

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
« ____ » _____ 2026 р.
Зав. кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)
Володимир ДІДУР
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення технологічної схеми зернозбирального
комбайну з обґрунтуванням параметрів його робочих органів»

Виконав: студент 4 курсу, групи 41-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Вронський Олексій Костянтинович
(прізвище та ініціали)
Керівник к.е.н., доцент Кутковецька Т.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ.....	4
1.1. Аналіз способів збирання врожаю зернових культур та використання засобів механізації для даного виду робіт.....	4
1.2. Огляд технічних рішень адаптованих до роботи з вичісуваним зерновим ворохом.....	10
Висновки по розділу.....	15
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	16
2.1. Опис конструктивної схеми молотильної установки.....	16
2.2. Результати дослідження сепарації вичісаного зернового вороху на похилій решітчастій поверхні.....	18
Висновки по розділу.....	27
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	28
3.1. Організація охорони праці в господарстві.....	28
3.2. Заходи з охорони праці під час роботи із зернозбиральними машинами	29
Висновки по розділу.....	30
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ.....	31
Висновки по розділу.....	33
Загальні висновки.....	34
Список використаних джерел.....	35

ВСТУП

Виробництво зерна включає в себе досить велику кількість технологічних операцій. Найбільш трудомісткою та енерговитратною з них є збирання зерна, на частку якого припадає до 40 % витрат живої праці й до 35 % витрат паливо-мастильних матеріалів. Зменшити затратність процесу збирання зернових культур можна шляхом застосування комбайнового вичісування. Внаслідок цього в 1,5-2 рази зменшується надходження хлібної маси в комбайн, що призводить до економії до 70 % енергії, яку сучасна збиральна машина витрачає на деформацію соломи в молотарці. Продуктивність комбайна підвищується в 1,3-1,5 рази, а витрата палива знижується на 20-25 %. Собівартість зерна зменшується при цьому на 25-30 %.

Проте, через те, що хлібна маса, отримана в результаті вичісування, містить до 85 % вільного зерна, то надходження його в молотильну камеру зернозбирального комбайна є не доцільним. Це зумовлено тим, що спостерігається підвищене дроблення (до 8 %) вільного зерна робочими органами молотарки, що призводить до зниження його схожості та стійкості при зберіганні. Таким чином, пошук технічних можливостей з мінімізацією дроблення вільного зерна робочими органами молотарки (при вичісуванні рослин на корені) є однією із актуальних наукових проблем.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ

1.1. Аналіз способів збирання врожаю зернових культур та використання засобів механізації для даного виду робіт.

Залежно від виду культури, що забирається, її стану, урожайності, засміченості, погодних та інших умов, збирання здійснюють, або шляхом прямого комбайнування (однофазний метод), або двофазним (роздільним) способом, або вичісуванням рослин на корені. Альтернативні трьом основним методам варіанти організації збирання знаходяться поки що на стадії експериментальних досліджень.

Однофазний метод. Зернозбиральний комбайн за один прохід зрізає рослини, що збираються, обмолочує отриману масу, виділяє з неї та очищає зерно й накопичує його в бункері, а соломі і полову виводить за межі комбайна (Рис. 1.1) [8].



Рисунок 1.1 – Загальний вид зернозбирального комбайна, обладнаного жаткою для однофазного способу збирання:

1 – зернозбиральний комбайн; 2 – жатка для зернових культур.

Всі ці технологічні процеси відбуваються в комбайні одночасно. При цьому залежно від прийнятого в господарстві подальшого способу використання незернової частини врожаю, він може подрібнюватися і в цьому вигляді

завантажуватися в спеціальні причеми з подальшим вивезенням за межі поля або розкидатися по його поверхні; укладатися у валок [14].

Прямим комбайнуванням збирають рівномірно дозрілі, мало засмічені, зріджені (густота стеблостоїв менше 300 рослин на 1 м²) зернові культури (або навпаки, густі та високоврожайні посіви), низькорослі (довжина менше 50 см) зернові культури, а також зернові з підсівом трав. Використовуючи спеціальні адаптери, прямим комбайнуванням, як правило, збирають кукурудзу та соняшник. Переважно прямим комбайнуванням збирають сою. Збирання зернових прямим комбайнуванням починають при повній стиглості зерна, коли його вологість не перевищує 25 %. При прямому комбайнуванні за жаткою комбайна допускається до 1 % втрат для прямостоячих хлібів та 1,5 % для полеглих. Загальні втрати за молотаркою через недомолот та вільним зерном мають бути не більше 1,5 %. Чистота зерна в бункері повинна бути не нижче 95 %. Дроблення насіннєвого зерна має не перевищувати 1 % і продовольчого – 2 % [1].

Одним із недоліків даного способу є те, що збирання хлібів повинно проводитися в дуже короткі та стислі терміни. В іншому випадку, відбувається їх перестій, і як наслідок цього, зростання втрат зерна (10-20 %) за рахунок його природного обсіпання [1].

Двофазний спосіб (роздільне збирання). Перша фаза збирання полягає в скошуванні культури, що збирається, і укладанні її у валки на поверхність поля валковою жаткою (Рис. 1.2) [10].



Рисунок 1.2 – Скошування та укладання хлібів у валок при роздільному способі збирання: 1 – трактор; 2 – валкова жатка.

Через 4-6 днів підсохлі валки підбирає і обмолочує зернозбиральний комбайн (Рис. 1.3). У зв'язку з тим, що зерно у валках підсихає і дозріває (за рахунок поживних речовин, що надходять із скошених стебел), збирання починають на 4-12 днів раніше, ніж при прямому комбайнуванні. Орієнтиром для початку збирання є момент досягнення зерном середини воскової стиглості, що відповідає його вологості в межах 25-35 %.



Рисунок 1.3 – Підбір та обмолот валків при роздільному способі збирання:

1 – зернозбиральний комбайн; 2 – підбирач.

Роздільним способом збирають культури, що нерівномірно дозрівають (горох, овес, ячмінь, гречка, просо та ін.), схильні до осипання та полягання, засмічені посіви, високостеблові культури з переплутаними стеблами (наприклад, ріпак) або недостатньо врожайні, для забезпечення повнішого завантаження зернозбирального комбайна. В останньому випадку широкозахватною валковою жаткою формують здвоєні валки, за рахунок чого, при незмінній поступальній швидкості комбайна, секундна подача хлібної маси в молотарку на підборі валків подвоюється [14].

При роздільному способі збирання втрати зерна за валковою жаткою допускаються не більше 0,5 % для прямостоячих хлібів та 1,5 % для полеглих.

При підборі валків втрати зерна не повинні перевищувати 1 %, а чистота зерна в бункері має бути не менше 96 % [1].

Вичісування рослин на корені. Багаторічні дослідження та практичний досвід свідчать про те, що зменшити витрати на збиранні зернових культур можна шляхом застосування комбайнового вичісування рослин на корені [4]. Суть його полягає в тому, що на комбайн замість звичайної жатки, встановлюється вичісувальний адаптер (Рис. 1.4), робочий орган якого являє собою обертальний ротор 1 із зубами 2.

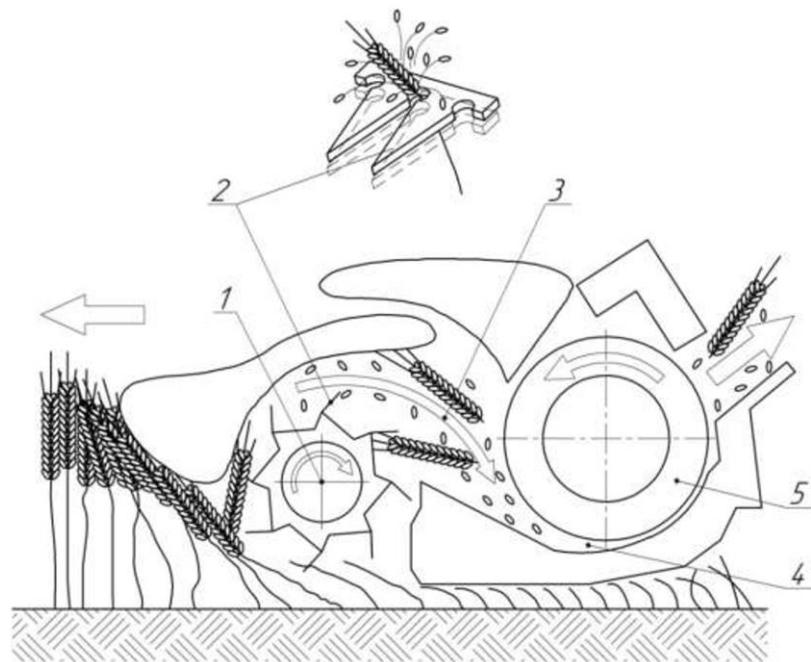


Рисунок 1.4 – Принципова схема роботи однобарабанної вичісувальної жатки: 1 – вичісувальний ротор; 2 – вичісувальні зубці; 3 – зерно і відірвані колоски; 4 – збірна камера; 5 – шнек.

Збирання зернових культур із застосуванням комбайнового вичісування рослин на корені широко реалізується в таких країнах як: США, Канада, Англія, Аргентина та Китай. Тут слід зазначити, що всі ці країни традиційно є не тільки найбільшими виробниками, а й експортерами зерна. Вичісування рослин на корені все частіше стає затребуваним і в Україні. Особливо ефективним він виявився в регіонах з дефіцитом вологи у ґрунті. Висока стерня, що залишається на полі в зимовий період сприяє затриманню снігу та збереженню вологи у ґрунті.

