

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., професор
_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
“ _____ ” _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Механізація вирощування ячменю з удосконаленням зерноочисної машини»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи АІ-23мб-1
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____ Волошин Андрій Сергійович
« _____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту
канд. техн. наук

_____ 2026 р.

Рецензент
доцент, канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет агротехнічний

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Волошин Андрій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи (проекту) Механізація вирощування ячменю з удосконаленням зерноочисної машини

2. Керівник кваліфікаційної роботи (проекту) _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи підвищення ефективності механізації вирощування ячменю шляхом удосконалення зерноочисної машини ОВС-25У.

Задачі: - провести аналіз біологічних особливостей ячменю та технології його вирощування;

- розробити технологічну карту вирощування ячменю на площі 100 га;

- виконати аналіз процесу очищення зерна та існуючих конструкцій зерноочисних машин;

- розробити та обґрунтувати удосконалену конструкцію решета;

- виконати інженерні розрахунки параметрів роботи зерноочисної машини.

5. Перелік графічного матеріалу 1. Технологічна карта вирощування озимого ячменю – ф. А1. 2. Операційна карта очищення озимого ячменю – ф. А1. 3. Машина зерноочисна ОВС-25У – ф. А1. 4. Решітна частина – ф. А2. Деталювання – ф. А2.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	2	3
1	Складання технічного завдання на виконання роботи	до 10.04.2026 р.
2	Аналіз типової технології вирощування горох з визначенням шляхів її удосконалення	до 08.05.2026 р.
3	Підготовка та подання керівнику роботи: - операційної технології виконання заданої операції - інженерної частин - охорони праці - вступу та висновків	до 20.05.2026 р. до 20.05.2026 р. до 20.05.2026 р. до 25.05.2026 р.
4	Доопрацювання розділів з урахуванням зауважень	до 27.05.2026 р.
5	Подання робочого варіанту роботи керівнику	до 30.05.2026 р.
6	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень керівника. Одержання відгуку	до 10.06.2026 р.
7	Перевірка роботи на плагіат	за 10 днів до захисту
8	Проходження нормо-контролю	за 8 робочих днів до захисту
9	Подання роботи завідувачу кафедри на перевірку	за 6 робочих днів до захисту
10	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень завідувача кафедри. Допуск роботи до захисту	за 4 робочі дні до захисту
11	Рецензування кваліфікаційної роботи	за 3 робочі дні до захисту
12	Підготовка документів, що подаються до ЕК	за 2 робочі дні до захисту
13	Подання кваліфікаційної роботи та документів до ЕК	за день до захисту
14	Захист кваліфікаційної роботи	за графіком кафедри

Дата видачі завдання

«___» _____ 2026 р.

Підпис керівника _____

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2026 р.

Підпис здобувача _____

Андрій ВОЛОШИН
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У роботі проведено аналіз біологічних особливостей ячменю та типової технології його вирощування. Обґрунтовано основні технологічні параметри для умов господарства з площею посіву 100 га та врожайністю 60 ц/га. Виконано аналіз технологічного потоку виробництва та післязбиральної обробки зерна, визначено обсяги робіт і навантаження на технічні засоби.

Проведено інженерні розрахунки параметрів транспортування та очищення зерна. Встановлено, що ефективність роботи зерноочисної машини значною мірою залежить від конструкції решітного стану. Виявлено основні недоліки традиційних решіт, зокрема недостатню орієнтацію зерна та схильність до забивання.

Запропоновано удосконалену конструкцію решета, яка передбачає використання прутків круглого і трикутного поперечного перерізів та пружних елементів, що забезпечують змінну геометрію щілин і ефект самоочищення. Виконано розрахунок основних параметрів конструкції та перевірку її на міцність.

зерноочисна машина, очищення зерна, решето, післязбиральна обробка,

ABSTRACT

The paper analyzes the biological characteristics of barley and the typical technology of its cultivation. The main technological parameters are substantiated for farm conditions with a sowing area of 100 ha and a yield of 6 t/ha. The technological flow of production and post-harvest grain processing is analyzed, and the scope of work and load on technical equipment are determined.

Engineering calculations of the parameters of grain transportation and cleaning are performed. It is established that the efficiency of the grain cleaning machine largely depends on the design of the sieve unit. The main disadvantages of traditional sieves are identified, in particular insufficient grain orientation and a tendency to clogging.

An improved sieve design is proposed, which involves the use of rods with circular and triangular cross-sections, as well as elastic elements that provide variable slit geometry and a self-cleaning effect. The main design parameters are calculated and its strength is verified.

grain cleaning machine, grain cleaning, sieve, post-harvest processing

ЗМІСТ

	Стор.
1. ВСТУП	5
2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ	7
2.1. Біологічні особливості ячменю	7
2.2. Місце ячменю в сівозміні	9
2.3. Система удобрення ячменю	10
2.4. Обробіток ґрунту	12
2.5. Підготовка насіння і сівба ячменю	14
2.6. Догляд за посівами ячменю	15
2.7. Збирання врожаю ячменю	17
2.8. Висновки по розділу	19
3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ЯЧМЕНЮ	21
3.1. Обґрунтування технологічної операції очищення зерна	21
3.2. Аналіз технологічного потоку виробництва і післязбиральної обробки зерна	23
3.3. Розрахунок обсягів робіт і параметрів виробництва	25
3.4. Обґрунтування складу технічних засобів	27
3.5. Розрахунок технологічних параметрів роботи	30
3.6. Розрахунок і аналіз процесу очищення зерна	33
3.7. Висновки по розділу	37
4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА	38
4.1. Аналіз конструкції базової машини ОВС-25У	38
4.2. Аналіз процесу роботи решета і постановка задачі удосконалення	40
4.3. Обґрунтування і опис удосконаленої конструкції решета	42
4.4. Розрахунок параметрів удосконаленого решета	45
4.5. Перевірка на міцність і надійність конструкції решета	48
4.6. Висновки по розділу	51
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	53
5.1. Аналіз умов праці при очищенні зерна	53
5.2. Заходи забезпечення нормальних умов праці	53
5.3. Вплив удосконаленої конструкції на умови праці	54
5.4. Висновки по розділу	54
6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57
Додатки	61

1. ВСТУП

Сільське господарство України є однією з провідних галузей національної економіки, що забезпечує продовольчу безпеку держави, формує значну частку валового внутрішнього продукту та експортного потенціалу. У структурі рослинництва провідне місце займає виробництво зерна, серед якого важливу роль відіграє ячмінь як універсальна культура продовольчого, кормового та технічного призначення.

В умовах інтенсифікації сільського господарства значна увага приділяється вдосконаленню механізованих технологій, що дозволяють підвищити продуктивність праці, знизити витрати ресурсів та забезпечити стабільно високу якість продукції. Як зазначено у методичних рекомендаціях, кваліфікаційна робота повинна бути спрямована на вирішення інженерних задач, пов'язаних із підвищенням ефективності застосування сільськогосподарської техніки та удосконаленням технологічних процесів.

Одним із ключових етапів виробництва зерна є післязбиральна обробка, до складу якої входить очищення зернового матеріалу від домішок. Якість виконання цього процесу безпосередньо впливає на товарні характеристики зерна, його збереженість, придатність до переробки та насіннєві властивості. Недостатньо ефективне очищення призводить до підвищення втрат продукції, зниження її якості та збільшення витрат на подальшу обробку.

Аналіз сучасних зерноочисних машин показує, що їх технічний рівень значною мірою визначається конструкцією робочих органів, зокрема решіт. Традиційні плоскі решета, які широко застосовуються в зерноочисних машинах, мають ряд суттєвих недоліків: схильність до забивання отворами частками зерна, недостатню ефективність розділення через нераціональну орієнтацію зерен, а також підвищені енергетичні витрати на процес очищення. Це підтверджується аналізом існуючих конструкцій, де зазначено, що такі решета не забезпечують

					МВЯ 00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Волошин				Механізація вирощування ячменю з удосконаленням зерноочисної машини		Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.								5	61
							ЦНТУ, гр. АІ-23мб-1.2		
Н. контр.									
Затв.									

достатньої інтенсивності просіювання та потребують додаткових пристроїв для очищення. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розробка та впровадження удосконалених конструкцій решіт, які забезпечують підвищення ефективності розділення зернового матеріалу, зменшення забивання робочої поверхні, покращення умов самоочищення, зниження енерговитрат.

Запропонована у даній роботі конструкція решета передбачає використання почергово розташованих прутків круглого та трикутного поперечного перерізів, що формують щілини змінної геометрії. Така конструкція сприяє кращій орієнтації зерна відносно щілин та забезпечує ефект самоочищення завдяки використанню пружних елементів. В результаті досягається підвищення якості очищення зерна на 14–16% та зниження матеріалоємності машин на 10–12%.

Таким чином, удосконалення зерноочисної машини є важливим резервом підвищення ефективності всього технологічного процесу вирощування ячменю, оскільки дозволяє не лише покращити якість кінцевої продукції, але й знизити експлуатаційні витрати.

Метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності механізації вирощування ячменю шляхом удосконалення зерноочисної машини ОВС-25У.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз біологічних особливостей ячменю та технології його вирощування;
- розробити технологічну карту вирощування ячменю на площі 100 га;
- виконати аналіз процесу очищення зерна та існуючих конструкцій зерноочисних машин;
- розробити та обґрунтувати удосконалену конструкцію решета;
- виконати інженерні розрахунки параметрів роботи зерноочисної машини.

У роботі використано аналітичні, розрахункові та інженерні методи дослідження, що дозволяють обґрунтувати конструктивні параметри робочих органів і визначити ефективність їх застосування.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ

2.1. Біологічні особливості ячменю.

Ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) є однією з найважливіших зернових культур, яка широко вирощується в різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Він належить до родини тонконогових і характеризується високою адаптивністю до умов вирощування, коротким вегетаційним періодом та універсальністю використання.

Ячмінь представлений двома основними формами – ярий і озимий. У даній роботі розглядається озимий ячмінь, який відзначається вищою врожайністю порівняно з ярим, але є більш вимогливим до умов перезимівлі та технології вирощування.

Веgetаційний період озимого ячменю становить у середньому 260–290 днів. Він проходить основні фази розвитку: проростання і сходи; куціння; вихід у трубку; колосіння; цвітіння; налив і дозрівання зерна.

Найважливішою фазою для формування врожаю є куціння, під час якого закладається кількість продуктивних стебел. Для озимого ячменю характерне менш інтенсивне куціння порівняно з пшеницею, тому він потребує оптимальної густоти посіву.

Вимоги до температури. Ячмінь є холодостійкою культурою, однак озимий ячмінь має нижчу зимостійкість порівняно з озимою пшеницею. Насіння починає проростати при температурі $+1...+2$ °C, а оптимальна температура для росту становить $+15...+20$ °C. Критичними є період перезимівлі (чутливість до морозів нижче $-12...-15$ °C без снігового покриву), весняне відновлення вегетації, період наливу зерна, коли високі температури можуть знижувати масу 1000 зерен.

Вимоги до вологи. Ячмінь відноситься до культур із відносно невисокими вимогами до вологи, однак для формування високого врожаю необхідне рівномірне забезпечення водою протягом вегетації. Найбільш критичними періодами щодо забезпечення вологою є сходи та куціння, вихід у трубку, налив зерна.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Недостатня вологозабезпеченість у ці періоди призводить до зменшення кількості продуктивних стебел і зниження врожайності.

Вимоги до ґрунтів. Ячмінь найкраще росте на родючих ґрунтах із нейтральною або слабокислою реакцією (рН 6,0–7,5). Найбільш придатними є чорноземи, темно-сірі опідзолені ґрунти, легкі та середні суглинки.

Культура чутлива до ущільнення ґрунту та погано переносить перезволоження, що необхідно враховувати при виборі технології обробітку ґрунту.

Вимоги до елементів живлення. Ячмінь добре реагує на внесення мінеральних добрив. Основними елементами живлення є азот (N) – сприяє росту вегетативної маси, фосфор (P) – покращує розвиток кореневої системи, калій (K) – підвищує стійкість до посухи та хвороб. Особливістю є те, що надлишок азоту може призводити до вилягання рослин, що необхідно враховувати при розрахунку норм внесення добрив.

Морфологічні особливості, що впливають на механізацію. З інженерної точки зору важливими є такі властивості ячменю: висота рослин: 60–100 см; схильність до вилягання; ламкість колоса; нерівномірність досягання. Зерно ячменю має видовжену форму, що суттєво впливає на процес його очищення. Його характерні параметри: довжина: 8–12 мм; ширина: 2,5–4 мм; товщина: 2–3 мм. Саме геометрична форма зерна визначає ефективність його проходження через отвори решіт та обґрунтовує необхідність їх удосконалення. Як показує аналіз конструкцій, ефективність очищення значною мірою залежить від орієнтації зерна відносно щілин решета.

