

Роговський І. Л.

УДК 631.04.001

АНАЛІЗ ВТРАТ ЗЕРНОВОГО ЗБИЖЖЯ КЛАСИЧНИМ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУВАЛЬНИМ ПРИСТРОЄМ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

І. Л. РОГОВСЬКИЙ, доктор технічних наук, старший науковий співробітник,
доцент кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені
М. П. Момотенка

<https://orcid.org/0000-0002-6957-1616>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: rogovskii@nubip.edu.ua

<https://doi.org/dopovidi2021.04.014>

***Анотація.** На підставі аналізу більшості вітчизняних комбайнів встановлено, що вони мають традиційну схему молотильно-сепаруючого пристрою, що включає один або два послідовно розташованих бильних молотильних апаратів і клавійний соломотряс. Конструкція підбарабанням із прутків із поперечними пластинами передбачає, насамперед, інтенсифікацію процесу вимолотила зерна. Зернові культури вимолочується легко, тому немає необхідності в інтенсифікації вимолотила. Наприклад, за збирання зернозбиральних комбайном КЗС-9М «Славутич» за зазору на виході між молотильним барабаном і підбарабанням 18 мм і частоті обертання молотильного барабана 450 хв^{-1} втрати недомолоту були відсутні у всіх дослідах. У цьому разі поперечні пластини підбарабання є перешкодою для переміщення обмолочуваної маси в молотильно-сепарувальний пристрій, утворюючи за кожною планкою мертвий простір, де скупчується дрібна складова рослинної маси.*

Якість роботи молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна визначали за коефіцієнтами недомолоту, сепарації, дроблення й засміченості зерна, яке надійшло на очистку.

Пошкодження зерна під час обмолоту в молотарці відбувається в основному завдяки впливу окружній лінійної швидкості молотильного барабана й зазору між молотильним барабаном і підбарабанням. Тому зазор у молотильного просторі є змінним і змінюється в бік зменшення від входу рослинної маси в молотильний пристрій до його виходу. Узагальнюючим параметром, ми використовував зазор у молотильного просторі на виході з молотарки. У зв'язку з цим, початок випробувань був за частоти обертання барабана 450 хв^{-1} . Під час випробувань було встановлено, що найбільший вплив на пошкодження зерна надає колова лінійна швидкість молотильного барабана. Так, за збільшення частоти обертання барабана на 100 хв^{-1} з 450 до 550 хв^{-1} , пошкодження збільшувалися з $1,5 \%$ до $5,5 \%$, тобто практично в 4 рази.

***Ключові слова:** зерно, комбайн, втрати, модель, сепарація, пристрій*

***Актуальність.** Аналіз даних що застосування технологій з багаторічних досліджень [14] показує, обробкою врожаю на стаціонарі*

Роговський І. Л.

виправдано тільки для збирання зернових [6] і деяких багаторічних трав [10] в певному поєднанні з комбайнового технологією і головним чином там, де зернозбиральні комбайни працюють незадовільно [3]. Насамперед варто її впровадити на збиранні зернофуражних культур, низьковрожайних (до 15 ц/га) і високоврожайних (понад 50 ц/га) хлібів [19]. Тому основною технологією збирання зернового збіжжя є пряме комбайнування з передзбиральною десикацією посівів [8].

Більшість вітчизняних комбайнів мають традиційну схему молотильно-сепаруючого пристрою, що включає один або два послідовно розташованих бильних молотильних апаратів і клавішний соломотряс [16]. Майже 200-річним дослідженням раціональної конструкції молотарок для машинного обмолоту створені різноманітні конструкції молотильно-сепаруючого пристрою [5]. Конструкція робочого органу, уперше оформлена шотландцем Ендрю Мейклем в 1785 році у вигляді циліндричного барабана, і понині залишається незмінною. У цей час не знайдено принципово нових рішень процесу обмолоту й сепарації, що дає змогу істотно підвищити пропускну здатність без збільшення розмірів і маси робочих органів і машини загалом [9]. Водночас практично вже вичерпала можливість підвищення

пропускну здатності зернозбиральних комбайнів через збільшення ширини молотарки, яка обмежена умовами транспортування зернозбирального комбайна колісними транспортними засобами [1]. Дослідження в основному ведуться в напрямі інтенсифікації процесів обмолоту або інтенсифікації всього робочого комбайна завдяки компонувальним та іншим конструкторським рішенням [12].