Крім того, вичісувальні жатки добре зарекомендували себе при збиранні полеглих хлібів та рослин із поплутаним стеблостоєм [1].

На сьогоднішній день ринок вичісувальних адаптерів представлений трьома типами жаток: одно- (Рис. 1.4), двох- (рис. 1.5) і трибарабанными [9]. За принципом дії вони схожі між собою. Основна їх відмінність полягає в тому, яким чином повертаються в основний потік зерна, що летять вперед. В однобарабанній жатки для цього використовується пасивна відбивальна поверхня (Рис. 1.4), а в двобарабанній – вичісувальний барабан, що направляє все відбите зерно від подавального барабана (Рис. 1.5). Внаслідок того, що барабани 2 і 3 обертаються назустріч один одному, всередині корпусу адаптера створюється зона розрідження, що сприяє зниженню втрат зерна при його осипанні.

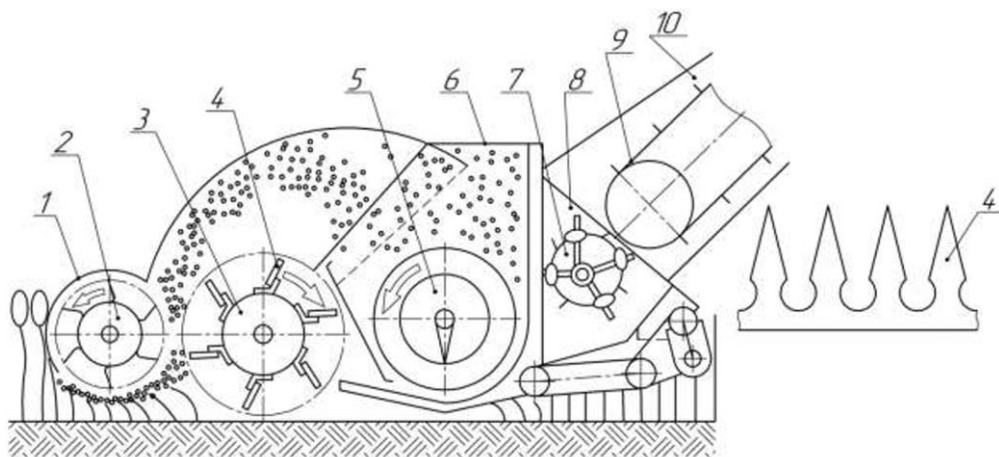


Рисунок 1.5 – Принципова схема роботи двобарабанної вичісувальної

жатки: 1 – кожух; 2 – подавальний барабан; 3 – вичісувальний барабан;

4 – гребінка; 5 – шнек; 6 – платформа; 7 – бітер; 8 – проставка;

9 – плаваючий транспортер; 10 – похила камера.

Найбільш відомою на ринку вичісувальних адаптерів є англійська фірма «Shelbourne Reynolds», яка випускає жатки двох серій: CVS та XCV [10]. Жатка серії CVS забезпечена одним вичісувальним барабаном діаметром 610 мм з 8 рядами гребінок і має 8 модифікацій із шириною захвату 4,2 до 9,6 метра. Для компенсації тяжчої лівої сторони вичісувача, що містить привід, вихід на похилу камеру виконаний із зміщенням праворуч. Крім того, таке технічне рішення полегшує процес поперечного вирівнювання жатки відносно похилої камери.

Модельний ряд вичісувальних жаток серії XCV (Рис. 1.6) представлений трьома модифікаціями із шириною захвату від 9,6 до 12,6 метра. Основною їх конструктивною різницею у порівнянні з серією CVS, є наявність трьох очисних барабанів з двома спеціальними роздільними пластинами між ними. Ці жатки обладнані опорними пружними колесами, встановленими з обох боків адаптера. Для зменшення металоємності конструкції, діаметри барабанів мають невеликі розміри (в порівнянні з серією CVS). Виробництвом жаток «Shelbourne Reynolds» займаються в США, Німеччині та Китаї.



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд зернозбирального комбайна в агрегаті жаткою «Shelbourne Reynolds» серії XCV:

1 – зернозбиральний комбайн; 2 – вичісувальна жатка.

Аналіз представлених способів свідчить про те, що вичісування рослин на корені є однією з найбільш перспективних технологій комбайнового збирання врожаю. Однак поширення його стримується тим, що при орієнтації на існуючу технологічну схему зернозбирального комбайна теоретично можливий потенціал росту ефективності не реалізується. Частково це пов'язано з тим, що в молотильному пристрої вичісувального вороху міститься до 85 % вільного зерна [1]. Надходження вільного зерна в молотильну камеру зернозбирального комбайна є недоцільним, оскільки це сприяє його надмірного дроблення робочими органами молотарки (порядку 8 %) та підвищення енергоємності процесу обмолоту. Крім того, знижується пропускна здатність пристрою.

З точки зору оптимізації технологічного процесу, доцільно було б розділити вказаний зерновий ворох на фракції до її поступлення в молотарку, максимально зменшивши подачу в молотильний апарат вільного зерна та дрібних домішок. Внаслідок цього має зрости його пропускна здатність, а отже, і продуктивність комбайна.

1.2. Огляд технічних рішень адаптованих до роботи з вичісуваним зерновим ворохом.

Згідно з дослідженнями більшості вчених [1] встановлено, що до складу вичісуваного зернового вороху входить: зерно (60-85 %), обірвані колоски (10-25 %), а також соломисті частинки та солома (7-25 %). Таким чином, при удосконаленні технології вичісування рослин на корені найбільш актуальним завданням є максимальна адаптація послідовних технологічних процесів до фізико-механічних властивостей одержаного вороху. Так, в якості проблеми починає домінувати надмірний вміст у воросі дрібних легких домішок і вільного зерна, а також наявність колосків різної довжини, позбавлених соломи. Відповідно, доцільно здійснити попередню сепарацію вичісуваного вороху до надходження його в молотильний пристрій.

На першій стадії доцільно виділити з вичісуваного вороху всі легкі домішки. Найчастіше для цих цілей використовують сітчасту поверхню, змонтовану на задній стінці корпусу адаптера (Рис. 1.7) [2].

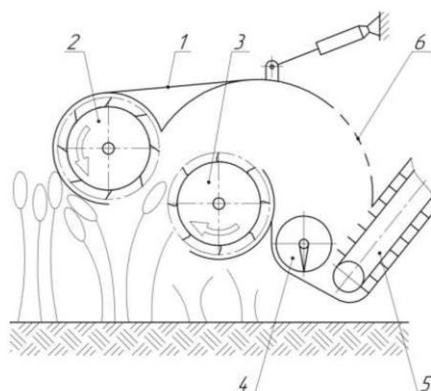


Рисунок 1.7 – Пристрій для обмолоту сільськогосподарських культур на корені: 1 – корпус; 2 – подавальний барабан; 3 – вичісувальний барабан; 4 – шнек; 5 – плаваючий транспортер; 6 – сітчаста поверхня.

Повітряний потік, що генерується вичісувальним барабаном, захоплює легкі домішки і виводить їх разом з собою через отвори сітчастої поверхні. Більш важкі фракції (вільне зерно, колоски та солома) під дією сили тяжіння опускаються в приймальну камеру і шнеком подаються до плаваючого транспортер похилої камери.

Недоліком зазначеної групи технічних рішень є те, що ефективна сепарація зерна та легких домішок неможлива, тому що в цьому випадку разом з потоком повітря та легкими домішками через отвори сітчастої поверхні повинна виноситися і значна частина вільного зерна. Це впливає на збільшення втрат врожаю.

Альтернативним варіантом видалення легких домішок із вичісувального зернового вороху, може служити пневмосепаруючий канал (Рис. 1.8), в основу роботи якого покладено закони аеродинаміки [11]. Повітряний потік, що створений вичісувальним барабаном, захоплює легкі домішки і переміщає їх в бік пневмосепаруючого каналу. В результаті того, що вага легких домішок набагато менше сили дії повітряного потоку, то вони виносяться назовні з адаптера. Важкі компоненти (такі як вільне зерно, колоски і солома) під дією сили тяжіння, долаючи опір спрямованого вгору повітряного потоку, опускаються вниз в приймальну камеру і далі виводяться шнеком у похилий транспортер. Змінюючи положення заслінки, можна встановити необхідну швидкість руху повітряного потоку в пневмосепаруючому каналі, а, отже, досягти мінімальних втрат врожаю. Завдяки відсутності в адаптері різного роду сепаруючих решіт, виключається можливість їх забивання легкими компонентами.

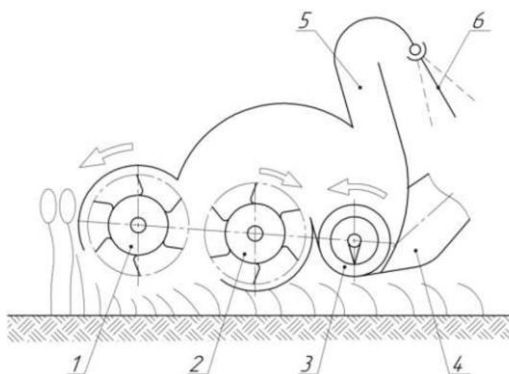


Рисунок 1.8 – Вичісувальний пристрій:

- 1 – подавальний барабан; 2 – вичісувальний барабан; 3 – шнек;
4 – плаваючий транспортер; 5 – пневмосепарувальний канал; 6 – заслінка.

Одним із недоліків даної групи пристроїв є надмірна складність і громіздкість конструкції вичісувального пристрою.