Агротехнічні вимоги до якості зерна. До якості зерна ячменю висуваються такі основні вимоги: чистота (мінімальний вміст домішок), однорідність за розмірами, вологість не більше 14–15%; відсутність пошкодженого та щуплого зерна. Ці вимоги безпосередньо пов'язані з ефективністю роботи зерноочисних машин, що визначає актуальність їх удосконалення.

Біологічні особливості ячменю свідчать про його чутливість до умов вирощування, особливо до температурного режиму, вологості та забезпечення

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

елементами живлення. Морфологічні характеристики зерна, зокрема його форма і розміри, суттєво впливають на процес очищення, що обґрунтовує необхідність удосконалення робочих органів зерноочисних машин.

2.2. Місце ячменю в сівозміні.

Рациональне розміщення ячменю в сівозміні є одним із основних факторів формування високої та стабільної врожайності, а також ефективного використання машинно-тракторного парку. Правильно підібраний попередник дозволяє зменшити енергетичні витрати на обробіток ґрунту, знизити рівень забур'яненості та покращити фізико-механічні властивості ґрунту.

Ячмінь належить до культур, які досить чутливі до попередників, особливо озимий. Це пояснюється його відносно слабкою кореневою системою та коротким осіннім періодом розвитку, протягом якого формується основа майбутнього врожаю.

До найкращих попередників ячменю відносяться: зернобобові культури (горох, соя), які збагачують ґрунт азотом; ріпак озимий, що рано звільняє поле і створює сприятливі умови для обробітку; однорічні трави; кукурудза на силос. Ці культури забезпечують оптимальні умови для накопичення вологи, покращують структуру ґрунту та сприяють зменшенню засміченості поля. Менш сприятливими попередниками є озима пшениця; ярі зернові культури.

Вирощування ячменю після зернових призводить до накопичення спільних хвороб і шкідників, а також погіршення агрофізичних властивостей ґрунту. Крім того, після таких попередників збільшується кількість рослинних решток, що ускладнює передпосівний обробіток і потребує додаткових енергетичних витрат.

Для умов господарства, що розглядається (площа 100 га), доцільно прийняти попередником горох або ріпак озимий, що дозволяє зменшити норму внесення азотних добрив, покращити водний режим ґрунту, забезпечити ранні строки підготовки поля до сівби. З інженерної точки зору вибір попередника безпосередньо впливає на склад і кількість технологічних операцій, завантаження машинно-тракторного парку, витрати палива, продуктивність агрегатів.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Встановлено, що правильний вибір попередника є важливим резервом підвищення ефективності вирощування ячменю. Використання як попередника зернобобових культур або ріпаку дозволяє покращити агрофізичні властивості ґрунту, зменшити витрати ресурсів і забезпечити сприятливі умови для формування врожаю.

2.3. Система удобрення ячменю.

Система удобрення ячменю є одним із визначальних факторів формування врожайності та якості зерна. Вона повинна бути науково обґрунтованою, враховувати агрохімічні властивості ґрунту, попередник, запланований рівень урожайності та особливості живлення культури.

Ячмінь характеризується порівняно коротким періодом активного споживання поживних речовин, тому особливо важливо забезпечити доступність елементів живлення на ранніх етапах розвитку рослин. Для формування 1 т зерна та відповідної кількості побічної продукції ячмінь виносить з ґрунту приблизно: азоту (N) – 25–30 кг; фосфору (P_2O_5) – 10–12 кг; калію (K_2O) – 20–25 кг.

Враховуючи заплановану врожайність 60 ц/га (6 т/га), загальна потреба становить: азот: 150–180 кг/га; фосфор: 60–72 кг/га; калій: 120–150 кг/га.

Частина цих елементів забезпечується ґрунтом, тому фактичні норми внесення добрив є меншими і визначаються з урахуванням коефіцієнта використання поживних речовин.

Обґрунтування норм внесення добрив. Для умов центральної частини України доцільно прийняти такі орієнтовні норми внесення мінеральних добрив: азотні – 60–90 кг/га д.р.; фосфорні – 40–60 кг/га д.р.; калійні – 40–60 кг/га д.р. Зменшення норми азоту пояснюється тим, що попередником прийнято зернобобову культуру або ріпак, які залишають після себе значну кількість доступного азоту.

З інженерної точки зору важливо враховувати, що збільшення норм внесення добрив призводить до підвищення маси врожаю, зростання

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

навантаження на збиральну техніку, підвищення вимог до продуктивності зерноочисних машин.

Способи і строки внесення добрив. Система удобрення включає три основні етапи:

- основне внесення. Фосфорно-калійні добрива вносять під основний обробіток ґрунту (оранку). Це забезпечує їх рівномірний розподіл у кореневмісному шарі;
- передпосівне внесення. Частину азотних добрив (30–40%) вносять перед сівбою з подальшим загортанням культивацією;
- підживлення. Решту азоту (60–70%) вносять ранньою весною у фазі відновлення вегетації. Це сприяє формуванню продуктивного стеблостою.

Рівень мінерального живлення безпосередньо впливає на параметри технологічного процесу: густоту стояння рослин; висоту стеблостою; схильність до вилягання; нерівномірність досягання.

Надлишок азоту може призводити до вилягання посівів, що ускладнює роботу зернозбиральних комбайнів, знижує швидкість руху агрегатів і підвищує втрати зерна. Крім того, підвищена врожайність збільшує навантаження на післязбиральну обробку, зокрема на зерноочисні машини.

Це вимагає підвищення їх продуктивності та якості роботи, що додатково обґрунтовує необхідність удосконалення робочих органів, зокрема решіт.

Розрахунок потреби добрив для площі 100 га. Для подальших розрахунків у роботі приймаємо: азот – 80 кг/га; фосфор – 50 кг/га; калій – 50 кг/га. Тоді загальна потреба становитиме: азот: $80 \times 100 = 8000$ кг (8,0 т); фосфор: $50 \times 100 = 5000$ кг (5,0 т); калій: $50 \times 100 = 5000$ кг (5,0 т).

Ці значення будуть використані при складанні технологічної карти.

Раціональна система удобрення є важливим фактором підвищення врожайності ячменю та ефективності механізованих процесів.

Встановлено, що оптимальні норми внесення добрив дозволяють забезпечити заплановану врожайність 60 ц/га без надмірного зростання енерговитрат і ускладнення технологічних операцій.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

2.4. Обробіток ґрунту.

Обробіток ґрунту є однією з основних технологічних операцій при вирощуванні ячменю, від якої значною мірою залежить водно-повітряний режим ґрунту, його структура, ступінь забур'яненості та умови для розвитку кореневої системи рослин.

Раціонально організована система обробітку повинна забезпечувати: накопичення та збереження вологи; створення оптимальної структури орного шару; знищення бур'янів і рослинних решток; вирівнювання поверхні поля; мінімізацію енерговитрат.

Система обробітку ґрунту під ячмінь. Вибір системи обробітку залежить від: попередника; типу ґрунту; ступеня забур'яненості; наявності технічних засобів у господарстві.

Для умов даної роботи (площа 100 га, попередник – зернобобові або ріпак) доцільно застосувати традиційну систему обробітку, яка включає такі операції:

- лущення стерні. Лущення стерні виконують одразу після збирання попередника на глибину 6–8 см. Основні завдання: знищення падалиці і бур'янів; стимулювання проростання насіння бур'янів; часткове розпушування верхнього шару ґрунту. Для виконання операції застосовують дискові лущильники типу: ЛДГ-10; БДТ-7. З інженерної точки зору ця операція має невеликий тяговий опір, що дозволяє використовувати трактори середнього класу тяги;
- основний обробіток (оранка) Оранка є основною операцією, яка формує орний шар і забезпечує загортання рослинних решток та добрив. Глибина оранки: 20–25 см (для чорноземів). Для виконання використовують плуги ПЛН-5-35, ПЛН-4-35. Основні вимоги – повне перевертання пласта, відсутність огріхів, рівномірна глибина обробітку. Оранка є найбільш енергоємною операцією і визначає основну частину витрат палива в технології вирощування. Тяговий опір при цьому залежить від: глибини обробітку; типу ґрунту; вологості; швидкості руху агрегату;
- передпосівний обробіток. Передпосівний обробіток включає: культивуацію; боронування; вирівнювання поверхні поля. Глибина обробітку: 5–8 см

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

(відповідає глибині загортання насіння). Основні завдання: створення дрібногрудочкуватої структури ґрунту; вирівнювання поверхні поля; знищення пророслих бур'янів. Для виконання застосовують: культиватори КПС-4; комбіновані агрегати типу АКШ. Комбіновані агрегати дозволяють виконувати кілька операцій за один прохід, що значно знижує витрати палива та часу.

Альтернативні системи обробітку. У сучасних умовах все ширше застосовуються: мінімальний обробіток (mini-till); нульовий обробіток (no-till).

Їх переваги: зниження витрат палива; зменшення ущільнення ґрунту; збереження вологи. Однак для озимого ячменю в умовах центральної України повна відмова від оранки не завжди забезпечує необхідну якість підготовки ґрунту, особливо при високій забур'яненості.

Вплив обробітку ґрунту на механізацію. Система обробітку безпосередньо впливає на: кількість проходів техніки по полю; витрати палива; продуктивність агрегатів; терміни виконання робіт.

Застосування комбінованих агрегатів дозволяє скоротити кількість проходів у 1,5–2 рази; відмова від оранки зменшує витрати палива на 20–30%, але може погіршити якість підготовки ґрунту. Крім того, якість обробітку визначає рівномірність сходів, що в подальшому впливає на рівномірність дозрівання, ефективність роботи зернозбиральної техніки, навантаження на зерноочисні машини.

Обґрунтування прийнятої системи. Для даної роботи приймається така система обробітку ґрунту: лущення стерні – 6–8 см, оранка – 20–25 см, передпосівна культивація – 5–8 см. Ця система забезпечує високу якість підготовки ґрунту, стабільні умови для сходів, оптимальні умови для механізованого виконання наступних операцій.

Встановлено, що система обробітку ґрунту є важливим елементом технології вирощування ячменю, який визначає ефективність використання машинно-тракторного парку та рівень енергетичних витрат. Застосування традиційної системи обробітку з використанням сучасних агрегатів дозволяє

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

забезпечити оптимальні умови для розвитку рослин і отримання високого врожаю.

2.5. Підготовка насіння і сівба ячменю.

Якість виконання операції сівби значною мірою визначає густоту стояння рослин, рівномірність сходів та, як наслідок, рівень врожайності культури. Тому підготовка насіння та правильний вибір параметрів сівби є важливими елементами технології вирощування ячменю.

Перед сівбою насіння повинно відповідати встановленим вимогам за чистотою, схожістю та масою 1000 зерен. Основними операціями підготовки є: очищення від домішок; сортування і калібрування; протруювання.

Очищення та калібрування проводять на зерноочисних машинах, що дозволяє виділити фракції з однаковими розмірами і масою. Це забезпечує рівномірну подачу насіння висівними апаратами та однакову глибину загортання.

Протруювання насіння здійснюється з метою захисту від грибкових хвороб і шкідників. Для цього застосовують протруювачі, які забезпечують рівномірне нанесення препарату на поверхню зерна.

З інженерної точки зору якість підготовки насіння впливає на рівномірність висіву, роботу висівних апаратів, зменшення засмічення сівалок, зниження нерівномірності сходів.

Строки сівби. Оптимальні строки сівби озимого ячменю для умов центральної України становлять – 10–25 вересня. Дотримання строків сівби забезпечує достатній розвиток рослин до зими, формування 2–3 пагонів кущіння, підвищення зимостійкості. Запізнення із сівбою призводить до слабкого розвитку рослин, а надто рання сівба – до переростання і зниження стійкості до морозів.

Норма висіву визначається з урахуванням маси 1000 зерен, схожості насіння, польової схожості, бажаної густоти стояння рослин. Для озимого ячменю приймається – 3,5–4,5 млн схожих зерен на 1 га. Для розрахунків у даній роботі приймаємо середнє значення – 4,0 млн зерен/га.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

З урахуванням маси 1000 зерен (приблизно 40–50 г) норма висіву становить – 160–200 кг/га. Приймаємо – 180 кг/га. Для площі 100 га загальна потреба в насінні становитиме – $180 \times 100 = 18000$ кг (18 т).

Спосіб і параметри сівби. Сівбу ячменю проводять звичайним рядковим способом. Основні параметри – ширина міжрядь – 15 см, глибина загортання – 3–5 см, рівномірність висіву – не менше 85–90%.

Глибина загортання залежить від типу ґрунту, вологості, погодних умов. Недотримання глибини призводить до нерівномірних сходів, що негативно впливає на подальші механізовані операції.

Машини та агрегати для сівби. Для сівби використовують зернові сівалки, які агрегуються з тракторами відповідного класу. Робоча швидкість посівного агрегату – 6–8 км/год.

