

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту  
“    ”    2025 р.  
Зав. кафедри д.т.н, професор  
(науковий ступінь, вчене звання)  
В.В. Дідур  
(підпис)    (ініціали, прізвище)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)**

магістр  
(освітній рівень)

тема роботи **«Дослідження впливу проходження технологічного процесу  
обмолоту зернозбирального комбайна на якість зернового матеріалу»**

Виконав: студент 2курсу, групи 22м-ім  
освітньої програми магістр  
спеціальності 208 «Агроінженерія»  
Кручек Р.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник доктор філософії, доцент Шевчук М.В.  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2025 рік





## ЗМІСТ

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                               | 6  |
| РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР З ТОЧКИ ЗОРУ ВИСОКОГО СТУПЕНЯ ПОШКОДЖЕННЯ ЗЕРН.            | 8  |
| 1.1. Аналіз діючих систем збору зернових культур .....                                                                   | 8  |
| 1.2. Фактори пошкодження зерна під час використання сучасних техніко-технологічних рішень збирання.....                  | 14 |
| РОЗДІЛ 2. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....                                                                                       | 19 |
| 2.1. Оцінка пошкодження насіння, спричиненого збиральними комбайнами з різними системами обмолоту.....                   | 19 |
| 2.2. Модернізація молотильно-сепаруючої системи .....                                                                    | 25 |
| 2.3. Обґрунтування показників відділення зерна жнивваркою з пристроєм попереднього обмолоту .....                        | 30 |
| 2.4. Методичний підхід до оцінки втрат посівних і товарних властивостей насіння пшениці.....                             | 32 |
| 2.5. Дослідні результати зміни якісних характеристик насіння пшениці .....                                               | 36 |
| 2.5.1. Визначення інтенсивності пошкодження насіння зернової культури під час попереднього обмолоту.....                 | 36 |
| 2.5.2. Оцінка показників енергії проростання та схожості насіння зерна за результатами експериментальних досліджень..... | 39 |
| РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ .....                                                                                            | 45 |
| 3.1 Ідентифікація та моделювання небезпечних факторів під час виконання механізованих операцій .....                     | 45 |
| 3.2. Забезпечення безпечних умов праці під час виконання зернозбиральних робіт .....                                     | 47 |
| РОЗДІЛ 4. РЕНТАБЕЛЬНІСТЬ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....                                                                     | 50 |
| 4.1. Інформація, необхідна для обчислень.....                                                                            | 50 |
| 4.2. Зведені дані обчислень .....                                                                                        | 53 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                            | 55 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                                                          | 56 |

## РЕФЕРАТ

Кручек Р.В. Дослідження впливу проходження технологічного процесу обмолоту зернозбирального комбайна на якість зернового матеріалу (Дипломний проект, Уманський національний університет, 2025: пояснювальна записка на 58 сторінках, у т.ч. 4 розділи, 5 таблиці, 19 рисунків, 22 найменувань літератури).

Загальним методом дослідження є визначення макропошкоджень (розтрощення, деформація та здавлювання із пошкодженням зародка або відокремлення частини зерна) та мікропошкоджень (ушкодження покривів, прихованих внутрішніх дефектів – подряпин, вдавлень, тріщин, тощо) насіння зернових культур, зібраного зернозбиральними комбайнами з різними технологіями обмолоту.

**Мета дослідження** полягає у вдосконаленні продуктивності технологічних операцій вирощування зернових культур шляхом вивчення пошкодження насіннєвого матеріалу збиральними машинами з різними конструктивними рішеннями молотильного апарату в умовах їх застосування для збирання зернових з метою отримання насіння.

**Об’єкт досліджень** - механізовані технологічні процеси збирання зернових культур, зернозбиральні комбайни та транспортні засоби, які застосовуються під час збирання зернових культур.

**Предмет дослідження** охоплює функціональні аспекти технологічних операцій зі збирання ранніх зернових культур, встановлення емпіричних залежностей та їх детермінація параметрами зернозбирально-транспортних комплексів.

**Ключові слова:** ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ, НЕЗНАЧНІ ПОШКОДЖЕННЯ, ЗЕРНОВА КУЛЬТУРА, СХОЖІСТЬ.

## ВСТУП

Актуальність дослідження. Ефективність функціонування зернозбирального комбайна визначається продуктивністю технологічних процесів обмолоту та сепарації зернової маси, а також ступенем пошкодження зернин. Забезпечення максимально ефективної сепарації зерна в молотильно-сепаруючому пристрої комбайна є ключовим, оскільки збільшення обсягу зерна, що проходить через підбарабання молотильного барабана, знижує навантаження на соломотряс або інший сепаратор грубого вороху. Це, у свою чергу, сприяє зменшенню втрат зерна та потенційному підвищенню загальної продуктивності зернозбирального комбайна.

Перспективним науковим завданням є дослідження комбінованого обмолочувально-транспортного технологічного процесу, що реалізується за допомогою пристрою попереднього обмолоту зерна, та оцінка результативності його функціонування за умов мінімізації механічного травмування зерна робочими елементами жатки зернозбирального комбайна.

Об'єктивно низька якість вітчизняного посівного матеріалу зумовлена значним травмуванням насінин під час збирання та первинної обробки, що негативно позначається на їхній схожості. У зв'язку з цим, норма висіву в окремих випадках перевищує європейські стандарти на 20-25 відсотків. Використання травмованого насіння в якості посівного матеріалу призводить до відчутних втрат урожаю з розрахунку на гектар, зокрема для таких культур як жито, ярий ячмінь, пшениця яра, овес та кукурудза. Варто зазначити, що кожні 10% травмованих насінин у посівному матеріалі спричиняють зменшення врожайності в середньому на 0,1 т з 1 га. Підвищена пошкодженість насіння в процесі збирання та первинної обробки є вагомою перешкодою для його успішного виходу на європейські та світові ринки.

Сучасний етап характеризується пріоритетом споживчого інтересу до високопродуктивної збиральної техніки. Відповідно до цієї тенденції, провідні виробники пропонують комбайни потужністю від 150 до 600 к.с., які, з точки

зору технологічної схеми обмолоту та сепарації хлібної маси, поділяються на класичні, роторні та комбіновані. У сучасних зернозбиральних комбайнах спостерігається тенденція до збільшення основних параметрів, таких як ширина захвату жаток, потужність двигуна, об'єм бункера, а також вдосконалення молотильно-сепаруючих пристроїв, електронних систем контролю та налаштування технологічного процесу, систем автоматичного водіння та синхронізації при перевантаженні зерна, пристроїв для збирання незернової частини врожаю. Отримання чистого зерна, що не потребує додаткового очищення, є однією з ключових вимог до сучасних комбайнів. Чистота бункерного зерна повинна становити не менше 98%, а вміст дробленого зерна – не більше 1%. З огляду на це, значна увага в нових комбайнах приділяється модернізації систем очищення зерна, а також засобів контролю та оптимізації налаштувань для досягнення заданої чистоти зерна. Проте, проблемам травмування насіння під час збирання та первинної обробки, а також оцінці його посівних якостей, приділяється недостатньо уваги.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР З ТОЧКИ ЗОРУ ВИСОКОГО СТУПЕНЯ ПОШКОДЖЕННЯ ЗЕРНА

#### 1.1. Аналіз діючих систем збору зернових культур

В Україні збирання зернових, круп'яних, зернобобових та рисових культур за допомогою зернозбиральних комбайнів охоплює понад 98 % загальної площі посівів. Збирання врожаю здійснюється двома основними методами: прямим комбайнуванням (однофазна технологія) та роздільним (двофазна технологія). Пряме комбайнування передбачає одночасне виконання таких операцій, як скошування, обмолот, очищення зерна та збирання соломи. Цей метод доцільно застосовувати для зернових, зернобобових культур і рису за умови настання повної зрілості більшості зернин та дотримання агротехнічних строків. Ігнорування цих вимог може призвести до втрат зерна внаслідок осипання. Втрати зерна (за винятком вівса) становлять 0,07–0,14 т/га протягом перших 4–7 діб після досягнення повної зрілості, однак зі збільшенням тривалості збирання вони значно зростають.

Мінімізація втрат при збиранні зернових культур є постійно актуальною задачею для фахівців аграрної галузі. Оптимізація процесу збирання дозволяє досягти максимального збереження врожаю, покращення його якісних показників та зменшення витрат, пов'язаних із технічним забезпеченням та післязбиральною обробкою.

Ключові чинники, що зумовлюють втрати зерна під час збирання, включають:

- неточне визначення оптимальних строків початку та тривалості збиральної кампанії для конкретної культури;
- недостатній рівень технічного обслуговування збиральної техніки, що призводить до її простоїв;
- нерівномірність рельєфу поля;

- відхилення густоти посівів від оптимальних значень (надмірна густота або розрідженість);
- засміченість посівів;
- конструктивні недоліки збиральних машин або їхніх окремих компонентів, а також недотримання рекомендованих технологічних налаштувань.

Період найбільшої ефективності та допустимі варіації у зборі різних видів і сортів зернових культур визначаються тривалістю вегетаційного періоду, характеристиками стебла, тенденцією до обсіпання зерна, резистентністю до патогенів і передчасного проростання, а також вразливістю зернин до механічних пошкоджень.



**Рис. 1.1. Збирання різних типів та різновидів зернових**

Наразі пряме комбайнування є загальноприйнятою технологією збирання зернових культур. Його позитивні сторони включають: відсутність залежності від кліматичних умов, покращена якість обмолоту, знижені витрати енергії та робочої сили, а також зменшена вартість продукції. Сучасні самохідні комбайни зазвичай оснащені жаткою, молотильним пристроєм, соломотрясом (у багатьох моделях), очищувачем та подрібнювачем соломи.

Жатка зрізає рослини та подає їх до молотильного пристрою. Стабільну подачу забезпечує мотовило з регульованими пружинними зубами, яке обертається. Його швидкість обертання та висота налаштовуються в процесі роботи. Це дозволяє, незалежно від довжини стебел або полеглих колосків, забезпечити безперервне та рівномірне надходження хлібної маси до шнека подачі. Як правило, швидкість обертання мотовила дещо перевищує швидкість руху комбайна, що запобігає втратам зерен, вибитих із колосків. Для ефективної роботи важливе правильне налаштування стеблепідійомників відносно поверхні землі. Висота ріжучого механізму також регулюється з кабіни управління.

Молотильний апарат складається з барабана для обмолоту (довжиною від 1,2 до 1,7 м), на якому закріплені бичі різної форми, та підбарабання. В процесі обмолоту зерно відділяється від колосків за допомогою ударів та тертя. Основна частина зерна провалюється через отвори решітчастого барабана і надходить до системи очищення. Невелика частина зерна разом із половиною виходить через отвір підбарабання, і для її виділення використовують соломотряс. Існують два основних типи молотильних апаратів: тангенціальні та осьові (аксіально-роторні). Тангенціальні апарати є найбільш поширеними в комбайнах. В осьових апаратах маса зерна рухається вздовж підбарабання паралельно осі барабана. У тангенціальних апаратах маса проходить через зону обмолоту лише один раз, тоді як в осьових – до 8 разів. Ефективність відділення зерна в осьових апаратах вища (95-100%) порівняно з тангенціальними (70-85%), тому комбайни з осьовими апаратами не потребують соломотрясів.

У вологих умовах експлуатації, зернозбиральні комбайни з осьовими роторами демонструють відчутне зниження продуктивності. Оптимізація функціонування обмолочувального пристрою здійснюється шляхом корегування швидкості обертання ротора (барабана) та регулювання величини зазору між ротором і підбарабанням. Зазначена відстань має прогресивно зменшуватись від вхідної до вихідної частини. Більш інтенсивний обмолот, що

досягається шляхом зменшення зазору та збільшення швидкості обертання ротора, супроводжується підвищенням травмування зерна. Таким чином, вибір оптимальної швидкості обертання ротора в діапазоні 25-33 м/с потребує збалансованого підходу. Зі збільшенням вологості рослинної маси доцільним є зменшення зазору між ротором і підбарабанням та пропорційне збільшення швидкості обертання ротора.



**Рис. 1.2. Оцінка загального стану комбайна перед початком роботи**

Соломотряс у зернозбиральних комбайнах із тангенціальним молотильним пристроєм здійснює сепарацію залишкового зерна від соломи шляхом повторюваного зтрушування, одночасно забезпечуючи переміщення соломи до задньої частини агрегату. Конструкція соломотряса включає від 4 до 8 клавішних елементів, що мають перфоровану поверхню. Вібраційний рух елементів забезпечується кривошипним механізмом. В процесі роботи солома транспортується до накопичувача або подрібнювача, в той час як зерно та дрібні фракції проходять крізь отвори соломотряса на систему очищення. Ефективність сепарації зерна прямо пропорційна площі поверхні соломотряса, і в сучасних комбайнах становить від 1 до 1,5 м<sup>2</sup>/м ширини захвату. Крім того, на якість відділення зерна впливає інтенсивність розпушування шару соломи, що забезпечується встановленими на соломотрясі розпушувальними зубами.

Система остаточної обробки зерна виконує функцію відокремлення полови, порожніх колосків, фрагментів соломи та інших дрібних домішок від

зерна. Вона складається з двох решіт – верхнього та нижнього жалюзійних решіт із сумарною площею від 4 до 6,5 м<sup>2</sup>, крізь які продувається потік повітря, створюваний вентилятором.

Процес очищення зерна в комбайні регулюється таким чином, щоб забезпечити ефективне відділення зернової маси від домішок. Верхнє решето налаштовується так, аби полова, уламки соломи та порожні колоски затримувалися і виносилися повітряним потоком через задню частину комбайна. Зерно та дрібні уламки колосків, проходячи крізь верхнє решето, потрапляють на нижнє, яке пропускає лише очищене зерно. Воно шнеком транспортується до зернового бункера. Решта частинок, які не видаляються повітряним потоком і не проходять через нижнє решето, спрямовуються на поворотний шнек. За умови правильного регулювання решіт і повітряного потоку в цю зону надходять переважно необмолочені колоски або їх частини, які поворотним елеватором повертаються до молотильного апарата для повторного обмолоту.