Після сепарації з вичісувального вороху легких домішок, на другій стадії слід виділити все вільне зерно до його надходження в молотильну камеру. Для цього розроблено три варіанти пристроїв, що забезпечують його попередню сепарацію. У першому випадку для цього може бути використаний корпус вичісувального адаптера, всередину якого встановлюють додаткове обладнання (Рис. 1.9) [11].

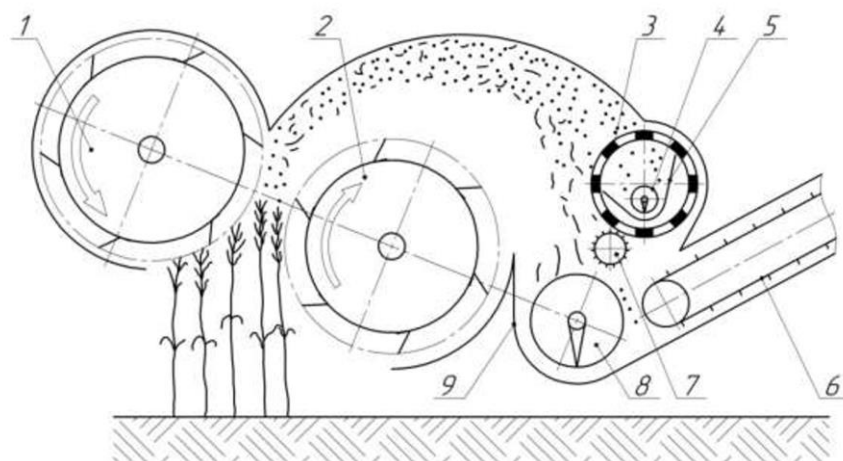


Рисунок 1.9 – Пристрій для обмолоту рослин на корені:

- 1 – подавальний барабан; 2 – вичісувальний барабан; 3 – циліндричний решітчастий барабан; 4 – зерновий шнек; 5 – збірник прохідної фракції;
6 – похила камера; 7 – чистик; 8 – шнек; 9 – збірник.

В якості другого варіанту мали місце спроби використовувати для сепарації вільного зерна похилу камеру, забезпечену перфорованим решітчастим дном. Предметом винаходу тут є механізм транспортування вільного зерна та подачі його на очищення, минаючи молотильну камеру. Загалом, технологічний процес попередньої сепарації вільного зерна в похилій камері, представлений на Рис. 1.10 [4].

Оригінальність конструкції похилої камери зернозбирального комбайна полягає в тому, що вона забезпечена молотильним пристроєм, змонтованим перед плаваючим транспортером. При надходженні хлібної маси до молотильного пристрою, розміщеного в похилій камері, відбувається її частковий обмолот. Вільне зерно та дрібні домішки просіюються через деку молотильного пристрою і решітчасте днище на транспортер, який переносить отриманий ворох на

очищення зернозбирального комбайна. Недомолочена хлібна маса від першого барабана переміщується по решітчастому днищу плаваючим транспортером до другого (основного) молотильного барабана для остаточного обмолоту зерна.

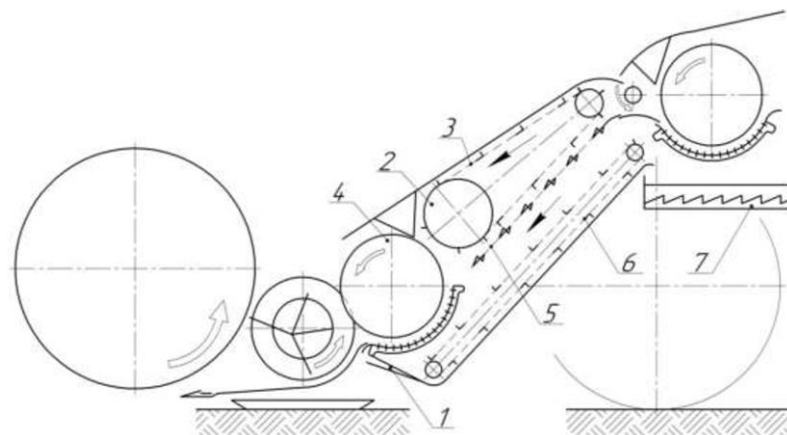


Рисунок 1.10 – Зернозбиральний комбайн:

1 – похила камера; 2 – подавальний транспортер; 3 – плаваючий транспортер; 4 – молотильний барабан; 5 – днище подавального транспортера; 6 – транспортер для відведення вільного зерна; 7 – транспортна дошка.

Третій варіант розробок забезпечує попередню сепарацію вільного зерна на криволінійній сепарувальній решітці, що змонтована перед молотаркою (рис. 1.11) [14].

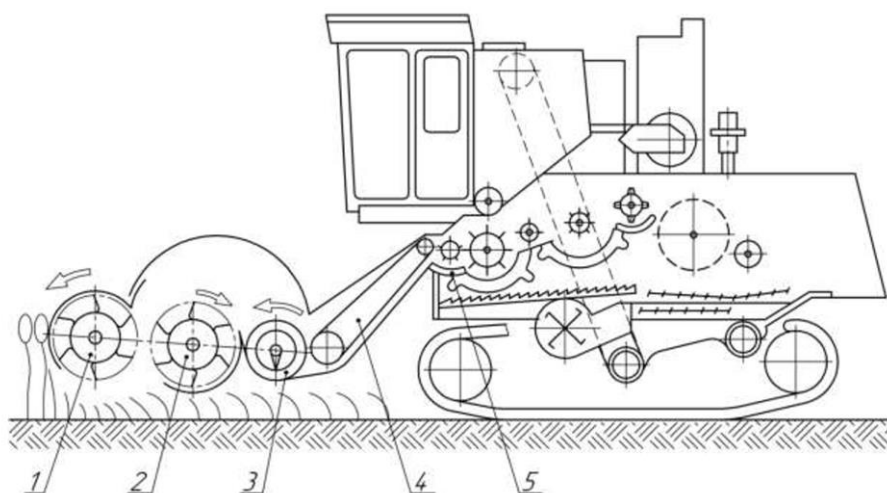


Рисунок 1.11 – Комбайн для збирання зернових культур на корені:

1 – подавальний барабан; 2 – вичісувальний барабан; 3 – шнек;
4 – похила камера; 5 – сітчаста решітка.

Вільне зерно, пройшовши крізь отвори сепарувальної решітки поступає на транспортну дошку і далі подається на очищення, минаючи молотильну камеру.

Одним з недоліків даного ряду розробок є те, що при роботі комбайна не виключена ймовірність забивання отворів сепарувальної решітки приймального бітера компонентами вичісуваного зернового вороху. Це знижує ефективність процесу попередньої сепарації вільного зерна і тягне за собою його надходження до молотильної камери. В результаті цього істотно збільшується дроблення вільного зерна робочими органами молотарки та винесення його значної частини в соломотряс. Все це сприяє зростанню втрат урожаю.

Найбільш вдалим місцем розміщення пристрою для попереднього обмолоту хлібної маси є простір, розташований між похилою камерою та молотильним пристроєм (Рис. 1.12) [16]. Пристрій для попереднього обмолоту хлібної маси виконано у вигляді пари вальців, що обертаються назустріч один одному. При цьому верхній валець змонтований рухомим і підпружинений, а нижній забезпечений жолобковою поверхнею.

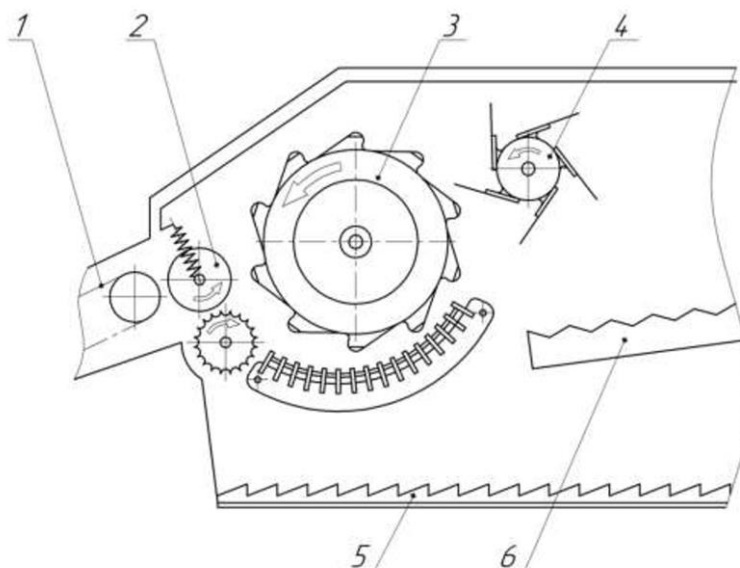


Рисунок 1.12 – Молотильно-сепаруючий апарат зернозбирального комбайна: 1 – похила камера; 2 – пристрій для попереднього обмолоту хлібної маси; 3 – молотильний пристрій; 4 – відбійний бітер; 5 – транспортна дошка; 6 – соломотряс.

Проте, у зв'язку з тим, що хлібна маса деформується тільки на ребрах нижнього вальця (причому вона піддається при цьому деформації стиснення), то ефективного руйнування лускатих структур колоска не відбувається. Тобто, вказаний пристрій, по суті, виконує лише функцію формування та переміщення потоку рослинної маси, тоді як технологічну функцію руйнування лускатої

структури колоска з метою підготовки його до більш ефективної взаємодії з бичами барабана він виконати не в змозі.

Виділення із вороху вільного зерна до його надходження в молотарку можливо на основі високого ступеня диференціації зернівок і недомолоченого колосу. Тобто, як робочий орган може бути використана решітчаста або перфорована поверхня. Якщо на першому етапі модернізації зернозбирального комбайна необхідно орієнтуватися на його мінімальність перекомпонування, то в якості другого ступеня попередньої сепарації вороху доцільно використовувати перфороване днище похилої камери [12].

