає завантажувальний бункер, транспортну систему, решітний блок, аспіраційний канал, механізми вивантаження зерна та домішок. Основний принцип роботи базується на комбінованому способі – просіювання через набори решіт різного розміру та повітряну сепарацію легких домішок.

Перевагами ЗАВ-25 є висока продуктивність, велика площа решітного блока, що підвищує ефективність просіювання та знижує ймовірність забивання зерном або домішками, а також наявність аспіраційної системи, яка забезпечує очищення від пилу й легких часток. Машина відзначається універсальністю – її можна налаштовувати для роботи з різними зерновими культурами та насінням.

Крім того, порівняно з меншими агрегатами, ЗАВ-25 забезпечує більш рівномірний розподіл зерна по решету, що покращує якість очищення.

Недоліки агрегату полягають у значній масі та габаритах, що ускладнює його транспортування та встановлення на обмежених площах. Також конструкція решітного блоку передбачає нерегульовану частину просіювання, що іноді знижує ефективність при роботі з зерном різної вологості та домішками. Аспіраційна система потребує постійного технічного контролю для підтримання стабільної роботи.

Проаналізувавши конструкції зерноочисних машин ЗВС-20А, ОВС-25 та ЗАВ-25, можна сказати, що базові решітні системи мають низку конструктивних недоліків: обмежену активну площу просіювання, ризик забивання дрібними домішками, недостатню регульованість та зниження продуктивності при високих обсягах зерна або підвищеній вологості.

Також ефективність роботи зерноочисних агрегатів значною мірою визначається конструкцією решіт, які виконують функцію розподілу та сепарації матеріалу за розмірами. Якість очищення зерна, стабільність роботи машини та її продуктивність безпосередньо залежать від геометрії отворів, характеристик робочої поверхні та умов взаємодії зернового шару з решетом. У наведених раніше зерноочисних машинах застосовуються різні типи решіт, серед яких найбільш поширеними є плоскі пробивні решета з круглими та продовгуватими отворами, а також гофровані й профільовані конструкції.

Аналіз їхнього функціонування дає змогу визначити потенційні напрями удосконалення та аргументувати доцільність використання струнних робочих органів.



Рис 2.4. Плоскі решета з круглими отворами

Плоскі решета з круглими отворами використовуються для універсального очищення зернового матеріалу. Вони забезпечують задовільну якість просіювання та високий запас міцності. До їхніх переваг належать простота виготовлення, стійкість до механічних деформацій і можливість застосування для широкого спектра культур. Разом із тим такі решета мають істотні недоліки: вони схильні до забивання, особливо за підвищеної вологості матеріалу, характеризуються невисокою точністю калібрування дрібних фракцій та потребують регулярного очищення. Це призводить до нестабільності продуктивності й зниження ефективності очищення.



Рис 2.5. Плоскі решета з продовгуватими отворами

Решета з продовгуватими отворами застосовуються переважно для відокремлення довгастих домішок, зокрема залишків соломи, вівсюга та фрагментів рослинних решток. Вони забезпечують вищу точність селекції

частинок за довжиною та мають більшу пропускну здатність для продовгуватих домішок. Однак експлуатація таких решіт супроводжується низкою труднощів. Щілинні отвори швидко забиваються вологими домішками, конструкції мають меншу жорсткість і швидше зношуються, а універсальність їхнього застосування є обмеженою.

Гофровані та профільовані решета вирізняються хвилястою формою поверхні, яка покращує рух і розпушення зернового шару, а також частково запобігає налипанню дрібних частинок. Завдяки підвищеній жорсткості вони стійкі до зношування та можуть забезпечувати вищу продуктивність порівняно з плоскими решетами. Водночас складність їхнього виготовлення, підвищена маса та невисока точність калібрування дрібних фракцій зменшують універсальність застосування таких конструкцій. За високої вологості матеріалу навіть гофровані решета втрачають ефективність і потребують зовнішнього очищення.

У процесі аналізу конструкцій традиційних решіт, що застосовуються у зерноочисних машинах, було встановлено, що всі поширені типи — плоскі пробивні решета з круглими та продовгуватими отворами, гофровані, профільовані та дуговидні — мають низку спільних конструктивно-функціональних недоліків. Оскільки їх робоча поверхня являє собою сукупність жорстких геометричних отворів у металевих листах, такі решета працюють як «жорсткі обмежувачі», що спричиняє швидке забивання отворів, особливо при підвищеній вологості зернової маси або вмісті легких та подовжених домішок. Закриті штамповані отвори акумулюють частинки, утворюючи застійні зони, порушуючи рівномірність руху матеріалу та знижуючи якість просіювання. Для підтримання пропускну здатності доводиться застосовувати механізми самоочищення (гумові кульки, щітки), однак навіть вони не забезпечують повного усунення забивання. Особливо це проявляється при вологості зерна понад 16–18 %, коли дрібні частки прилипають до стінок отворів.

Недосконалість традиційних решіт також проявляється у високому рівні тертя між частинками і поверхнею металу, що погіршує розподіл зерна по робочій ширині та знижує стабільність повітряних потоків. Це, у свою чергу, обмежує фактичну продуктивність зерноочисних машин. Наприклад, у зерноочисному агрегаті МЗП-10 загальна площа решіт сягає 3,5–4,0 м², однак у реальних умовах його продуктивність нерідко становить лише 6–8 т/год при паспортних 10 т/год. Причиною є саме нерівномірна рухомість зернової суміші та обмеження, спричинені геометрією традиційних штампованих прорізів. Крім того, для забезпечення бажаної якості очищення часто доводиться збільшувати площу решіт, що призводить до збільшення габаритів та маси машин, зростання енерговитрат і ускладнення конструкції.

Усі ці проблеми формують об'єктивну потребу в принципово іншому робочому органі, який міг би забезпечити стабільне просіювання незалежно від вологості, складу та фізико-механічних властивостей зернової суміші. Одним із найбільш перспективних рішень є струнне решето, що працює за іншим фізичним принципом, принципово відмінним від традиційних жорстких отвірних конструкцій. Його робоча поверхня складається з натягнутих паралельних металевих струн (дротів), між якими формується відкритий калібрований зазор, що виконує функцію просіювання. На відміну від штампованих отворів, струни мають мінімальну площу контакту із зерновою масою — матеріал торкається їх лінійно, а не площинно, що практично виключає налипання частинок. Завдяки цьому струнні решета мають надзвичайно низьку схильність до забивання навіть при підвищеній вологості або значному вмісті довгих домішок.