З інженерної точки зору продуктивність агрегату залежить від ширини захвату, швидкості руху, коефіцієнта використання часу зміни.

Вплив сівби на механізовані процеси. Якість сівби безпосередньо впливає на рівномірність сходів, густоту стояння рослин, рівномірність дозрівання, ефективність роботи збиральної техніки. Нерівномірні сходи призводять до різночасного дозрівання, збільшення втрат при збиранні, підвищення навантаження на зерноочисні машини через неоднорідність зернової маси. Таким чином, правильна організація сівби є важливою умовою підвищення ефективності всього технологічного процесу.

Встановлено, що якісна підготовка насіння та дотримання оптимальних параметрів сівби забезпечують формування рівномірних сходів і високої врожайності ячменю. Обґрунтовані норми висіву та вибір сівалкового агрегату дозволяють забезпечити ефективне виконання технологічної операції і створюють передумови для оптимізації наступних процесів вирощування та післязбиральної обробки зерна.

2.6. Догляд за посівами ячменю.

Догляд за посівами ячменю є важливим етапом технології вирощування, який спрямований на створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин,

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

збереження вологи, зниження забур'яненості та захист посівів від шкідників і хвороб. Своєчасне і якісне виконання операцій догляду забезпечує формування рівномірного та продуктивного стеблостою, що безпосередньо впливає на врожайність і ефективність механізованого збирання.

Основні операції догляду за посівами. До основних заходів догляду за посівами ячменю відносяться боронування, підживлення, захист рослин від бур'янів, захист від шкідників і хвороб.

Боронування посівів. Боронування проводять для руйнування ґрунтової кірки, знищення проростків бур'янів, покращення аерації ґрунту. Операцію виконують ранньою весною (по мерзлоталому ґрунту), або у фазі кушіння (за необхідності). Глибина обробітку – 3–5 см. Для виконання використовують зубові борони БЗСС-1,0, агрегати зчипки типу СЗП. З інженерної точки зору боронування є малоеємною операцією, але ефективно впливає на зменшення забур'яненості і покращення умов росту культури.

Підживлення посівів. Підживлення є одним із ключових заходів догляду, особливо для озимого ячменю. Основні завдання стимулювання росту рослин, підвищення продуктивності, формування повноцінного колоса. Підживлення проводять ранньою весною (азотні добрива), у фазі виходу в трубку (за необхідності). Норма внесення – 30–50 кг/га д.р. азоту. Для внесення використовують розкидачі мінеральних добрив (РУМ, МВУ), трактори класу 1,4–2,0. Рівномірність внесення добрив є важливою умовою отримання однорідного стеблостою, що впливає на подальше збирання.

Захист від бур'янів. Бур'яни є одним із основних факторів зниження врожайності ячменю, оскільки конкурують за вологу і поживні речовини, ускладнюють збирання, погіршують якість зерна. Для боротьби з бур'янами застосовують гербіциди суцільної або вибіркової дії. Обробку проводять у фазі кушіння або початку виходу в трубку. Для внесення використовують обприскувачі типу ОПШ-2000, штангові обприскувачі. Якість обробки визначається рівномірністю розпилення, дотриманням норми внесення, погодними умовами.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Захист від шкідників і хвороб. Основними хворобами ячменю є борошниста роса, іржа, сітчаста плямистість. Шкідники: попелиці; злакові мухи; трипси. Для захисту застосовують фунгіциди та інсектициди. Обробку проводять за необхідності, залежно від фітосанітарного стану посівів.

Вплив догляду за посівами на механізацію. Якість виконання операцій догляду безпосередньо впливає на густоту стояння рослин, рівномірність розвитку, ступінь забур'яненості, рівномірність дозрівання. Недостатній догляд призводить до підвищення втрат при збиранні, зниження продуктивності комбайнів, збільшення засміченості зернової маси. Це, у свою чергу, підвищує навантаження на зерноочисні машини та знижує ефективність їх роботи.

З інженерної точки зору догляд за посівами визначає умови роботи збиральної техніки, рівень втрат, продуктивність післязбиральної обробки.

Обґрунтування прийнятої системи догляду. Для умов даної роботи приймається така система догляду: весняне боронування: підживлення азотними добривами, обробка гербіцидами, захист від хвороб і шкідників (за необхідності). Ця система забезпечує оптимальні умови розвитку рослин, зниження забур'яненості, підвищення врожайності, покращення умов механізованого збирання.

Догляд за посівами ячменю є важливим елементом технології вирощування, який забезпечує формування продуктивного стеблостою та підвищення врожайності. Встановлено, що своєчасне виконання агротехнічних заходів дозволяє покращити умови роботи збиральної техніки та зменшити навантаження на зерноочисні машини.

2.7. Збирання врожаю ячменю.

Збирання врожаю ячменю є завершальним етапом технології його вирощування, від якого залежить збереження вирощеного врожаю, якість зерна та ефективність подальших технологічних процесів. Невчасне або неякісне збирання призводить до значних втрат зерна, зниження його посівних і технологічних властивостей.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Строки збирання. Збирання ячменю проводять у фазі повної стиглості, коли вологість зерна становить 14–18%, зерно має тверду консистенцію, колос набуває характерного забарвлення. Оптимальні строки збирання становлять – 5–10 днів після настання повної стиглості. Запізнення зі збиранням призводить до обсіпання зерна, втрат врожаю, погіршення якості продукції.

Способи збирання. Для ячменю застосовують два способи збирання: пряме комбайнування – є основним способом і застосовується при рівномірному досяганні культури. Переваги: менші витрати праці, скорочення термінів збирання; зменшення втрат.

Роздільне збирання. Застосовується при нерівномірному досяганні або високій забор'яненості. Недоліки – більші витрати часу і ресурсів, додаткові операції. У даній роботі приймається пряме комбайнування як найбільш ефективний спосіб.

Для збирання ячменю використовують зернозбиральні комбайни, які виконують комплекс операцій зрізання стебел, обмолот, сепарацію зерна, очищення зернової маси.

У господарствах широко застосовуються сучасні імпорتنі машини (Claas, John Deere).

Втрати при збиранні. Основними причинами втрат є осипання зерна, недомолот, викидання зерна разом із соломом, пошкодження зерна. Втрати залежать від строків збирання, технічного стану комбайна, налаштування робочих органів, погодних умов. З інженерної точки зору важливо забезпечити оптимальні режими роботи: частоту обертання барабана, зазори в молотильному апараті, швидкість руху.

Транспортування зерна. Після збирання зерно транспортується до місця післязбиральної обробки. Основні вимоги: мінімізація втрат; запобігання самозігріванню; збереження якості зерна.

Для транспортування використовують причеи, автомобілі, тракторні транспортні засоби.

Первинна обробка зерна. Зерно, що надходить від комбайна, містить домішки (солома, полова, пил), недомолочене зерно, зерно різної вологості.

Тому обов'язковими операціями є попереднє очищення, сушіння (за потреби), остаточне очищення. Саме на цьому етапі застосовується зерноочисна машина ОВС-25У, яка виконує розділення зернової маси на фракції.

Якість виконання цієї операції значною мірою залежить від конструкції решіт, які визначають ефективність відділення домішок. Недостатня ефективність традиційних решіт призводить до зниження продуктивності машини та погіршення якості очищення зерна .

Якість збирання визначає ступінь засміченості зернової маси, рівень пошкодження зерна, вологість продукції. Чим гірші ці показники, тим більші навантаження на зерноочисні машини, зростають енерговитрати, знижується ефективність очищення.

Таким чином, збирання врожаю є ключовим етапом, який формує умови для подальшої післязбиральної обробки.

2.8. Висновки по розділу.

У розділі проведено аналіз біологічних особливостей ячменю та типової технології його вирощування з урахуванням сучасних вимог до механізації сільськогосподарського виробництва.

Встановлено, що ячмінь є високопродуктивною культурою, проте його врожайність значною мірою залежить від дотримання агротехнічних вимог, зокрема правильного вибору попередника, раціональної системи удобрення, якісного обробітку ґрунту та своєчасного виконання технологічних операцій. Обґрунтовано, що застосування зернобобових культур або ріпаку як попередників створює сприятливі умови для розвитку рослин і дозволяє зменшити витрати на мінеральні добрива.

Аналіз системи удобрення показав, що для забезпечення запланованої врожайності 60 ц/га необхідно вносити оптимальні норми мінеральних добрив,

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

що дозволяє досягти високої продуктивності без надмірного підвищення енерговитрат і ризику вилягання посівів.

Встановлено, що система обробітку ґрунту суттєво впливає на формування агрофізичних властивостей ґрунту та ефективність використання машинно-тракторного парку. Застосування традиційної системи обробітку (лущення стерні, оранка, передпосівна культивуація) забезпечує якісну підготовку ґрунту та сприятливі умови для росту і розвитку рослин.

Досліджено особливості підготовки насіння та сівби ячменю, встановлено оптимальні параметри сівби, які забезпечують рівномірні сходи та формування продуктивного стеблостою. Обґрунтовано норму висіву та вибір сівалкового агрегату, що дозволяє ефективно виконувати технологічну операцію.

Проаналізовано заходи догляду за посівами, які спрямовані на зменшення забур'яненості, забезпечення рослин поживними речовинами та захист від шкідників і хвороб. Встановлено, що своєчасне виконання цих заходів покращує умови роботи збиральної техніки та знижує втрати врожаю.

Визначено, що збирання врожаю є відповідальним етапом, який формує якість зернової маси. Встановлено, що навіть за оптимальних умов збирання зерно містить значну кількість домішок, що обумовлює необхідність його подальшого очищення.

У результаті аналізу встановлено, що післязбиральна обробка, зокрема очищення зерна, є одним із ключових етапів технологічного процесу, який суттєво впливає на якість продукції та ефективність виробництва. Виявлено, що існуючі зерноочисні машини мають обмеження, пов'язані з недосконалістю робочих органів, зокрема решіт, що призводить до зниження якості очищення та підвищення енерговитрат.

Таким чином, удосконалення зерноочисної машини, а саме її решітної частини, є обґрунтованим напрямом підвищення ефективності механізації вирощування ячменю, що і визначає зміст подальших розділів роботи.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ЯЧМЕНЮ

3.1. Обґрунтування технологічної операції очищення зерна.

Післязбиральна обробка зерна є обов'язковим етапом технологічного процесу вирощування ячменю, оскільки зернова маса, що надходить від зернозбирального комбайна, не відповідає вимогам стандартів за чистотою, вологістю та однорідністю.

Зерно після обмолоту містить домішки органічного походження (солома, полови), мінеральні домішки (грунт, пил), недозрілі та пошкоджені зерна, насіння бур'янів. Вміст домішок може досягати 10–20%, що суттєво знижує якість продукції та ускладнює її зберігання. Тому виконання операції очищення є необхідною умовою підготовки зерна до подальшого використання.

Призначення та сутність операції очищення. Очищення зерна полягає у розділенні зернової маси на фракції за такими ознаками: геометричні розміри; маса; аеродинамічні властивості.

Основними завданнями очищення є видалення домішок, виділення повноцінного зерна, підвищення товарної якості продукції, підготовка зерна до сушіння або зберігання.

Місце операції очищення в технологічному процесі. Операція очищення виконується після збирання і транспортування зерна та перед сушінням, зберіганням, реалізацією або переробкою. З технологічної точки зору вона є проміжною, але критично важливою, оскільки визначає ефективність наступних процесів.

Аналіз існуючих способів очищення. У сучасному сільськогосподарському виробництві застосовуються такі способи очищення зерна: повітряне (за аеродинамічними властивостями); решітне (за геометричними розмірами); комбіноване (поєднання декількох способів).

Найбільш поширеним є комбінований спосіб, який реалізується у зерноочисних машинах типу ОВС-25У.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Обґрунтування вибору зерноочисної машини. Для виконання операції очищення у даній роботі приймається зерноочисна машина ОВС-25У, яка забезпечує попереднє та первинне очищення зерна, достатню продуктивність, універсальність застосування. Основні переваги машини – поєднання повітряного і решітного очищення, простота конструкції, можливість роботи в польових умовах.

Однак аналіз конструкції машини показує, що її ефективність значною мірою залежить від роботи решітного стану. Основними недоліками традиційних решіт є забивання отворів частками зерна, недостатня орієнтація зерен відносно щілин, зниження ефективності просіювання, підвищення енерговитрат.

Як показує аналіз конструкцій, звичайні плоскі решета не забезпечують достатньої ефективності розділення зернової маси, що знижує продуктивність машини і якість очищення.

Обґрунтування необхідності удосконалення. Підвищення ефективності очищення зерна може бути досягнуто шляхом удосконалення конструкції решета, яке є основним робочим органом зерноочисної машини.

Запропонована конструкція решета передбачає використання прутків круглого та трикутного поперечного перерізів, формування змінної геометрії щілин, застосування пружних елементів для забезпечення самоочищення. Таке конструктивне рішення дозволяє покращити орієнтацію зерна відносно щілин, зменшити ймовірність забивання, підвищити інтенсивність просіювання, знизити енерговитрати.