Висновки по розділу

Таким чином, в результаті досліджень визначено, що з точки зору енергоємності та екологічності процесу вичісування рослин на корені є одним із найбільш перспективних способів збирання зернових культур, особливо в посушливих регіонах.

Теоретичні та конструктивні аспекти підвищення якості збирання врожаю методом вичісування рослин на корені та зниження енергоємності даної операції до кінця не вирішено, що визначає наявність суттєвих резервів та перспективних напрямків удосконалення збиральної техніки.

Найбільш перспективними напрямками модернізації технологічного процесу зернозбирального комбайна є зменшення енерговитрат та мінімізація дроблення вільного зерна, отриманого при вичісуванні рослин на корені, шляхом видалення його з вичісуваного вороху до потрапляння останнього в молотильний пристрій.

РОЗДІЛ 2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Опис конструктивної схеми молотильної установки.

Найенергоємнішою технологічною операцією при комбайновому збиранні зерна є обмолот. Так, наприклад, на привод традиційного молотильного барабана припадає близько 40 % від загальної потужності двигуна зернозбирального комбайна [14]. У зв'язку з цим, пошук технічних рішень відносно зменшення зазначених витрат є актуальним науковим і практичним завданням.

Як один із найбільш перспективних напрямів зниження енергоємності процесу обмолоту може розглядатися використання молотильних пристроїв, що реалізують поперечне коливальне навантаження зв'язків зерна із колосом. У зв'язку з тим, що реалізувати практично такий спосіб виділення зерна з колосу вдалося тільки в останні роки, то технічні, технологічні та енергетичні параметри процесу вивчені недостатньо [14]. Зокрема, невідомо мінімальне число циклів навантаження, необхідне для гарантованого відокремлення від стрижня колоса всіх зерен, що містяться у ньому. Крім того, відсутні відомості про вплив на технологічну та енергетичну ефективність процесу зазору в молотильному просторі.

У зв'язку з цим було розроблено експериментальну установку (Рис. 2.1), що дозволяє імітувати поперечний коливальний характер навантаження зв'язків зерна з колосом і вимірювати при цьому енергетичні параметри процесу. Вона містить стійку 1 і закріплені на ній деку 2 і верхню площадку 3, робочі поверхні яких виконані рифленими і розміщені в просторі так, що утворюють молотильну камеру з регульовальним зазором. При цьому верхня площадка 3 має привод 4, за рахунок чого вона може здійснювати кутові коливання на кут φ_{nl} (Рис. 2.1, б).

Енергоємність процесу виділення зерна з колосу оцінювали при обмолоті пшениці. На попередньо відкинуту вниз деку 2 укладали колос 5 і за допомогою ручки 6 перекладали її робоче становище (Рис. 2.1, а).

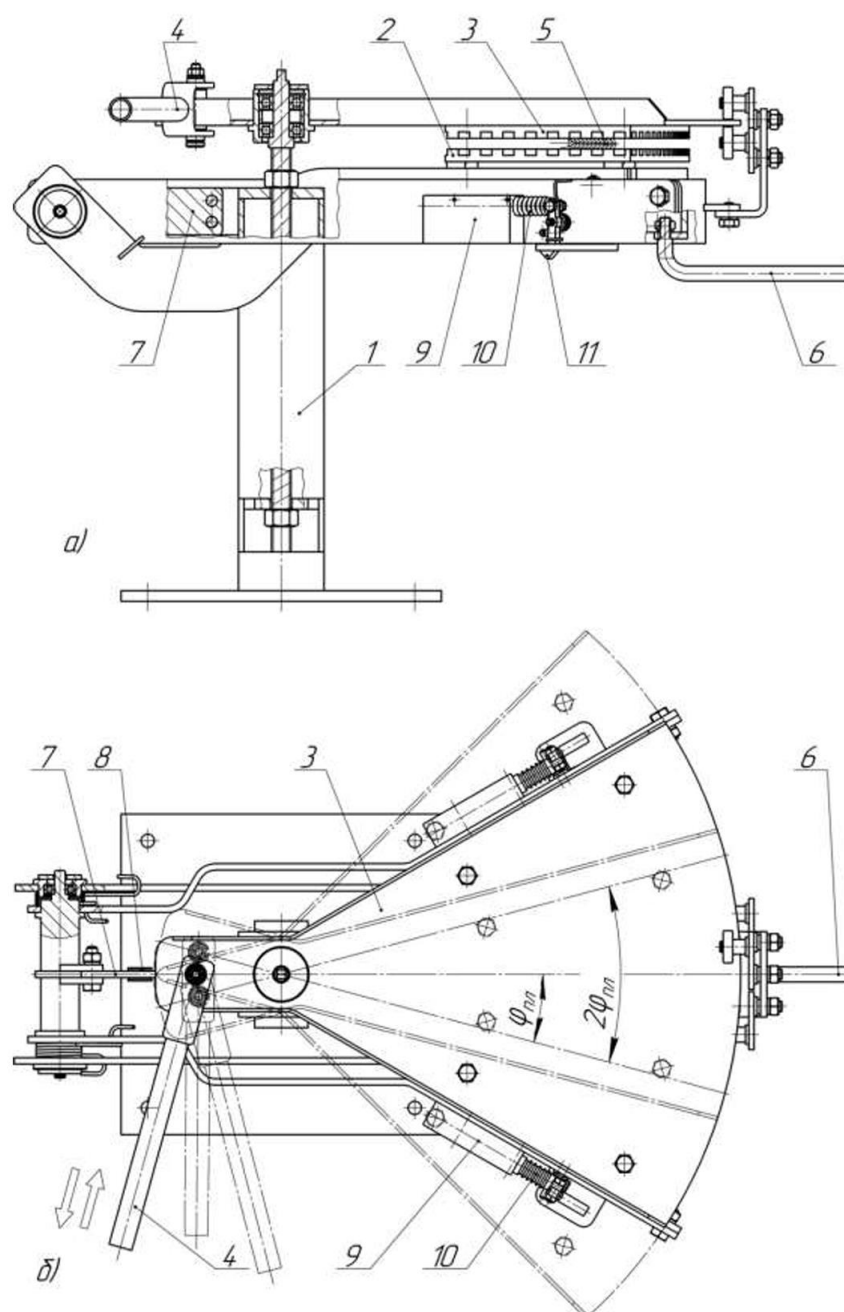


Рисунок 2.1 – Схема експериментальної молотильної установки:

а) головний вигляд; б) вид зверху;

1 – стійка; 2 – дека; 3 – верхня площадка; 4 – привід; 5 – колос; 6 – ручка;

7 – тензопластина; 8 – тензодатчики; 9 – електромагніт; 10 – шток; 11 – заслінка.

Для розрахунків здійснювався вибір нижнього рівня варіювання обумовлений розмірами зерна пшениці (ширина та товщина), при яких забезпечується мінімальне дроблення зерна, а для верхнього рівня варіювання – початок процесу обмолоту (при великих значеннях зазору між декою та верхньою площадкою виділення зерна із колосу не спостерігалось). Причому за один рух

верхньої площадки прийнято її відхилення від свого початкового положення на кут повороту $\varphi_{nl}=15^\circ$ (Рис. 2.1, б). Вологість зерна була в межах 9 %.

2.2. Результати дослідження сепарації вичісаного зернового вороху на похилій решітчастій поверхні.

Дані, отримані для дослідження сепарації вільного зерна на похилій решітчастій поверхні, були оброблені у програмі «Excel». За ними отримано таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати досліджень сепарації вичісаного зернового вороху на похилій решітчастій поверхні

Довжина отвору $l_{отв}, мм$	Ширина отвору $b_{отв}, мм$	Прохід вільного зерна $П_{зер}, \%$
80	8	53,56
80	10	63,92
80	12	63,23
120	8	64,22
120	10	64,08
120	12	64,88
160	8	68,70
160	10	62,90
160	12	63,21

За даними Табл. 2.1 у програмі «STATISTICA» побудована поверхня відгуку (Рис. 2.2) та область її двовимірного перерізу (Рис. 2.3), що характеризують залежність частки вільного зерна, прохідної крізь отвори сепарувальної решітки від їх розмірів.

Проведені дослідження дозволили зробити висновок про те, що поверхня відгуку не має чітко вираженого екстремуму, проте максимальне значення вихідного параметру відповідає розмірам отворів 160x8 мм (Рис. 2.2). Тому, при плануванні другої серії експериментів зазначені розміри були прийняті за «нульову» точку плану.

Аналогічно були отримані наступні дослідження, результати яких наведені в табл. 2.2.