Переваги струнних решіт суттєво посилює їх здатність до мікроколивань. Під дією робочих вібрацій агрегату струни здійснюють пружні коливні рухи, які створюють ефект самоочищення — частинки, що потенційно можуть застрягати, миттєво знімаються з поверхні. Регульована ширина зазору між струнами забезпечує високу точність калібрування та дає змогу адаптувати

решето під конкретні зернові культури чи технологічні завдання без заміни всієї робочої поверхні, що значно підвищує універсальність конструкції. Низький рівень тертя між зерном і струнами сприяє формуванню рівномірного тонкошарового потоку, який рухається без застійних зон, із поліпшеною інтенсивністю просіювання та стабільними показниками продуктивності.

Традиційні решітні конструкції демонструють високу залежність від вологості матеріалу, схильність до забивання та нестабільність продуктивності, що суттєво знижує ефективність роботи зерноочисних машин. На цьому фоні струнне решето виступає прогресивним та технічно обґрунтованим рішенням, яке усуває ключові недоліки, забезпечує стабільні технологічні параметри, підвищує якість сепарації та дозволяє модернізувати існуючі агрегати без значного збільшення їх габаритів чи енерговитрат. Саме ці властивості обґрунтовують доцільність впровадження струнного робочого органа в сучасні зерноочисні системи та визначають перспективність його застосування у промислових умовах.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Методика досліджень

Експериментальні дослідження здійснювали за схемою повного факторного експерименту типу (ПФЕ 2²).

Як показник результативності (Y) було прийнято довжину решета, яку проходить зерновий матеріал.

У ролі змінних факторів виступали: x_1 – подача зернового матеріалу, x_2 – кут нахилу решета.

Усі випробування проводили на спеціально створеній лабораторній установці. (рис. 3.1)

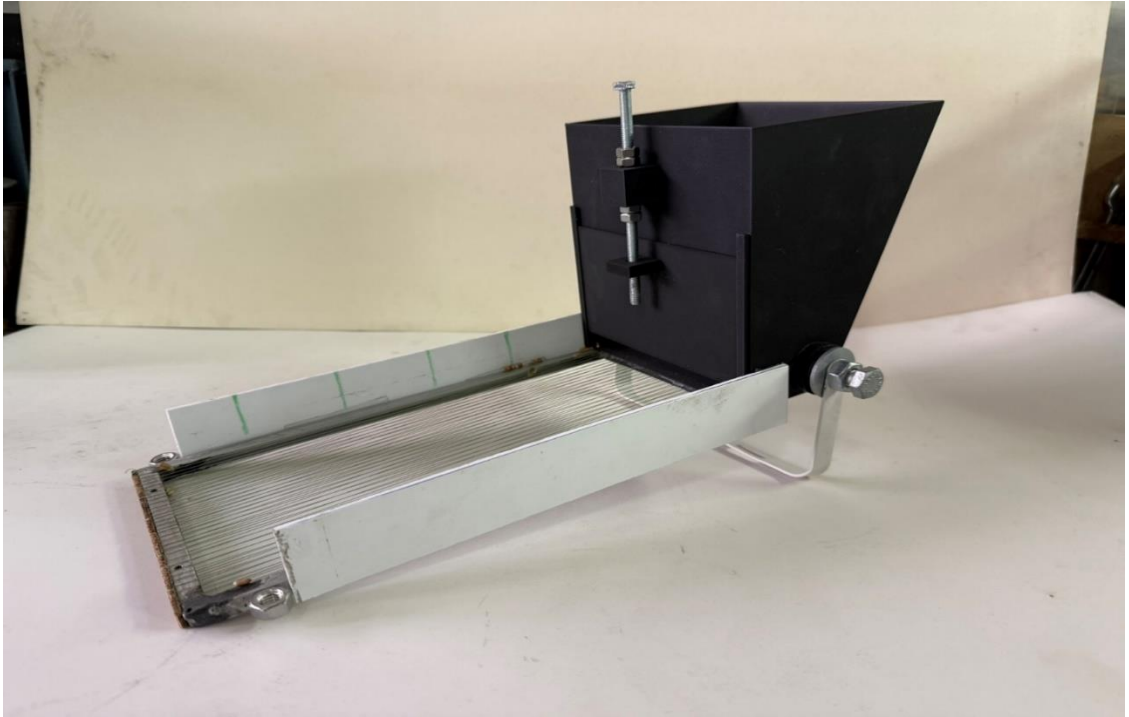


Рис. 3.1. Лабораторна установка

При проведенні дослідів були зроблені фото, на яких можна побачити відмінності у просіюванні при різних подачах та кутах. (рис. 3.2, рис. 3.3, рис. 3.4, рис. 3.5)



Рис. 3.2. Результати проведення дослідів номер 1



Рис. 3.3. Результати проведення дослідів номер 2



Рис. 3.4. Результати проведення дослідів номер 3



Рис. 3.5. Результати проведення дослідів номер 4

Для виконання повного факторного експерименту типу ПФЕ 2^2 було визначено рівні зміни досліджуваних факторів (табл. 3.1). Також під час проведення дослідів було застосовано різну подачу зернового матеріалу та різні кути нахилу решета від 25 до 30 градусів. Кожен експеримент було проведено тричі для підвищення достовірності отриманих результатів.

Таблиця 3.1

Результати кодування факторів

Фактор	Натуральне позначення	Кодове позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання продуктивності					
				натуральні			кодові		
				верхній	нульовий	нижній	верхній	нульовий	нижній
Подача зернового матеріалу, кг/с	Q	x_1	5	0,20	0,06	0,08	+1	0	-1
Кут нахилу решета	β	x_2	10	30	27,5	25	+1	0	-1

Після кодування факторів було отримано результати, для опису процесу за допомогою спрощеного квадратного рівняння:

$$y = \epsilon_0 + \epsilon_1 \cdot x_1 + \epsilon_2 \cdot x_2 + \epsilon_{1,2} \cdot x_1 \cdot x_2$$

Також для формування плану експерименту фактори були складенні у план-матрицю (табл.3.2).

Таблиця 3.2

План-матриця повного факторного експерименту типу ПФЕ 2^2

Номер досліді	Значення кодівих факторів		Взаємодія кодівих факторів
	x_1	x_2	
1	-1	-1	$x_1 x_2$ +1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	+1

Для оцінювання стабільності та повторюваності результатів було здійснено перевірку їх відтворюваності за допомогою критерію Кохрена:

$$G = \frac{S_{u \max}^2}{\sum_{u=1}^n S_u^2} \leq G(0,05; n; f_u),$$

де S_u^2 – дисперсія, що охарактеризовує розсіювання результатів у u -му досліді; $S_{u \max}^2$ – є найбільшою з дисперсій.

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \sum_{i=1}^{m_0} (Y_{Ui} - Y_{Ucp})^2,$$

де i – номер досліді;

y_{ui} – отримане значення при i -й повторі.

За допомогою неповного квадратичного рівняння опишемо закономірність просіювання зерна.

$$Y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b \cdot x_1 \cdot x_2$$

де b_0 – вільний член рівняння; b_1, b_2 та b_3 – коефіцієнти, що показують ступінь впливу фактору на критерій Y ; x_1, x_2 та x_3 – значення факторів.