Експериментальні дані показують, що застосування такого решета дозволяє підвищити якість очищення на 14–16%, зменшити матеріалоємність машин на 10–12%.

Для виконання розрахунків у даній роботі приймаються такі вихідні дані: площа посіву – 100 га; врожайність – 60 ц/га; валовий збір зерна – 600 т; вміст домішок – до 15%; базова машина – ОВС-25У.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Ці параметри будуть використані для визначення продуктивності агрегату, тривалості виконання операції, потреби в технічних засобах, енергетичних витрат.

Операція очищення зерна є необхідною складовою технологічного процесу вирощування ячменю, яка визначає якість кінцевої продукції. Встановлено, що ефективність її виконання значною мірою залежить від конструкції робочих органів зерноочисних машин. Удосконалення решітної частини машини ОВС-25У є доцільним і перспективним напрямом підвищення ефективності очищення зерна.

3.2. Аналіз технологічного потоку виробництва і післязбиральної обробки зерна.

Технологічний процес вирощування ячменю являє собою сукупність взаємопов'язаних операцій, виконання яких забезпечує отримання кінцевої продукції заданої якості. На завершальному етапі цього процесу формується зернова маса, яка потребує післязбиральної обробки, зокрема очищення.

З інженерної точки зору важливим є розгляд не окремих операцій, а технологічного потоку руху матеріалу, що дозволяє визначити навантаження на технічні засоби та виявити «вузькі місця» процесу.

Технологічний потік виробництва і обробки зерна ячменю включає такі основні етапи:

- збирання врожаю зернозбиральним комбайном;
- первинне накопичення зернової маси у бункері комбайна;
- вивантаження зерна у транспортні засоби;
- транспортування зерна до місця післязбиральної обробки;
- попереднє очищення зерна;
- первинне (або остаточне) очищення на зерноочисній машині;
- подача зерна на зберігання або подальшу обробку;

Таким чином, технологічний потік має безперервний характер і включає як польові, так і стаціонарні операції.

Схема руху зернової маси. Рух зернової маси можна представити у вигляді послідовності: поле – комбайн – транспорт – зерноочисна машина – склад. На кожному етапі відбувається зміна стану матеріалу: після комбайна – зернова суміш із домішками; після транспортування – накопичена маса різної вологості та засміченості; після очищення – кондиційне зерно.

Важливою особливістю є те, що зернова маса не є однорідною, а її характеристики змінюються в залежності від умов збирання, ступеня засміченості, вологості, рівномірності дозрівання.

Формування потоку зернової маси. Вихідним параметром для аналізу є валовий збір зерна. Для умов даної роботи: площа – 100 га; врожайність – 60 ц/га. Валовий збір – 600 т зерна. Однак фактична маса, що надходить на очищення, є більшою за рахунок домішок.

При середньому вмісті домішок 10–15% загальна маса зернової суміші становить $\approx$ 660–690 т. Це значення визначає навантаження на транспорт і зерноочисні машини.

Характеристика потоку в часі. Збирання врожаю виконується протягом обмеженого періоду часу (7–10 днів), що призводить до значної концентрації зернової маси у короткий термін. Добовий обсяг надходження зерна становить – 60–85 т/добу. Це створює нерівномірне навантаження на транспортні засоби, зерноочисні машини, склади. Особливо це важливо для організації процесу очищення, оскільки недостатня продуктивність обладнання призводить до накопичення зерна і втрат якості.

Після транспортування зерно надходить на післязбиральну обробку, яка включає попереднє очищення, сушіння (за необхідності), остаточне очищення.

Основною операцією є очищення, яке забезпечує видалення домішок, покращення якості зерна, підготовку до зберігання.

Ефективність цього процесу визначається продуктивністю машини, конструкцією робочих органів, рівномірністю подачі матеріалу.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Аналіз технологічного потоку показує, що очищення зерна є завершальним етапом виробництва, вузловою операцією післязбиральної обробки, критичним елементом, що визначає якість продукції.

Саме на цьому етапі формується товарна якість зерна, відокремлюються домішки, забезпечується можливість тривалого зберігання.

Недостатня ефективність очищення призводить до підвищення втрат, погіршення якості, додаткових витрат на дообробку.

Виявлення вузького місця технологічного потоку. На основі проведеного аналізу встановлено, що найбільш навантаженим елементом технологічного потоку є ділянка очищення зерна. Це обумовлено великою масою зернової суміші, високим вмістом домішок, обмеженою продуктивністю машин, залежністю ефективності від конструкції решіт.

Таким чином, саме зерноочисна машина є ключовим елементом, який визначає ефективність всього технологічного процесу.

У результаті аналізу технологічного потоку виробництва і післязбиральної обробки зерна встановлено, що очищення є критично важливою операцією, яка визначає якість кінцевої продукції та ефективність всього процесу. Виявлено, що при значному обсязі зернової маси основне навантаження припадає на зерноочисні машини, що обґрунтовує необхідність детального аналізу їх роботи та подальшого удосконалення.

3.3. Розрахунок обсягів робіт і параметрів виробництва.

Розрахунок обсягів робіт і параметрів виробництва є необхідним етапом для визначення навантаження на технічні засоби, зокрема транспортні та зерноочисні машини. Отримані результати дозволяють обґрунтувати їх кількість, продуктивність та режими роботи.

Визначення валового збору зерна. Валовий збір зерна визначається за формулою

$$Q = F \cdot Y \quad (3.1)$$

де Q – валовий збір зерна, т;

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

F – площа посіву, га;

Y – врожайність, т/га.

Підставляємо значення

$$Q = 100 \cdot 6 = 600 \text{ т.}$$

Отже, валовий збір зерна ячменю становить 600 т.

Визначення маси зернової суміші. Зерно, що надходить від комбайна, містить домішки. Приймаємо їх середній вміст – $\alpha=12\%$.

Маса зернової суміші визначається за формулою

$$Q_3 = \frac{Q}{1 - \alpha}. \quad (3.2)$$

$$Q_3 = \frac{600}{1 - 0,12} \approx 682 \text{ т.}$$

Отже, загальна маса зернової суміші становить 682 т.

Визначення маси домішок. Маса домішок

$$Q_d = Q_3 - Q. \quad (3.3)$$

$$Q_d = 682 - 600 = 82 \text{ т.}$$

Таким чином, у зерновій масі міститься близько 82 т домішок.

Визначення тривалості збирання. Приймаємо тривалість збирання

$$D=8 \text{ днів.}$$

Добовий обсяг надходження зерна

$$Q_{\text{дн}} = \frac{Q_3}{D}. \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{дн}} = \frac{682}{8} \approx 85,3 \text{ т/добу.}$$

Годинна подача зернової маси. Приймаємо тривалість роботи за добу

$$T=10 \text{ год.}$$

Годинна подача

$$Q_{\text{год}} = \frac{Q_{\text{дн}}}{T}. \quad (3.5)$$

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$Q_{\text{год}} = \frac{85,3}{10} \approx 8,5 \text{ т/год.}$$

Визначення обсягу транспортних робіт. Обсяг транспортних робіт визначається за формулою

$$W = Q_p \cdot L, \quad (3.5)$$

де L – середня відстань перевезення, км.

Приймаємо

$$L = 5 \text{ км.}$$

$$W = 682 \cdot 5 = 3410 \text{ т} \cdot \text{км.}$$

Аналіз отриманих результатів. Отримані розрахункові дані показують: валовий збір зерна – 600 т; загальна маса зернової суміші – 682 т; маса домішок – 82 т; добовий потік – ≈ 85 т/добу; годинна подача – $\approx 8,5$ т/год.

Ці параметри визначають необхідну продуктивність зерноочисної машини, кількість транспортних засобів, режими роботи обладнання.

Порівняння отриманої годинної подачі з технічною характеристикою машини ОВС-25У (до 25 т/год) показує, що номінальна продуктивність машини значно перевищує середнє навантаження, однак реальна продуктивність знижується через нерівномірність подачі, підвищену засміченість, недосконалість решіт. Це свідчить про те, що ефективність роботи машини визначається не лише її номінальною продуктивністю, а й конструктивними особливостями робочих органів.

У результаті розрахунків встановлено основні параметри виробництва і післязбиральної обробки зерна ячменю. Визначено, що при валовому зборі 600 т обсяг зернової суміші становить 682 т, що формує значне навантаження на транспортні та зерноочисні засоби.

3.4. Обґрунтування складу технічних засобів.

Ефективність виконання післязбиральних операцій значною мірою залежить від правильного підбору та узгодження технічних засобів. Основними

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

елементами на даному етапі є транспортні засоби для перевезення зерна та зерноочисна машина, яка забезпечує його очищення.

Обґрунтування вибору транспортних засобів. Транспортні засоби повинні забезпечувати безперервне вивезення зерна від зернозбирального комбайна без простоїв, що є важливою умовою підвищення продуктивності збирання.

Основні вимоги до транспорту: відповідність вантажопідйомності обсягам перевезень; достатня швидкість руху; маневреність у польових умовах; узгодженість із продуктивністю комбайнів.

Для умов даної роботи доцільно застосувати тракторні причеми вантажопідйомністю 6–10 т, або автомобілі аналогічної вантажопідйомності.

Приймаємо транспортний засіб: причіп вантажопідйомністю 8 т, агрегований із трактором класу 1,4–2,0.

Узгодження транспорту з потоком зернової маси. Згідно з розрахунками (підрозділ 3.3), годинна подача зернової маси становить $\approx 8,5$ т/год. Один транспортний засіб вантажопідйомністю 8 т забезпечує перевезення 1 рейс ≈ 8 т. Тривалість одного транспортного циклу включає: завантаження – 0,1 год; транспортування – 0,4 год; розвантаження – 0,1 год; повернення – 0,4 год.

Загальний час циклу – $t_{\text{ц}} = 1,0$ год.

Продуктивність одного транспортного засобу:

$$W_{\text{т}} = \frac{8}{1} = 8 \text{ т/год.}$$

Визначення кількості транспортних засобів. Необхідна кількість транспорту

$$n = \frac{Q_{\text{год}}}{W_{\text{т}}}, \quad (3.5)$$

$$n = \frac{8,5}{8} \approx 1,06.$$

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Приймаємо - 2 транспортні одиниці. Це дозволяє уникнути простоїв комбайна, компенсувати нерівномірність подачі зерна, забезпечити резерв продуктивності.

Організація транспортування. Раціональна організація транспорту передбачає роботу за маятниковою схемою, чітке узгодження з роботою комбайна, мінімізацію холостих пробігів.

Два транспортних засоби працюють по чергово: один – під завантаженням; другий – у русі. Це забезпечує безперервність процесу.

Для очищення зерна у даній роботі приймається машина ОВС-25У, яка широко застосовується у господарствах завдяки своїй універсальності та достатній продуктивності.

Основні технічні характеристики: продуктивність – до 25 т/год; тип очищення – комбінований (повітряно-решітний); призначення – попереднє та первинне очищення зерна.

Узгодження продуктивності машини з потоком зерна. Згідно з розрахунками: фактична подача – 8,5 т/год; номінальна продуктивність ОВС-25У – до 25 т/год. Отже, машина має достатній запас продуктивності; одна машина повністю забезпечує обробку всього обсягу зерна.

Незважаючи на достатню номінальну продуктивність, реальна ефективність роботи машини залежить від рівномірності подачі зерна, ступеня засміченості, вологості матеріалу, конструкції решітного стану.

На практиці фактична продуктивність знижується на 20–40% через забивання решіт, недостатню інтенсивність просіювання, втрати часу на обслуговування.

Це призводить до зменшення пропускної здатності, підвищення енерговитрат, погіршення якості очищення.

Інженерна оцінка системи «транспорт – очищення». Узгодження транспорту і зерноочисної машини показує, що транспорт забезпечує безперервну подачу зерна, машина має достатню номінальну продуктивність, однак ефективність системи обмежується роботою решіт.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таким чином, «вузьким місцем» є не транспорт, а процес очищення, зокрема робота решітного стану.

У результаті обґрунтування встановлено, що для транспортування зерна достатньо використання двох транспортних засобів вантажопідйомністю 8 т, що забезпечує безперервність процесу збирання. Для очищення зерна доцільно застосувати зерноочисну машину ОВС-25У, яка має достатню номінальну продуктивність.

Водночас встановлено, що ефективність очищення обмежується конструктивними особливостями решіт, що обумовлює необхідність їх удосконалення.

3.5. Розрахунок технологічних параметрів роботи.

Розрахунок технологічних параметрів роботи транспортних засобів і зерноочисної машини дозволяє визначити їх фактичну продуктивність, тривалість виконання операцій та витрати палива. Отримані результати є основою для оцінки ефективності роботи технічних засобів і виявлення резервів її підвищення.