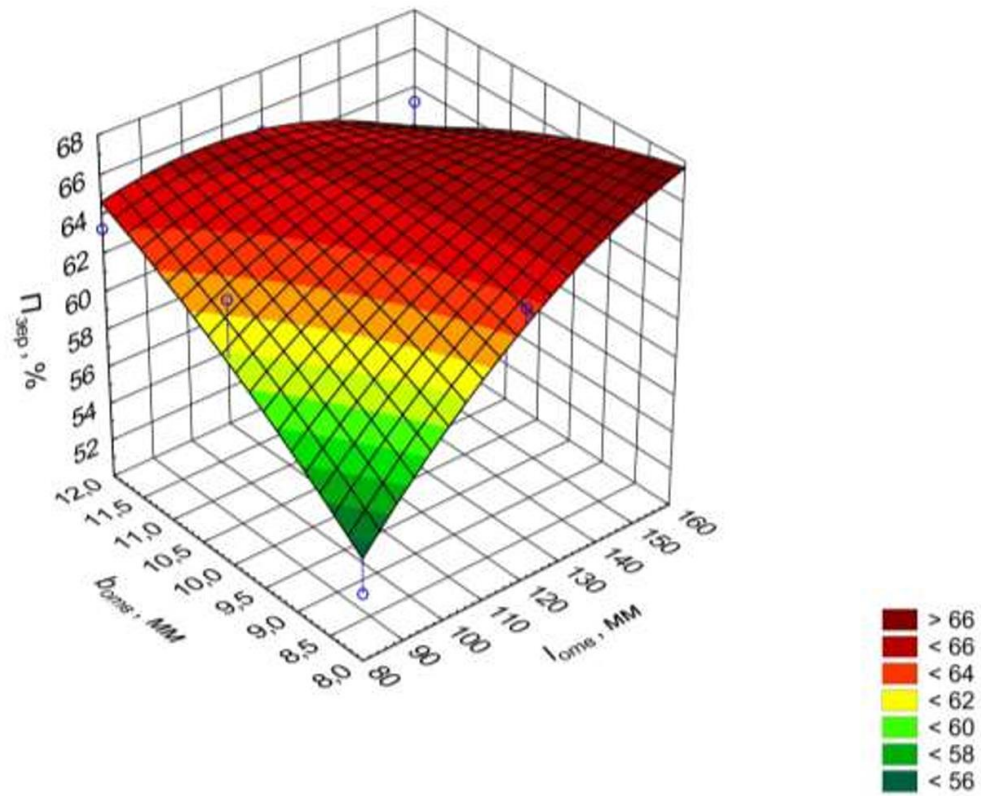


Рисунок 2.2 – Поверхня відгуку при взаємодії факторів: довжини та ширини отворів решітчастої поверхні

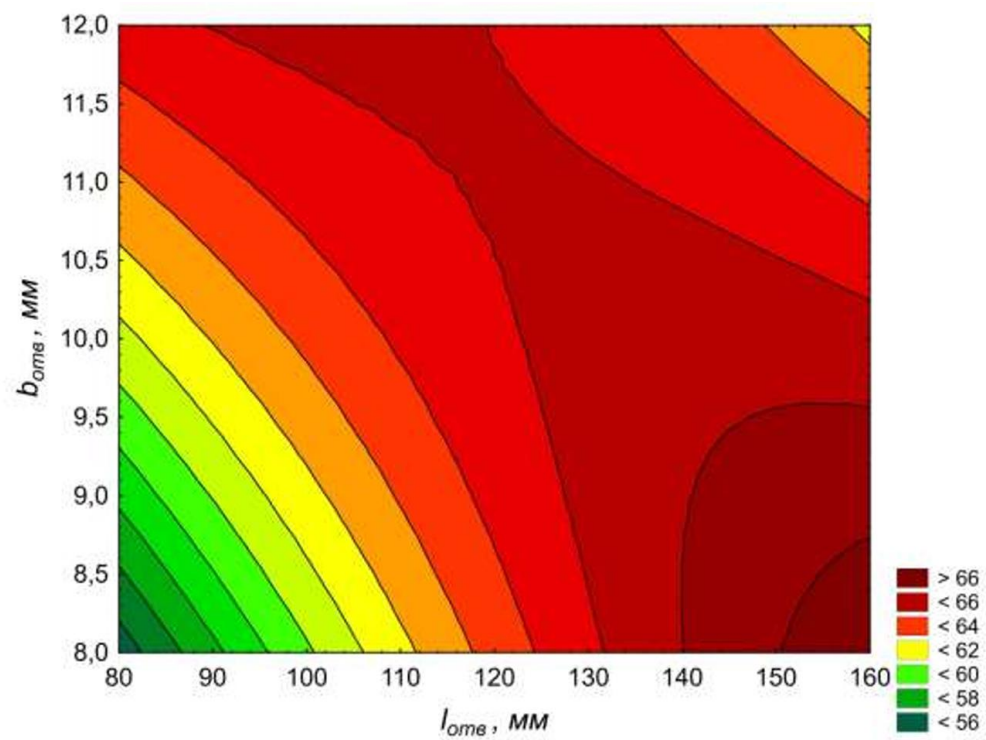


Рисунок 2.3 – Область двовимірного перерізу поверхні відгуку при взаємодії факторів: довжини та ширини отворів решітчастої поверхні

Таблиця 2.2 – Результати досліджень відносно сепарації вичісуваного зернового вороху на похилій решітчастій поверхні

Довжина отвору $l_{отв}, \text{мм}$	Ширина отвору $b_{отв}, \text{мм}$	Прохід вільного зерна $\Pi_{зер}, \%$
120	6	48,87
120	8	65,60
120	10	64,57
160	6	54,87
160	8	68,70
160	10	63,30
200	6	55,23
200	8	64,03
200	10	63,60

За даними таблиці 2.2 у програмі «STATISTICA» також була побудована поверхня відгуку (Рис. 2.4) та область її двовимірного перерізу (Рис. 2.5), що характеризують залежність частки вільного зерна, яка проходила крізь отвори сепарувальної решітки від їх розмірів.

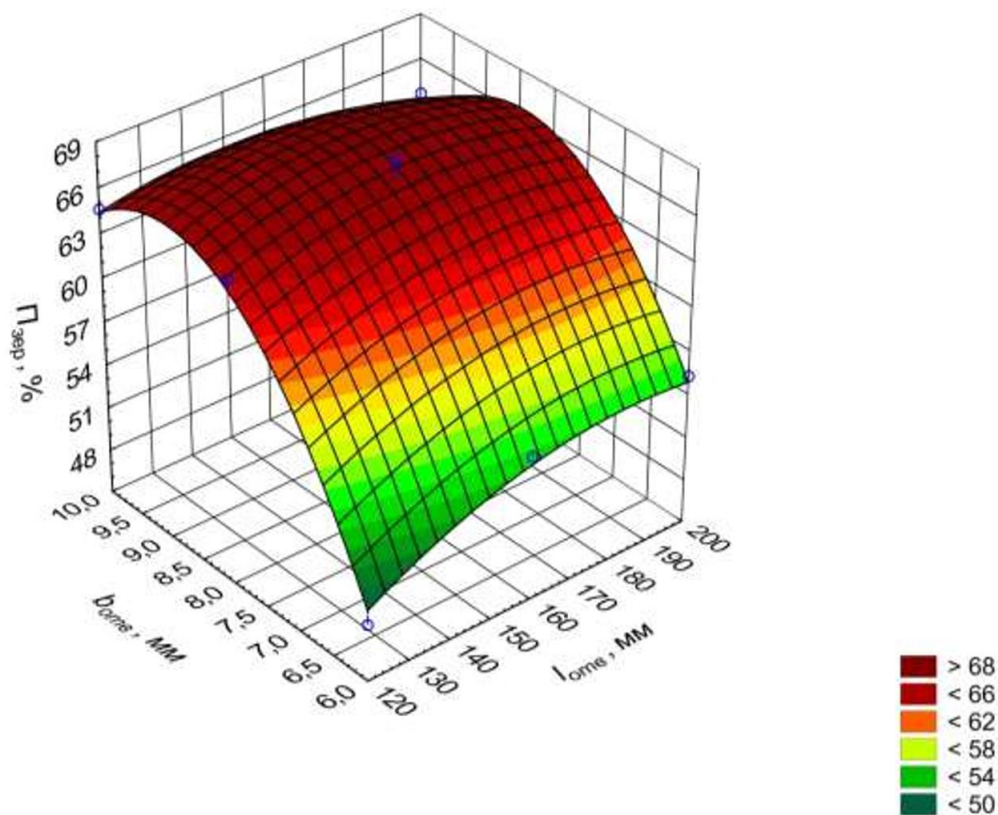


Рисунок 2.4 – Поверхня відгуку для другої серії досліджень при взаємодії факторів: довжини і ширини отворів решітчастої поверхні

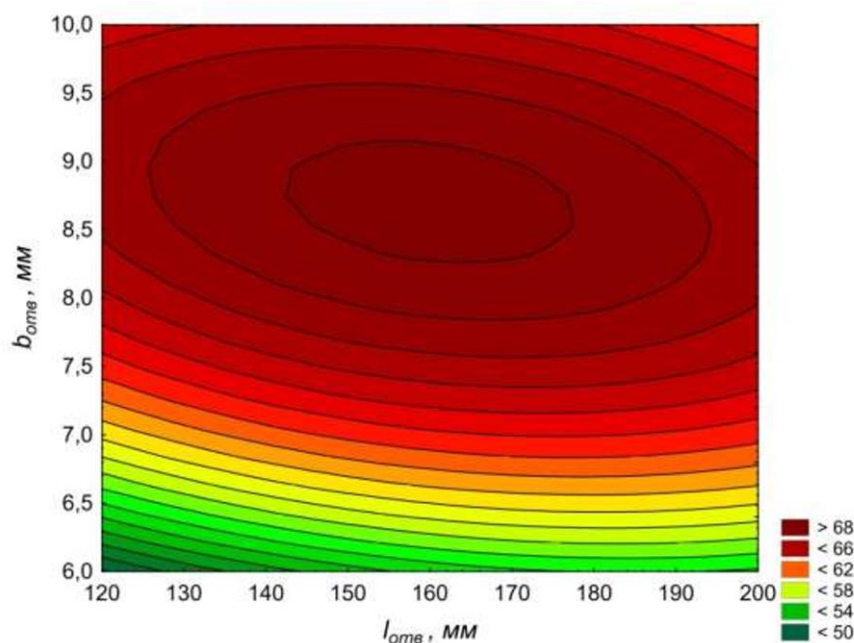


Рисунок 2.5 – Область двовимірного перерізу поверхні відгуку для другої серії досліджень при взаємодії факторів: довжини та ширини отворів решітчастої поверхні

Поверхня відгуку (Рис. 2.4) та область двовимірного перерізу (Рис. 2.5), побудовані за результатами другої серії експериментів і мають чітко виражений екстремум, при якому крізь отвори сепарувальної решітки проходить 68,70 % вільного зерна. При цьому найближчими до точки екстремуму є отвори шириною 8 мм та довжиною 160 мм (табл. 2.2). Проходження колосової частини врожаю в другій серії експериментів не спостерігалось.