Подальший етап полягає у перевірці його адекватності за допомогою критерію Фішера F . Адекватність моделі підтверджується у випадку, якщо виконується умова:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F(0,05; f_{ad}; f_y),$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності; $F(0,05; f_{ad}; f_y)$ – табличне значення критерію Фішера при рівні значущості 5% ; f_{ad} – число ступенів вільності для дисперсії адекватності, f_y – число ступенів вільності для дисперсії відтворення.

Дисперсію відтворюваності знаходять за формулою

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2.$$

Число ступенів вільності для дисперсії адекватності

$$f_{ad} = n - k - 1, = 4 - 2 - 1 = 1.$$

де k – кількість факторів;

$$f_y = n \cdot (m_0 - 1) = 4 \cdot (3 - 1) = 8.$$

Оцінювання значущості окремих коефіцієнтів рівняння регресії здійснюють за допомогою критерію Стьюдента.

Коефіцієнт вважається статистично значущим у тому випадку, якщо для нього справджується така нерівність:

$$|b_a| \geq \Delta b_a = t(0,05; f_y) \cdot \frac{S_y}{\sqrt{n}},$$

де b_a – коефіцієнти $b_0, b_1, b_2, b_{1,2}$; Δb_a – довірчий інтервал ; $t(0,05; f_y)$ – табличне значення критерію Стьюдента при рівні значущості 5% та відповідній кількості ступенів вільності дисперсії відтворюваності f_y .

3.2. Результати експериментальних досліджень

Отримані результати мас довжини решета наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Номер досліджу	Значення кодівих факторів			Довжина решета			Середнє значення u , \bar{Y}_n , см
				повторюваність			
	x_1	x_2	$x_{1,2}$	I Y_{u1}	II Y_{u2}	III Y_{u3}	
1	-1	-1	+1	9,4	10,3	9,8	9,8
2	+1	-1	-1	14,5	15,1	14,8	14,8
3	-1	+1	-1	11,7	12,5	12,1	12,1
4	+1	+1	+1	17,2	18	17,6	17,6

Після добування даних обраховуємо дисперсії дослідів.

$$S_{u1}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (9,4 - 9,8)^2 + (10 - 9,8)^2 + (9,8 - 9,8)^2 = 0,56,$$

$$S_{u2}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (14,5 - 14,8)^2 + (15,1 - 14,8)^2 + (14,8 - 14,8)^2 = 0,18,$$

$$S_{u3}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (11,7 - 12,1)^2 + (12,5 - 12,1)^2 + (12,1 - 12,1)^2 = 0,32,$$

$$S_{u4}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (17,2 - 17,6)^2 + (18 - 17,6)^2 + (17,6 - 17,6)^2 = 0,32.$$

Обраховане значення критерію Кохрена має вигляд

$$G = \frac{1}{0,56 + 0,18 + 1,32 + 0,32} = 0,724$$

Згідно з табличними даними, при $n=4$ і $f_u=2$ критичне значення критерію Кохрена становить 0,7679.

Оскільки умова виконується $G = 0,724 \leq G(0,05; 4; 2) = 0,7679$ можна дійти висновку, що результати дослідів є відтворюваними.

Після перевірки однорідності дисперсії переходимо до обрахунку коефіцієнтів рівняння регресії:

$$b_0 = \frac{1}{4} \cdot (9,8 + 14,8 + 12,1 + 17,6) = 13,57$$

$$b_1 = \frac{1}{4} \cdot (-9,8 + 14,8 - 12,1 + 17,6) = 2,63$$

$$b_2 = \frac{1}{8} \cdot (-9,8 - 14,8 + 12,1 + 17,6) = 0,64$$

$$b_{12} = \frac{1}{4} \cdot (9,8 - 14,8 - 12,1 + 17,6) = 0,13$$

З урахуванням отриманих коефіцієнтів, неповне квадратне рівняння регресії набуває такого вигляду:

$$y = 13,57 + 2,63 \cdot x_1 + 0,64 \cdot x_2 + 0,13 \cdot x_1 \cdot x_2$$

Обчислюємо дисперсію адекватності S_{ad}^2 для отриманих значень відгуків

Отримуємо розрахункові значення відгуків для лінійної частини рівняння:

$$Y_u^{(1)} = 13,57 - 2,63 - 0,64 = 10,31;$$

$$Y_u^{(2)} = 13,57 + 2,63 - 0,64 = 15,56;$$

$$Y_u^{(3)} = 13,57 - 2,63 + 0,64 = 11,58;$$

$$Y_u^{(4)} = 13,57 + 2,63 + 0,64 = 16,84.$$

Розраховуємо значення за формулою:

$$S_{ad}^2 = \frac{(9,8-10,31)^2+(14,8-15,56)^2+(12,1-11,58)^2+(17,6-16,84)^2}{4-2-1} = 1,7.$$

Розрахуємо дисперсію відтворюваності:

$$S_y^2 = \frac{1}{4} \cdot (0,56 + 0,18 + 0,32 + 0,32) = 0,4$$

$$F = \frac{1,7}{0,4} = 4,25 < F(0,05; 1; 8) = 5,318.$$

Оскільки умова виконується, можна стверджувати, що побудована модель є адекватною досліджуваному процесу..

При рівні значущості 5% буде: $\alpha = 0,95$, а $f_y = 8$, то $t = 2,3$.

$$\Delta b_a = 2,3 \cdot \frac{0,5}{\sqrt{4}} = 0,575.$$

За умови що коефіцієнти b_1 і b_2 будуть більшими за Δb_a , то їх ми будемо вважати впливовими. Інші коефіцієнти в розрахунок брати не будемо, тому що їх значення менші Δb_a .

Отже остаточне рівняння зі значущими коефіцієнтами буде мати вигляд:

$$Y = 13,57 + 2,63 \cdot x_1 + 0,64 \cdot x_2$$

Для візуальної наочності збудуємо поверхню відгуку (рис. 3.6).