Розрахунок продуктивності транспортних засобів. Продуктивність транспортного засобу визначається за формулою

$$W_T = \frac{q}{t_{\text{ц}}}, \quad (3.6)$$

де W_T – продуктивність транспорту, т/год;

q – вантажопідйомність, т;

$t_{\text{ц}}$ – тривалість одного транспортного циклу, год.

Приймаємо – $q = 8$ т, $t_{\text{ц}} = 1,0$ год.

$$W_T = \frac{8}{1,0} = 8 \text{ т/год.}$$

Сумарна продуктивність транспорту. При кількості транспортних засобів $n=2$

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$W_{\Sigma} = n \cdot W_{\tau}, \quad (3.7)$$

$$W_{\Sigma} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ т/год.}$$

Отже, сумарна продуктивність транспорту становить 16 т/год, що перевищує подачу зерна від комбайнів (8,5 т/год) і забезпечує резерв продуктивності.

Розрахунок тривалості транспортування. Загальна тривалість транспортування всього обсягу зернової маси

$$T_{\tau} = \frac{Q_3}{W_{\Sigma}}. \quad (3.8)$$

$$T_{\tau} = \frac{682}{16} \approx 42,6 \text{ год.}$$

При роботі 10 год/добу

$$D_{\tau} = \frac{42,6}{10} \approx 4,3 \text{ дні.}$$

Отже, транспортування зерна виконується приблизно за 4–5 днів, що узгоджується зі строками збирання.

Розрахунок витрат палива на транспортування. Витрати палива визначаються за формулою

$$G_{\tau} = g_{\tau} \cdot Q_3. \quad (3.9)$$

де g_{τ} – питомі витрати палива, кг/т.

Приймаємо – $g_{\tau} = 0,4 \text{ кг/т.}$

$$G_{\tau} = 0,4 \cdot 682 = 272,8 \text{ кг.}$$

Отже, витрати палива на транспортування становлять приблизно 273 кг.

Розрахунок продуктивності зерноочисної машини. Технічна продуктивність машини ОВС-25У

$$W_{\text{тех}} = 25 \text{ т/год.}$$

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Однак фактична продуктивність визначається з урахуванням коефіцієнта використання часу

$$W_{\phi} = W_{\text{тех}} \cdot \tau, \quad (3.10)$$

де τ – коефіцієнт використання часу ($\tau = 0,6 - 0,8$).

Приймаємо

$$\tau = 0,7.$$

$$W_{\phi} = 25 \cdot 0,7 = 17,5 \text{ т/год}$$

Розрахунок тривалості очищення зерна

$$T_o = \frac{Q_3}{W_{\phi}}. \quad (3.11)$$

$$T_o = \frac{682}{17,5} \approx 39 \text{ год.}$$

При 10-годинному робочому дні

$$D_o = \frac{39}{10} \approx 3,9 \text{ дні.}$$

Отже, очищення зерна виконується за 4 дні. Розрахунок витрат палива на очищення. Приймаємо витрати палива

$$g_o = 1,2 \text{ кг/т/}$$

$$G_o = g_o \cdot Q_3. \quad (3.12)$$

$$G_o = 1,2 \cdot 682 = 818,4 \text{ кг.}$$

Отже, витрати палива становлять приблизно 820 кг. Загальні витрати палива

$$G_{\text{заг}} = Q_t + Q_o. \quad (3.13)$$

$$G_{\text{заг}} = 273 + 820 = 1093 \text{ кг.}$$

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Аналіз узгодженості роботи технічних засобів. Отримані результати показують: транспорт має запас продуктивності ($16 > 8,5$ т/год); очищення також має резерв ($17,5 > 8,5$ т/год); тривалість транспортування і очищення узгоджена зі строками збирання.

Однак фактична ефективність роботи зерноочисної машини залежить від стабільності подачі зерна, ступеня засміченості, роботи решіт.

Незважаючи на достатню продуктивність технічних засобів, на практиці виникають простої через забивання решіт, зниження ефективності очищення, збільшення витрат енергії. Це свідчить про те, що головним фактором, який обмежує ефективність процесу, є не загальна потужність системи, а робота решітного стану.

У результаті розрахунків встановлено, що транспортні засоби та зерноочисна машина забезпечують необхідну продуктивність для обробки заданого обсягу зерна. Визначено тривалість виконання операцій та витрати палива. Разом з тим встановлено, що ефективність процесу очищення обмежується конструктивними особливостями робочих органів, що обґрунтовує необхідність їх удосконалення.

3.6. Розрахунок і аналіз процесу очищення зерна.

Процес очищення зерна в зерноочисній машині є одним із визначальних етапів післязбиральної обробки, оскільки саме на ньому формується товарна якість продукції. Ефективність цього процесу залежить від фізико-механічних властивостей зернової суміші, режимів роботи машини та конструкції її робочих органів, насамперед решітного стану.

Для умов даної роботи очищенню підлягає зернова суміш ячменю загальною масою 682 т, яка містить 12 % домішок. Основним завданням розрахунку є визначення навантаження на зерноочисну машину, оцінка ефективності процесу та виявлення факторів, що обмежують її роботу. Зернова суміш, що надходить на очищення, складається з повноцінного зерна ячменю,

дрібного, щуплого і пошкодженого зерна, органічних домішок, мінеральних домішок, насіння бур'янів.

У розрахунках приймаємо: маса чистого зерна – 600 т; маса домішок – 82 т; загальна маса суміші – 682 т.

Відносний вміст домішок

$$\beta = \frac{Q_d}{Q_z} \cdot 100\% . \quad (3.14)$$

$$\beta = \frac{82}{682} \cdot 100 \approx 12\% .$$

Отже, вихідна зернова суміш має середній ступінь засміченості, що є характерним для зерна після прямого комбайнування.

Годинне навантаження на машину. Як було визначено у підрозділі 3.3, середня годинна подача зернової суміші становить

$$Q_{\text{год}} = 8,5 \text{ т/год.}$$

Однак у реальних умовах подача матеріалу є нерівномірною. Для врахування цього вводимо коефіцієнт нерівномірності

$$k_n = 1,15.$$

Тоді розрахункове максимальне навантаження становить

$$Q_{\text{max}} = Q_{\text{год}} \cdot k_n . \quad (3.15)$$

$$Q_{\text{max}} = 8,5 \cdot 1,15 = 9,78 \text{ т/год.}$$

Отже, при експлуатації машини слід орієнтуватися на навантаження близько 9,8 т/год.

Питоме навантаження на решітний стан. Ефективність очищення значною мірою залежить від питомого навантаження на решета, тобто кількості матеріалу, що припадає на одиницю площі решітної поверхні.

Питоме навантаження визначається за формулою

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$q = \frac{Q_{\max}}{F_{\Pi}}, \quad (3.15)$$

де q – питоме навантаження на решета, т/(м²·год);

F_{Π} – сумарна площа решіт, м².

Для розрахунку приймаємо сумарну площу решітного стану машини

$$F_p = 3,6 \text{ м}^2.$$

Тоді

$$q = \frac{9,78}{3,6} \approx 2,72 \text{ т/(м}^2 \cdot \text{год)}.$$

Отримане значення свідчить, що решета працюють у режимі помірного навантаження, однак при підвищенні засміченості або вологості зернової суміші цей показник зростає, що може призвести до зниження ефективності очищення.

Коефіцієнт очищення зернової суміші. Ефективність очищення можна оцінити коефіцієнтом очищення

$$\eta = \frac{Q_d}{Q_3} \cdot \varphi, \quad (3.16)$$

де η – ефективність очищення;

φ – коефіцієнт виділення домішок.

Для традиційного решітного стану приймаємо

$$\varphi = 0,75.$$

Тоді кількість домішок, які реально видаляються

$$Q_{дз} = Q_d - Q_{дв}, \quad (3.17)$$

$$Q_{дв} = 82 \cdot 0,75 = 61,5 \text{ т.}$$

Залишок домішок у очищеному зерні

$$Q_{дз} = 82 - 61,5 = 20,5 \text{ т.}$$

Таким чином, після очищення в зерновій масі залишається певна кількість домішок, яка знижує якість готової продукції.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Втрати повноцінного зерна при очищенні. У процесі очищення разом із домішками частково втрачається і повноцінне зерно. Втрати визначаються як частка зерна, що потрапляє у відходи. Приймаємо допустимі втрати – $\gamma=1,5\%$.

Тоді втрати зерна становлять

$$Q_{\text{вт}} = Q \frac{\gamma}{100}, \quad (3.18)$$

$$Q_{\text{вт}} = 600 \cdot \frac{1,5}{100} = 9 \text{ т.}$$

Отже, при традиційній схемі очищення втрати повноцінного зерна можуть становити близько 9 т, що є суттєвим показником для господарства.

Тривалість проходження всього обсягу зернової суміші через машину. За фактичної продуктивності машини

$$W_{\phi} = 17,5 \text{ т/год}$$

тривалість очищення становить

$$T = \frac{Q_3}{W_{\phi}}. \quad (3.19)$$

$$T = \frac{682}{17,5} \approx 39 \text{ год.}$$

Але за умови погіршення роботи решітного стану фактична продуктивність може знижуватися на 15–20 %. Тоді реальна продуктивність становитиме

$$W_p = 17,5 \cdot 0,85 = 14,9 \text{ т/год.}$$

і тривалість очищення зросте до:

$$T = \frac{682}{14,9} \approx 45,8 \text{ год.}$$

Отже, тільки через зниження ефективності роботи решіт тривалість очищення збільшується майже на 7 годин.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

3.7. Висновки по розділу.

У розділі виконано аналіз технологічного потоку виробництва і післязбиральної обробки зерна ячменю та проведено розрахунок основних параметрів процесу.

Встановлено, що при площі посіву 100 га і врожайності 60 ц/га валовий збір зерна становить 600 т, а з урахуванням домішок загальна маса зернової суміші досягає 682 т. Визначено, що середнє годинне навантаження на технологічну лінію становить близько 8,5 т/год, а з урахуванням нерівномірності подачі – до 9,8 т/год.

Обґрунтовано склад технічних засобів для транспортування та очищення зерна. Встановлено, що використання двох транспортних одиниць вантажопідйомністю 8 т забезпечує безперервність процесу перевезення, а зерноочисна машина ОВС-25У має достатню номінальну продуктивність для обробки заданого обсягу матеріалу.

У результаті розрахунків визначено продуктивність технічних засобів, тривалість виконання операцій та витрати палива. Показано, що транспортна система має резерв продуктивності, тоді як ефективність процесу очищення визначається умовами роботи зерноочисної машини.

Аналіз процесу очищення зерна показав, що при наявному навантаженні решітний стан працює з обмеженою ефективністю, що призводить до зниження якості очищення та збільшення втрат часу.

Таким чином, встановлено, що підвищення ефективності післязбиральної обробки зерна доцільно здійснювати за рахунок удосконалення робочих органів зерноочисної машини, насамперед решітного стану, що і є предметом подальших досліджень у розділі 4.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1 Аналіз конструкції базової машини ОВС-25У.

Зерноочисна машина ОВС-25У призначена для попереднього та первинного очищення зерна зернових культур від домішок, які відрізняються за аеродинамічними властивостями, розмірами та масою. Вона широко застосовується у сільськогосподарському виробництві завдяки універсальності, достатній продуктивності та простоті конструкції.

Машина ОВС-25У використовується для очищення зерна після збирання, підготовки зерна до сушіння, попереднього сортування зернової маси, підготовки насіннєвого матеріалу. Вона може працювати як у стаціонарних умовах, так і в польових, що підвищує її універсальність.