Надто малі отвори нижнього решета можуть призвести до повторного молотіння вже обмолоченого зерна, що збільшує ризик його дроблення. Водночас недостатній повітряний потік спричиняє перевантаження поворотного елеватора легкими частинками соломи та колосків, що може призвести до засмічення системи.

Підвищення продуктивності комбайнів і якості молотьби досягається завдяки вдосконаленню молотильної, видільної та очисної систем. Під час роботи комбайна розрізняють втрати до жнив, під час обмолоту, на етапі соломотрясу та при очищенні. Втрати під час молотіння визначають за кількістю необмолочених колосків у полі за комбайном, а зерно, що випадає позаду машини, свідчить про втрати в системі соломотрясу чи очищення. Для мінімізації загальних втрат необхідно враховувати навіть незначні втрати при обмолоті.

Сучасні сорти зернових культур із підвищеним індексом урожайності дозволяють здійснювати пряме комбайнування з високою продуктивністю та

зменшенням втрат зерна до 1,5% і менше. При цьому стійкість сорту до вилягання суттєво впливає на рівень втрат під час збирання врожаю.

Визначення втрат зерна під час збирання врожаю є важливим етапом контролю ефективності роботи комбайна. Для цього перед проходом машини у стеблестій встановлюють перевірочну чашу розміром 1,0×0,25 м. Коли комбайн проходить над нею, чаша опиняється між передніми та задніми колесами, після чого її дістають і підраховують кількість зерен, що залишилися — це дає змогу оцінити втрати за комбайном.

Втрати від недомолоту визначають за кількістю необмолочених колосків у валках солом. Для цього з валка відбирають 50 колосків, перевіряють залишок зерна і порівнюють отримані результати з допустимими граничними показниками. Такі вимірювання повторюють тричі для забезпечення точності оцінки. За роздільного способу комбайнування процес збору здійснюється у дві фази. Спочатку валковими жниварками скошують хлібну масу у фазі воскової стиглості зерна та укладають її у валки. Після підсушування маси валки підбирають і обмолочують комбайнами, обладнаними спеціальними підбирачами. Такий підхід дозволяє розпочинати жнива на 5–10 днів раніше порівняно з прямим комбайнуванням, що зменшує втрати від осипання зерна та сприяє зниженню вологості як зерна, так і солом. Це створює сприятливі умови для подальшого зберігання та обробки врожаю.

Крім того, двофазне збирання скорочує загальні терміни жнив не лише завдяки більш ранньому початку, а й через підвищену продуктивність комбайнів під час підбирання валків — у середньому на 25–30% вище, ніж при однофазному збиранні. Такий спосіб також знижує енерговитрати на обмолот і післязбиральну обробку зерна. За своєчасного підбирання валків якість зерна за посівними та хлібопекарськими показниками дещо вища, ніж за прямого комбайнування.

Хлібна маса у валках зазвичай висушується протягом 3–6 діб. Найкращої якості зерно досягає, якщо збирання проводиться в середині фази воскової стиглості. Надмірне лежання валків, особливо за несприятливих

погодних умов, погіршує якість зерна, знижує вміст і якість клейковини. Оптимальним вважається збирання наприкінці воскової або на початку повної стиглості зерна. Затримка з підбиранням валків на 10 діб може призвести до зниження урожайності на 15%, а на 20 діб — до 30%.

Якість збирання зернових, зернобобових культур і рису значною мірою залежить від раціонального поєднання прямого та роздільного способів комбайнування. Вибір оптимальної технології для кожного господарства визначається станом хлібної маси на початку жнив, кліматичними умовами регіону та наявністю відповідної техніки.

До допустимих показників втрат зерна належать:

- загальні втрати за жнивваркою при полеглості хлібів до 20% — не більше 0,5%, а за умов повної полеглості — до 1,5%;
- втрати при підбиранні нормально покладених у валки хлібів — не більше 0,5%;
- втрати за молотаркою — не більше 1,5%.

Допустиме подрібнення зерна становить:

- для насіннєвого зерна — до 1%,
- для продовольчого — не більше 2%.

Чистота зерна, що надходить у бункер, має становити не менше 97% [8, 9, 10, 99].

## **1.2. Фактори пошкодження зерна під час використання сучасних техніко-технологічних рішень збирання**

Якість роботи зернозбиральних комбайнів визначається комплексом показників, серед яких основними є рівень загальних втрат зерна за молотаркою та чистота зерна, що надходить у бункер. Втрати зерна під час обмолоту та сепарації поділяють на прямі (неповоротні) й непрямі. Прямі втрати становить зерно, яке остаточно втрачається і не підлягає повторному

збиранню, тоді як до непрямих відносять зерно, що внаслідок механічного впливу втратило свої посівні, продуктивні або хлібопекарські властивості.

Як свідчать численні дослідження, у процесі збирання та післязбиральної обробки зерно піддається значним механічним навантаженням, що призводить до його травмування. Механічні пошкодження — макро- та мікродефекти — негативно впливають як на насіннєве, так і на продовольче зерно [60, 141]. До макропошкоджень належать зерна, які зазнали дроблення, сплюснення чи здавлення, тоді як мікропошкодження охоплюють порушення зародка, оболонки або ендосперму, а також приховані внутрішні дефекти — тріщини, вм'ятини й забиті місця.

Отримані експериментальні дані свідчать, що кількість зерен із макропошкодженнями зазвичай незначна, натомість частка мікропошкоджених зерен може сягати 50–80% і більше. Це суттєво знижує посівні, товарні та хлібопекарські якості продукції. Встановлено, що використання травмованого насіння під час сівби призводить до зниження врожайності: у середньому на 1 гектарі недобирають 0,5 т жита, 0,3 т ярого ячменю, 0,2 т ярої пшениці, 0,6 т вівса та 0,8 т кукурудзи. Згідно з розрахунками, кожні 10% травмованих насінин зменшують урожайність у середньому на 0,1 т/га [59].

Рівень травмування зерна під час обмолоту, сепарації та транспортування залежить від низки чинників. До них належать фізико-механічні властивості зернової маси, конструктивні параметри та тип молотильно-сепарувального пристрою (МСП), технологічні режими його роботи, налаштування основних вузлів комбайна, а також технічний стан елементів системи [142].

Як показують результати сучасних наукових досліджень, значний вплив на ступінь пошкодження зерна має тип молотильного апарату. Встановлено закономірність між частотою обертання робочих органів, інтенсивністю завантаження молотарки та рівнем мікротравмування насіння. Зокрема, експериментальні спостереження засвідчили, що у комбайнах з аксіально-роторним молотильним апаратом (КЗС-9Р «Славутич») травмування зерна

менше, ніж у машинах із барабанно-дековим типом молотильного апарату (комбайн «Дон-1500»), що пояснюється більш рівномірним розподілом зернової маси та зниженим динамічним навантаженням на зерно [61, 62, 131].

Отже, незважаючи на суттєвий прогрес у розвитку комбайнових технологій, рівень травмування зерна залишається проблемним аспектом. Подальше вдосконалення конструкцій МСП, систем подачі та транспортування зернової маси, а також оптимізація режимів обмолоту є ключовими напрямками мінімізації втрат якості зерна під час збирання.

Встановлено, що визначальний вплив на значення мікротравмування насіння відіграє частота обертання як ротора, так і барабана: мікротравмування насіння збільшується від 25–30% при значенні частоти обертання ротора  $520 \text{ хв}^{-1}$  до 45–50% при його частоті обертання  $810 \text{ хв}^{-1}$ ; мінімальні значення мікротравмування насіння, що складають 37–38% в діапазоні зміни частоти обертання барабана, на яких проводились дослідження, встановлено за частоти обертання  $n = 700\text{--}760 \text{ хв}^{-1}$ . Збільшення частоти обертання барабана до  $n = 820 \text{ хв}^{-1}$  призводить до відповідного підвищення рівня мікротравмування насіння на 4–6% [63].

Загалом відмічено, що в залежності від режимів роботи МСП зернозбиральних комбайнів "Дон-1500" та КЗС-9Р "Славутич" значення мікротравмування зерна знаходиться в межах 25–55% [63].

Дослідженнями збиральних агрегатів з жниварками обчісувального типу встановлено, що макро- та мікротравмування насіння в бункері комбайна "Джон Дір" з обчісувальною жниваркою "Шельбурн Рейнолдс" та кормозбирального комбайна "Росич" з обчісувальною приставкою складало: в першому агрегаті 3,33% та 19,25%, а в другому відповідно - 18,76% та 35,3% [105].

За результатами досліджень [64, 65, 66] встановлено, що найбільша частка травмування зернового матеріалу (приблизно 40% макропошкоджень і 60% мікропошкоджень) припадає на ділянку від молотильного барабана до зернового шнека, де основним джерелом ушкоджень виступає саме

молотильний барабан. Додаткового негативного впливу завдають робочі та транспортуючі органи системи домолоту, що підвищують загальний рівень пошкодження зерна.

Значний внесок у формування травмування зернової маси мають також робочі органи хедера комбайна. Їх частка в загальному рівні пошкодження становить близько 32% для макропошкоджень і 37% для мікропошкоджень.

Транспортуючі елементи зернової групи — зокрема зерновий шнек, елеватор і похилий шнек бункера — чинять помітний вплив на рівень макротравмування, який сягає приблизно 28% від загального показника. У свою чергу, величина мікропошкодження зерна під дією цих елементів зростає незначно — у межах 0,5–1%, що становить близько 3–5% від загального рівня пошкоджень [64, 65, 66].

За результатами проведених наукових досліджень встановлено, що понад 50% від загального рівня травмування насіння під час збирання припадає на робочі органи молотильного апарата зернозбирального комбайна [66]. Найбільш інтенсивне травмування зерна спостерігається у процесі проходження матеріалу через молотильний барабан, де поєднуються значні швидкісні навантаження, удари та стискальні зусилля.

У конструкції зернозбиральних комбайнів КЗС-9 «Славутич» між жниваркою та корпусом похилої камери розміщено проставку, яка виконує функцію вирівнювання потоку рослинної маси та полегшує монтаж жниварки. Проставка складається з корпусу та бітера, оснащеного ексцентриковим пальчиковим механізмом, який транспортує хлібну масу з жниварки в похилу камеру. У базовій конструкції цього комбайна на бітер не покладається функція попереднього обмолоту, однак він сприяє зменшенню нерівномірності подачі маси та, відповідно, зниженню рівня її травмування за рахунок покращення умов транспортування.

В сучасних комбайнах, в окремих моделях, проставка або її аналог виконує додаткову задачу — попереднє виділення зерна. Згідно з дослідженнями, застосування комбайнів з пристроєм попереднього виділення

зерна під час збирання пшениці дозволяє збільшити продуктивність в середньому на 24% без негативного впливу на якість зерна. Зокрема, показники подрібнення залишаються аналогічними серійним машинам [41, 67].

Більшість сучасних технічних рішень, націлених на реалізацію функції попереднього виділення зерна, зосереджено на збереженні біологічно цінного насіннєвого матеріалу до його надходження у молотильний апарат комбайна. Подібні конструктивні вдосконалення дозволяють значно знизити кількість травмованого зерна у загальному потоці та підвищити продуктивність і ефективність функціонування зернозбиральних машин [41, 66, 67].

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

#### **2.1. Оцінка пошкодження насіння, спричиненого збиральними комбайнами з різними системами обмолоту**

Пошкодження зерна під час збирання є одним із ключових факторів, що впливають на якість урожаю. Частка зерен із вираженими макротравмуваннями (дроблення, сплюснення, здавлення або відокремлення частини зернівки разом із зародком) зазвичай становить близько 3–5%. Значно більш поширеними є мікропошкодження — порушення цілісності оболонки, поява внутрішніх дефектів, таких як подряпини, вм'ятини чи мікротріщини, частка яких може сягати 50–80% і більше. Такий рівень пошкодження суттєво знижує посівні, продовольчі та технологічні властивості зерна.

Інтенсивність травмування зерна у процесах обмолоту, сепарації та транспортування залежить від комплексу чинників, серед яких визначальними є:

1. фізико-механічні характеристики зернової маси, що піддається обробці, — зокрема, вологість зерна та соломистої частини, співвідношення між масою зерна і соломи, морфологічні особливості зернівки, сортові відмінності та інші властивості;

2. конструктивні особливості та параметри робочих органів комбайнів і машин для післязбиральної обробки — їхні типи, розміри, форма й взаємне розташування, що визначають силу ударного та термічного впливу на зерно;

3. режими роботи та технологічні регулювання основних вузлів комбайна, насамперед молотильно-сепарувального пристрою — частота обертання барабана, величина зазорів, рівномірність подачі хлібної маси;

4. технічний стан елементів обладнання — зношеність бичів, планок, шнеків і скребків, яка безпосередньо впливає на стабільність обмолоту та рівень пошкодження зерна.

На ступінь травмування зерна під час обмолоту значний вплив мають видові та сортові особливості культури, а також її врожайність. З підвищенням вологості зерна кількість дроблених насінин зменшується, тоді як число сплюснених і мікропошкоджених збільшується. Важливу роль відіграють також морфологічні характеристики зерна, розміри та форма колосків, а також напрямок їх подачі в молотильний апарат.