Як за кордоном, так і в Україні, досліджувався технологічний процес комбайна з попередніми обмолотом у похилій камері [17]. Багатобітерний пристрій зменшує нерівномірність подачі маси в динаміці, підвищує пропускну здатність комбайна на 20-50 % [11]. Однак розміщення в похилій камері молотильного й сепаруючих органів знижує надійність технологічного процесу [7]. Крім кількох дослідних зразків комбайнів, практичного застосування ці розробки не знайшли [13].

Напрямок досліджень молотильних пристрій із фігурним барабаном, забезпеченим зигзагоподібними бичами й декою з поздовжніми гребнями [2]. За такої форми бичів збільшується наведена подача для барабана за збереженні конструктивної ширини молотарки [18]. Завдяки цьому, пропускну здатність цього молотильно-сепаруючого пристрою на 50-60 % вище, ніж у того ж по ширині бильного апарату. У місці з тим

Роговський І. Л.

відзначається менша, ніж у останнього, рівномірність розподілу обмолочують продукту, що, безумовно, призведе до збільшення втрат на не вимолочування [4].

Роторні молотильні пристрої впливають на масу, як ударом по колосу, так і протягуванням між поверхнями кожної пари роторів [12]. Але роторні молотильні пристрої на 25-32% більш енергоємні, ніж барабанно-деків, й основний їх недолік полягає в тому, що вони погано виділяють вільне зерно з соломистої маси [3].

Тому вбачається актуальним змінити конструкцію молотильно-сепаруючого пристрою, щоб не змінювати процес сепарації. Усунути забивання й поліпшити очищення можна за допомогою підбарабання. Це можливо за виконання підбарабання у вигляді гладкої циліндричної сепаруючої поверхні, причому, всією сепаруючою поверхнею виконані наскрізні отвори довгастої форми, розташовані рядами різної спрямованості під кутом до напрямку руху маси.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Під час збирання легковимолочуваних, крупно-, легкотравмуючих культур, таких як зернові збільшують зазори між молотильним барабаном і підбарабанням, що веде до збільшення в ньому товщини шару обмолочуваної соломисто-зернової маси і знижує ефект самоочищення

поверхні підбарабання [15]. Конструкція підбарабанням із прутків з поперечними пластинами передбачає, насамперед, інтенсифікацію процесу вимолотила зерна. Зернові культури вимолочується легко, тому немає необхідності в інтенсифікації вимолотила. Наприклад, під час збирання зернозбиральних комбайном КЗС-9М «Славутич» за зазору на виході між молотильним барабаном і підбарабанням 18 мм і частоті обертання молотильного барабана 450 хв^{-1} втрати недомолоту були відсутні у всіх дослідах. У цьому разі поперечні пластини підбарабання є перешкодою для переміщення обмолочуваної маси в молотильно-сепарувальний пристрій, утворюючи за кожною планкою мертвий простір, де скупчується дрібна складова рослинної маси [11]. Така конструкція призводить до забивання сепаруючих отворів підбарабання саме за збільшених зазорах, що погіршує сепарацію зерна через них [8]. Через це збільшується завантаження соломовідокремлювача й у підсумку збільшуються втрати вільним зерном за молотаркою комбайном. Яке не пройшло через решітку підбарабання зерно піддається додатковим ударних впливів бичів, що так само підвищує ймовірність додаткового пошкодження зерна [19].

Відомо пристрій підбарабання конструкції Л. Н. Буркова, що містить поздовжні планки і поперечні прутки,

Роговський І. Л.

які встановлені по краях плоских зігнутих боковин на охоплення $5...7^\circ$ симетрично з обох кінців, а інша частина підбарабання виконана у вигляді декількох валів, встановлених паралельно один одному в боковинах з можливістю обертання. Також відомо підбарабання молотильно-сепаруючого пристрою, що містить підбарабання, яке забезпечено додатковими поперечними планками з робочими крайками, виконаними з чергуючих прямолінійних ділянок, розташованих на одному рівні з симетричними криволінійними ділянками, спрямованими увігнутістю до осі поверхні, що обгинає робочі кромки основних планок [7]. Недоліками цих моделей є складність конструкції, і так само не усунення процесу забивання сепаруючих отворів підбарабання під час збирання зернових культур, що вимагають великих зазорів між барабаном і підбарабанням. Так само в них може відбуватися підвищена пошкоджуваність зерна під час обмолоту зернових культур.