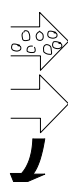
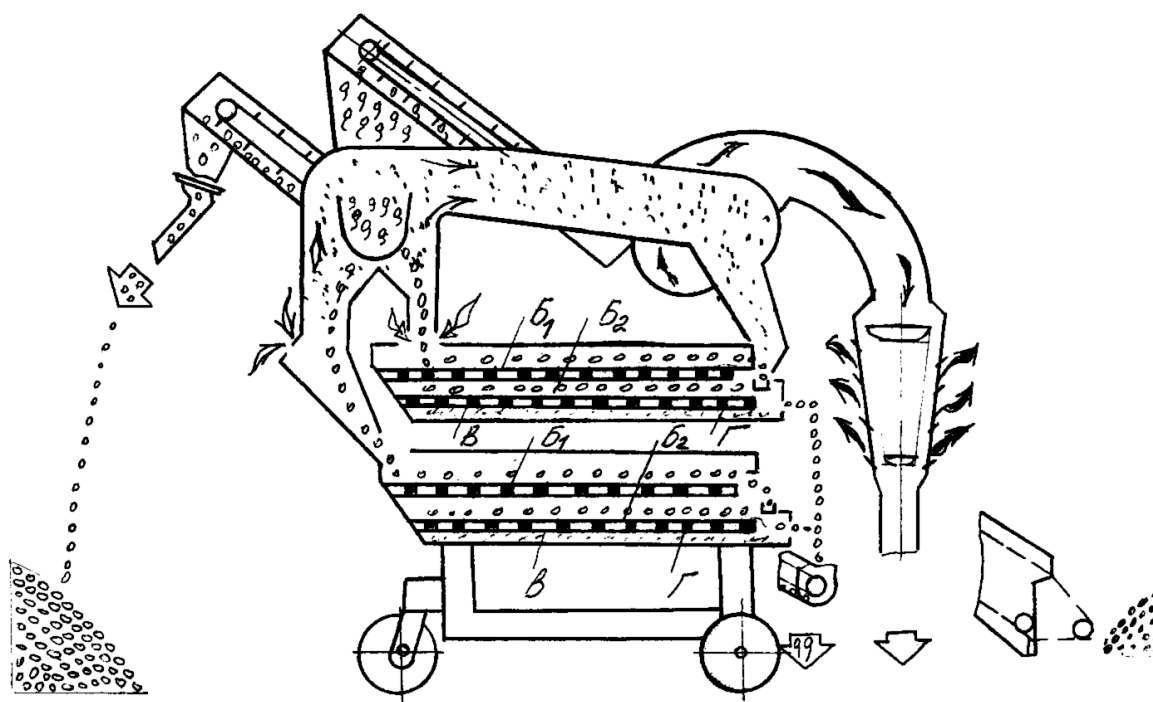
Загальна будова машини. Зерноочисна машина ОВС-25У складається з таких основних вузлів: приймального пристрою; живильного механізму; повітряної системи (вентилятор, повітряні канали); решітного стану; механізму очищення решіт; приводу; рами та ходової частини. Усі вузли працюють у взаємозв'язку, забезпечуючи послідовне очищення зернової суміші.

Принцип роботи машини (рис. 4.1). Принцип роботи ОВС-25У базується на поєднанні двох способів очищення: повітряного; решітного. Зернова суміш надходить у приймальний пристрій і рівномірно розподіляється живильним механізмом. Далі вона потрапляє у повітряний канал, де легкі домішки (полова, пил) відокремлюються потоком повітря.

Після цього матеріал надходить на решітний стан, де відбувається розділення за розмірами: крупні домішки затримуються верхніми решетами; дрібні проходять через отвори; очищене зерно сходить із решіт.

Решітний стан є основним робочим органом машини і складається з набору решіт із отворами певної форми та розмірів. Основні функції: розділення зернової суміші за геометричними параметрами; виділення домішок; формування фракцій.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38



Основний потік

Легкі домішки

Відпрацьоване повітря



Крупні та дрібні домішки, підсів;

Чисте повітря

Рисунок 4.1 – Технологічна схема роботи зерноочисної машини ОВС-25У

Решета встановлені під кутом і здійснюють коливальні рухи, що забезпечує переміщення матеріалу по їх поверхні.

Технічні характеристики машини. Основні технічні параметри ОВС-25У: продуктивність – до 25 т/год; тип очищення – повітряно-решітний; кількість решіт – 2–3 яруси; площа решіт – близько 3,5–4,0 м²; привід – механічний.

Переваги машини. До основних переваг ОВС-25У належать: універсальність застосування; достатня продуктивність; простота конструкції; можливість роботи в різних умовах; ремонтпридатність.

Недоліки конструкції. Аналіз конструкції машини показує, що її ефективність обмежується рядом факторів: недостатня ефективність решітного очищення; схильність решіт до забивання; зниження живого перерізу отворів; нерівномірний розподіл зернової маси по поверхні решіт; втрати часу на обслуговування. Основним недоліком є те, що традиційні решета не

забезпечують оптимальних умов для орієнтації зерна відносно отворів, що знижує ефективність процесу сепарації.

Проведений аналіз показує, що при достатній загальній продуктивності машини її ефективність значною мірою визначається роботою решітного стану. Саме решета формують якість очищення, визначають пропускну здатність, впливають на енерговитрати.

Таким чином, удосконалення конструкції решета є найбільш ефективним напрямом підвищення технічного рівня машини без суттєвого ускладнення її конструкції.

У результаті аналізу конструкції зерноочисної машини ОВС-25У встановлено, що вона має достатню продуктивність і просту конструкцію, однак її ефективність обмежується недосконалістю решітного стану. Це обґрунтовує доцільність удосконалення решета як основного робочого органу машини.

4.2. Аналіз процесу роботи решета і постановка задачі удосконалення.

Решітний стан зерноочисної машини є основним робочим органом, від ефективності якого залежить якість очищення зернової суміші. Процес розділення на решетах є складним і визначається взаємодією частинок матеріалу з робочою поверхнею, геометрією отворів та режимами руху.

Фізична сутність процесу очищення на решеті. Процес розділення зернової суміші на решеті базується на проходженні частинок через отвори залежно від їх розмірів, форми та орієнтації.

У процесі руху по решету зернова суміш піддається дії: сили тяжіння; інерційних сил, що виникають при коливальному русі; сил тертя між частинками та поверхнею решета; сил взаємодії між частинками. Під дією цих сил відбувається переміщення матеріалу по поверхні решета; перемішування частинок; орієнтація зерен відносно отворів; просіювання дрібних фракцій.

Особливості руху зерна по решету. Рух зернової суміші по решету має коливальний характер і залежить від амплітуди та частоти коливань; кута нахилу решета; коефіцієнта тертя; товщини шару матеріалу.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

При надмірній товщині шару: зменшується інтенсивність просіювання; погіршується контакт зерна з поверхнею решета; знижується ефективність очищення. При недостатній товщині шару знижується продуктивність, збільшується нерівномірність роботи.

Вплив геометрії отворів решета. Одним із визначальних факторів ефективності процесу є форма і розміри отворів решета. Основні параметри: ширина щілин; довжина отворів; форма перемичок; співвідношення відкритої та закритої площі.

Для зерна ячменю характерна видовжена форма, тому ефективне проходження через отвори можливе лише при його певній орієнтації. Якщо зерно розташоване поперек щілини, воно не проходить через отвір навіть при достатніх геометричних розмірах.

Це призводить до накопичення матеріалу на решеті, зменшення живого перерізу, зниження продуктивності.

Аналіз недоліків традиційного решета. У традиційних конструкціях решіт використовуються отвори постійної геометрії з жорстко закріпленими перемичками. Це призводить до ряду недоліків: відсутність умов для орієнтації зерна; забивання отворів частками матеріалу; зменшення ефективної площі просіювання; зниження інтенсивності розділення; збільшення втрат зерна. Особливо це проявляється при підвищеній засміченості та вологості зернової маси.

Вплив засміченості на роботу решета. При збільшенні вмісту домішок зростає товщина шару матеріалу, зменшується швидкість просіювання, збільшується ймовірність забивання отворів. У результаті знижується коефіцієнт очищення, збільшуються втрати часу, погіршується якість продукції.

Вплив нерівномірності подачі матеріалу. Як було встановлено в розділі 3, подача зернової маси є нерівномірною. Це призводить до перевантаження окремих ділянок решета; локального зниження ефективності очищення; нестабільності роботи машини.

На основі проведеного аналізу можна сформулювати основні вимоги до удосконалення решета:

- покращення орієнтації зерна, забезпечення такого положення зернин, при якому вони можуть проходити через отвори;
- зменшення забивання отворів, забезпечення самоочищення робочої поверхні;
- підвищення інтенсивності просіювання, збільшення кількості проходів частинок через отвори за одиницю часу;
- збереження або підвищення продуктивності без збільшення енерговитрат;
- зниження втрат повноцінного зерна;
- підвищення точності розділення.

Аналіз показує, що досягнення поставлених вимог можливе шляхом зміни конструкції решета, зокрема: геометрії робочої поверхні; форми і розташування прутків; способу кріплення елементів решета.

Перспективним є використання конструкції, яка забезпечує змінну геометрію щілин, активну взаємодію зерна з поверхнею, ефект самоочищення.

У результаті аналізу процесу роботи решета встановлено, що ефективність очищення зернової суміші значною мірою визначається умовами руху матеріалу по решету та геометрією його робочої поверхні. Виявлено, що традиційні конструкції не забезпечують оптимальної орієнтації зерна та схильні до забивання, що знижує якість очищення.

4.3. Обґрунтування і опис удосконаленої конструкції решета.

На основі проведеного аналізу процесу очищення зернової суміші встановлено, що основними недоліками традиційних решіт є недостатня орієнтація зерна відносно отворів та схильність робочої поверхні до забивання. Це призводить до зниження ефективності сепарації, зменшення продуктивності та погіршення якості очищення.

З метою усунення зазначених недоліків пропонується удосконалена конструкція решета зерноочисної машини, яка забезпечує інтенсифікацію процесу розділення зернової суміші та підвищення експлуатаційних показників

машини (рис. 4.2). Запропоноване решето виконане у вигляді робочої поверхні, що складається з системи паралельно розташованих прутків, які формують щілинні отвори.

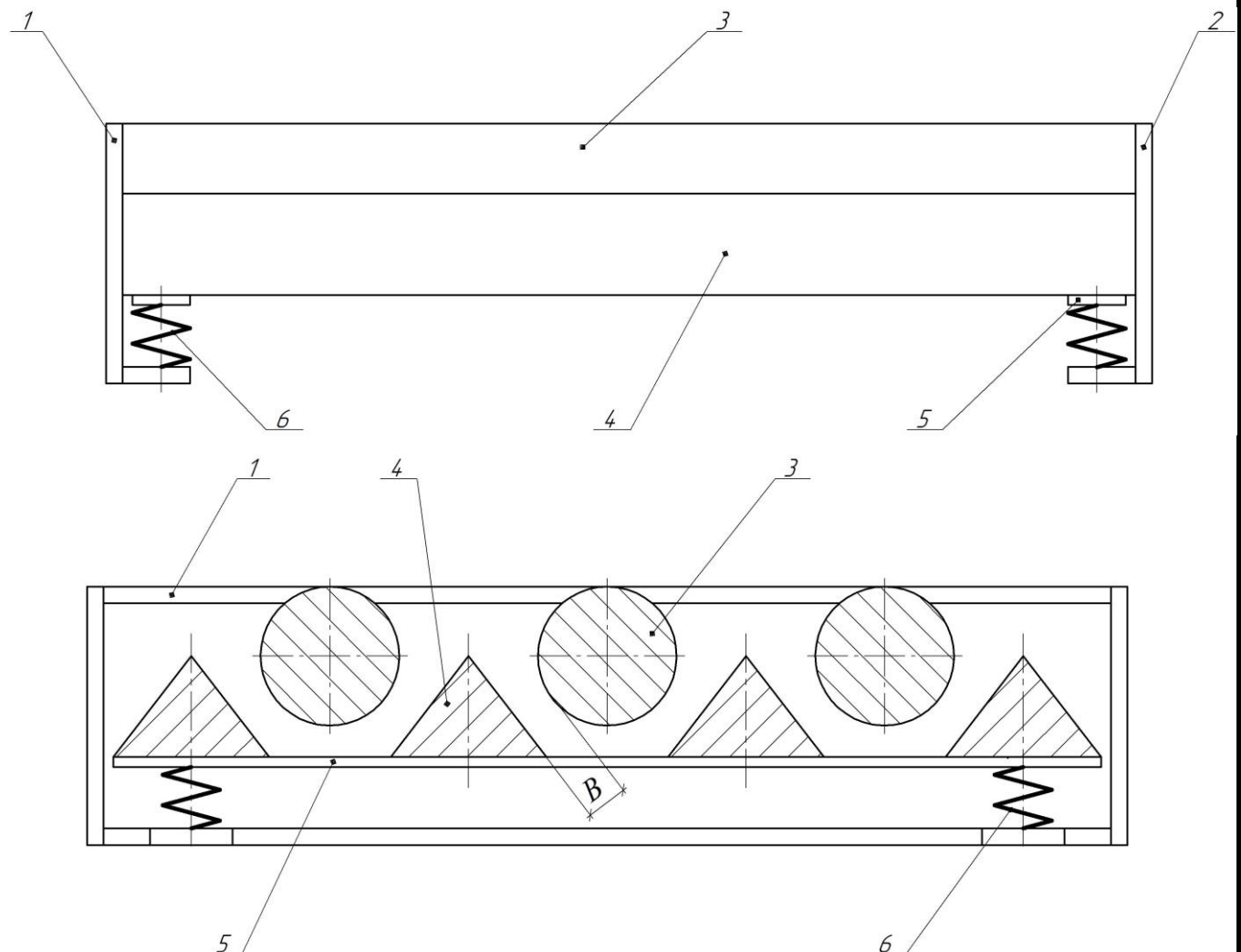


Рисунок 4.2 – 1, 2 – відповідно ліва і права рамки; 3 – прутки круглого поперечного перерізу; 4 – прутки трикутного поперечного перерізу; 5 – сталева смуга; 6 – пружні елементи

Конструкція включає: прутки круглого поперечного перерізу; прутки трикутного поперечного перерізу; пружні елементи кріплення; несучу раму.