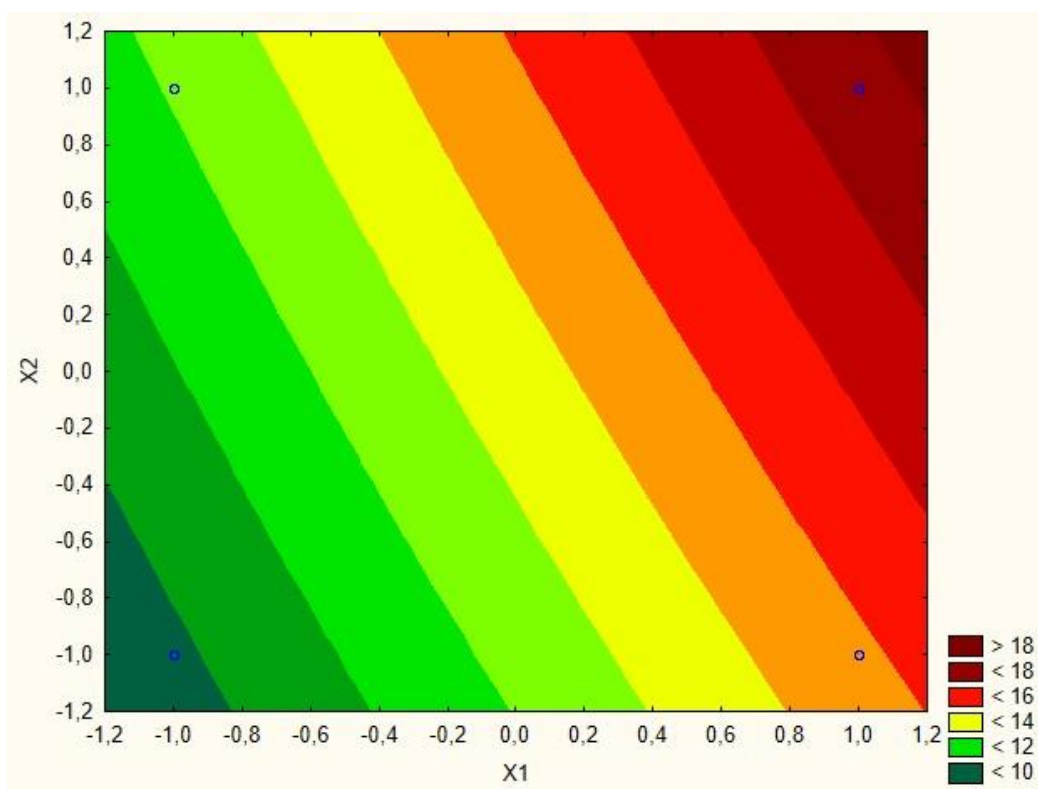
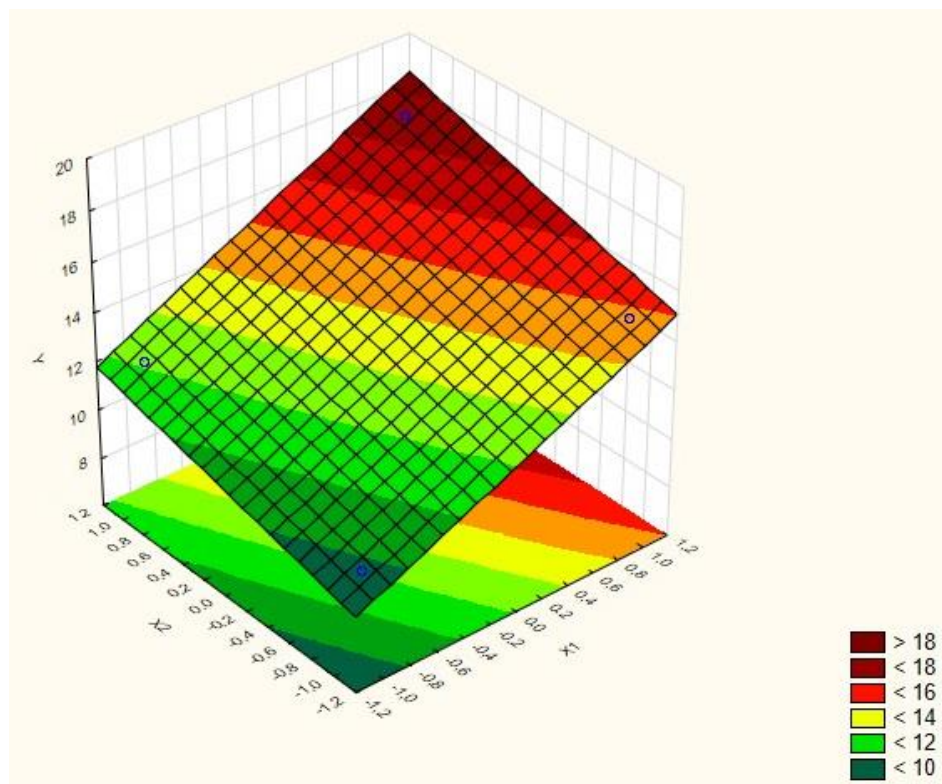


Рис. 3.6. Графіки залежності довжини решета Y від подачі зернового матеріалу x_1 і кута нахилу решета x_2 .

3.3 Наукові висновки

Аналіз отриманих графічних залежностей дозволяє сформулювати такі висновки:

- Найвагомий вплив на функцію відгуку є фактор x_1 , а саме подача матеріалу, при подачі 0,20 кг/с та куті 25° середнє значення довжини решета зростає до показників 14,8 см, а при куті 30° та подачі 0,20 кг/с до 17,6 см;
- Дія фактора x_2 помітно впливає на критерій. Зі збільшенням кута нахилу до 30° , довжина решета, де відбувається просіювання матеріалу становить 12,1 см при мінімальній подачі 0,10 кг/с та 17,6 см при максимальній подачі 0,20 кг/с. При куті в 25° показники 9,8 см при мінімальній подачі та 14,8 см при максимальній подачі;
- Проаналізувавши всі дані, слід зазначити, що найбільш раціональними конструктивними параметрами є подача 0,20 кг/с та кут нахилу решета у 30° . Саме ці показники забезпечать раціональну завантаженість довжини решета матеріалом.

4. Практична реалізація результатів досліджень

4.1 Розроблення технологічної схеми для операції просіювання зернової маси

Початкова інформація:

Попередня технологія:

- Просіювальний агрегат – **МЗП-10**;
- Номінальна продуктивність установки – 10 т/год;
- Обслуговування здійснює **один оператор**;
- Електропривід агрегату має потужність **3,7 кВт**.

Оновлена технологія:

- Модернізований варіант агрегату – **МЗП-10**;
- Паспортна здатність обробки зернової маси збільшена до **15 т/год**;
- Чисельність персоналу залишається без змін — **1 працівник**;
- Енергоспоживання приводу зберігається на рівні **3,7 кВт**.

Завдяки модернізації збільшено пропускну здатність обладнання, що створює передумови для підвищення загальної ефективності технологічного процесу. Також для об'єктивного порівняння та визначення економічної доцільності продуктивність системи оцінюється за відповідною формулою розрахунку ефективності:

$$Q_{зм.} = Q_{год.} \cdot T_{зм.} \cdot \tau \quad (4.1)$$

$T_{зм.} = 7$ год. – приблизний час роботи машини;

$\tau = 0,65$ – коефіцієнт експлуатації часу роботи старої машини

$\tau = 0,75$ – коефіцієнт експлуатації часу роботи оновленої машини

$$Q_{зм.} = 10 \cdot 7 \cdot 0,65 = 45,5 \text{ т.}$$

$$Q_{зм.}^{\sigma} = 15 \cdot 7 \cdot 0,75 = 78,75 \text{т.}$$

Часовий період впродовж якого буде виконуватися робота:

$$T = \frac{C_3}{10^*} = \frac{1000}{10 \cdot 0,65} = 154 \text{ год.} \quad (4.2)$$

$$T^a = \frac{1000}{10 \cdot 0,75} = 133 \text{ год.}$$

$C_3=1000$ т – умовна маса зернового матеріалу.