Завдання інженерної моделі підвищення сепарації зерна крізь підбарабання. Технічний результат – зниження втрат зерна і зменшення пошкодження зерна завдяки більш інтенсивного відводу його із зони впливу бичів молотильного барабана. Поставлена задача вирішується за рахунок того, що підбарабання молотильно-сепаруючого пристрою виконано у вигляді циліндричної

поверхні, з радіусом кривизни дещо більшою, ніж радіус траєкторії руху бичів молотильного барабана, що за зміщення їх центрів дозволяє виконати молотильний зазор постійно зменшується від входу до виходу з молотильного простору [14]. Циліндрична поверхня підбарабання якою рухається рослинна маса гладка з наскрізними продовгуватими отворами, велика вісь яких розташована під деяким кутом вздовж напрямку руху маси [9]. Така форма і розташування отворів забезпечує сепарацію дрібного оберемка з вільним зерном в міру його утворення, так як проекція рухає зерна у напрямку його руху (дотична до його траєкторії) має мати, як можна менше перешкод з конструкторських елементів підбарабання [2]. Причому, чим більше зерно й більше радіус кривизни підбарабання, тим має бути більше довжина сепаруючих отворів. Конструкція підбарабання, виконана з листового матеріалу, забезпечує ефект самоочищення під час роботи, так як відсутні мертві зони молотильного простору, де за активного впливі бичів барабана не відбувається рух рослинної маси, що не дозволяє забивати сепарувальні отвори. Крім того, розташування довгастих отворів при чергуванні від ряду до ряду кутах напрямків більшою осі отворів до напрямку руху маси викликає поперечне коливання контактуючих з ними шарів рослин. Завдяки цьому інтенсифікується

Роговський І. Л.

процес сепарації зерна, як через шари рослинної маси, так і через підбарабання [11].

На рис. 1 схематизовано молотильно-сепарувальний пристрій. Пропонований пристрій (рис. 1) складається з молотильного барабана 1 з бичами 2 підбарабання 3 з гладкою сепаруючою поверхнею, на якій виконані довгасті отвори 4, які розташовані рядами різної спрямованості під кутом до напрямку руху маси в пристрої. Працює

пристрій таким чином, соломисто-зернова маса надходить в зазор між обертовим молотильним барабаном 1 і підбарабанням 3. за рахунок удару бичів 2 по масі відбувається обмолот, в результаті чого утворюється ворох, що складається із зерна і незернової частини (солони, полови, полови). Велика частина вільного зерна (70-80 %) сепарується через отвори 4 підбарабання 3. Інша частина зерна виділяється з вороху і надходить на соломовідокремлювач.

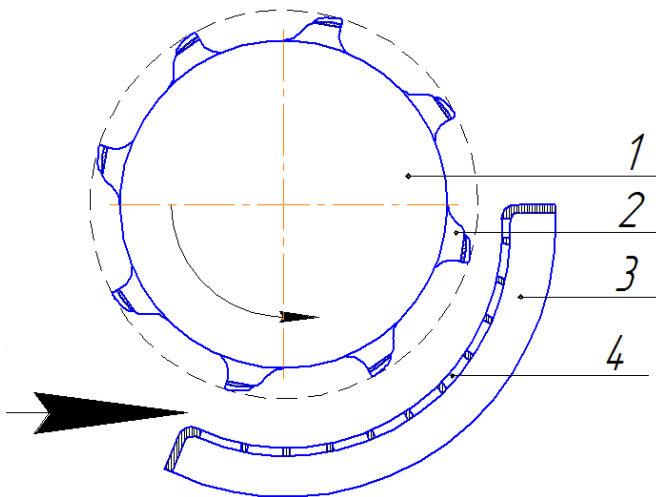


Рис. 1. Схема класичного молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна і загальний вид секції гладкого підбарабання

Інтенсифікувати процес сепарації, пропонується через підбарабання шляхом демпфування підвіски підбарабання, що відрізняється тим, що сепарувальне підбарабання встановлено з можливістю здійснення коливання за рахунок того, що тяги підвіски з'єднані з цапфами сепарувального підбарабання через пружні елементи. Недоліком цього рішення є зниження сепаруючої здатності зерна через підбарабання за збільшення товщини шару обмолочуваної соломисто-

зернової маси у просторі між молотильним барабаном і підбарабанням, що є причиною перевантаження соломовідокремлювача і в підсумку призводить до збільшення втрат вільним зерном за комбайном [14].

Збільшення зазорів в молотильно-сепарувальному пристрої між молотильним барабаном і підбарабанням веде до збільшення в ньому товщини шару обмолочуваної соломисто-зернової маси [11]. Наприклад, під час збирання

Роговський І. Л.