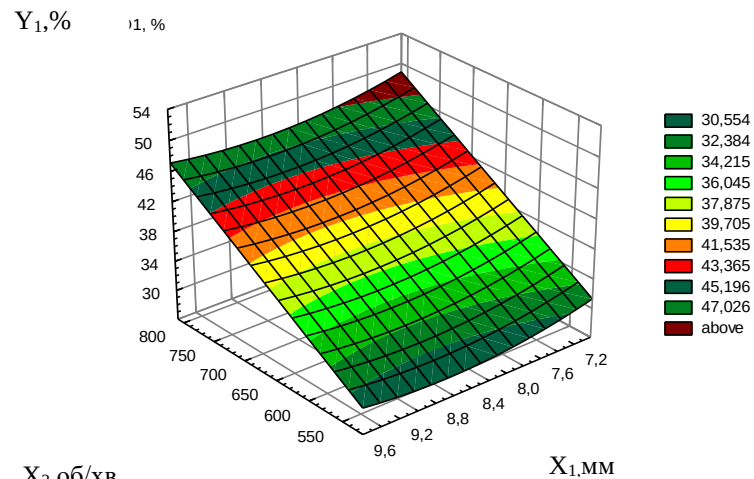
Упродовж останніх років проведено серію досліджень, спрямованих на визначення рівня травмування насіння різними схемами технологічного процесу зернозбиральних комбайнів. Зокрема, встановлено залежності частки мікропошкодженого зерна від режимів роботи робочих органів молотильного апарату та ступеня завантаження молотарки хлібною масою. Крім того, вивчався вплив заповнення бункера на механічні пошкодження зерна.

Досліди виконували під час прямого комбайнування ярого ячменю за таких умов: урожайність — 40 ц/га, вологість зерна — 14–15%, забур'яненість на фактичній висоті зрізу — 3–5%, співвідношення маси зерна та незернової частини — 1:0,92.

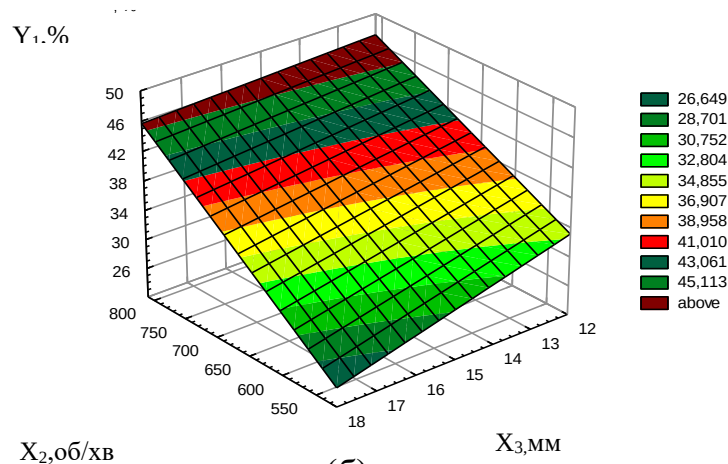
Дослідження впливу параметрів молотильного апарату аксіально-роторного типу на рівень мікропошкоджень зерна проводили на базі зернозбирального комбайна КЗСР-9 «Ротор». Було встановлено, що ключовим чинником впливу на мікропошкодження є частота обертання ротора: частка пошкодженого зерна зростає від 25–30% при частоті 520 хв<sup>-1</sup> до 45–50% при 810 хв<sup>-1</sup> (рис. 2.1, а–в).

Залежність між завантаженням молотарки і рівнем мікропошкодження насіння зберігається при всіх досліджуваних частотах обертання ротора, що свідчить про стабільний характер впливу цього параметра на якість обмолоту.

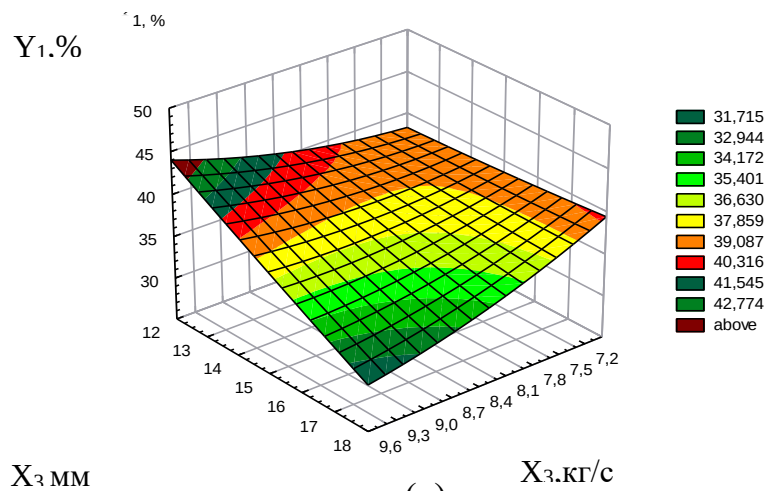
Для мінімізації мікропошкоджень насіння рекомендується зменшувати відстань між ротором і декою, а не підвищувати частоту обертання ротора (див. рис. 2.1, в). Експериментально встановлено, що недостатнє завантаження молотарки комбайн а на 30–40% призводить до збільшення відсотка насіння з мікропошкодженнями на 2–5%.



(a)



(б)



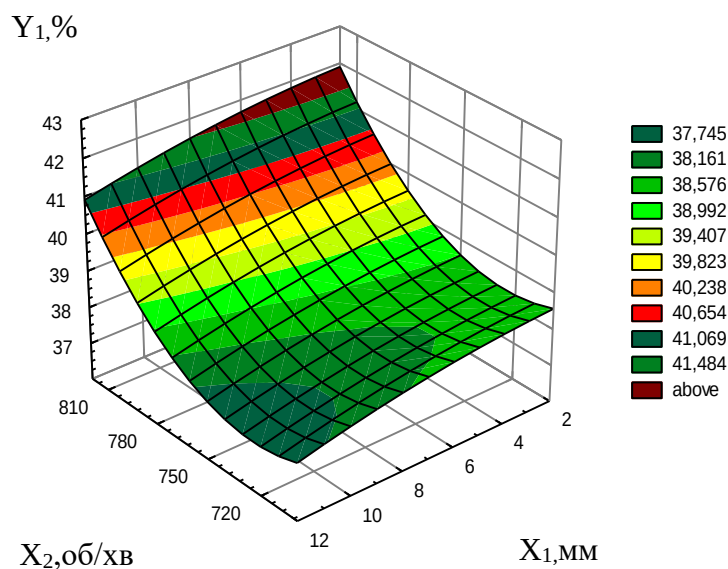
(в)

**Рис. 2.1. Взаємозв'язок між рівнем мікропошкоджень зерна та наступними експлуатаційними параметрами зернозбирального комбайна:**  
*обсягом подачі хлібної маси ( $X_1$ ) і швидкістю обертання ротора ( $X_2$ ) на рисунку (а); швидкістю обертання ротора ( $X_2$ ) і величиною зазору між ротором і декою ( $X_3$ ) на рисунку (б); обсягом подачі хлібної маси ( $X_1$ ) і величиною зазору між ротором і декою ( $X_3$ ) на рисунку (в)*

При підборі оптимальних режимів роботи молотильного апарату, з урахуванням мінімізації втрат і зниження мікропошкоджень насіння, доцільніше віддавати перевагу зменшенню зазорів між барабаном і декою, ніж підвищенню частоти обертання барабана.

Дослідження впливу параметрів молотильного апарату барабанно-декового типу на мікропошкодження зерна проводили на прикладі зернозбирального комбайна «Дон-1500». Було встановлено, що основним фактором, який визначає рівень мікропошкоджень насіння, є частота обертання барабана (рис. 2.2). Найнижчий рівень мікропошкоджень (37–38%) спостерігався в діапазоні 700–760 об/хв. Збільшення частоти до 820 об/хв призводить до зростання мікропошкоджень на 4–6%.

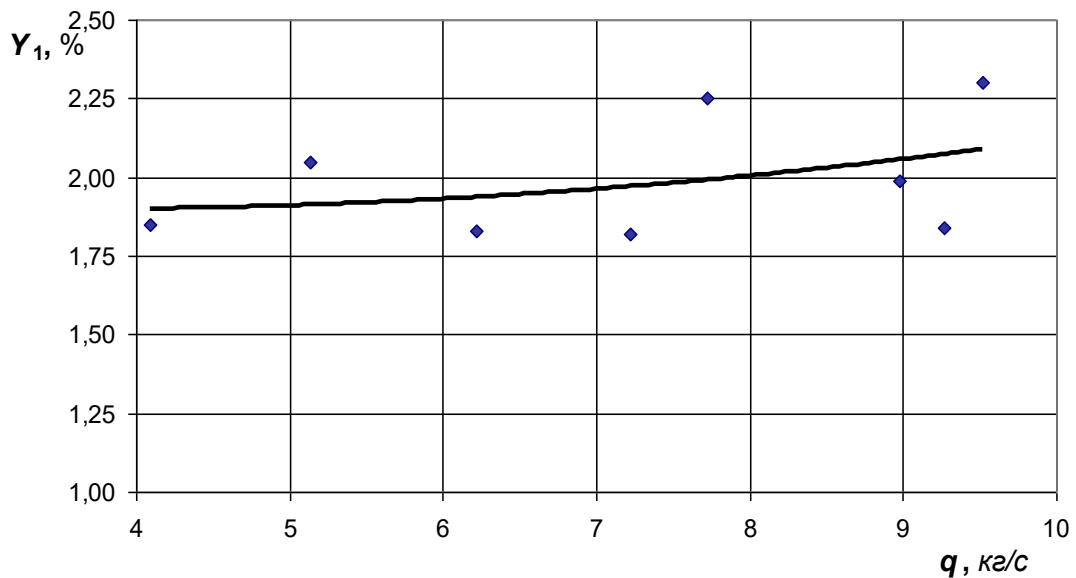
Таким чином, залежно від режимів роботи молотильно-сепарувальних пристроїв зернозбиральних комбайнів «Дон-1500» і КЗС-9Р «Славутич», частка мікропошкодженого зерна коливається в межах 25–55%, що підкреслює значну роль налаштувань апарату у забезпеченні якості збирання.



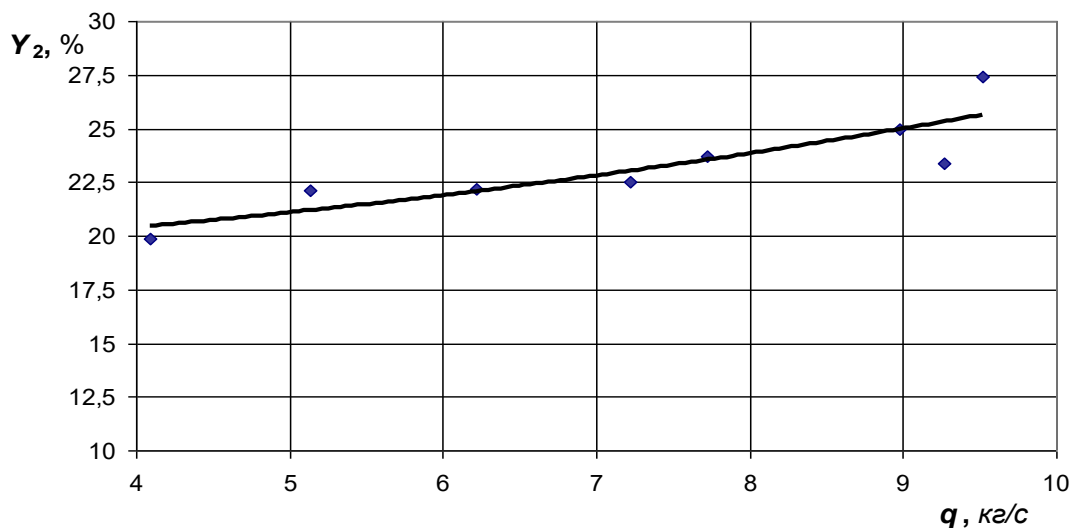
**Рис. 2.2. Кореляція між величиною мікропошкоджень насіннєвого матеріалу та двома факторами:**

*частотою обертання ротора ( $X_2$ ) і величиною зазору між ротором та підбарабанням ( $X_1$ )*

Експлуатація зернозбирального комбайна з перевантаженим бункером спричиняє загальне збільшення рівня мікротравмування насіння в межах 5-10%, а в окремих випадках – до 40%, у порівнянні з роботою комбайна з неповністю завантаженим бункером.



(а)



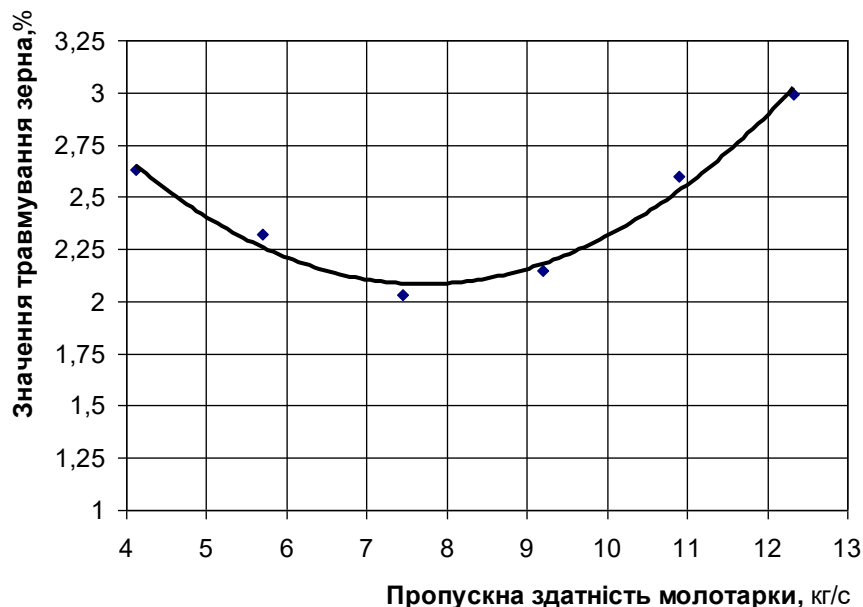
(б)

**Рис. 2.3. Вплив інтенсивності завантаження зернозбирального комбайна ( $q$ ) на рівень макротравмування ( $Y_1$ , графік а) та мікроушкоджень ( $Y_2$ , графік б) насіння, що надходить до накопичувального бункера комбайна КЗС-9 "Славутич"**

Дослідження впливу робочих органів комбайна з трибарабанною молотаркою на травмування зерна проводили під час збирання озимої пшениці. У ході експерименту оцінювали, як змінне завантаження молотарки впливає на рівень макро- та мікропошкоджень насіння. Дослідження виконували за умов прямого комбайнування з урожайністю 35 ц/га.