10^* - зірочкою позначено коефіцієнт використання

Загальна прийнята кількість нормо–змін:

$$D = \frac{T}{7} = \frac{154}{7} = 22 \quad (4.3)$$

Приймаємо $D = 22$.

$$D^a = \frac{T}{7} = \frac{133}{7} = 19$$

Приймаємо $D^a = 19$.

За формулою визначимо необхідну величина машин, які будуть треба для виконання:

$$n = \frac{D}{3 \cdot A_c} = \frac{22}{2 \cdot 3} = 3,6 \quad (4.4)$$

Округлимо та прийmemo $n = 4$.

$$n^a = \frac{D}{3 \cdot A_c} = \frac{19}{2 \cdot 3} = 3,2$$

Також округлимо $n^a = 4$.

$Z = 2$ – приблизний період роботи агрегату;

$A_c = 3$ дні – термін протягом, якого відбувається попереднє очищення сторонніх домішок із дослідного зерна

Електроенергія, яку використає агрегат для обробки зернового матеріалу:

$$N_c = \frac{N}{\eta \cdot \cos \phi}, \quad (4.5)$$

N – початкова потужність електромоторів;

$\eta = 0,7-0,95$ – ккд мотора;

$\phi = 0,7-0,92$ – коефіцієнт потужності.

$$N_c = \frac{3,7}{0,9 \cdot 0,9} = 4,56 \text{ кВт};$$

$$N_c^6 = \frac{3,7}{0,9 \cdot 0,9} = 4,56 \text{ кВт};$$

Обрахована величина електроенергії, котру будуть використовувати мотори з електромережі:

$$I = 1000 \cdot \frac{N_c}{U \cdot \sqrt{3}}, \quad (4.6)$$

U – величина напруги в електромережі, В.

$$I = 1000 \cdot \frac{4,56}{380 \cdot \sqrt{3}} = 6,92 \text{ А};$$

Трудоємність:

$$Z_{\text{п}}^{\text{о}} = \frac{1}{10 \cdot 0,65} = 0,15 \text{ люд.} \cdot \text{год.}/\text{т.}$$

$$Z_{\text{п}}^{\text{об}} = \frac{1}{10 \cdot 0,75} = 0,13 \text{ люд.} \cdot \text{год.}/\text{т.}$$

Визначимо загальні питомі витрати праці:

$$Z_{\text{п}} = V_{\text{збір}} \cdot Z_{\text{п}}, \text{ люд.} \cdot \text{год.}$$

$$Z_{\text{п}} = 1000 \cdot 0,15 = 150 \text{ люд.} \cdot \text{год.};$$

$$Z_{\text{п}} = 1000 \cdot 0,13 = 130 \text{ люд.} \cdot \text{год.}$$

Проведені розрахунки свідчать, що запропонована модернізація обладнання позитивно впливає на ефективність процесу очищення маси. Завдяки вдосконаленому функціонуванню агрегату підвищується швидкість і результативність видалення сторонніх домішок.

4.2. Характеристика об'єкта модернізації.

Призначення та область використання модернізованого сепаратора

Модернізований зерновий сепаратор є удосконаленою модифікацією сепаратора МЗП-10. У новій конструкції замість двократної аспірації закритого типу було використано однократну, також нами було змінено потік повітря нахилом донизу.

Основним призначенням розробленої машини є попереднє та первинного очищення зернової маси за допомогою використання решітної та повітряної сепарації. Сфера застосування оновленої машини охоплює широкий діапазон клієнтів — від невеликих господарств до великих агропромислових

комплексів. Завдяки універсальності, простоті обслуговування та збільшеній продуктивності сепаратор буде ефективно виконувати всі операції.

Головним недоліком стандартної моделі сепаратора є складність налаштування аспіраційної системи, що зумовлено її замкненою конструкцією та одночасним проходженням повітряних потоків у двох каналах. Унаслідок цього будь-яке регулювання перерізу одного повітряного каналу автоматично впливає на роботу іншого, що ускладнює стабілізацію процесу очищення зернової маси та знижує точність налаштування робочих режимів.

Технологічний процес роботи модернізованої машини, виконується наступним чином (рис. 4.1).

Матеріал рухається з бункера 1 до струнного колосового решета 2, де буде відбуватися виділення великих домішок, котрі рухаються під своєю вагою з нього. Зерно, що пройшло крізь решето піддається дії повітря у каналі 4, та при цьому легкі включення переміщуються до приймальника II. Матеріал, з котрого було видалено крупні і легкі домішки направляється до дуговидного підсівного решета 7, там відбувається просіювання та видалення дрібних часток. Якісно очищений матеріал переміщується сходом і вивантажується з машини крізь напрямник 9.

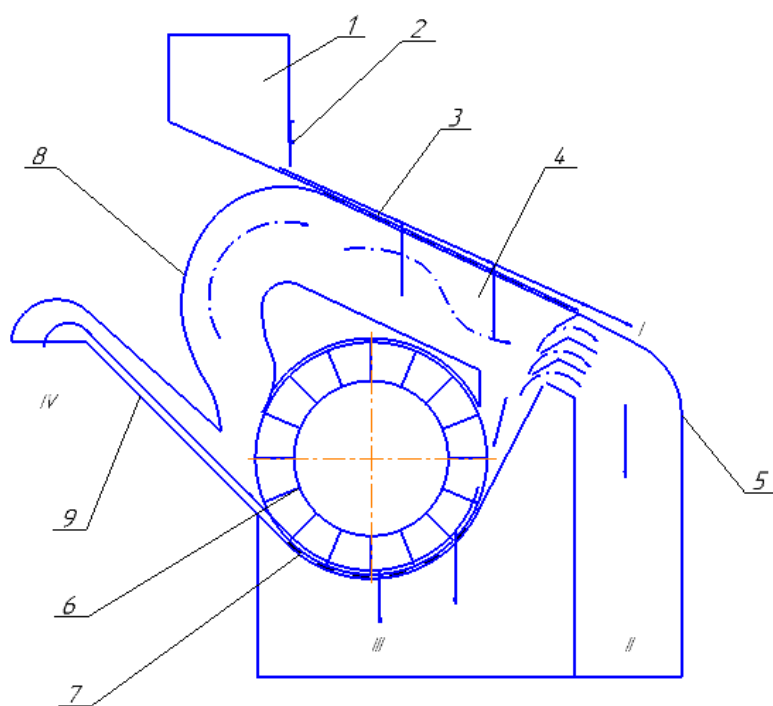


Рис. 4.1. Модернізований повітряно-решітний сепаратор:

1 – бункер з матеріалом, 2 – регулюючий пристрій, 3 – колосове струнне решето для видалення крупних домішок, 4 - похилий повітряний канал, 5, 8, 9 - напрямники, 6 – ротор щітковий, 7 – решето підсівне.