зернозбиральних комбайном КЗС-9М «Славутич» зазор на виході молотильно-сепарувального пристрою рекомендовано під час збиранні зернових колосових культур 3...4 мм. Відомо пристрій для здійснення обмолоту зернових культур, що містить молотильний барабан і підбарабання, забезпечені жорстко встановленим під підбарабанням віброзбудником, а барабан двома синхронізованими віброзбудниками, кожен віброзбудник виконаний у вигляді дебалансного вала. Недоліком цього молотильно-сепарувального пристрою є складність конструкції, підвищення енергетичних витрат на

його привід, недостатня надійність пристрою, підвищені вібраційні навантаження, збільшена металоємність і значні трудовитрати на обслуговування.

На рис. 2 показана демпфуюча підвіска підбарабання. Пропонована конструкція (рис. 2) складається з молотильного барабана 1 з бичами 2 і підбарабання 3 має отвори 4 для сепарації дрібного оберемка з зерном. Тяги 5 підвіски, через пружний елемент 6 з'єднані з цапфами 7 підбарабання. Стінка корпусу молотарки 8 знаходиться між тягами підвіски 5 і підбарабанням 3, в отворах якої проходять цапфи 7.

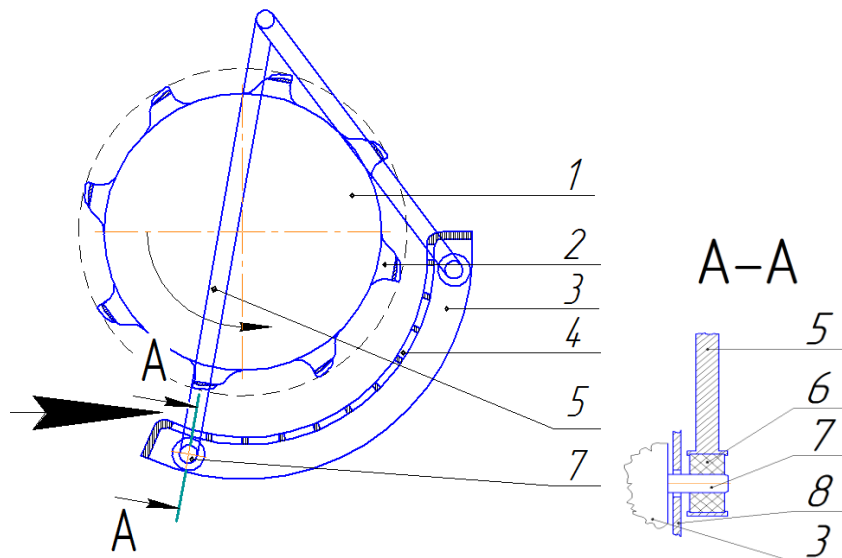


Рис. 2. Схема демпфуючої підвіски підбарабання класичного молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна

Працює пристрій (рис. 2) так, соломисто-зернова маса надходить у зазор між обертовим молотильним барабаном 1 і підбарабанням 3. За рахунок удару бичів 2 по масі відбувається обмолот, у результаті чого утворюється ворох, що складається з зерна й незернової

частини (соломи, полови, полови). Велика частина вільного зерна 70-80 % сепарується через отвори 4 підбарабання 3. Зусилля, що виникає під час кожного удару бича, через рослинну масу передається на підбарабання з жорстко закріпленими в ньому цапфами 7, з'єднаними через

Роговський І. Л.

пружні елементи 6 з тягами 5 підвіски підбарабання. Тому що тяги 5 підвіски жорстко закріплені на корпусі молотарки комбайна, то відбувається деформація пружних елементів 6. Пульсуючі силовий вплив із боку бичів 2 молотильного барабана 1 і пружні властивості елементів 6 викликають коливальний переміщення підбарабання 3 з цапфами 7 в отворах стінок молотарки 8. У результаті таких коливань підбарабання інтенсифікує процес сепарації зерна через нього. Знижується пошкодження зерна за приводу не жорсткого удару по обмолочуваній масі й більш інтенсивного виходу із зони дії бичів за рахунок поліпшення сепарації зерна. Вібрація підбарабання так само сприяє його самоочищення поверхні підбарабання.