Після виключення всіх незначних коефіцієнтів покроковим методом, рівняння регресії, що найбільш адекватно відображає характер залежностей (з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,934$), має такий вигляд:

$$P_{\text{зер}} = -110,73 + 0,199 \cdot l_{\text{отв}} + 37,197 \cdot b_{\text{отв}} - 1,926 \cdot b_{\text{отв}}^2 - 0,0229 \cdot l_{\text{отв}} \cdot b_{\text{отв}}, \quad (2.1)$$

де $P_{\text{зер}}$ – частка вільного зерна, що пройшла крізь отвори сепарувальної решітки (прохід вільного зерна), %; $l_{\text{отв}}$ – довжина отвору, мм; $b_{\text{отв}}$ – ширина отвору, мм.

Оцінку значущості рівняння регресії виконували за критерієм Фішера. Оскільки фактичне значення критерію Фішера менше його табличної величини

$F_{\text{факт}} < F_{\text{табл}}$ ($1,85 < 2,93$), то отримане рівняння регресії є статистично значущим. Значимість коефіцієнтів регресії оцінювали за t-критерієм Стюдента.

Аналіз поверхні відгуку та рівняння регресії свідчить про те, що сепарувальна здатність решіт істотно менше залежить від довжини отворів, ніж від ширини. При цьому, як і передбачалося в теоретичній гіпотезі, надмірне збільшення ширини отвору погіршує його сепарувальну здатність. Найімовірніше, що це обумовлено застряганням в отворах необмолочених колосків, що різко зменшує площу їх «живого перерізу».

З метою виявлення характеру процесу сепарації вільного зерна по довжині решітчастого днища, проводилася реєстрація його кількості на чотирьох контрольних ділянках (Рис. 2.6). При цьому за стовідсоткову кількість вільного зерна прийнято початок проведення експерименту на момент його надходження у корпус установки. Розрахунок кількості вільного зерна, що надійшов на другу контрольну ділянку (81 %), визначений різницею між попереднім значенням (100 %) та кількістю вільного зерна, що пройшло крізь отвори на першій контрольній ділянці (19 %). Аналогічним чином були отримані й інші значення (65,70; 47,64; та 31,30 % відповідно).

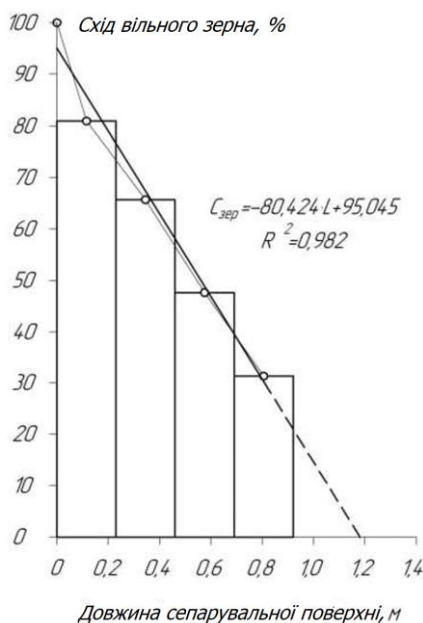


Рисунок 2.6 – Зменшення вільного зерна з вичісаного зернового вороху в залежності від довжини сепарувальної поверхні при швидкості плаваючого транспортера $v_{mp}=3$ м/с та куті нахилу отворів $U_{отв}=0^\circ$

Оцінка зменшення вільного зерна з вичісаного зернового вороху по довжині поверхні сепарування (Рис. 2.6) свідчить про наявність резерву для підвищення ступеня сепарації. З високим ступенем ймовірності ($R^2=0,982$) лінія тренду прямолінійна і має вигляд:

$$C_{\text{зер}} = -80,424 \cdot L + 95,045, \quad (2.2)$$

де $C_{\text{зер}}$ – кількість втрат зерна, у відсотках від його вихідної маси, що була на початку процесу сепарації (схід вільного зерна), %; L – довжина сепарувальної поверхні, м.

Наявність 31,30 % вільного зерна на виході з установки говорить про те, що довжини сепарувальної решітки при проведенні серії експериментів виявилось недостатньо. Отже, для досягнення бажаного результату: виключення надходження вільного зерна до молотильної камери зернозбирального комбайна, необхідним і достатнім є збільшення її довжини.

Для цього визначено, що довжина решітчастого днища, що забезпечує повне виділення зерна з вороху повинна бути не менше $L=1,18$ м. Таке технічне рішення може бути реалізовано, наприклад, у похилій камері зернозбирального комбайна КЗС-10К, що має довжину близько 1,3 м [9].

Якщо в якості аналогії використовувати теорію клавішного соломотряса, що здійснює виділення зерна із соломистого вороху, то в цьому випадку лінія тренду повинна являти собою експоненційну функцію типу $y=ke^{-ax}$ [6]. При побудові експоненційної функції за отриманими експериментальними даними вона має вигляд:

$$C_{\text{зер}} = 100,07 \cdot e^{-1,364 \cdot L}, \quad (2.3)$$

де $e=2,72$ – основа натурального логарифму.

При цьому коефіцієнт детермінації збільшується лише до $R^2=0,986$, що свідчить про відсутність значних відмінностей у порівнянні з прийнятим нами прямолінійним трендом.

Під час проведення серії експериментів було оцінено вплив пар факторів на прохід половини крізь отвори решітчастого днища (Табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Результати дослідження сепарації половини на похилій
решітчастій поверхні

Довжина отвору $l_{отв}, \text{мм}$	Ширина отвору $b_{отв}, \text{мм}$	Прохід половини $\Pi_n, \%$
120	6	42,77
120	8	51,07
120	10	59,07
160	6	58,33
160	8	59,87
160	10	58,93
200	6	54,13
200	8	51,47
200	10	54,70

За даними таблиці 2.3 у програмі «STATISTICA» [5] побудована поверхня відгуку (Рис. 2.7) та область двовимірного перерізу (Рис. 2.8), що характеризують залежність частки пройденної половини крізь отвори решітчастого днища, від їх розмірів. Тут максимальний прохід половини відповідає розмірам отворів 160×8 мм.

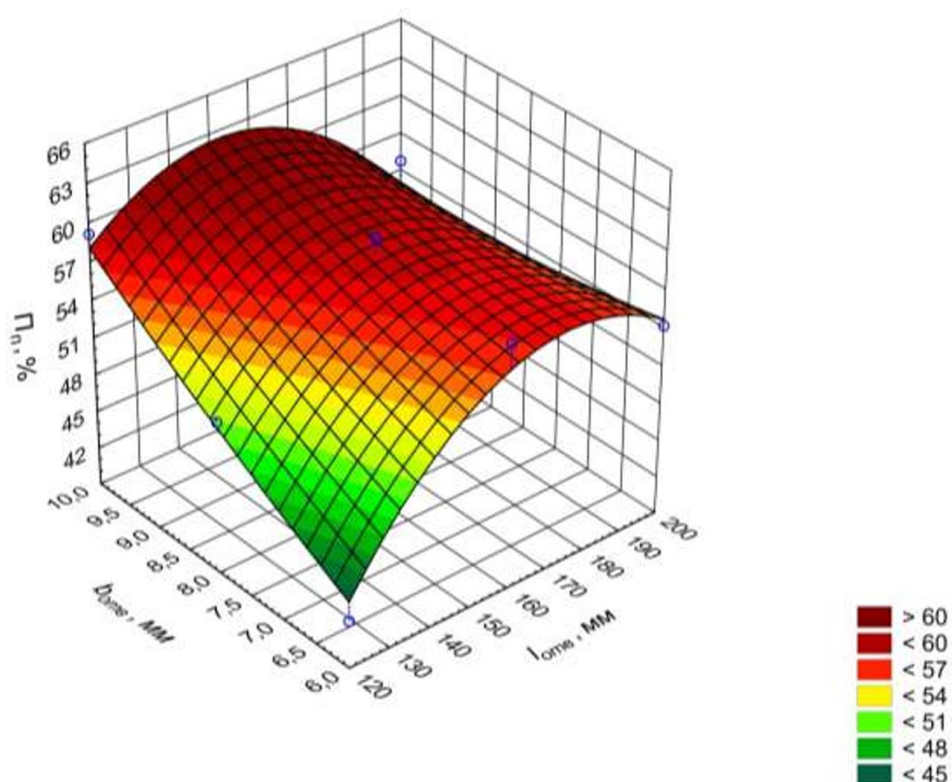


Рисунок 2.7 – Частка половини, що пройшла крізь отвори сепарувальної
решітки в залежності від їх розмірів

Після виключення всіх незначних коефіцієнтів покроковим методом, рівняння регресії, що найбільш адекватно відображає характер залежностей (з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,887$), має такий вигляд:

$$\Pi_n = -129,78 + 1,793 \cdot l_{отв} + 9,322 \cdot b_{отв} - 4,278 \cdot 10^{-3} \cdot l_{отв}^2 - 0,0492 \cdot l_{отв} \cdot b_{отв}, \quad (2.4)$$

де Π_n – кількість половин, що пройшла крізь отвори сепарувальної решітки (прохід половин), %; $l_{отв}$ – довжина отвору, мм; $b_{отв}$ – ширина отвору, мм.