У конструкції цього сепаратора головну робочу функцію виконує щітковий ротор 6 – єдиний активний елемент системи. Саме він формує повітряний потік, необхідний для роботи аспіраційної частини, забезпечує переміщення зернового матеріалу вздовж решета та його подальший вихід із машини.

Оскільки подача зернової маси в похилий повітряний канал нашої модернізованої машини залишається такою ж, як і у базовому агрегаті, ключовим завданням є не тільки коректний підбір параметрів системи аспірації, але й забезпечення того, щоб ефективність повітряного очищення не знижувалась у порівнянні з вихідними показниками. Аналіз існуючих конструкцій аспіраційних каналів доводить, що одним із визначальних факторів якісної сепарації є тривалість перебування зернової суміші в зоні дії повітряного потоку. Чим довше та рівномірніше відбувається взаємодія матеріалу з повітряним середовищем, тим ефективніше видаляються легкі домішки, солома та пил, що безпосередньо підвищує якість очищення.

Отже основною ідеєю модернізації є завдання: не змінюючи продуктивність та габарити машини, необхідно збільшити час руху зерна в аспіраційному каналі. Це може бути реалізовано за рахунок створення на шляху зернової маси спеціального блоку затримки, який не блокує рух, але змушує матеріал рухатись довше й більш розосереджено.

Перспективним рішенням є застосування блоку затримки зерна, сформованого з ряду пруткових або стрижневих решіток, встановлених уздовж повітряного каналу. Їхнє шахове розташування з частковим перекриттям сприяє плавному сповільненню потоку, рівномірному розосередженню частинок та збільшенню довжини траєкторії руху. Така конструкція дозволяє підвищити

якість очищення без збільшення енергоспоживання та без перевантаження каналу.

У контексті подальшого вдосконалення доцільно розглянути можливість використання струнних елементів у структурі блоку затримки. На відміну від традиційних пруткових решіток, струнні вставки мають мінімальний опір руху зерна, не створюють застійних зон і практично не забиваються завдяки самоочисним мікроколиванням струн. Застосування струнної поверхні в зоні затримки дозволить забезпечити не лише стабільне розосередження потоку, але й додаткове просіювання дрібних часток без втрати пропускну здатності. Це створює передумови для інтеграції у конструкцію більш прогресивних струнних рішень у наступних вузлах машини.

Також додатково для спрощення роботи обслуговуючого персоналу та прискорення процесу подачі зерна передбачено встановлення шнекового завантажувача (рис. 4.2). Окрім цього, до конструкції внесено шнек для транспортування фуражного зерна, що забезпечує безперервність технологічного циклу.

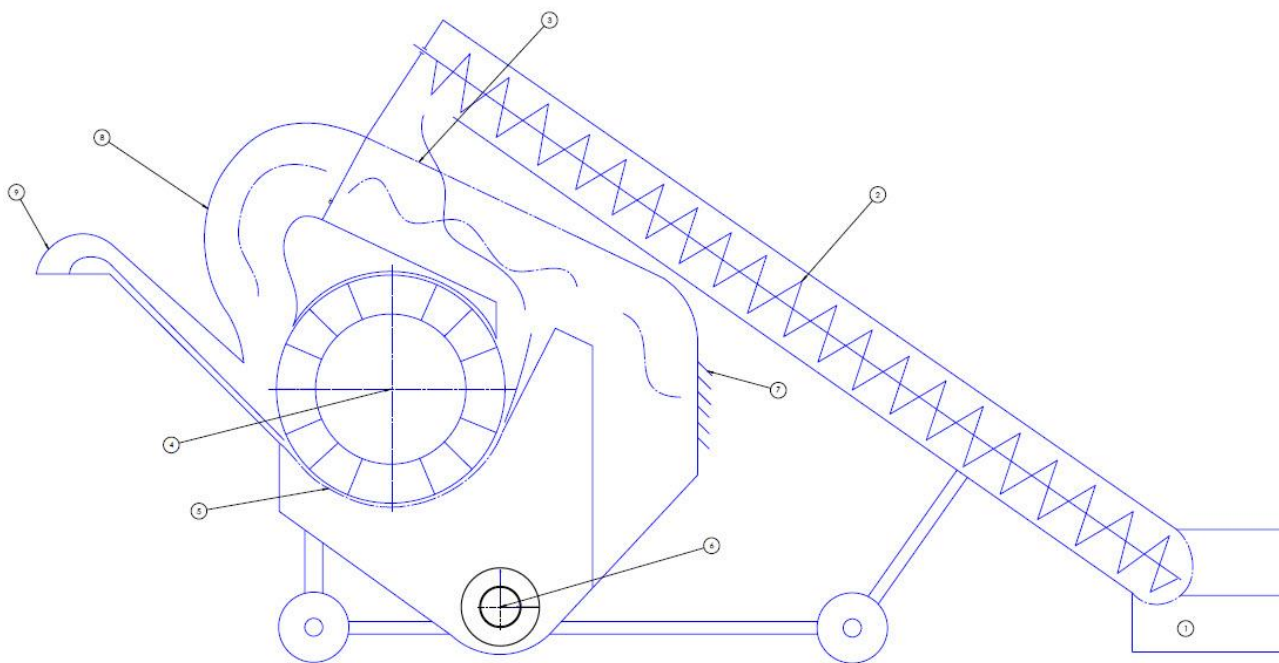


Рис. 4.2. Процес роботи повітряно-решітного сепаратора

Процес функціонування модернізованої зерноочисної машини відбувається таким чином. Маса 1 подається завантажувальним шнеком 2, який транспортує її до колосового решета 3. На цьому етапі відбувається відділення великих домішок — вони залишаються на решеті та переміщуються сходом з нього. Зерновий матеріал, що пройшов крізь струнне решето потрапляє у зону дії повітряного каналу. Під дією повітря із зернового матеріалу видуються легкі домішки та солома. Після цього очищене зерно потрапляє під дію щіткового барабана 4, який сприяє рівномірному розсіюванню матеріалу на підсівне решето 5. Через отвори цього решета проходить дрібна фракція — фуражне зерно, що транспортується шнеком 6 у відповідний бункер. Зерно, яке не пройшло крізь підсівне решето, спрямовується до напрямника виходу ділового зерна 9, де відбувається остаточне відокремлення придатного продукту. Для стабілізації повітряного потоку в системі передбачено зябра для виходу повітря 7 та напрямник повітря 8, які регулюють інтенсивність і напрям руху повітряних мас, забезпечуючи оптимальні умови для очищення зерна.