Розглядаємо роботу молотильно-сепаруючого пристрою. Основне завдання молотильно-сепаруючого пристрою це вимолот зерна з колосу і сепарація його з рухомого потоку рослинної маси. Вимолот зерна являє собою руйнування зв'язку зерна з колосом. В сучасних молотильно-сепарувальних пристроях, відбувається за рахунок ударів бичів по грубому воросі й протягування його за допомогою обертового молотильного барабана в молотильного зазорі. Процес роботи молотильно-сепарувального пристрою передбачає такі етапи: надходить рослинна маса,

відбувається обмолот, отримуємо грубий ворох, потім сепаруємо з грубого оберемка зерно. Звідси виділяємо два важливі завдання:

1) вимолот є пріоритетним для зернових культур, які нерівномірно дозрівають. Для зернового збіжжя обмолот має бути м'який, так як зерно велике і руйнуються легко. Значить, вимолот не є лімітуючим чинником і практично забезпечується за досить м'яких режимів роботи;

2) сепарація зерна з грубого оберемка через підбарабання, тобто отримання дрібного вороху, визначає якість роботи молотильно-сепарувального пристрою, так як перший чинник не є лімітуючим для зернового збіжжя. Сепарація зерна ускладнена тим, що необхідно мати збільшений зазор між молотильним барабаном і підбарабанням. Значить товщина шару обмолочуваної маси збільшується, а сепарація зерна при цьому погіршується. Крім того, для товстого шару маси погіршується процес самоочищення підбарабання, за рахунок розшарування маси, так як її нижні шари гальмуються поперечними планками.

Тому можемо відзначити, що конструкція кріплення підбарабання молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна забезпечує високу ефективність сепарації зерна, дозволяє скоротити втрати вільним зерном за комбайном і зменшити його

Роговський І. Л.

пошкодження під час збирання зернових культур.

Мета. Метою даної наукової статті є висвітлення інженерного менеджменту про найчастіші характерні втрати зернового збіжжя класичним молотильно-сепарувальним пристроєм зернозбирального комбайна, а також про можливі причини перебігу та розвитку типових конструкцій.

Методи. На рис. 3 зображена загальна схема дослідження даної роботи. Першим етапом представленої схеми, є аналіз літературних джерел. Аналіз літературних джерел є першочерговим і основним етапом роботи, який полягає в зборі та аналізі літературних джерел авторів, які працювали в досліджуваній області. Далі по схемі впливають висновки з аналізу літературних джерел і потім постановка завдань дослідження, по досягненню яких, досягаємо поставленої мети. Потім слід трьох теоретичних етапів: вдосконалення конструкторських параметрів молотильно-сепарувального пристрою, аналіз травмованості зерна, вдосконалення технологічних параметрів молотильно-сепарувального пристрою, які в свою чергу мають свої етапи.

Опис почнемо з етапу вдосконалення конструкторських параметрів молотильно-сепарувального пристрою. На цьому етапі описується досягнення

агровимог за втратами зернового збіжжя під час збирання. Досягається це оглядом патентів на винахід (корисну модель) молотильно-сепарувальних пристроїв, під час збиранні зернових культур. По завершенню огляду, приступаємо до обґрунтування конструкції підбарабання, отримуємо патент на корисну модель. Потім приступаємо до обґрунтування конструкції підвісу, на яку теж є патент на корисну модель. Наступний етап «Аналіз травмованості зерна». У цьому етапі описується досліджувана культура, її фізичні й технологічні властивості. Наводиться обґрунтування методики оцінення травмування зерна, і аналіз оцінки схожості зерна, після імітації удару бичем молотильного барабана, на різних частотах обертання.

Далі етап удосконалення технологічних параметрів молотильно-сепарувального пристрою. На цьому етапі наводиться теоретичний огляд на регулювання молотильно-сепаруючого пристрою під час збирання зернових культур. Потім приводимо моделювання процесу обмолоту і сепарації молотильно-сепарувальним пристроєм, описуємо метод визначення коефіцієнта ефективності сепарації. Далі на підставі практичних досліджень наводимо обґрунтування молотильного зазору в молотильному просторі й швидкість обертання молотильного барабана.

Роговський І. Л.

Передостаннім етапом у схемі дослідження йде економічне обґрунтування дослідження, в якому наводяться розрахунки економічної ефективності від впровадження підбарабання. Останній етап

«Висновки і рекомендації». На цьому етапі наводяться висновки за наведеними досліджень і рекомендації по налаштуванню зернозбирального комбайна на збирання зернового збіжжя.