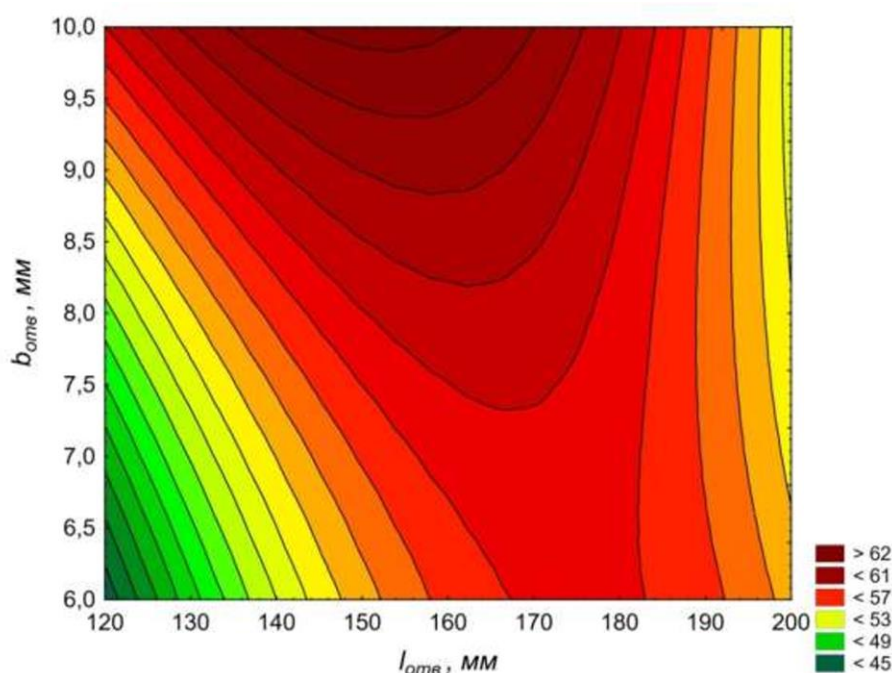


Рисунок 2.8 – Область двомірного перерізу поверхні відгуку при взаємодії факторів: довжини та ширини отворів решітчастого днища

Оцінку значущості рівняння регресії виконували за критерієм Фішера. Оскільки фактичне значення критерію Фішера менше його табличної величини $F_{\text{факт}} < F_{\text{табл}}$ ($1,78 < 2,93$), то отримане рівняння регресії є статистично значущим. Значимість коефіцієнтів регресії оцінювали за t-критерієм Стьюдента.

Аналогічно вільному зерну (Рис. 2.6) проведено оцінку втрат половин з вичісаного зернового вороху по довжині поверхні сепарування (Рис. 2.9). Рівняння регресії, що найбільш повно відображає характер залежностей ($R^2=0,978$), має прямолінійний вигляд:

$$C_n = -69,607 \cdot L + 95,335, \quad (2.5)$$

де C_n – кількість втрат полови, у відсотках від її вихідної маси, яка була на початку процесу сепарації (схід полови), %; L – довжина сепарувальної поверхні, м.

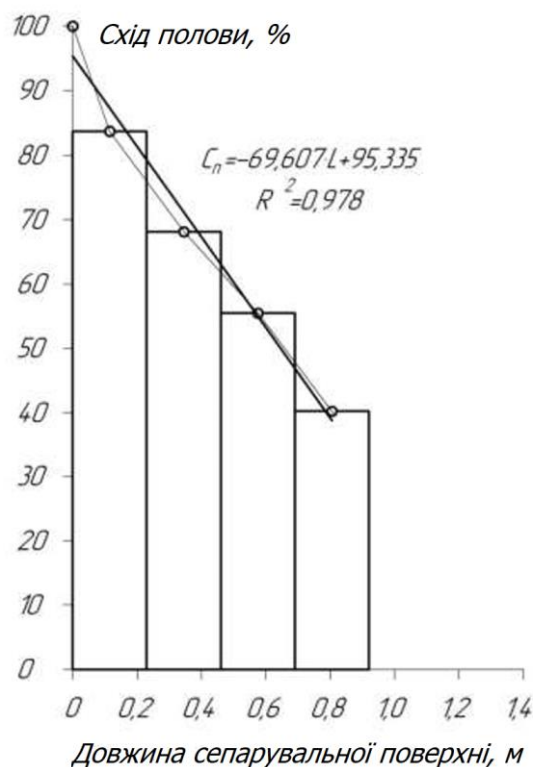


Рисунок 2.9 – Втрати полови з вичісаного зернового вороху в залежності від довжини сепарувальної поверхні при швидкості плаваючого транспортера $v_{тр}=3$ м/с та куті нахилу отворів $\gamma_{отв}=0^\circ$

Наведені результати експерименту свідчать, що ефективна сепарація вичісаного зернового вороху на днищі похилої камери зернозбирального комбайна можливі. Максимальний прохід вільного зерна крізь решітчасте днище становить близько 68,70 % при оптимальних розмірах отворів 160×8 мм. Для забезпечення стовідсоткового виділення вільного зерна з вичісаного зернового вороху, довжина сепарувальної поверхні має становити не менше 1,18 м. При цьому зерновий ворох, що пройшов крізь отвори решітчастого днища доцільно направити на транспортну дошку за допомогою скребкового транспортера [12]. Це пов'язано з тим, що він менше травмує вільне зерно на відміну від шнеків, величина дроблення якими перевищує агротехнічні вимоги і становить близько 2,6 %.

Висновки по розділу

Таким чином, нами здійснено опис конструктивної схеми молотильної установки та проведено дослідження щодо ефективності сепарування даною установкою. В результаті яких визначено, що мінімізувати надходження до молотильної камери зернозбирального комбайна вільного зерна, можна за рахунок похилої камери з решітчастим днищем, довжина якого має бути не менше 1,18 м. При цьому отвори повинні мати розміри 8×160 мм і бути зорієнтованими довгою стороною у напрямку переміщення скребка транспортера. Тому, що він менше травмує вільне зерно на відміну від шнеків.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Організація охорони праці в господарстві.

Організація охорони праці (ОП) в аграрному секторі регулюється Законом України «Про охорону праці» [7] та специфічними Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві (НПАОП 01.0-1.02-18) та включає наступні пункти:

1) Структура управління та відповідальність.

За стан охорони праці в аграрному підприємстві відповідає безпосередньо його керівник (роботодавець); створюється обов'язково служба охорони праці, якщо кількість працюючих становить 50 і більше осіб; якщо менше 50 чоловік, функції служби ОП можуть виконувати фахівці за сумісництвом; якщо менше 20 осіб, то допускається залучення сторонніх спеціалістів на договірних засадах.

2) Обов'язкові документи на підприємстві.

Мінімальний пакет документів включає: накази про призначення відповідальних осіб, про створення служби ОП; положення про Систему управління охороною праці (СУОП), про службу ОП, про навчання та перевірку знань; журнали реєстрації інструктажів, інструкції за професіями (тракторист, комбайнер) та видами робіт (робота з пестицидами).

3) Проведення інструктажів.

Інструктажі поділяються за характером і часом проведення: вступний при прийнятті на роботу (проводить спеціаліст СОП); первинний на робочому місці до початку роботи (проводить безпосередній керівник); повторний проводиться регулярно за графіком (раз на 3 або 6 місяців залежно від ризику робіт); позаплановий при зміні обладнання, технологій або після аварій; цільовий перед виконанням одноразових або робіт за нарядом-допуском.

4) Специфіка аграрних робіт.

Робота з пестицидами: заборонено залучати осіб до 18 років, вагітних та жінок, що годують груддю. Роботи проводяться переважно вранці (до 10:00) та

ввечері (18:00-22:00); роботодавець зобов'язаний безкоштовно забезпечити працівників спецодягом, взуттям та респіраторами; працівники агросектору повинні проходити попередні та періодичні медичні огляди.

3.2. Заходи з охорони праці під час роботи із зернозбиральними машинами.

Робота із зернозбиральними комбайнами та іншою технікою належить до робіт з підвищеною небезпекою. Основні вимоги регламентуються НПАОП 01.0-1.02-18.

Ключові заходи безпеки, розбиті за етапами:

1. Підготовка техніки та допуск персоналу.

- До керування допускаються особи віком від 18 років, які мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії, пройшли медогляд та спеціальне навчання з ОП.

- Заборонено роботу машин із несправними гальмами, муфтами зчеплення, рульовим управлінням або при підтіканні палива.

- Усі рухомі частини (ланцюгові, пасові передачі, вали) повинні бути закриті захисними кожухами.

2. Безпека під час збирання врожаю.

- Категорично заборонено перебувати попереду жатки під час руху комбайна. Очищення різального апарату від забивання травою чи зерном дозволяється лише при вимкненому двигуні.

- Якщо ремонт проводиться під піднятою жаткою, вона повинна бути зафіксована спеціальним механічним упором (стопором). Гідравлічна система не гарантує безпеки в разі обриву шланга.

- Під час роботи в полі дистанція між комбайнами, що йдуть один за одним, має бути не менше 30 метрів.

3. Протипожежна безпека (критично для жнив).

- Кожен комбайн повинен бути обладнаний двома вогнегасниками (вуглекислотним та порошковим), двома лопатами, мітлою та ящиком з піском.