Швидкість руху комбайна варіювали в межах 0,9–2,3 м/с, що відповідало пропускній здатності 3,7–9,6 кг/с. Частка зерен із макротравмуваннями (рис. 2.3, а), які надходили в бункер комбайна, коливалася від 1,8 до 2,3%. Зі зростанням завантаження молотарки рівень травмування зерна збільшувався на всьому досліджуваному діапазоні. Рівень мікропошкоджень насіння (рис. 2.3, б) знаходився в межах 20–28%.

Результати експериментів щодо впливу завантаження молотарки на травмування зерна зернозбиральним комбайном КЗС-9М-1 «Славутич» із трибарабанною схемою обмолоту наведені на рис. 2.4. Дослідження проводили на озимій пшениці сорту «Поліська-90» за наступних параметрів: урожайність — 57,95 ц/га, співвідношення маси зерна та соломи — 1:1,10, вологість насіння — 9,0%, вологість соломи — 8–9%, температура повітря — 28–29°C.



**Рис. 2.4. Вплив продуктивності зернозбирального комбайна КЗС-9М-1 "Славутич" з трибарабаним молотильним апаратом на інтенсивність пошкодження зерна**

У зернозбирального комбайна КЗС-9М-1 «Славутич» з трибарабанною схемою обмолоту найнижчий рівень травмування насіння спостерігався при пропускній здатності близько 8 кг/с.

За результатами проведених експериментів встановлено наступні закономірності:

- у молотильному апараті аксіально-роторного типу підвищення частоти обертання ротора з 520 до 810 об/хв спричиняє збільшення частки мікропошкодженого насіння з 25–30% до 45–50%;
- у молотильному апараті барабанно-декового типу зростання частоти обертання барабана від 700–760 об/хв до 820 об/хв супроводжується збільшенням мікропошкоджень насіння з 37–38% до 41–44%;
- недовантаження молотарки на 30–40% призводить до підвищення рівня мікропошкоджень на 2–5%.

Аналіз експлуатації комбайна КЗС-9М-1 «Славутич» з трибарабанною системою обмолоту виявляє, що рівень макротравмування насіння, що потрапляє до бункера, варіюється в межах 1,8–2,3%, а мікропошкоджень – 20–28%. З огляду на необхідність зменшення пошкоджень та забезпечення високої якості зерна під час збирання, обґрунтованим є розробка національного зернозбирального комбайна насінневого призначення, конструктивно оптимізованого для мінімізації механічного травмування посівного матеріалу.

## **2.2. Модернізація молотильно-сепаруючої системи**

Відомий молотильно-сепаруючий механізм, що складається з молотильного ротора та розташованої під ним криволінійної деки, виконаної у формі сукупності сегментів, розміщених паралельно осі ротора і зафіксованих по радіусу кривої на рамі деки. Дека має в своїй структурі периферійні стаціонарні та центральні осцилюючі сегменти [129].

Функціонування даного молотильно-сепаруючого механізму відбувається таким чином: аграрна маса надходить у молотильний простір між

ротором і декою, де під впливом робочих елементів ротора просувається по поверхні деки. Процес обмолоту здійснюється в результаті імпульсної взаємодії робочих елементів ротора і переміщення маси по поверхні деки. Внаслідок періодичної дії бичів ротора і варіативної подачі маси в молотильний проміжок, періодичні імпульсні зусилля робочих елементів ротора, трансльовані через масу, впливають на деку та викликають осциляції сегментів деки, що сприяє оптимізації сепарації звільненого зерна.

Недоліком цього молотильно-сепаруючого пристрою є те, що імпульсні навантаження робочих органів барабана та нерівномірна подача маси на обмолот не синхронізовані між собою, а автоколивання секцій деки відбуваються випадковим чином, що призводить до неповного обмолоту. Наявність рухомих секцій знижує надійність роботи пристрою, підвищує енергоємність процесу та збільшує ризик засмічень і поломок при потраплянні твердих предметів у молотильний зазор.

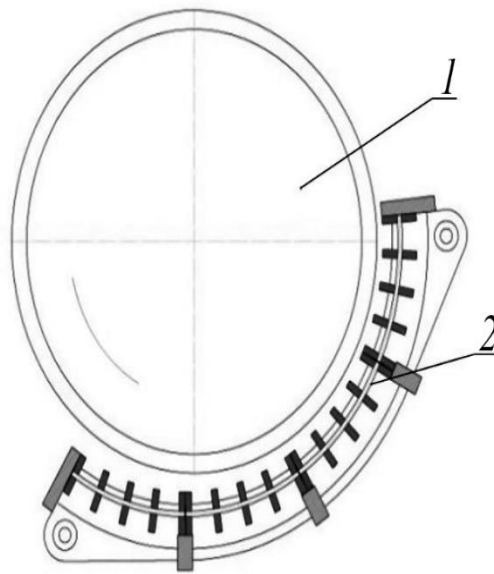
Існує також відомий молотильно-сепаруючий пристрій, який включає молотильний барабан та дугоподібну деку, виконану у вигляді ряду секцій, розташованих вздовж осі барабана та консольно закріплених на шарнірах до каркаса деки, причому їхні вільні кінці підпружинені [107].

У цьому пристрої маса, що надходить у молотильний зазор, піддається стиску в міру зменшення робочого зазору, причому допустимий рівень стиску визначається фізико-механічними властивостями маси та жорсткістю пружних елементів секцій деки. Зміна товщини шару маси по ширині та довжині деки спричиняє відповідні коливання робочих зазорів.

Застосування секційної деки, розташованої вздовж осі барабана та шарнірно закріпленої по радіусу дуги, дозволяє частково покращити процес сепарації та обмолоту лише за рахунок оптимізації робочого зазору в молотильно-сепаруючому пристрої.

Основні недоліки розглянутого молотильно-сепаруючого пристрою полягають у використанні деки з жорстким каркасом та шарнірно з'єднаними секціями. Важливим обмеженням є незмінність конфігурації робочої поверхні

деки при переході між різними культурами, що суттєво обмежує ефективність процесу обмолоту та сепарації зерна. Зокрема, фіксована геометрія отворів сепаруючої поверхні деки не дозволяє оптимізувати час перебування зерна в зоні обмолоту, що негативно впливає на загальну продуктивність. Ілюстративний приклад запропонованого технічного рішення молотильно-сепаруючого пристрою представлено на (рис. 2.5, 2.6, 2.7.).



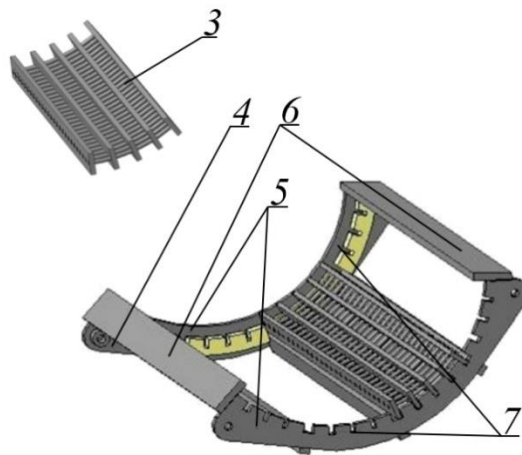
**Рис. 2.5. Принципова структура молотильно-сепаруючого пристрою**

Метою досліджень є створення удосконаленого молотильно-сепаруючого пристрою, в якому за рахунок зміни форми елементів конструкції та впровадження додаткових вузлів забезпечується ефективніше проведення обмолоту та сепарації зерна. Особливістю такого пристрою є застосування секційної деки з каркасом, у який швидко і легко вставляються змінні касетні секції. Кожна секція обладнана набором сепаруючих поверхонь з різними розмірами та формами комірок, що дозволяє підбирати оптимальну конфігурацію під конкретну культуру та її фізико-механічні властивості.

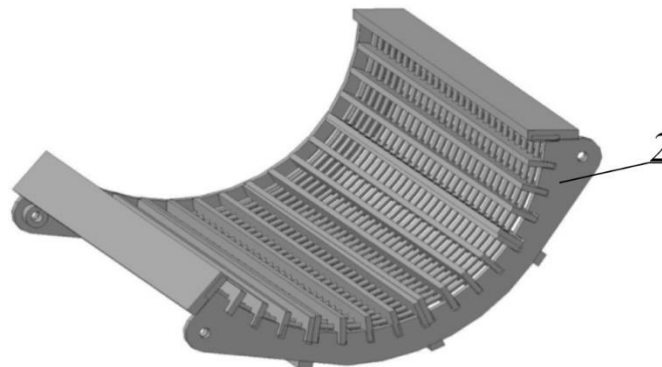
За необхідності можуть використовуватися секції з глухими рифленими поверхнями, що дозволяє контролювати інтенсивність обмолоту та мінімізувати травмування зерна. Така конструкція дає змогу враховувати сортові особливості, вологості та врожайність культури, оптимізувати умови подачі маси в

молотильний проміжок, а також забезпечує гнучке регулювання процесу сепарації для досягнення максимальної продуктивності.

Впровадження змінних секцій деки забезпечує підвищення інтенсивності обмолоту та сепарації, зменшення втрат зерна та покращення якості обмолоченого насіння. Крім того, така конструкція полегшує технічне обслуговування та заміну зношених елементів, що підвищує надійність і довговічність молотильно-сепаруючого пристрою в умовах різних агротехнічних режимів.



**Рис. 2.6. Конструкція молотильно-сепаруючого пристрою із секційною декою та каркасом**



**Рис. 2.7. Дека молотильно-сепаруючого пристрою із змінними секціями**

Поставлене завдання вирішується шляхом застосування молотильно-сепаруючого пристрою, який складається з молотильного барабана та розташованої під ним дугоподібної деки, виконаної у вигляді ряду секцій, що простягаються вздовж осі барабана та закріплені по радіусу дуги на каркасі деки. У відповідності з концепцією розробки, у дугоподібних ребрах каркаса

передбачені пази для встановлення секцій у вигляді змінних касет із різноманітними робочими поверхнями.

Така конструкція дозволяє враховувати специфіку культури, що обмолочується, та легко підбирати й змінювати секції з відповідними робочими поверхнями. Це дає змогу коригувати експозицію та інтенсивність обмолоту зерна в молотильному проміжку, а також підвищувати ефективність сепарації зерна через решітку деки. Для культур, які легко обмолочуються, експозиція та інтенсивність обмолоту зменшуються, а сепарація — зростає. Для важко обмолочуваних культур, навпаки, збільшується інтенсивність і тривалість обмолоту, а сепарація знижується.

Молотильно-сепаруючий пристрій складається з молотильного барабана 1 та дугоподібної деки 2, що охоплює барабан і містить змінні секції 3, закріплені в каркасі 4. Каркас деки включає дугоподібні ребра 5, жорстко з'єднані з поздовжніми планками 6. Пази 7, виконані по радіусу дуги ребер, забезпечують встановлення та фіксацію змінних секцій.

Принцип дії пристрою базується на подачі маси для обмолоту в простір між барабаном і декою. При вході маса зазнає ударного впливу робочих елементів барабана та проходить вздовж робочих поверхонь секцій деки, де відбувається обмолот і відділення зерна. За потреби секції легко замінюються шляхом їх виймання з гнізд і встановлення інших.

Ефективність обмолоту на початку простору значно вища, ніж в кінці, що зумовлено меншою швидкістю маси на вході та конструкцією робочих поверхонь змінних секцій. Робоча поверхня секцій відчутно впливає на швидкість переміщення маси, тривалість обмолоту, інтенсивність обмолоту та відділення зерна. Застосування комплекту секцій із різними структурами поверхні та врахування характеристик матеріалу дає можливість регулювати інтенсивність обмолоту і відділення, підвищуючи продуктивність і якість роботи молотильно-сепаруючого пристрою.

### 2.3. Обґрунтування показників відділення зерна жнивваркою з пристроєм попереднього обмолоту

Наші експерименти показали, що можливо відокремити 30-32% зерна вже на початкових етапах його переміщення до молотильно-сепаруючого пристрою (МСП) комбайна. Ми створили пристрій для попереднього вибивання зерна, який встановлено в похилій камері жатки зернозбирального комбайна КЗС 9-1 (див. розділ 4).

Дієвість запропонованого пристрою попереднього обмолоту зерна жатки (шириною 6м) пропонується визначати як відношення кількості відокремленого ним зерна до загальної кількості зерна, що поступає з поля (дослідної ділянки).

$$k_e = \frac{m_3}{m_{оч.з}} \quad (2.1)$$

Де  $m_3$  – значення маси відокремленого зерна, отримане експериментальним шляхом, кг;

$m_{оч}$  – розрахована маса зерна, що має надійти в похилу камеру пристрою під час проведення дослідів, кг.

Даний інтегральний показник комплексно відображає узгодженість у функціонуванні системи збирання та обмолоту сільськогосподарської культури, враховуючи взаємодію ряду техніко-експлуатаційних характеристик комбайна з агробіологічними чинниками.

Коефіцієнт сепарації зерна від колоса  $k_b$ , у поєднанні з абсолютним значенням маси виділеного зерна  $m_3$ , дозволяє провести комплексну оцінку конструкторсько-технологічного та технічного рішення, що стосується пристрою попереднього обмолоту зерна.