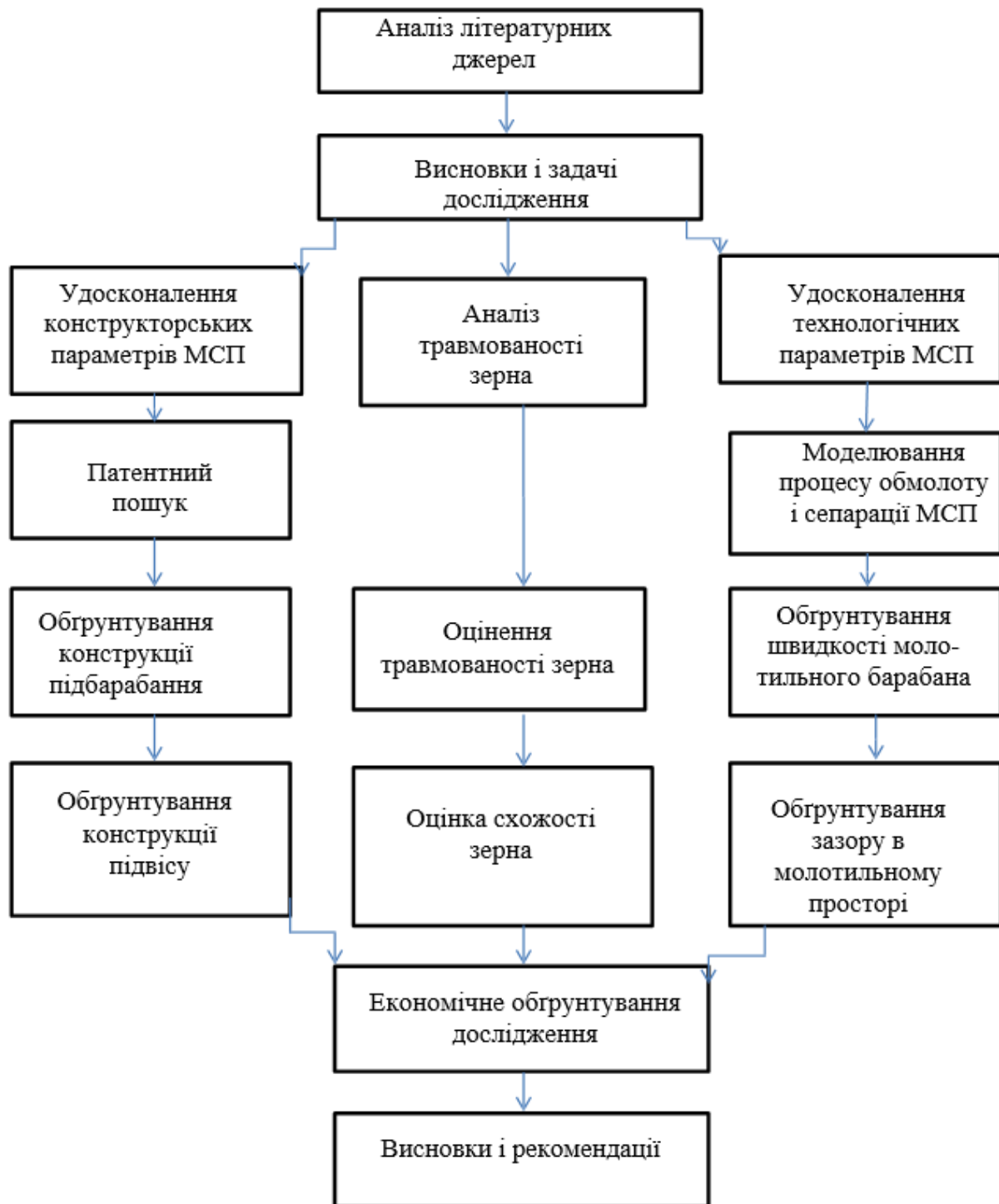


Рис. 3. Загальна схема дослідження.

Якість роботи молотильно-сепарувального пристрою визначаємо за коефіцієнтами недомолоту, сепарації, дроблення і засміченості

Роговський І. Л.

зерна, яке надійшло на очистку. Розглянемо більш докладно коефіцієнт сепарації, так як він є найвагомим під час збирання зернового збіжжя. Коефіцієнт сепарації S_m являє собою масову частку зерна, виділеного з обмолоченого грубого вороху в межах молотильно-сепарувального пристрою в загальній масі зерна. Сукупність полови і зерна називають дрібним зерновим ворохом; сукупність зерна, соломи і полови – грубим. Разом з вимолотом молотильно-сепарувальний пристрій сепарує більшу частину ($S_m = 0,8...0,95$) зерна з вороху. У процесі використання зернозбиральних комбайнів, необхідно підвищувати коефіцієнт S_m вибором регульованих параметрів і режиму роботи молотильно-сепарувального пристрою. Сепарацію зерна в межах молотильного простору для молотильно-сепарувального пристрою різних модифікацій і типів визначали за залежністю:

$$S_m = 100 \times E_M, \%$$

де E_M – сходження зерна з молотильно-сепарувального пристрою з соломною на початок сепаратора грубого вороху.