Прутки розташовані по чергово, утворюючи щілини змінної геометрії, що є принциповою відмінністю від традиційних конструкцій.

Принцип дії удосконаленого решета. У процесі роботи зернова суміш переміщується по поверхні решета під дією коливальних рухів. Особливості конструкції забезпечують: орієнтацію зернин уздовж щілин; періодичну зміну

форми проходів; інтенсифікацію просіювання; очищення отворів від застряглих частинок.

Прутки трикутного перерізу створюють умови для напрямленого руху зерна, сприяючи його правильному розташуванню відносно щілин. Круглі прутки забезпечують рівномірність переміщення матеріалу.

Пружні елементи дозволяють нижнім пруткам здійснювати мікроколивання, що призводить до самоочищення решета від частинок, які застрягли.

Основні переваги конструкції. Запропоноване решето має ряд суттєвих переваг:

- покращення орієнтації зерна. Завдяки змінній геометрії щілин зернини частіше займають положення, сприятливе для проходження;
- самоочищення робочої поверхні. Пружні елементи забезпечують видалення частинок, що застрягли, без зупинки машини;
- підвищення інтенсивності сепарації. Збільшується кількість ефективних контактів зерна з отворами;
- зменшення забивання решета. Підтримується постійний живий переріз робочої поверхні;
- зниження енерговитрат за рахунок зменшення опору руху матеріалу.

Конструктивні параметри решета. Основними параметрами запропонованого решета є ширина щілин, крок розташування прутків, кут нахилу решета, жорсткість пружних елементів, амплітуда коливань. Ці параметри визначають продуктивність процесу, якість очищення, навантаження на машину.

У традиційних решетах отвори мають постійну форму, відсутні елементи самоочищення, зерно хаотично орієнтується, отвори частково перекриваються забрудненнями.

У запропонованій конструкції змінна геометрія щілин покращує орієнтацію зерна, забезпечується самоочищення, підтримується стабільна ефективність роботи, зменшується кількість втрат часу. За результатами досліджень,

застосування такої конструкції дозволяє підвищити якість очищення на 14–16 % та зменшити матеріалоємність машини на 10–12 % .

Технологічність і можливість впровадження. Запропоноване решето має просту конструкцію і може бути виготовлене із стандартних матеріалів. Його впровадження можливе без суттєвої модернізації всієї машини, що є важливою перевагою.

Основні переваги впровадження: не потребує значних капітальних витрат; може бути встановлене на існуючі машини; підвищує ефективність без ускладнення конструкції.

Обґрунтовано та описано удосконалену конструкцію решета зерноочисної машини, яка забезпечує покращення умов сепарації зернової суміші. Встановлено, що застосування запропонованого рішення дозволяє підвищити ефективність очищення, зменшити забивання робочої поверхні та покращити експлуатаційні показники машини.

4.4. Розрахунок параметрів удосконаленого решета.

Метою розрахунку є визначення основних конструктивних і режимних параметрів удосконаленого решета, які забезпечують підвищення ефективності очищення зернової суміші при збереженні або покращенні експлуатаційних показників машини.

Розрахунок виконується для умов роботи зерноочисної машини при годинному навантаженні до 9,8 т/год (див. розділ 3).

Визначення ширини щілин решета. Ширина щілин визначається з урахуванням геометричних розмірів зерна ячменю.

Приймаємо: товщина зерна – 2,5–3,0 мм; ширина зерна – 3,0–4,0 мм.

Для забезпечення проходження зерна при його орієнтації вздовж щілини приймаємо

$$b = (0,7...0,8) \cdot d , \quad (4.1)$$

де d – характерний розмір зерна.

$$b = 0,75 \cdot 3,5 \approx 2,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо ширину щілини

$$b = 2,5 \text{ мм.}$$

Визначення кроку розташування прутків. Крок прутків визначається як сума ширини щілини і товщини прутка

$$t = b + \delta, \quad (4.1)$$

де δ – товщина прутка.

Приймаємо

$$\delta = 2,5 \text{ мм.}$$

$$t = 2,5 + 2,5 = 5,0 \text{ мм.}$$

Визначення відкритої площі решета. Коефіцієнт відкритої площі

$$\mu = \frac{b}{t}, \quad (4.2)$$

$$\mu = \frac{2,5}{5,0} = 0,5.$$

Отже, відкрита площа становить 50 %, що є достатнім для інтенсивного просіювання.

Розрахунок швидкості руху зерна по решету. Швидкість руху матеріалу визначається

$$V = \frac{L}{T}, \quad (4.3)$$

де L – довжина решета ($L = 1,2 \dots 1,5 \text{ м}$);

T – час проходження.

Приймаємо

$$L = 1,3 \text{ м, } T = 2 \text{ с.}$$

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$V = \frac{1,3}{2} = 0,65 \text{ м/с.}$$

Визначення товщини шару матеріалу. Товщина шару визначається з умови пропускної здатності

$$h = \frac{Q}{\rho \cdot B \cdot V}, \quad (4.4)$$

де ρ – насипна густина ($\rho \approx 700 \text{ кг/м}^3$);

B – ширина решета ($B = 1,0 \text{ м}$).

$$h = \frac{9800}{700 \cdot 1 \cdot 0,65} \approx 0,0215 \text{ м.}$$

$$h \approx 21,5 \text{ мм.}$$

Це відповідає оптимальному режиму (1–2 шари зерна).

Розрахунок жорсткості пружних елементів. Пружні елементи забезпечують мікроколивання прутків. Жорсткість визначається за формулою

$$k = \frac{F}{\Delta x}, \quad (4.5)$$

де F – сила дії зернової маси;

Δx – допустиме переміщення.

Приймаємо навантаження на один пруток $F = 10 \text{ Н}$, переміщення $\Delta x = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$.

$$k = \frac{10}{0,001} = 10000 \text{ Н/м.}$$

Розрахунок частоти коливань. Для ефективного самоочищення частота коливань повинна відповідати

$$f = 5 \div 10 \text{ Гц.}$$

Приймаємо

$$f = 7 \text{ Гц.}$$

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Це забезпечує стабільне переміщення матеріалу, ефективне очищення отворів.

Оцінка продуктивності удосконаленого решета. Продуктивність пропорційна відкритій площі і ефективності просіювання

$$W_1 = W \cdot k_{\text{еф}}, \quad (4.6)$$

де $k_{\text{еф}}$ – коефіцієнт ефективності просіювання, ($k_{\text{еф}} = 1,15 \dots 1,2$).

Приймаємо

$$k_{\text{еф}} = 1,15.$$

$$W_1 = 17,5 \cdot 1,15 \approx 20,1 \text{ т/год.}$$

Отже, продуктивність збільшується приблизно на 15 %.

Оцінка зменшення втрат зерна. При покращенні сепарації втрати зменшуються

$$W_{\text{вт1}} = 600 \cdot 1,2 = 7,2 \text{ т.}$$

Економія – 1,8 т зерна.

У результаті розрахунку визначено основні параметри удосконаленого решета, які забезпечують ефективний процес очищення зернової суміші. Встановлено оптимальну ширину щілин, крок прутків, товщину шару матеріалу та параметри пружних елементів. Розрахунки показали, що застосування запропонованої конструкції дозволяє підвищити продуктивність зерноочисної машини приблизно на 15 %, зменшити втрати зерна та покращити якість очищення.

4.5. Перевірка на міцність і надійність конструкції решета.

Метою даного підрозділу є перевірка елементів удосконаленого решета на міцність та жорсткість під дією навантажень, що виникають у процесі роботи. Це дозволяє оцінити працездатність конструкції та забезпечити її надійну експлуатацію.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Характер навантаження на решето. У процесі роботи на решето діють: вага зернової маси; динамічні навантаження від коливань; ударні навантаження від частинок; сили інерції. Найбільше навантаження сприймають прутки решета, які працюють на вигин.

Розрахункова схема прутка. Пруток розглядається як балка, закріплена на опорах і навантажена рівномірно розподіленим навантаженням.

Навантаження визначається як

$$q = \frac{G}{n \cdot L}, \quad (4.7)$$

де G – вага шару зерна, Н;

n – кількість прутків;

L – довжина прутка, м.

Визначення навантаження на пруток. Вага шару зерна

$$G = \rho \cdot g \cdot V, \quad (4.8)$$

де ρ – густина зерна, кг/м^3 ($\rho = 700 \text{ кг/м}^3$);

g – прискорення вільного падіння, ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);

V – об'єм шару зерна, м^3 .

Об'єм шару зерна

$$V = B \cdot L \cdot h. \quad (4.9)$$

Приймаємо – $B = 1,0 \text{ м}$; $L = 1,3 \text{ м}$; $h = 0,02 \text{ м}$.

$$V = 1 \cdot 1,3 \cdot 0,02 = 0,026 \text{ м}^3.$$

$$G = 700 \cdot 9,81 \cdot 0,026 \approx 178,5 \text{ Н}.$$

Приймаємо кількість прутків

$$n = 200.$$

Тоді навантаження на один пруток

$$q = \frac{178,5}{200 \cdot 1,3} \approx 0,69 \text{ Н/м}.$$

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Визначення максимального вигинального моменту. Для балки з рівномірно розподіленим навантаженням

$$M_{\max} = \frac{qL^2}{8}. \quad (4.10)$$

$$M_{\max} = \frac{0,69 \cdot (1,3)^2}{8} \approx 0,146 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Розрахунок напружень у прутку. Напруження визначається

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W}. \quad (4.11)$$

де W – момент опору перерізу.

Для круглого прутка

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}. \quad (4.12)$$

Приймаємо

$$d = 2,5 \text{ мм} = 0,0025 \text{ м}.$$

$$W = \frac{3,14 \cdot (0,0025)^3}{32} \approx 1,53 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3.$$

$$\sigma = \frac{0,146}{1,53 \cdot 10^{-10}} \approx 9,5 \cdot 10^8 \text{ Па}.$$

$$\sigma \approx 95 \text{ МПа}$$

Перевірка умови міцності. Допустиме напруження для сталі:

$$[\sigma] = 140 \dots 180 \text{ МПа}.$$

Оскільки

$$\sigma = 95 \text{ МПа} < [\sigma]$$

умова міцності виконується.

Розрахунок прогину прутка. Прогин визначається

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$f = \frac{5q \cdot L^4}{384EI}, \quad (4.13)$$

де E – модуль пружності, $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}. \quad (4.14)$$

$$I = \frac{3,14 \cdot (0,0025)^4}{64} \approx 3,07 \cdot 10^{-14}.$$

$$f \approx 0,0008 \text{ м} = 0,8 \text{ мм.}$$

Прогин є незначним і не впливає на роботу решета.

Надійність решета визначається запасом міцності, стабільністю геометрії, здатністю працювати в умовах вібрації.

Запас міцності

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma}. \quad (4.15)$$

$$n = \frac{150}{95} \approx 1,6.$$

Це є достатнім для роботи в нормальних умовах.

Пружні елементи забезпечують зниження ударних навантажень, рівномірний розподіл зусиль, підвищення довговічності. У результаті перевірки встановлено, що елементи удосконаленого решета працюють у межах допустимих напружень і мають достатній запас міцності. Прогини прутків незначні і не впливають на ефективність роботи.

Таким чином, запропонована конструкція є надійною та придатною до експлуатації в умовах роботи зерноочисної машини.

4.6. Висновки по розділу.

У розділі проведено аналіз конструкції зерноочисної машини ОВС-25У та обґрунтовано напрямки її удосконалення. Встановлено, що при достатній

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

загальній продуктивності машини ефективність процесу очищення зерна значною мірою обмежується роботою решітного стану.

На основі аналізу процесу роботи решета визначено фізичну сутність розділення зернової суміші та виявлено основні фактори, що впливають на ефективність очищення, зокрема геометрію отворів, умови орієнтації зерна, товщину шару матеріалу та рівномірність його подачі. Встановлено, що традиційні конструкції решіт не забезпечують оптимальних умов для проходження зерна через отвори та схильні до забивання, що призводить до зниження продуктивності та якості очищення.

У роботі запропоновано удосконалену конструкцію решета, яка відрізняється використанням прутків круглого та трикутного поперечного перерізів, а також наявністю пружних елементів, що забезпечують змінну геометрію щілин і ефект самоочищення. Така конструкція створює сприятливі умови для орієнтації зерна та підвищує інтенсивність процесу сепарації.

У результаті розрахунків визначено основні конструктивні та режимні параметри удосконаленого решета, зокрема ширину щілин, крок розташування прутків, товщину шару матеріалу та жорсткість пружних елементів. Показано, що застосування запропонованого рішення дозволяє підвищити продуктивність зерноочисної машини приблизно на 15 % та зменшити втрати повноцінного зерна.