На пристрій попереднього обмолоту зерна подається загальна маса зернової суміші, обсяг якої відповідає масі, що надходить до молотильного апарату. Відповідно до літературних джерел [1-6], обсяг цієї маси (продуктивність,  $q$ , кг/с) визначається за допомогою залежності:

$$q = \frac{Bk_{нов} v_M Q}{360}, \quad (2.2)$$

де  $Q$  - загальна врожайність зерна і соломи, ц/га:  $Q = Q_z + Q_z\beta$ ,

$Q_z$  - врожайність зерна, ц/га;

$\beta$  – масова частка соломи відносно врожайності зерна;

$B$  – ширина захвату жниварки, м;

$v_m$  – швидкість руху комбайна, км/год;

$k_{пов}$  – ефективність використання ширини захвату жниварки, і його значення, отримані експериментальним шляхом, знаходяться в діапазоні 0,94-0,99.

Площу кожної ділянки, обробленої зернозбиральним комбайном у межах кожного експерименту, обчислювали за формулою:

$$S_d = B \cdot l_i \cdot k_{пов},$$

де  $l_i$  – довжина відповідної ділянки, м. Слід зазначити, що  $l_i = t_i v_{Mi}$ ,

де  $t_i$  та  $v_{Mi}$  – відповідно, час та швидкість пересування комбайна на  $i$ -тій ділянці.

Отже, загальний вираз для обчислення площі досліджуваної ділянки матиме вигляд:

$$S_d = B t_i v_{Mi} k_{пов}, \text{ м}^2.$$

Припускаючи  $m_{пит}$  – позначає питому продуктивність, виражену як масу врожаю з одиниці площі (кг/м<sup>2</sup>), очікувана загальна маса зерна, зібраного з досліджуваної ділянки, може бути обчислена, виходячи з величини  $m_{з.оч} = m_{пит} \cdot S_d = m_{пит} \cdot B \cdot l_i \cdot k_{пов}$ , кг, а соломи –  $m_{с.оч} = B \cdot m_{пит} \cdot l_i \cdot k_{пов} \cdot \beta$ , кг.

Урожайність зерна та соломи з одиниці площі, виражена в центнерах на гектар (ц/га), може бути представлена як:

$$Q = Q_z + Q_z\beta = 100 \cdot m_{пит} (1 + \beta) \quad (2.3)$$

За умови врахування вищезазначеного, вираз може бути представлений у такому вигляді,

$$q = \frac{B k_{пов} v_{Mi} Q}{360} = \frac{B k_{пов} v_{Mi} 100 m_{пит}}{360} (1 + \beta) = \frac{5 B k_{пов} v_{Mi} m_{пит}}{18} (1 + \beta) \quad (2.4)$$

враховуючи попередньо встановлені положення,

$$m_{3.оч} = \frac{18ql_i}{5v_{M_i}(1+\beta)} \quad (2.5)$$

Після здійснення заміни, ми отримуємо

$$k_B = \frac{m_3}{m_{оч.з}} = \frac{5m_3}{18ql_i} v_{M_i} (1+\beta) \quad (2.6)$$

Виявлено функціональну залежність (2.6) коефіцієнта сепарації зерна від колоса  $k_B$ , яка, у поєднанні з питомою масою даного зерна  $m_3$  (віднесеною до одиниці площі), надає можливість комплексної оцінки конструктивно-технологічних і технічних рішень, що стосуються пристрою попереднього виділення зерна.

У результаті проведених досліджень, використовуючи розрахунково-експериментальний підхід, було змодельовано процес відокремлення зерна. Отримано співвідношення, які показують, як коефіцієнт відокремлення зерна  $k_B$  залежить від різних факторів, а саме: (кількості відокремленого зерна, швидкості пересування комбайна, відносної кількості соломи, навантаження на комбайн та протяжності досліджуваної ділянки).

#### **2.4. Методичний підхід до оцінки втрат посівних і товарних властивостей насіння пшениці**

У ході досліджень оцінювалися основні показники якості насіння пшениці, зокрема енергія проростання, схожість та частка пошкодженого насіння в загальній масі, що безпосередньо впливає на технологічні властивості зерна як сировини для подальшої переробки.

Для визначення енергії проростання та схожості формувалися чотири проби по 100 насінин з кожного зразка. Насіння рівномірно розкладалося на три шари зволоженого фільтрувального паперу у спеціальних ємностях (чаші Коха, чашки Петрі) і поміщалося у темне приміщення. Визначення енергії проростання проводилося на третю добу після початку пророщування, а

схожості – на сьому добу. Оцінювання виконували відповідно до вимог ДСТУ 2240-93 [90].

Як підстилку для пророщування використовували зволожений пісок або фільтрувальний папір. Папір змочували до насиченої вологоємкості, даючи стекти надлишкам води. Пісок перед використанням промивали та знезаражували прожарюванням, після чого зволожували до 60% повної вологоємкості, а для крупнонасінних культур – до 80%. Пісок або папір укладали в ростильні ємності (чаші Коха, Петрі) на висоту приблизно дві третини [91].

Насіннєвий матеріал висівали рівномірно на глибину від пів сантиметра до півтора сантиметрів. Для цього використовували спеціальний пристрій або робили це вручну, попередньо розмітивши ділянки. Якщо насіння потрапляло на піщану основу, його злегка притискали, щоб вирівняти з поверхнею. В кожному ємності для пророщування висівали дві партії насіння, маркуючи їх номером та датою проведення аналізу на енергію проростання і схожість [10, 11].

Потім керамічні та пластикові ємності накривали склом, а чашки Петрі – відповідними кришками. Все це розміщували в термостаті, де підтримували необхідні параметри температури, вологості та циркуляції повітря. Для таких культур, як пшениця, жито, ячмінь, овес, горох, конюшина та інших, забезпечували стабільну температуру в 20°C. Натомість, просо, кукурудзу, гречку, соняшник, буряки та деякі інші культури пророщували, чергуючи температуру: 6 годин при 30°C та 18 годин при 20°C [10, 11].

При встановленні показника енергії проростання враховуються лише зерна з типовими ознаками проростання та зерна, що зазнали гниття. Після здійснення обліку зазначені зерна видаляються з субстрату, а отримані дані заносяться до робочого протоколу.

По завершенні терміну пророщування всі проростки класифікують за якістю на три категорії: а) нормально пророслі; б) непророслі; в) несхожі [126, 121].

До категорії нормально пророслих відносять насіння з добре розвиненим коренем або головним зародковим корінцем, здоровим виглядом, правильно сформованим підсім'ядольним та надсім'ядольним коліном, наявністю верхівкової бруньки, двома сім'ядолями у двосім'ядольних культур та першими листками у злакових, що займають щонайменше половину довжини колеоптиля; допускаються проростки з незначними дефектами [2].

До категорії не пророслого насіння зараховується набубнявіле зерно, що не виявило ознак проростання до моменту завершального обліку схожості, але характеризується збереженням здорового зовнішнього вигляду та пружністю при натисканні пінцетом. Також до цієї групи належить насіння багаторічних бобових культур, позбавлене плодових оболонок, але з візуально здоровими сім'ядолями. Крім того, до не пророслого насіння відноситься так зване тверде насіння, яке залишається не набубнявілим та незмінним зовні протягом всього періоду визначення схожості [2].

До групи нетипового насіння зараховують: насіння, уражене гниттям, з розм'якшеним ендоспермом, що розклався, із потемнілим або загнилим зародком; проростки з частково або повністю згнилою кореневою системою, сім'ядолями, брунькою, гіпокотилем, епикотилем; а також насіння з аномальним проростанням, що характеризується одним із наступних відхилень у розвитку проростка: відсутність або недостатня кількість зародкових корінців (менше встановленого стандарту), їх вкороченість, затримка росту, слабкість, спіральна деформація, водянистість; вкорочений головний зародковий корінець з новоутвореннями, зупинкою росту, видовжений, ниткоподібний, веретеноподібний, з поздовжньою тріщиною або пошкодженням провідних тканин, водянистий, роздвоєний, сегментований; колеоптиль порожній, з розщелиною, коротший за листки, деформований або відсутній; первинні листочки займають менше половини колеоптиля або етіюльовані, недорозвинені або поздовжньо розщеплені, веретеноподібні, водянисті, з призупиненим ростом; відсутня або загнила брунька; гіпокотиль вкорочений та потовщений, скручений, зігнутий, водянистий, з ураженням провідних тканин; епикотиль вкорочений і потовщений, скручений, з

перетяжками, відкритими щілинами, ураженими провідними тканинами; значна або повна втрата обох сім'ядоль, їх аномальне збільшення при укороченому коліні, слабкий розвиток сім'ядолі [2, 3].

При визначенні енергії проростання та схожості насіння пшениці особливу увагу приділяють зерну, ураженому плісневими грибами. Схожість розраховують як середнє арифметичне результатів пророщування чотирьох проб, за умови, що відхилення не перевищують допустимі норми ДСТУ. Якщо один із зразків демонструє перевищення допустимих відхилень, обчислення проводять за трьома зразками; у випадку двох зразків з перевищеннями схожість визначають повторно. Середнє арифметичне значення кількості пророслого, непророслого та несхожого насіння обчислюють із точністю до десятих часток відсотка [9, 10].

Додатково дослідження проводили для насіння, відібраного з різних ділянок зернозбирального комбайна після проходження повного циклу обмолоту. Мета полягала у визначенні впливу конкретних робочих органів комбайна, технологічних операцій та процесів на якість насіння.

Оцінка пошкодження ядер насіння виконувалася за наявності тріщин оболонки або змін кольору. Для цього з кожного дослідного зразка формували чотири проби по 100 насінин, після чого визначали відсоток зерен із тріщинами та зміненним кольором відносно загальної кількості насіння в пробі.

Оцінювання зміни забарвлення здійснювалося шляхом порівняння кольору обробленого зразка насінини, після застосування відповідної технологічної операції, з контрольним зразком, який не зазнавав впливу робочих елементів.

Ступінь механічного травмування насіння внаслідок впливу робочих органів комбайна визначався шляхом порівняльного аналізу кількості ушкодженого насіння до та після експерименту. До категорії пошкоджених належали розколоті та роздавлені насінини, ті, що мають тріщини, мікропошкодження та заглиблення на поверхні й краях, а також деформовані

( $C_{\delta}$ , %) насінини з ушкодженими кінчиками. Кількість пошкоджених насінин визначалася за розрахунковою формулою:

$$C_{\delta} = \left( \frac{\sum a_{\delta}}{\sum a_c + \sum a_{\delta}} - \frac{\sum a_{\delta.n}}{\sum a_{c.n} + \sum a_{\delta.n}} \right) 100, \quad (2.7)$$

де  $\sum a_{\delta}$  - маса пошкодженого насіння, г;

$\sum a_c$  - маса кондиційного насіння, г;

$\sum a_{\delta.n}$  - маса пошкодженого насіння у вихідній пробі, г;

$\sum a_{c.n}$  - загальна маса кондиційного насіння у вихідній пробі, г.

Отримані експериментальні дані фіксуються у відповідних таблицях.

## **2.5. Дослідні результати зміни якісних характеристик насіння пшениці**

### **2.5.1. Визначення інтенсивності пошкодження насіння зернової культури під час попереднього обмолоту**

Методика оцінки рівня травмування зерна пшениці, виділеного пристроєм попереднього обмолоту, відповідає встановленим нормам.

Об'єктом дослідження слугував посівний матеріал пшениці з мінімальним рівнем засміченості (1-2% від загальної маси) та високим показником схожості неушкодженого насіння (97-98%).

В рамках наукової програми проводилось порівняльне тестування серійної зернозбиральної машини з експериментальною моделлю, модифікованою шляхом внесення наступних конструктивних змін: жатка з встановленим відбійним бітером під барабаном, жатка з двома додатковими планками на барабані, жатка з чотирма додатковими планками на барабані, та жатка без планок на барабані.

Для оцінки ступеня травмування зерна робочими органами обмолочувального апарату (експериментальної жатки) в ході всього

технологічного процесу, з бункера комбайна було відібрано зразок зерна. Мікропошкодження оцінювалися за наступними критеріями: ушкодження перикарпію зерна; ушкодження зародка; збереженість цілісності насіння.