Сходження зерна з молотильно-сепарувального пристрою з соломною на початок сепаратора грубого вороху можна визначали за залежністю:

$$E_M = 100 \times e^{-\mu_M \cdot l_M}, \%$$

де μ_M – коефіцієнт сепарації зерна з молотильно-сепарувального

пристрою з соломною на початок сепаратора грубого вороху, $1/m$;

e – постійна основи натурального логарифма 2,71;

l_M – довжина деки (молотильної частини кожуха ротора) молотильно-сепарувального пристрою, м.

Коефіцієнт сепарації μ_{Mi} залежить від великої кількості чинників, серед яких одним з головних є величина приведеної подачі маси. У функції подачі залежність має вигляд:

$$\mu_{Mi} = \mu_{Mo} \times \frac{|q|}{q_i}$$

де $|q|$ – пропускна здатність молотильно-сепарувального пристрою або молотарки в цілому, кг/с;

q_i – фактична величина приведеної подачі в комбайн (молотарку);

μ_{Mo} – номінальне значення коефіцієнта сепарації, яке відповідає завантаженню, рівній пропускній здатності $|q|$.

Значення показників для розрахунку втрат зерна недомолоту і сепарації зерна для різних модифікацій і типів молотильно-сепарувального пристрою сепарація, %:

$$S = 100 \times (1 - e^{-\mu_{Mi} \cdot l_M}), \%$$

З літературних джерел відомо, що інтенсивність сепарації зерна змінюється по куту обхвату молотильного барабана, тому кількість відсепарованого зерна змінюється по залежності,

Роговський І. Л.

представленої на рис. 4: $F(\varphi)$ – це функція сепарації залежно від кута обхвату підбарабання (деки), φ – кут

обхвату деки, φ_1 – максимальний кут обхвату деки.

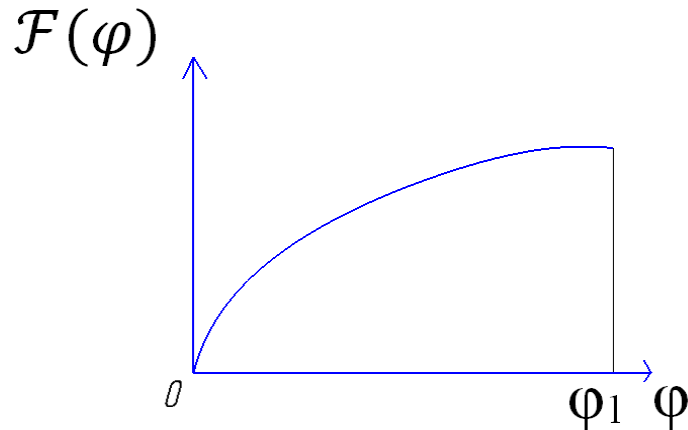


Рис. 4. Залежність сепарації зерна

Дана залежність може бути апроксимована рівнянням такого вигляду:

$$f(\varphi) = \frac{dm_c}{d\varphi} = a\varphi^2 + b\varphi + c.$$

Скористаємося початковими умовами, підставляємо $\varphi = 0$ (рослинна маса знаходиться на вході в молотильний зазор):

$$f(0) = a0^2 + b0 + c, c = 0.$$

Швидкість зміни процесу показує похідна $f(\varphi)$, продиференціюємо рівняння $f(\varphi) = \frac{dm_c}{d\varphi} = a\varphi^2 + b\varphi + c$, тоді маємо:

$$f'(\varphi) = 2a\varphi + b.$$

Для визначення постійних коефіцієнтів скористаємося початковими умовами, підставляємо $\varphi = 0$ (рослинна маса знаходиться на вході в молотильний зазор):

$$f'(0) = 2a0 + b, b = k.$$

Параметр b характеризує процес сепарації, позначимо його через k . Для визначення значення коефіцієнтів, скористаємося початковими умовами $\varphi = \varphi_1$.

$$f'(\varphi_1) = 2a\varphi_1 + b = 2a\varphi_1 + k = 0.$$

$f'(\varphi_1) = 0$ так як дотична до кривої $f(\varphi)$ у точці φ_1 , горизонтальна.