Підбір параметрів решета для відокремлення часток

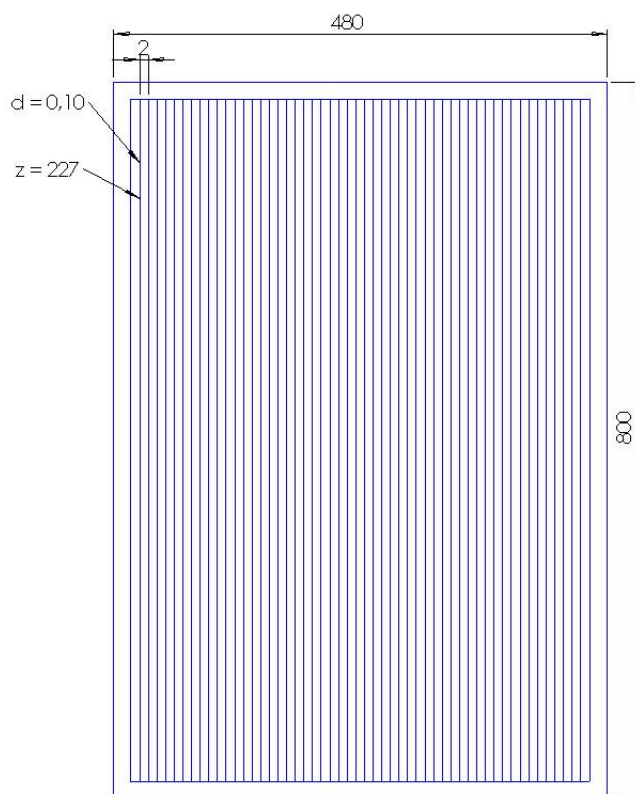


Рис. 4.3. Схема дослідного струнного решета

Колосове решето відіграє важливу роль у процесі післязбирального очищення зернової маси. Його основним завданням є затримання крупних часток і сторонніх домішок, що унеможлиблює втрати основного матеріалу та забезпечує стабільність роботи всієї системи очищення. Ефективність роботи решета значною мірою залежить від правильно визначених його геометричних параметрів — робочої площі, довжини, ширини та площі живого перерізу.

Визначемо робочу площу решета за експериментальними даними

У ході досліджень ширина дослідного решета становила 12 см. При подачі зернової маси 17,6 кг та 14,8 кг відповідні площі дослідних решіт становили:

$$S_1 = 12 \cdot 17,6 = 211,2 \text{ см}^2; \quad (4.1)$$

$$S_2 = 12 \cdot 14,8 = 177,6 \text{ см}^2;$$

Для подальших розрахунків використаємо площу $177,6 \text{ см}^2$

Розрахуємо питому продуктивність нашого решета

$$q = \frac{0,2}{177} = 0,00133 \text{ кг/см}^2; \quad (4.2)$$

Врахуємо, що ми проводимо розрахунки для модернізованої машини МЗП-10 з продуктивність 15 тон/год.

Тому переведемо отриманні дані в тон/год:

$$q = \frac{0,00133 \cdot 3600}{1000} = 0,00407 \text{ тон/год}; \quad (4.3)$$

Вирахуємо площу решета для забезпечення продуктивності у 15 т/год

$$F = \frac{15}{0.00407} = 0.38 \text{ м}^2; \quad (4.4)$$

Робоча ширина повітряно-решітної частини МЗП-10 становить 0,48 м. Тоді розрахункова довжина решета визначається як:

$$L = \frac{0,38}{0.48} = 0.8 \text{ м}; \quad (4.5)$$

Отже довжина решета для модернізованої машини буде $L=0,8$ м, а ширина, $B=0,48$ м.

Розрахуємо кількість струн для решета:

$$z = \frac{B - \Delta}{\Delta + d}, \quad (4.6)$$

d – діаметр струни, $d = 0,0001$ м;

Δ – ширина каналу, $\Delta = 0,002$ м.

$$z = \frac{480-2}{2+0,1} = 227,14 \text{ шт}; \quad (4.7)$$

Кількість робочих елементів решета $z = 227$ шт.

Тоді фактична ширина сепаруючої частини визначається за формулою:

$$B = z \cdot (\Delta + d) + \Delta = 227 \cdot (2 + 0,1) + 2 = 478,7 \text{ мм}; \quad (4.8)$$

Визначимо площину живого перерізу решета:

Ширина живого перерізу буде:

$$B_{\text{ш}} = B - (d \cdot z) = 480 - (0,1 \cdot 242) = 457,3 \text{ мм}; \quad (4.9)$$

Загальна площа решета

$$S_{\text{заг}} = L \cdot B = 800 \cdot 478,7 = 382960 \text{ мм}^2; \quad (4.10)$$

Площа струн

$$S_{\text{струн}} = L \cdot d \cdot z = 18160 \text{ мм}^2; \quad (4.11)$$

Площа живого перерізу решета

$$S_{\text{ж}} = S_{\text{заг}} - S_{\text{струн}} = 382960 - 18160 = 364800 \text{ мм}^2 \text{ або } 0,36 \text{ м}^2; \quad (4.12)$$

Порівняємо параметри нашого решета з параметрами стандартного пробивного решета

Пробивні решета характеризуються стабільними конструктивними параметрами: їхня робоча ширина, як правило, становить 0,40–0,50 м, а довжина — 0,60–0,80 м, що формує загальну робочу площу у межах 0,24–0,40 м². У моделях, призначених для підвищеної продуктивності, ці показники можуть збільшуватися: ширина сягає приблизно 0,50 м, довжина — 0,80–1,00 м, а площа відповідно — 0,30–0,50 м². Живий переріз таких решет зазвичай перебуває в межах 12–20 %, залежно від розміру, форми та густоти отворів.

Так, розрахована ширина становить 0,48 м, що знаходиться в межах конструктивного діапазону стандартних пробивних решет. Розрахована довжина 0,8 м також відповідає типовим габаритам, які застосовуються в

машинах середнього класу продуктивності. Визначена площа живого перерізу $0,36 \text{ м}^2$ займає проміжне положення між стандартними та високопродуктивними пробивними решетами, що свідчить про здатність забезпечувати необхідний обсяг переробки зернової маси — 15 т/год.