Проведена перевірка на міцність підтвердила, що елементи конструкції працюють у межах допустимих напружень і мають достатній запас міцності, що забезпечує надійну та довготривалу експлуатацію.

Таким чином, удосконалення решітного стану зерноочисної машини ОВС-25У є технічно обґрунтованим і ефективним рішенням, яке дозволяє підвищити якість очищення зерна, зменшити енерговитрати та покращити експлуатаційні показники машини.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз умов праці при очищенні зерна.

Процес очищення зерна на зерноочисних машинах супроводжується впливом ряду небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть негативно впливати на здоров'я обслуговуючого персоналу.

До основних факторів належать: підвищений рівень пилу у робочій зоні; шум і вібрація від роботи машини; наявність рухомих частин; можливість ураження електричним струмом; підвищене фізичне навантаження.

Найбільш небезпечним є пил зернового походження, який може викликати захворювання органів дихання та алергічні реакції.

При роботі зерноочисної машини ОВС-25У виділяють наступні фактори.

Механічні небезпеки: відкриті рухомі частини (шків, ремені, приводи); можливість травмування при обслуговуванні; падіння зерна або предметів.

Фізичні фактори: шум (70–90 дБ); вібрація; запиленість повітря (перевищення ГДК у 2–3 рази).

Електричні небезпеки: пошкодження ізоляції; неправильне заземлення; робота у вологих умовах.

5.2. Заходи забезпечення нормальних умов праці.

Зерноочисна машина повинна відповідати таким вимогам: наявність захисних кожухів на рухомих частинах; справна система заземлення; наявність аварійної зупинки; герметичність повітряних каналів; справність системи вентиляції. Особливу увагу слід приділяти решітному стану: надійне кріплення решіт; відсутність деформацій; справність пружних елементів.

Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан машини, переконатися у наявності захисних огорожень, перевірити заземлення, провести пробний запуск.

Під час роботи забороняється виконувати ремонт при працюючій машині, знімати захисні кожухи, очищати решета вручну, допускати сторонніх осіб до обладнання.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Після завершення роботи необхідно відключити машину від джерела живлення, очистити робочі органи, провести огляд обладнання.

Працівники повинні використовувати респіратори або маски, захисні окуляри, спецодяг, рукавиці; протишумові навушники. Це дозволяє значно знизити вплив шкідливих факторів.

Зерновий пил є пожежонебезпечним, тому необхідно регулярно очищати обладнання від пилу, не допускати перегріву вузлів, використовувати справну електропроводку, мати вогнегасники (порошкові, вуглекислотні). Забороняється куріння поблизу обладнання та використання відкритого вогню.

Додатково необхідно передбачити організаційні заходи з охорони праці, що включають проведення інструктажів для обслуговуючого персоналу, контроль технічного стану обладнання та дотримання правил безпечної експлуатації. Важливим є забезпечення належного освітлення робочої зони та підтримання порядку на виробничому майданчику. Регулярне технічне обслуговування зерноочисної машини дозволяє своєчасно виявляти несправності та запобігати аварійним ситуаціям.

5.3. Вплив удосконаленої конструкції на умови праці.

Запропоноване удосконалене решето має позитивний вплив на умови праці: зменшується забивання решіт; знижується потреба у ручному очищенні; зменшується запиленість; підвищується стабільність роботи машини.

Це дозволяє знизити ризик травматизму, покращити санітарно-гігієнічні умови, підвищити продуктивність праці.

5.4. Висновки по розділу.

У розділі розглянуто основні небезпечні та шкідливі фактори, що виникають при очищенні зерна, а також заходи щодо їх усунення. Встановлено, що дотримання вимог охорони праці дозволяє забезпечити безпечні умови роботи та знизити ризик травматизму. Показано, що удосконалення конструкції решета сприяє покращенню умов праці за рахунок зменшення забивання та підвищення ефективності роботи машини.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне інженерне завдання підвищення ефективності механізації вирощування ячменю шляхом удосконалення зерноочисної машини.

У результаті виконаних досліджень і розрахунків отримано такі основні результати:

Проведено аналіз біологічних особливостей ячменю та технології його вирощування, встановлено основні фактори, що впливають на формування врожаю і якість зерна. Обґрунтовано технологічні параметри вирощування культури для умов господарства з площею посіву 100 га та врожайністю 60 ц/га.

Досліджено технологічний процес виробництва і післязбиральної обробки зерна. Встановлено, що після збирання формується зернова суміш із вмістом домішок близько 12 %, що потребує обов'язкового очищення перед зберіганням і використанням.

Виконано розрахунок обсягів робіт і параметрів виробництва. Визначено, що валовий збір зерна становить 600 т, а загальна маса зернової суміші — 682 т. Встановлено, що середнє годинне навантаження на технологічну лінію становить близько 8,5 т/год.

Обґрунтовано склад технічних засобів для транспортування і очищення зерна. Встановлено, що використання двох транспортних одиниць вантажопідйомністю 8 т забезпечує безперервність процесу, а зерноочисна машина ОВС-25У має достатню номінальну продуктивність для обробки заданого обсягу матеріалу.

Проведено аналіз процесу очищення зерна, в результаті якого встановлено, що ефективність роботи машини значною мірою визначається конструкцією решітного стану. Виявлено, що традиційні решета мають обмежену ефективність через недостатню орієнтацію зерна та схильність до забивання.

Запропоновано удосконалену конструкцію решета, яка передбачає використання прутків круглого і трикутного поперечного перерізів та пружних

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

елементів. Така конструкція забезпечує змінну геометрію щілин і ефект самоочищення.

Виконано інженерні розрахунки параметрів удосконаленого решета. Визначено оптимальні значення ширини щілин, кроку прутків, товщини шару матеріалу та жорсткості пружних елементів. Показано, що застосування запропонованого рішення дозволяє підвищити продуктивність зерноочисної машини приблизно на 15 %.

Встановлено, що використання удосконаленого решета дозволяє зменшити втрати повноцінного зерна приблизно на 1,8 т при обробці всього обсягу продукції та підвищити якість очищення зернової суміші.

Проведена перевірка на міцність показала, що елементи конструкції працюють у межах допустимих напружень і мають достатній запас міцності, що забезпечує надійну експлуатацію машини.

Розроблено заходи з охорони праці при експлуатації зерноочисної машини. Встановлено, що запропонована конструкція сприяє покращенню умов праці за рахунок зменшення забивання решіт та зниження потреби у ручному втручанні.

Загальний висновок

Удосконалення решітного стану зерноочисної машини ОВС-25У є технічно доцільним і економічно обґрунтованим рішенням, яке забезпечує підвищення ефективності очищення зерна, зменшення втрат продукції та покращення експлуатаційних показників машини. Запропоноване технічне рішення може бути впроваджене у виробництво без суттєвих змін конструкції машини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. За ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
2. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. 6-е вид., перероб. і допов. Київ: Урожай, 1992. 448 с.
3. Зінченко О.І. Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: Підручник. За ред. О.І. Зінченка. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
4. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник. Київ: Вища освіта, 2013. 535с.
5. Комаристов В.Ю., Петренко М.М., Косінов М.М. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 1996. 240 с.
6. Кошук О.Б., Лузан П.Г., Мося І.А. та ін. Сільськогосподарські і меліоративні машини. Київ: ПІТО НАПН України, 2015. 291 с.
7. Лихочвор В.В. Рослинництво: технології вирощування сільськогосподарських культур. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 808 с.
8. Лузан П.Г., Лузан О.Р. Напрями вдосконалення технічного забезпечення для раціонального використання земельних ресурсів. Раціональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій: колективна монографія. Полтава: ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2018. С.28-36.
9. Основи сталого розвитку аграрного сектора: Досвід та знання Франції, Чеської республіки, України. За заг. ред. Я. Сансебе, Т.М. Димань. Біла Церква: ТОВ «Офсет», 2010. 304 с.
10. Шмат С.І., Лузан П.Г. Ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур. Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвідомчий тематичний наук. зб. Глевах: ННЦ «ІМЕСГ», 2010. Вип. 94. С. 126-133.
11. Шмат С.І., Лузан П.Г., Колісник С.В. Ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур. Техніка в сільськогосподарському

виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць. Кіровоград: 2010, Вип. 23, С. 303-309.

12. Лузан П.Г., Шмат С.І. Шляхи зниження енергоємності сепарації зерна. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кіровоград: КДТУ, 2003. Вип. 32. С. 35-40.

13. Лузан П.Г., Шмат С.І. Вдосконалення решета з щілинами непостійного розміру та методика визначення їх параметрів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кіровоград: КНТУ, 2007. Вип. 37. С. 271-280.

14. Основи сталого розвитку аграрного сектора: Досвід та знання Франції, Чеської республіки, України. За заг. ред. Я. Сансебе, Т.М. Димань. Біла Церква: ТОВ «Офсет», 2010. 304 с.

15. Петренко М.М. та ін. Науково-технологічні основи очисного та сушильного зернового обладнання, що працює в стані псевдо зрідження: Монографія. Кіровоград: СПД ФО Лисенко В.Ф. 2013, 212 с.

16. Ігнат'єв М.П., Лузан К.П., Лузан П.Г. Аналіз процесу сепарації та обґрунтування конструкції конусного решета. Збірник праць молодих науковців КНТУ. Вип. 2, червень 2013 р.

17. Сало В.М., Лузан П.Г., Богатир'єв Д.В. Наукові основи сепарації зерна на решетах з клиноподібною формою отворів. Монографія. Кіровоград: СПД ФО Лисенко В.Ф., 2013. 148 с.

18. Прохвятилов В.А., Лузан П.Г. Визначення умов проходження часток через решето з отворами непостійного розміру. Зб. тез доповідей Всеукраїнської студентської наук.-практ. конф. “Досягнення та перспективи галузі сільськогосподарського виробництва”. Кіровоград: КНТУ, 2014. С. 31-34.

19. Лузан П.Г., Лук'яненко А.О. Теоретичне обґрунтування процесу сепарації зерна на решетах. Зб. тез доповідей Всеукраїнської студентської наук.-практ. конф. “Досягнення та перспективи галузі сільськогосподарського виробництва”. Кіровоград: КНТУ, 2014. С. 17-20.

20. Лузан П.Г., Лузан О.Р., Петренко Д.І. Обґрунтування параметрів решета для сепарації зерна. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Кіровоград: КНТУ, 2016. Вип. 29. С. 46–53.
21. Лузан П.Г. Лузан, О.Р. Постернак В.П. Вдосконалення конструкції решета зерноочисної машини. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції». Кропивницький, 10-12 квітня 2019 р. С. 40-42.
22. Лузан П.Г. та ін. Обґрунтування параметрів решета з щілинами непостійного розміру. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кіровоград: ЦНТУ, 2019. Вип. 49. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.147-154>.
23. Лузан П.Г., Кісільов Р.В., Лузан О.Р., Кислун О.А. Теоретичні аспекти розділення зерна на решеті інерційно-гравітаційного сепаратора. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кропивницький: ЦНТУ, 2021. Вип. 51. С. 95-103. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/11898>, DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2021.51.95-103>.
24. Лузан П.Г., Лузан О.Р., Чучупака О.С. Можливі напрями вдосконалення решіт зерноочисних машин. The XVII International Scientific and Practical Conference «Science, theory and ways to improve methods», May 01-03, London, Great Britain. С. 13-16. URL: <https://eu-conf.com/events/science-theory-and-ways-to-improve-methods/>
25. Лузан П.Г., Грінчук А.Є., Лузан О.Р. Напрями удосконалення решет зерноочисних машин. The XIII International Scientific and Practical Conference "Social ways of training specialists in the social sphere and inclusive education", April 01-03, 2024, Prague, Czech Republic. Р. 21-24. URL: <https://eu-conf.com/en/events/social-ways-of-training-specialists-in-the-social-sphere-and-inclusive-education>

26. Лузан П.Г., Грінчук А.Є., Кісільов Р.В., Лузан О.Р. Теоретичне обґрунтування параметрів пруткового самоочисного решета. конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Випуск 54. 2024. С. 93-105. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.93-105>
27. Vasylovskyi O., Vasylovska K., Luzan P., Korol S. (2025). Analysis of the energy performance of a centrifugal pneumatic sieve separator / Аналіз енергоефективності пневморешітного сепаратора. INMATEH - Agricultural Engineering, 77(3). 1414-1422. DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-77-113>
28. Koban Y., Vasylovsky O., Luzan P., Petrenko D. Ensuring grain cleaning in blackout conditions : Substitution and minimization of energy consumption of air and sieve separation of grain materials / Очищення зерна в умовах блекаутів: Обґрунтування та мінімізація енергоспоживання повітряно-решітної сепарації. Technology, energy, agriculture transport AIC. Vol. 132, № 1 / 2026. P. 67-72. DOI: 10.37128/2520-6168-2026-1-6.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ДОДАТКИ

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61