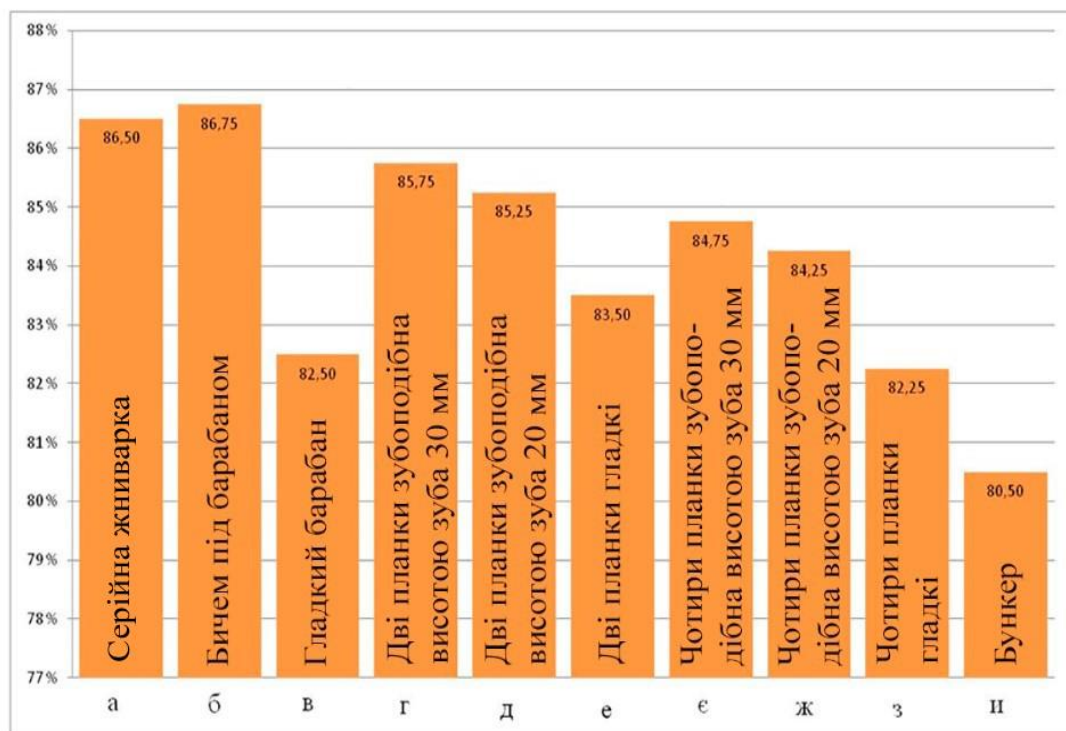
Середній показник травмування перикарпію зерна для серійної жатки склав 10,5%. Експериментальні зразки продемонстрували наступні значення: жатка з бичем під барабаном – 9,5%; жатка з двома додатковими планками на барабані – 7,25%; жатка з чотирма додатковими планками на барабані – 10,25%; жатка без планок на барабані – 11,25%. Найбільший ступінь травмування перикарпію зерна зафіксовано у жатки без планок на барабані – 11,25%. Це пояснюється збільшенням тривалості взаємодії вільного зерна, відокремленого від зерно-стеблової маси (ЗСМ), з рухомих шаром цієї маси, що подається, через відсутність планок на барабані (гладкий барабан). Зерно-стеблова маса ковзає по шару відокремленого зерна. Слід зазначити, що за відсутності планок час перебування та товщина шару зерна є більшими, ніж у конструкціях з планками. Це створює умови для багаторазового динамічного впливу ЗСМ (коливання товщини шару як ЗСМ, так і відокремленого зерна) на шар відокремленого зерна, що призводить до збільшення показника ушкодження перикарпію зерна. Мінімальний показник травмування перикарпію зерна було зафіксовано у жатки з двома додатковими планками на барабані – 7,25%. Значення середнього показника ушкодження перикарпію зерна для серійної жатки та експериментальної жатки з чотирма додатковими планками на барабані були порівняно близькими. Результати дослідження показника травмування перикарпію зерна представлені на рисунку 2.8.

У процесі дослідження пошкодження зерна жниварками різних конструкцій було встановлено наступне. Серійна жниварка та жниварка з модифікацією у вигляді встановленого бича під барабаном продемонстрували зіставні середні показники травмування зародка – 3% та 3,75% відповідно. Встановлено, що застосування двох та чотирьох додаткових планок на барабані призводить до збільшення середнього показника пошкодження зародка, який

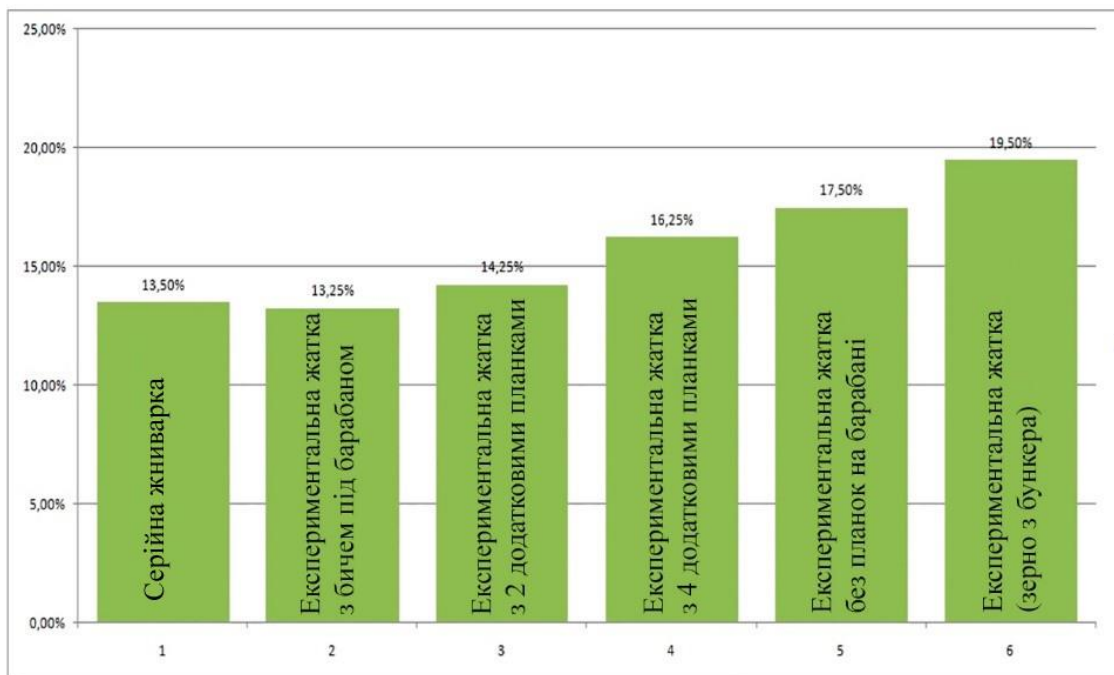
склав 7% та 6% відповідно. Жниварка без планок на барабані показала середній показник пошкодження зародка на рівні 6,25%.

Найвищий сумарний рівень мікропошкодження зерна зафіксовано у експериментальній жниварці без планок на барабані – 17,5%, що, імовірно, зумовлено специфікою конструкції барабана та її впливом на динаміку транспортування і процесу відділення зерна від колосу. Жниварка з чотирма додатковими планками на барабані продемонструвала дещо нижчий показник мікропошкодження – 16,25%, тоді як жниварка з бичем під барабаном – 13,25%, а жниварка з двома додатковими планками – 14,25%. Показник мікропошкодження зерна серійної жниварки склав 13,5%.

Відповідно до результатів дослідження мікропошкодження зерна, найвища частка цілого насіння спостерігалася у жниварки з встановленим бичем під барабаном (86,75%). Серійна жниварка продемонструвала дещо нижчий показник – 86,5%. Жниварки з двома та чотирма додатковими планками на барабані показали відповідно 85,75% та 83,75% цілого насіння, а жниварка без планок на барабані – 82,5%.



**Рис. 2.8.** Порівняльна діаграма мікропошкодженості насіння пшениці при використанні різних варіантів барабанів у пристрої попереднього обмолоту



**Рис. 2.9. Візуалізація даних щодо мікропошкоджень у насінні пшениці, отриманих у результаті дослідження**

За сукупним показником мікропошкоджень зерно, відібране з бункера зернозбирального комбайна, характеризувалося найбільш високим значенням – 80,5% (пошкодження оболонки – 14%, пошкодження зародка – 5,5%), що на 6,25% перевищує відповідний показник для жнивarki з встановленим бичем під барабаном, на 6% – для серійної жнивarki, на 5,25% – для жнивarki з двома додатковими планками на барабані та на 3,25% – для експериментальної жнивarki з чотирма додатковими планками на барабані.

### **2.5.2. Оцінка показників енергії проростання та схожості насіння зерна за результатами експериментальних досліджень**

Для визначення показників енергії проростання та схожості насіння пшениці з кожного дослідженого зразка відбирали по чотири проби, що містили по 100 насінин. Насіння розміщували у три шари на зволоженому фільтрувальному папері, який укладали у спеціальні посудини — чашки Коха або Петрі, після чого їх поміщали у темне середовище, сприятливе для проростання. Визначення енергії проростання здійснювали за кількістю

нормально пророслого насіння через три доби від початку експерименту, а показник схожості — через сім діб. Усі вимірювання проводили відповідно до вимог ДСТУ 2240-93 [110, 143].

Оцінювання результатів здійснювали у відсотках. Схожість і енергію проростання обчислювали як середнє арифметичне чотирьох паралельних визначень, оскільки відхилення між окремими результатами не перевищували допустимих значень, наведених у таблицях 2 та 3 ДСТУ 2240-93.

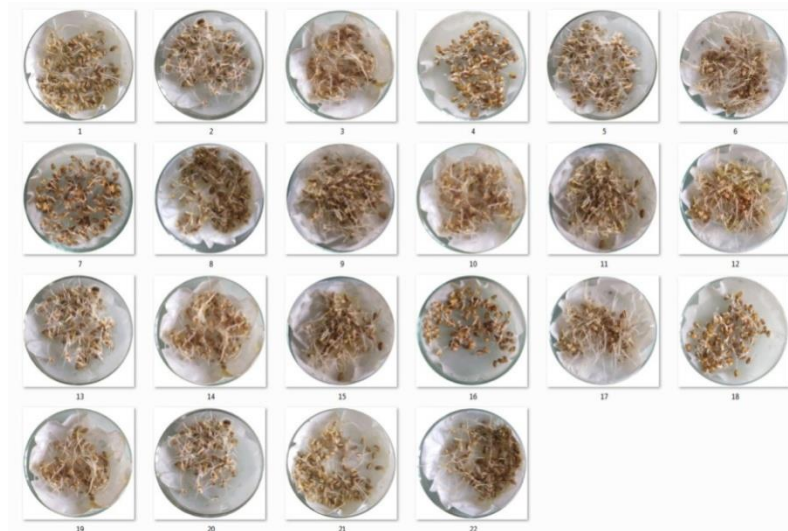
Додатково експериментальні дослідження проводили для зразків насіння пшениці, відібраних у різних зонах зернозбирального комбайна після проходження ними повного циклу обмолоту. Основною метою було з'ясувати, як різні робочі органи комбайна та особливості технологічного процесу впливають на якість насіннєвого матеріалу.

За результатами експериментів встановлено, що середнє значення енергії проростання насіння, зібраного як серійною жниваркою, так і дослідними модифікаціями (жниварка з бичем під барабаном, із гладким барабаном, з барабаном, оснащеним двома або чотирма планками), коливалося у межах 88–98%. Зміна швидкості руху комбайна істотно не впливала на ці показники, що пояснюється високою врожайністю культури (близько 55 ц/га) та стабільною пропускною здатністю машини на рівні 8–10 кг/с.

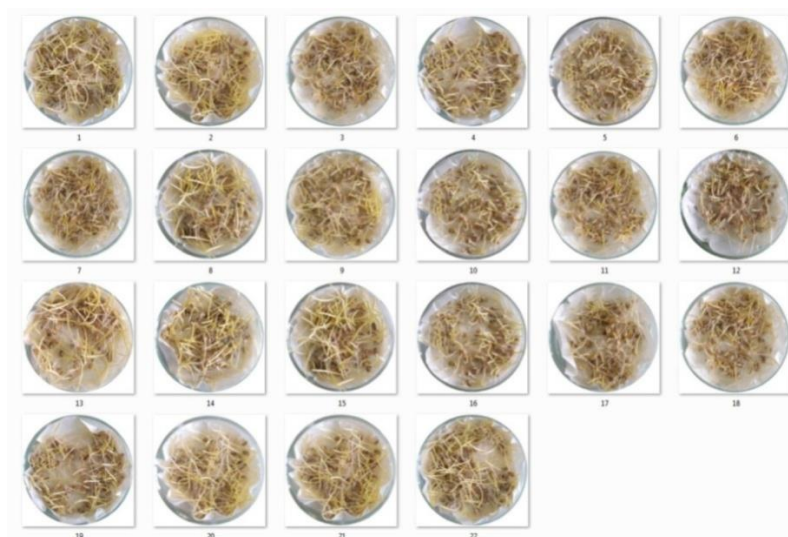
Під час роботи експериментальних моделей жниварки з бичем під барабаном, гладким барабаном або барабаном із двома планками спостерігалось незначне зниження транспортуючої ефективності похилої камери. При підвищенні швидкості руху комбайна відбувалося накопичення маси над камерою та її викидання назовні, що змушувало механізатора зменшувати швидкість для стабілізації процесу подачі матеріалу.

Отримані дані свідчать, що середньоарифметичне значення енергії проростання насіння, зібраного серійною жниваркою, становило 91–95%. Для жниварки з бичем під барабаном цей показник дорівнював 88–96%, із гладким барабаном — 93–96%, із барабаном із двома планками — 93–95%, а з чотирма планками — 95–98%. Результати вимірювань показників у кожному з

експериментів, що проводилися в чотирьох повторностях, демонстрували допустиме розходження, яке не перевищувало меж похибки, встановлених у таблицях 2 та 3 ДСТУ 2240-93.



а)



б)

**Рисунок 2.10 Результати спостереження за проростанням насіння пшениці:**

*а – визначення енергії проростання (3-тя доба); б – оцінка схожості (7-ма доба)*

Енергія проростання необмолоченого зерна (зі снопа) характеризувалася середнім арифметичним значенням 99%, тоді як для зерна, відібраного з бункера комбайна, цей показник знизився до 92%. Найбільші значення енергії проростання відзначено для зерна, обмолоченого жнивваркою з

чотирипланковим барабаном, де відповідний показник коливався в межах 95-98%. Дослідження показали, що проходження зерна через технологічну схему комбайна призводить до зниження його енергії проростання в 1,13 – 1,15 рази.