- Вихлопні труби двигунів мають бути обладнані справними іскрогасниками.

- Куріння та розведення багаття дозволяється лише у спеціально обладнаних місцях на відстані не менше 100 метрів від масивів хлібів.

4. Робота з вивантажувальним шнеком.

- Під час вивантаження зерна в транспортний засіб заборонено перебувати в кузові автомобіля або на причепі.

- У кабіні та на майданчиках комбайна під час роботи не повинно бути нікого, крім водія та помічника (якщо передбачено).

5. Електробезпека.

- Переїзд під лініями електропередач дозволяється лише у встановлених місцях.

- Робота або зупинка під ЛЕП суворо заборонена через ризик ураження дуговим розрядом.

Висновки по розділу

Таким чином, при роботі із зернозбиральними машинами працівники мають дотримуватись правил з охорони праці та техніки безпеки, що наведені в даному розділі вище і регламентуються Законом України «Про охорону праці». Вся відповідальність покладена на роботодавця, тому що безпека життя працівників найважливіше при будь-якому виконанні робіт.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

При розрахунку економічної ефективності в базовому та в проектному варіантах, однаковими можуть бути прийняті: ширина захвату, коефіцієнт використання змінного часу та кількість обслуговуючого персоналу [15].

Економічний ефект від роботи пропонованого пристрою включає два компоненти. По-перше, на величину ΔN зменшується потужність, споживана барабаном. А по-друге, збільшується фактична пропускна здатність молотарки q_{ϕ} . При цьому було виконано орієнтовний розрахунок величини зазначених компонентів. При цьому вважалося, що пропускна здатність молотарки комбайна $q=10$ кг/с. З врахуванням зміни складу вороху внаслідок вичісування вважаємо, що це відповідає продуктивності комбайну КЗС-10К. Також вважалося, що в вичісуваному воросі міститься 80 % вільного зерна, яке прямує безпосередньо на транспортну дошку, а далі на решета.

Крім того, слід враховувати виникнення додаткового позитивного ефекту, що полягає в отриманні додаткової виручки від зменшення в кінцевій продукції частки подрібненого зерна, яка за даними проведеними дослідженнями перевищує агротехнічні вимоги і становить близько 8 % [9].

Розрахунок економічної ефективності виконаємо згідно з ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88 [15], а вихідні дані подано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунків економічної ефективності

Найменування показників	Значення показників	
	Базового варіанту	Проектного варіанту
Робоча ширина захвату, м	6,0	6,0
Робоча швидкість, км/год.	7,0	7,35
Тривалість зміни, год.	7,0	7,0
Коефіцієнт використання змінного часу	0,63	0,63
Номінальна потужність двигуна, кВт	213	203

Продовження таблиці 4.1

Річна сезонне навантаження, год. - комбайн; - жатка.	160 128	160 128
Балансова вартість, грн. - комбайн; - жатка; у т.ч. кошторисна вартість розробки	7452000 1404000	7452000 1512000 108000
Норма амортизаційних відрахувань, % - комбайн; - жатка.	10 12,5	10 12,5
Норматив витрат на ремонт, ТО та зберігання (від ціни техніки): - комбайн; - жатка.	10,3 7,8	10,3 7,8
Обслуговуючий персонал, чол.	1	1
Годинна тарифна ставка, грн./год.	227,34	227,34
Питома витрата палива двигуна, г/кВт·год.	210	200
Ціна палива, грн./кг	60,00	60,00

Продуктивність агрегатів визначалася за формулою:

$$W_{\varepsilon} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau_{зм}, \quad (4.1)$$

$$W_{зм} = W_{\varepsilon} \cdot T_{зм}, \quad (4.2)$$

$$W_p = W_{\varepsilon} \cdot T_{з.к}, \quad (4.3)$$

де W_{ε} , $W_{зм}$, W_p – продуктивність агрегатів відповідно годинна, змінна та річна, га/год., га/змину, га/рік; B_p – робоча ширина захвату, м; V_p – робоча швидкість, км/год.; $\tau_{зм}$ – коефіцієнт змінного часу; $T_{зм}$ – тривалість зміни, год.; $T_{з.к}$ – річне змінне завантаження зернозбирального комбайна, год.

Витрати праці на збирання визначалися за:

$$T_n = \frac{L}{W_{\varepsilon}}, \quad (4.4)$$

де L – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

Річна економія експлуатаційних витрат дорівнює:

$$E_{експ} = (E_{n1} - E_{n2}) \cdot Q, \quad (4.5)$$

Строк окупності додаткових капітальних вкладень визначався за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K_{роз}}{P_{еф}}, \quad (4.6)$$

де $K_{роз}$ – вартість конструкторської розробки, грн.

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень визначався за:

$$E_k = \frac{P_{еф}}{K_{роз}}, \quad (4.7)$$

Якщо припустити, що 30 % від усієї посівної площі в Україні, зайняті під зерновими колосовими культурами (39558 тис. га) будуть прибрані за допомогою вичісування рослин на корені, а середнє навантаження на один комбайн складе 500 га, то річний економічний ефект буде дорівнювати близько 4,02 млрд. грн.

Висновки по розділу

Таким чином, нами проведені розрахунки економічної ефективності пропонованої розробки. В результаті даних розрахунків було визначено, що річний економічний ефект від впровадження розробки у виробництво в розрахунку на один комбайн складе 169047 грн. Термін окупності додаткових капітальних вкладень не перевищує одного року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Таким чином, із проведених наукових досліджень ми визначили наступні загальні висновки:

Найважливішим резервом для удосконалення конструкції зернозбирального комбайна є більш повна адаптація його технологічного процесу до специфічних особливостей фізико-механічних властивостей вичісаного зернового вороху, у зв'язку з його дезінтегрованістю за відсутності соломи та наявністю великої частки вільного зерна.

Для підвищення швидкості сепарації доцільно виконати отвори решітчастого днища похилої камери безперервними по всій його довжині. В результаті процес сепарації з дискретного може трансформуватися в безперервний, з відповідним зростанням його середньої швидкості. У зв'язку з проблематичністю практичної реалізації такого варіанту конструкції прийнятною є робоча поверхня решітчастого днища з вісьмома поперечними рядами отворів розміром 8×160 мм, зорієнтованих довгою стороною у напрямку переміщення скребка транспортера. Виходячи із конструктивних особливостей серійного комбайна КЗС-10К довжина решітчастої поверхні має бути не менше 1,18 м.

В дослідженнях наведені основні заходи з охорони праці при роботі із зернозбиральними машинами та правила техніки безпеки під час роботи із ними. Дотримання даних правил убезпечує виникнення травм працівників на робочому місці.

Розрахунки економічної ефективності проекту показують доцільність впровадження розробки у виробництво. Річний економічний ефект в розрахунку на один комбайн складе 169047 грн. Термін окупності додаткових капітальних вкладень не перевищує одного року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бердишев В.Є. Методологія оцінки якості функціонування зернозбиральних комбайнів. *Вісник аграрного університету*. 2011. № 2 (76). С. 85–89.
2. Бердишев В.Є. Методологія удосконалення робочих органів зернозбиральних комбайнів. *Трактори та автомобілі*. 2012. № 8. С. 32–34.
3. Боровков А.А. Математична статистика. Оцінка параметрів. Перевірка гіпотез. Київ : Наукова думка, 1984. 472 с.
4. Бур'янов А.І. Ефективність технології збирання зернових культур комбайновим вичісуванням. *Трактори та сільгоспмашини*. 2016. № 9. С. 34–39.
5. Вуколов Е.А. Основи статистичного аналізу. Практикум по статистичних методах та дослідженню операцій з використанням пакетів STATISTICA та EXCEL: навч. посібник для вузів. Київ : Інфра-М, 2004. 464 с.
6. Гмурман В.Є. Теорія ймовірностей та математична статистика. Київ : Вища школа, 2003. 479 с.
7. Закон України «Про охорону праці». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>. (Дата звернення: 22.01.2026).
8. Зернозбиральні комбайни фірми Claas. URL: <https://www.claas.com/uk-ua/sil-skohospodarski-mashyny/zernozbyralni-kombayny>. (Дата звернення: 19.01.2026).
9. Зернозбиральні комбайни. URL: <https://agriline.ua/-/zernozbiralni-kombayni--c203>. (Дата звернення: 19.01.2026).
10. Комбайни та жатки фірми Case. URL: <https://www.caseih.com/uk-ua/ukraine/products/harvesting>. (Дата звернення: 19.01.2026).
11. Маслов Г.Г. Збирання зернових культур шляхом вичісування. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 1991. № 8. С. 5–6.
12. Нікітін В.В. Раціональний вибір параметрів днища похилої камери зернозбирального комбайна при вичісування. *Вісник НАУ*. 2018. № 1 (72). С. 19–25.

13. Пушка О.С., Войтік А.В., Ковальчук Ю.О. Інструктивно-методичні матеріали до виконання дипломних проектів студентами спеціальності 208 «Агроінженерія» першого освітнього рівня (бакалаврського). Умань : УНУС, 2020. 27 с.

14. Сільськогосподарські машини. Електронний підручник. URL: <https://rafk.if.ua/ebook/sgmash/Index.htm>. (Дата звернення: 20.02.2026).

15. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки. ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88.

16. Fu J., Chen Zh., Han L., Ren L. Review of grain threshing theory and technology. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2018. Vol. 11, Issue3. P. 12–20.

17. Khodayari A., Babil A., Razavi S. On the thermo-flow behavior in a rectangular channel with skewed circular ribs. *Mechanics & Industry*. 2017. No 18 (2). P. 225–230.