5. Охорона праці

Інструкція з охорони праці при роботі зерноочисної машини

Для гарантування безпечних умов праці оператора зерноочисного обладнання та запобігання ризикам для інших осіб необхідно суворо дотримуватися вимог охорони праці, установлених нормативним документом [15]. Основні положення включають:

1. Перед запуском обладнання оператор повинен переконатися, що пуск не створює загрози для людей поблизу, а також подати попереджувальний сигнал.
2. Заборонено працювати при знятих кожухах ремінних передач, відкритих обертових вузлах та усіх рухомих частинах, до яких можливий доступ.
3. Перш ніж виконувати будь-які сервісні операції — ремонт, очищення, змащування чи регулювання — потрібно повністю знеструмити машину, від'єднати її від мережі та упевнитися, що всі механізми остаточно зупинилися.
4. Особи без відповідної підготовки не повинні бути допущені до експлуатації або обслуговування машини.
5. Пуск обладнання зі знятими захисними елементами чи несправними приладами контролю суворо заборонений.
6. Перед пересуванням агрегату варто перевірити надійність кріплення всіх елементів конструкції.
7. Решета очищують виключно спеціальною щіткою, не використовуючи підручних чи небезпечних інструментів.
8. Зернові залишки та домішки під час роботи прибирають лише скребками з довгими держателями, уникаючи контакту рук із рухомими деталями.
9. Категорично заборонено очищати осадові камери руками через оглядові вікна.
10. Регулярне прибирання навколо машини є обов'язковим, що знижує імовірність займання та накопичення відходів.
11. У разі засмічення шнека очищення проводять тільки після повної зупинки машини.

12. Технічне обслуговування допускається виконувати лише інструментами, спеціально призначеними для цієї роботи.
13. Залишати працюючий агрегат без нагляду не дозволяється.
14. У разі виявлення корозії на деталях, що впливають на безпечне функціонування, пошкоджені елементи необхідно терміново замінити.

Дотримання цих вимог є необхідною умовою безпечної експлуатації зерноочисного обладнання, що дозволяє мінімізувати ризики травмування та забезпечити надійну і стабільну роботу машини.

Висновки

У дипломній роботі нами удосконалено механізацію вирощування пшениці та обґрунтовано параметри для зерноочисної машини МЗП-10. У підсумку нами досягнуто наступних результатів.

Здійснено огляд і аналіз сучасної технології вирощування пшениці, а також зерноочисних машин і їх робочих органів.

Проведено дослідження процесу розділення зернової маси на експериментальній установці, в результаті чого встановлено:

- найвагомий вплив на функцію відгуку є фактор x_1 , а саме подача матеріалу. При подачі 0,20 кг/с та куті 25° середнє значення довжини решета зростає до показників 14,8 см, а при куті 30° та подачі 0,20 кг/с до 17,6 см;

- зі збільшенням кута нахилу до 30° , довжина решета, де відбувається просіювання матеріалу становить 12,1 см при мінімальній подачі 0,10 кг/с та 17,6 см при максимальній подачі 0,20 кг/с. При куті в 25° показники 9,8 см при мінімальній подачі та 14,8 см при максимальній подачі.

Проаналізувавши всі дані, слід зазначити, що найбільш раціональними конструктивними параметрами є подача 0,20 кг/с та кут нахилу решета у 30° . Саме ці показники забезпечать раціональну завантаженість довжини решета матеріалом.- У науковій частині нами було доведено, що найбільш раціональними конструктивними параметрами є подача 0,20 кг/с та кут нахилу решета у 30° , тому що саме ці показники забезпечать раціональну завантаженість довжини решета матеріалом.

На основі проведених досліджень, обґрунтовано довжину решета 800мм, площу та ширину живого перерізу решета, також отриманні результати було порівняно з площиною та шириною живого перерізу стандартних пробивних решіт і встановлено перевагу дослідного.

Застосування дослідного струнного решета дозволяє збільшити продуктивність сепарації зернового матеріалу без змін габаритів машини, що сприяє підвищенню економічної ефективності роботи агрегату.

Список використаної літератури

1. <https://superagronom.com/articles/290-tehnologiya-viroschuvannya-ozimoyi-pshenitsi-etapi-nyuansi-ta-vidminnosti-zalezno-vid-regionu>
2. <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/742>
3. http://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://mip.com.ua/images/2024/Vudavnucha/Technologia_vyroshchuvannya_nasinna_pshenytsya_ozyma.pdf
4. Васильковський О.М., Лещенко С.М., Петренко Д.І., Мороз С.М., Нестеренко О.В. Попередні дослідження пасивного струнного решета. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кропивницький: ЦНТУ. Вип. 52. 2022. С. 73-80. (DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2022.52.73-80>)
5. Васильковський О. М., Лещенко С. М., Мороз С. М., Петренко Д. І., Нестеренко О. В. Попередні дослідження струнного решета. Modern science: innovations and prospects. Proceedings of the 14th International scientific and practical conference. SSPG Publish, Stockholm, Sweden. 2022. pp. 276-284. URL: <https://sci-conf.com.ua/xiv-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-science-innovations-and-prospects-16-18-10-2022-stokgolm-shvetsiya-arhiv/>
6. Волик Д., Гур'євська О., Васильковський О. Результати експериментального дослідження пасивного струнного решета. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції». – Кропивницький: ЦНТУ, 2022. С. 58-61.
7. Васильковський М., Гур'євська О., Васильковський О. Лабораторна установка для визначення фрикційних властивостей зерна. Матеріали III Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Інновації: теорія і практика». Кропивницький: АПН. 2022. С. 52-53. URL: <https://apn.biz.ua/edition>
8. Васильковський М.І. Обґрунтування основних параметрів замкненої двохступеневої пневмосепаруючої системи ЗОМ / М.І. Васильковський, О.М.

Васильковський, С.М. Лещенко // Вісник Харківського національного технічного університету ім. П. Василенка. – Харків, 2007. – Вип. 59 – С. 177–186.

9. Васильковський О. М. Математична модель роботи відцентрово-пневматичного сепаратора зерна / О. М. Васильковський, В. В. Гончаров, Д. І. Петренко, С. М. Лещенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип. 10. Т.8. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – С. 94–104.

10. Васильковський О.М., Лещенко С.М., Мороз С.М., Нестеренко О.В., Молокост Л.А. До створення концепції «ідеального» решета зернового сепаратора. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кропивницький: ЦНТУ. Вип. 50. 2020. С. 52-58. (DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.52-58>)

11. Сало В.М., Мороз С.М., Васильковський О.М., Петренко Д.І. Розробка нової конструкції пневморешітної зерноочисної машини. Том 1. Обґрунтування параметрів транспортера сепаратора. – Кіровоград: видавець Лисенко В.Ф., 2014. 108 с.

12. Нестеренко О. В. Перспективний напрямок інтенсифікації повітряної сепарації зерна./ О.В. Нестеренко, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, Д.І. Петренко, Д.В. Богатирьов // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація . - 2012. - Вип. 25(1). - С. 49-53.

13. Васильковський О., Лещенко С., Васильковська К., Петренко Д. Підручник дослідника: Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. – Харків: Мачулін, 2016. 204 с.

14. Васильковський О., Лещенко С., Васильковська К., Петренко Д. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. – Харків: Мачулін, 2019. 164 с.

ДОДАТКИ