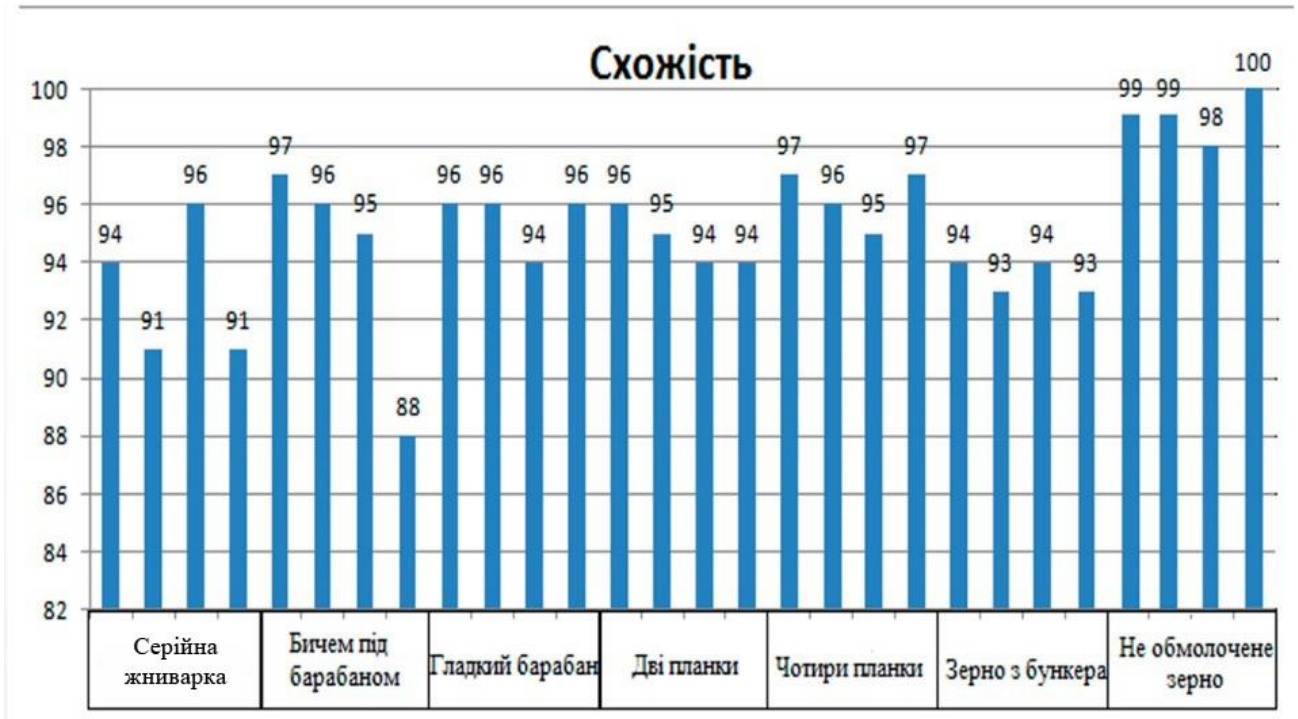
Показники схожості зерна в усіх досліджених зразках не демонстрували статистично значущих відмінностей від середніх арифметичних значень енергії проростання (рис. 2.11).



**Рис. 2.11. Енергія проростання насіння пшениці, відділеного пристроєм попереднього обмолоту при зміні типу барабанів**

Відповідно до результатів експериментальних досліджень (рис. 2.11, 2.12), встановлено, що усереднені значення енергії проростання зерна, отриманого як за допомогою серійної жниварки, так і експериментальних зразків (зокрема, жниварки з бичем під барабаном, жниварки з гладким барабаном, жниварки з барабаном із двома планками та жниварки з барабаном із чотирма планками), варіюються в діапазоні від 88 до 98%. Зокрема, для зерна, зібраного серійною жниваркою, усереднений показник енергії проростання склав 91-95%, для жниварки з бичем під барабаном – 88-96%, для жниварки з гладким барабаном – 93-96%, для жниварки з барабаном, що

містить дві планки – 93-95%, а для жнивarki з чотирма планками – 95-98%. Усереднене значення енергії проростання для необмолоченого зерна (із снопа) становило 99%, а для зерна, отриманого з бункера комбайна – 92%.



**Рис. 2.12. Порівняльна діаграма показників схожості насіння пшениці після попереднього обмолоту за використання різних конструкцій експериментальних барабанів**

У ході дослідження встановлено, що максимальні значення енергії проростання зерна спостерігалися при використанні жнивarki, обладнаної барабаном з чотирма планками, досягаючи 95-98%.

Аналіз показника цілісності насіння виявив наступні результати: жнивarka з бичем під барабаном продемонструвала результат 86,75%; серійна жнивarka – 86,5%; жнивarka з двома додатковими планками на барабані (зубоподібний профіль, висота зуба 30 мм) – 85,75%; жнивarka з чотирма додатковими планками на барабані (зубоподібний профіль, висота зуба 30 мм) – 83,75%; жнивarka без планок на барабані – 82,5%.

Оцінка інтегрального показника мікропошкоджень зерна з бункера зернозбирального комбайна виявила найвищі значення – 80,5% (пошкодження

оболонки – 14%, пошкодження зародка – 5,5%). Це на 6,25% гірше, ніж у жниварки з встановленим бичем під барабаном, на 6% гірше, ніж у серійної жниварки, на 5,25% гірше, ніж у жниварки з двома додатковими планками на барабані (зубоподібний профіль, висота зуба 30 мм), і на 4,25% гірше, ніж у експериментальної жниварки з чотирма додатковими планками на барабані (зубоподібний профіль, висота зуба 30 мм).

## РОЗДІЛ 3

### ОХОРОНА ПРАЦІ

До керування комбайнами допускаються лише особи, яким виповнилося 18 років і які мають відповідне водійське посвідчення тракториста-машиніста.

У певних випадках, до роботи можуть бути допущені особи віком від 17 років за умови наявності:

- дозволу від медичної комісії;
- погодження профспілкового органу;
- водійського посвідчення тракториста-машиніста.

Тривалість робочого тижня для неповнолітніх працівників не повинна перевищувати 36 годин.

Перед початком жнив, комбайнер та інші члени бригади повинні пройти обов'язковий інструктаж з питань безпеки праці безпосередньо на робочому місці, що фіксується у спеціальному журналі.

Забороняється змінювати одяг поблизу працюючих механізмів.

Підготовка поля, розподіл на ділянки, формування прокосів та обкосів повинні здійснюватися лише протягом світлого часу доби.

Категорично заборонено встановлювати додаткові місця для сидіння на комбайні.

Керування комбайном у стані алкогольного сп'яніння неприпустиме.

#### **3.1 Ідентифікація та моделювання небезпечних факторів під час виконання механізованих операцій**

Перед початком обслуговування комбайна необхідно перевірити технічний стан і регулювання основних вузлів та агрегатів. Особлива увага приділяється наявності та справності захисних огорожень на ланцюгових, пасових і карданних передачах. Відсутність хоча б одного елемента огороження робить комбайн небезпечним для роботи, тому його експлуатація

заборонена.

Перевіряють надійність кріплення рульової колонки, рульової сошки та рульових тяг (повздовжніх і поперечних), а також справність шплінтів. Люфт керма не повинен перевищувати  $15^{\circ}$ . Необхідно контролювати стан гальм, кріплення ведучих коліс, а також затягування гайок дисків і ободів коліс. Будь-яка відсутність кріпильного елемента є підставою для припинення роботи.

Вільний хід педалі гальм і муфти зчеплення повинен відповідати нормативам заводу-виготовлювача. При накачуванні шин контролюють тиск повітря і доводять його до рекомендованого рівня. Для запобігання самовільного включення передач слід відрегулювати блокуючий механізм. Підтікання масла в гідравлічній системі є неприйнятним.

Акумуляторні батареї потребують надійної фіксації та герметизації кришкою, пробки повинні бути затягнуті з належним зусиллям, а клема оброблені тонким шаром технічного вазеліну для запобігання корозії. Під час інспектування рівня та густини електроліту слід запобігати його контакту зі шкірою та одягом; у випадку потрапляння – негайно промити уражену ділянку водою з милом. У процесі приготування електроліту кислота повинна додаватися виключно у воду, а не навпаки, з метою запобігання небезпечній реакції. Необхідно здійснювати перевірку надійності кріплення елементів ударно-різального механізму, платформи, молотильного циліндра, корпусів підшипників, а також механізмів подачі та відведення матеріалу. Молотильний циліндр повинен відповідати вимогам балансування, а елементи ударно-різального механізму та платформа – бути міцно закріпленими для забезпечення стабільної та ефективної роботи.

Заправку двигуна водою та паливом проводять із дотриманням правил безпеки: кришку радіатора гарячого двигуна відкривають у рукавицях, оберігаючи обличчя та руки від пари; бензином заправляють закритим способом, місця проливу бензину обробляють хлорним вапном, а краплі на шкірі негайно змивають водою з милом.

Перед початком будь-яких робіт під жаткою необхідно обов'язково

закрити запірний механізм гідравлічних циліндрів підймання і надійно зафіксувати її за допомогою спеціальних опор. Важливо використовувати лише передбачені для цього підставки, уникаючи застосування сторонніх предметів, таких як ящики, цегла або деталі техніки.

Очищення ріжучого механізму слід виконувати спеціальними інструментами, а заміну лез проводити лише при вимкненому двигуні. Резервні сегменти лез потрібно зберігати в зв'язаному стані у дерев'яних футлярах. Під час перенесення лез слід одягати захисні рукавиці, тримаючи їх за товсту частину. Не дозволяється перевозити запасні леза на комбайні. Під час з'єднання жатки не можна знаходитися на похилій камері або в просторі між камерою та жаткою.

Необхідно перевіряти міцність фіксації бичів, підбарабання, молотильного барабана, корпусів підшипників, а також приймального та відбійного бітерів. Молотильний барабан має бути збалансований, а бичі та підбарабання – надійно закріплені.

### **3.2. Забезпечення безпечних умов праці під час виконання зернозбиральних робіт**

Перед початком роботи:

1. Перевірте наявність та придатність до використання інструментів, пристосувань, засобів пожежної безпеки, аптечки першої допомоги, системи сигналізації та освітлення.
2. Ознайомтесь із завданням та маршрутом руху комбайна, вивчіть особливості рельєфу поля, місця розворотів та переїздів.
3. Переконайтеся у відсутності сторонніх осіб на комбайні, подайте попереджувальний сигнал, запустіть двигун та перевірте працездатність всіх механізмів у різних режимах роботи.
4. Запуск двигуна дозволяється лише комбайнеру.
5. Заборонено запускати комбайн шляхом буксирування або скочування з пагорба.

6. Перед початком руху переконайтеся, що це не становить небезпеки для оточуючих, подайте сигнал і починайте рух.

Під час роботи:

1. Забороняється передавати керування комбайном особам, які не мають відповідної кваліфікації та не закріплені за цим комбайном.

2. Забороняється перебування будь-яких осіб, включаючи помічника комбайнера, на комбайні під час його руху.

3. Перевірку та регулювання робочих органів і механізмів, натягування пасів, ланцюгів, усунення несправностей, змащування, очищення ріжучого інструменту, молотильного барабана, копнувача тощо необхідно проводити лише при заглушеному двигуні. Перед виконанням цих робіт на рульовому колесі слід розмістити попереджувальну табличку "Не вмикати! Працюють люди!".

4. Під час руху комбайна забороняється залишати його без нагляду.

5. Забороняється керувати комбайном стоячи.

6. Постійно контролюйте стан жатки та барабана на предмет намотування соломи. Очищення слід проводити спеціальними гачками та обов'язково в захисних рукавицях.

7. Під час поворотів та розворотів швидкість руху слід знижувати до 3-4 км/год.

8. Під час вивантаження зерна в транспортний засіб обслуговуючому персоналу забороняється сидіти на бортах автомобіля, перебувати під розвантажувальним шнеком. Зерно в бункері слід проштовхувати лише дерев'яними лопатами, не руками чи ногами.

9. Під час переїздів на транспортному засобі забороняється перебувати в кузові під час руху. Під час транспортування зерна забороняється знаходження людей в кузові.

10. Заборонено відпочивати в копицях, на валках, біля та під комбайнами, а також на узбіччях польових доріг поблизу працюючої техніки. Відпочинок дозволяється лише у спеціально відведених місцях за межами

ділянки збирання врожаю. Місце відпочинку повинно бути позначено видимими знаками, а в темний час доби – освітлюватися.

11. Під час грози роботу комбайна слід припинити.

12. Після дощу переїзд через канави, рух вздовж схилів, на поворотах тощо слід здійснювати лише на першій передачі.

## РОЗДІЛ 4

### РЕНТАБЕЛЬНІСТЬ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

#### 4.1. Інформація, необхідна для обчислень

Вдосконалений пристрій попереднього обмолоту зерна для жнивarki зернозбирального комбайна, розроблений на основі теоретичних та практичних досліджень, інтегровано в конструкцію жнивarki до зернозбирального комбайна КЗС 9-1 "Славутич".

Оцінка економічної доцільності використання зернозбирального комбайна з жнивarkою, обладнаною покращеним пристроєм попереднього обмолоту зерна, а також впливу на якість та обсяг продукції, виконана з використанням "Методики визначення економічної ефективності нових і модернізованих сільськогосподарських машин".

Обчислення проведені шляхом порівняння ідентичних показників базової моделі – самохідного зернозбирального комбайна КЗС - 9 - 1 "Славутич" та подібного зернозбирального комбайна, жнивarka якого оснащена пристроєм попереднього обмолоту зерна.

Ключовими факторами економічного виграшу є збільшення продуктивності зернозбирального комбайна завдяки розширенню пропускної здатності (до 26%), зниження пошкоджень та травмування зерна, покращення якості зерна (за загальним показником мікропошкоджень на 3,25% у експериментальній жнивarki із 4 додатковими планками на барабані).

Загальний річний економічний ефект від використання нового обладнання, що враховує обсяг та якість виробленої продукції  $E_p$ , у грошовому вираженні, розраховується за формулою:

$$E_p = (\Pi_o - \Pi_n) \cdot B_z + E_y$$

**Сукупні прямі операційні витрати при безпосередньому збиранні зернових комбайнами**

| Комбайн                                                                                        | Сума втрат       | Зберігання                          | Паливо                                      | Ремонт і ТО                         | Оплата праці    | Масло                   | Амортизація                       | Інвестиційні вкладення |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 "Славутич" у стандартній комплектації                          | 960,36<br>грн/га | 0,007%<br>16730,7<br>27,9<br>грн/га | 7,42<br>кг/га<br>8,6л/га<br>193,5<br>грн/га | 7,64%<br>182604<br>304,34<br>грн/га | 13,07<br>грн/га | 23,2<br>грн/<br>га      | 239010<br>грн<br>398,35<br>грн/га | 176 грн/га             |
| Комбайн зернозбиральний КЗС-9-1 "Славутич", оснащений пристроєм для первинного виділення зерна | 846,69<br>грн/га | 17500<br>24,31<br>грн/га            | 6,8<br>кг/га<br>7,9л/га<br>177,75<br>грн/га | 191000<br>265,28<br>грн/га          | 10,89<br>грн/га | 21,2<br>4<br>грн/<br>га | 250000<br>347,22<br>грн/га        | 311,1<br>грн/га        |

Оцінимо загальний економічний ефект, отриманий внаслідок зміни обсягу та властивостей продукції, у грошовому вираженні:

$$E_{я} = C_{ян} - C_{яб} = \sum_j C_{jn} \cdot V_{jn} - \sum_j C_{jb} \cdot V_{jb}$$

Орієнтовна ціна за тонну пшениці становить 11384,665 грн.

Вартість пшениці 2-го класу з ПДВ: 5080 грн/т.

Ціна насіння пшениці коливається від 7500 грн/т до 9000 грн/т, або 55 грн/кг.

Завдяки використанню пристрою попереднього обмолоту зерна, що має 4 додаткові планки на барабані, загальний показник мікропошкодження зерна в обсязі виробленої продукції знизився на 3,25%.

Сукупний обсяг отриманого зерна становить:

$$Q_{зб} = 55 \text{ ц} / \text{га} \cdot 600 = 33000 \text{ ц} = 3300 \text{ т}$$

$$Q_{яб} = 55 \text{ ц} / \text{га} \cdot 720 = 3960 \text{ т}$$

Вартість товарної продукції (ціна придбання 1 тонни пшениці 2 класу становить 4900 грн/т; вартість 1 тонни насіння - 7500 грн/т).

$$C_{яб} = 3300 \cdot 4900 = 16170000 \text{ грн}$$

$$C_{ян} = 3960 \cdot 0,99 \cdot 4900 + 3960 \cdot 0,01 \cdot 7500 = 19209960 + 297000 = 19506960 \text{ грн}$$

Орієнтовно, 1% врожаю, зібраного за допомогою нового комбайна, було продано як насіннєвий матеріал за ціною 7500 грн/т, а решта 99% – як пшениця 2-го класу за ціною 4900 грн/т. Це дозволяє розрахувати прибуток з одного гектара:

$$\frac{C_{яб}}{600} = \frac{16170000}{600} = 26950 \text{ грн} / \text{га}$$

$$\frac{C_{ян}}{720} = \frac{19506960}{720} = 27903 \text{ грн} / \text{га}$$

Отже, загальний економічний результат, отриманий внаслідок коливань обсягу та характеристик виробленої продукції, у грошовому вираженні можна розрахувати таким чином:

$$E_{я} = 27903 - 26950 = 953 \text{ грн} / \text{га}$$

Річний економічний вплив від використання нової машини, з огляду на обсяги виробництва та їх характеристики, визначатиметься:

$$E_p = \left[ (H_n + KE_{нн}) - (H_o + KE_{но}) \right] \cdot B_z + E_{я} =$$

$$\left[ (846,69 + 0,9 \cdot 311,1) - (960,36 + 0,9 \cdot 1,76) \right] \cdot 720 + 3336696 = 3341865,6 \text{ грн}$$

Отже, загальний річний економічний результат становить 0,334 мільйона гривень:

$$O = (H_o - H_n) \cdot B_z + E_{я} = (960,36 - 846,69) \cdot 720 + 3336696 = 341853,4 \text{ грн}$$

Отримано загальний річний прибуток у розмірі 0,342 мільйона гривень.

#### 4.2. Зведені дані обчислень

Таблиця 4.2

#### Оцінка впливу пристрою попереднього обмолоту зерна на жнивирці зернозбирального комбайна КЗС-9-1 "Славутич"

| Показник                                          | Параметри для оцінки зернозбиральних комбайнів |                         |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------|
|                                                   | Новий                                          | Базовий                 |
| Продуктивність, га/год                            | 3,6                                            | 3,0                     |
| За 1 годину зміною часу                           |                                                |                         |
| За 1 годину експлуатаційного , часу               |                                                | 4,58га/год              |
| Заробітна плата, грн/га                           |                                                |                         |
| Відрахування на всі види ремонту і ТО, грн/га     |                                                |                         |
| Затрати на ПММ, грн/га                            |                                                | 7,42кг/га<br>(8,6 л/га) |
| Річний обсяг наробітку в одиницях наробітку, га   | 720                                            | 600                     |
| Річний економічний ефект,грн.                     |                                                |                         |
| Прямі експлуатаційні затрати , грн/га             |                                                |                         |
| Прямі капітальні вкладення, грн/га                |                                                |                         |
| Прямі затрати, грн/га                             |                                                |                         |
| Збільшення пропускної здатності , кг/с            |                                                |                         |
| Амортизаційні відрахування на реновацію, грн/га.  |                                                |                         |
| Вартість продукції внаслідок підвищення її якості |                                                |                         |
| Прямі експлуатаційні затрати , грн/га             |                                                |                         |
| Продуктивність:                                   |                                                |                         |
| -за годину від основного часу,га/год              | 3,6                                            | 3                       |
| -по зерну за годину основного часу кг/с           | 198 ц/год                                      | 165ц/год                |
| Дата і місце проведення випробувань               | 2500000                                        | 2393100                 |
| річне завантаження, год                           | 200                                            | 200                     |
| Швидкість руху комбану,км/год                     | 6,0                                            | 5,0                     |

Оцінимо фінансовий результат, що виникає внаслідок коливань обсягу та характеристик виробленої продукції, виражений у національній валюті:

1. ціна за тону пшениці становить 11384,665 грн;
2. вартість пшениці 2-го класу складає 5080 грн/т з урахуванням ПДВ;

3. ціна посівного матеріалу пшениці коливається від 7500 грн/т до 9000 грн/т, при вартості 55 грн/кг.

Оснащення комбайна пристроєм попереднього обмолоту з барабаном, який має 4 додаткові планки, дозволило досягти зменшення мікропошкоджень зерна на 3,25% у загальному обсязі виробленої продукції. Щодо загального обсягу зібраного врожаю:

- вартість всієї продукції розрахована виходячи з закупівельних цін: 4900 грн/т для пшениці 2-го класу та 7500 грн/т для насіння.
- при цьому, передбачається, що 1% від усього зібраного врожаю, обробленого новим комбайном, реалізується як насіння за ціною 7500 грн/т, а решта 99% – як пшениця 2-го класу за ціною 4900 грн/т.

Отже, загальний економічний ефект, що виникає внаслідок зміни обсягу та характеристик продукції у гривнях, визначається: загальний річний економічний ефект від використання нової машини, враховуючи обсяг та характеристики. Таким чином, загальний річний економічний ефект становить 0,334 млн.грн., або 341853,4*грн.*

## ВИСНОВКИ

Дослідження показали, що схожість зерна, обмолоченого різними типами жаток, варіюється: серійна жатка демонструє показник у 91-95%, жатка з додатковим бичем під барабаном – 88-96%, жатка з гладким барабаном – 93-96%, а жатка з двома та чотирма планками на барабані – 93-95% та 94-97% відповідно.

Виявлено, що проходження зерна через увесь технологічний процес комбайна призводить до зниження його енергії проростання в межах 1,13 – 1,15 раз.

За комплексним показником мікропошкоджень, зерно з бункера комбайна характеризувалося найвищим рівнем пошкоджень (80,5%), що на 6,25% перевищує показник жатки з встановленим бичем під барабаном, на 6% – серійної жатки, на 5,25% – жатки з проміжним молотильним барабаном з двома додатковими планками зубоподібної форми заввишки 30 мм, та на 4,25% – жатки з проміжним молотильним барабаном з чотирма додатковими планками аналогічної конструкції.

Встановлено, що використання пристрою попереднього обмолоту зерна дозволяє зменшити інтегральний показник мікропошкодження зерна на 3,25% при використанні барабана з 4 додатковими планками.

Розраховано, що річний економічний ефект від впровадження нової машини, враховуючи обсяг та якість зерна, становить 0,334 млн.грн. або 341853,4грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Irvin J.O. On a criterion for there jection of outlying observation // *Biometrika*.1925. V. 17. P. 238 – 250.
2. Вероятность и математическая статистика: энциклопедия / под ред. Ю.В.Прохорова. — М.: Большая российская энциклопедия, 2003. — 912 с.
3. О. А. Materinska (2013) Ekonomichna efektivnist virobnitstva. Efektivna ekonomika, 11. Availableat: URL: <http://www.economy.nayka.com.ua>.
4. L. Shpokas, V. Adamchuk, V. Bulgakov, L. Nozdrovicky (2016) The experimental research of combine harvesters. *Agricultural Engineering*, 62, 106-112.
5. Шейченко, В. О. Теорія і розрахунок апаратів для підбирання та обертання : монографія / В. О. Шейченко, Г. А. Хайліс; ННЦ “ІМЕСГ”. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., 2014. – 240с.
6. Патент на корисну модель 100380 Україна, МПК, А01F 12/18 (2006.01). Молотильний барабан зернозбирального комбайна / В. С. Ловейкін, Ю. В. Човнюк, А. П. Ляшко; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природо користування України. – № U2015 00448; заявл. 21.01.2015; опубл. 27.07.2015, Бюл. №7
7. Обґрунтування сепаруючої поверхні решіт зернозбиральних комбайнів / [В. О. Шейченко, М. М. Анеляк, М. М. Толстушко, А. Я. Кузьмич, С. О. Кустов] // *Сільськогосподарські машини*. – 2015. - Вип. 33. – С. 151–156.
8. Результати досліджень сучасного зернозбирального комбайна Сампо-Україна 300 / [Д.Г. Войтюк, М.С. Волянський, С.В. Смолінський, Ю.О. Гуменюк, М.Д. Занько]. // *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. АПК*. – 2014. – Вип. 196.Серія: техніка та енергетика АПК.– С. 66–70.
9. Кирпа, М. Я. Природа травмування насіння та методи його визначення / М. Я. Кирпа, Н. А. Пащенко, Ю. С. Базілева // *Селекція і насінництво: міжвід. темат. наук. зб. / УААН ; Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва*. – 2009. – Вип. 97. – С. 196–201.

10. Шейченко В. А. Исследование микроповреждений и микро травмирования зерна при его уборке зерноуборочными комбайнами / В. А. Шейченко, А. Я. Кузьмич, А. Н. Грицака, М. М. Ковалев // Техника и оборудование для села. – 2016. – №1(223). – С.24-28.

11. Дерев'янку Д. А. Вплив вологості зерна при обмолоті зернового вороху озимої пшениці на її травмування і насінневі якості / Техніка галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць / Кіровоград: КНТУ, 2011. – Вип. 24, ч. 1. – С. 181 – 184.

12. Gregory, J. M. Mathematica lrelation shipprediction grain separation in combines [Text] / J. M. Gregory // Transactionsof the ASAE. 1988. –Vol. 30(6). – P.1600-1604.

13. International Seed Testing Association. International RulesforSeedTesting, Edition 2011 / ISTA – Bassersdorf, Switzerland, 2011. – 97 p.

14. Шейченко, В. О. Дослідження обмолоту зерна трибарабанною молотаркою [Текст] / В. О. Шейченко, В. І. Недовесов, О. М. Грицака // Сільськогосподарські машини: зб. наук. праць / Луцький НТУ – Луцьк, 2015. – Випуск 33. – С. 149-155.

15. Трубилин Е.И. Машины для уборки сельскохозяйственных культур (конструкции, теория и расчет): учеб. пос./ Е.И. Трубилин, В.А Абликов.– 2 изд. перераб. и доп.– КГАУ. Краснодар, 2010 – 325 с.

16. Finck, Charlene. Whatgives a combineclass?/ FarmJournal, 01 – OCT – 03. [http: // www.accessmylibrary.com/com2/summary - 0286 - 4749169\\_ITM](http://www.accessmylibrary.com/com2/summary - 0286 - 4749169_ITM).

17. Занько Н. Влияние технических параметров молотилки зерноуборочного комбайна с барабанным молотильно - сепарирующим устройством // Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин : загально держ.. наук.-техн. зб.– Кіровоград, 1999. – . Вип. 28. – С. 174 – 180.

18. Сисоліна І. П. Напрями удосконалення молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів / І. П. Сисоліна // Аграрний вісник Причорномор'я. – 2013. – Вип. 67. – С. 121–129.

19. Ляшко А.П. Обґрунтування параметрів молотильно-сепаруючого пристрою зернозбирального комбайна: дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Ляшко А.П. ; Нац. ун-т. біорес. природовик. – К., 2015. –с. 35-38.

20. Сисолін П. В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи: підручн. / П. В. Сисолін, Т. І. Рибак, В. М. Сало; за ред. М.І. Черновола.– К.: Урожай, 2002.- Кн. 2. : Машини для рільництва – С. 83–173.

21. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков [та ін.]; за ред. Д.Г.Войтюка. – К. :Вища освіта, 2005. – 464 с.

22. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / [Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін.]; за ред. Д.Г.Войтюка. – К. Вища освіта, 2005. – 464 с.