Звідси знаходимо коефіцієнт a :

$$a = -\frac{k}{2\varphi_1}.$$

Характеристична функція:

$$f(\varphi_1) = -\frac{k}{2\varphi_1} \cdot \varphi_1^2 + k\varphi_1 = \varphi_1 \frac{k}{2}.$$

Результати. Основними показниками властивостей зернових культур, які впливають на показники роботи комбайнів є вологість, колова швидкість бичів, зазорів у молотильно-сепарувальному пристрої, величини подачі маси у молотарку, частоти обертання (колової швидкості) шнека, температури нагріву під час сушіння на пошкодження зерна, вплив молотильного зазору на сепарацію зерна. Ступінь і вид ушкоджень зерна під час збирання та післязбиральної обробки визначаються сукупністю різноманітних чинників.

Роговський І. Л.

Проаналізуємо вплив кожного чинника на пошкодзованість зерна.

На рис. 5 представлена залежність впливу вологості на макро- і мікропошкодження зерна. За збільшення вологості зерна збільшуються і мікропошкодження, так як оболонка зерна і насіння за підвищення вологості стають м'якшими і відповідно більш сприйнятливими до пошкоджень, що тягне за собою збільшення мікропошкодження (подряпини, тріщини, вибоїни, пошкодження оболонки). А зменшення вологості, призводить до зменшення мікропошкодження, у зв'язку зі зміцненням (отвердінням) оболонки зерна. Зворотна залежність у макропошкодження. Зі збільшенням вологості, зерно стає м'яким і пружним, що різко зменшує шанси на

отримання макропошкодження (дроблення, розчавлювання, обрушення, відколи), а зменшення вологості збільшує макропошкодження, так як зерно стає більш твердим і під час взаємодії з металевими поверхнями відбувається жорсткий удар. Залежність макро- і мікропошкодження відрізняється у процентному співвідношенні, тому що ймовірність отримання мікропошкодження набагато вище, ніж макро, це пояснюється тим, що зерно спочатку отримує мікропошкодження, а потім за отримання додаткового впливу переходить у розряд макропошкодження. Так само для отримання мікропошкодження, силовий вплив, необхідно набагато менший, ніж під час отримання макропошкодження.

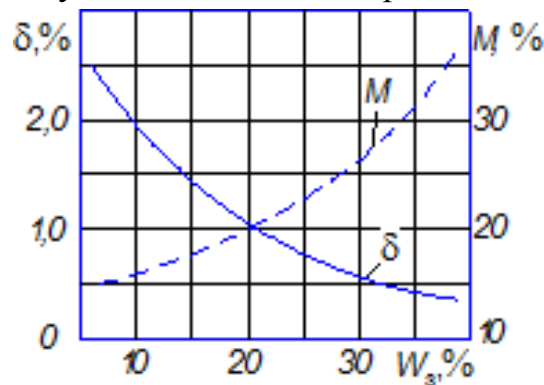


Рис. 5. Вплив вологості на макропошкодження і мікропошкодження зерна: δ – дроблення, M – мікропошкодження

На рис. 6 представлена залежність коллої швидкості бичів на макропошкодження і мікропошкодження зерна. За збільшення коллої швидкості бичів, у зерна збільшуються мікропошкодження, так як оболонка

зерна і насіння при підвищенні окружної швидкості бичів стають більш сприйнятливими. Так як збільшується сила, з якою бич впливає на зерно, то це тягне за собою збільшення мікропошкодження (подряпини, тріщини, вибоїни,

Роговський І. Л.

пошкодження оболонки). Зменшення колової швидкості бичів, призводить до зменшення мікропошкодження, у зв'язку зі зменшенням сили впливу бича на зерно. Аналогічна залежність у макропошкодження. Зі збільшенням колової швидкості бичів, зерно отримує більш інтенсивний вплив, що збільшує шанси на отримання макропошкодження (дроблення, розчавлювання, обрушення, відколи). І навпаки, зменшення колової швидкості бичів зменшує макропошкодження.



Рис. 6. Вплив колової швидкості бичів на макропошкодження і мікропошкодження зерна

На рис. 7 представлена залежність зазору в молотильного просторі на макропошкодження і мікропошкодження зерна. За збільшення зазору в молотильного просторі, у зерна зменшуються мікропошкодження, так як збільшується товщина рослинної маси в молотильного просторі в результаті зменшується ефект удару бича по рослинній масі й зменшується ефект перетирання, так як збільшує і сила, з якою бич вдаряє по зерну, що тягне за собою збільшення мікропошкодження (подряпини,

і мікропошкодження відрізняється у процентному співвідношенні, так як шанси отримання мікропошкодження набагато вище, ніж макро, це пояснюється тим, що зерно спочатку отримує мікропошкодження, а потім за отримання додаткового впливу переходить у розряд макропошкодження. Плюс для отримання мікропошкодження, сили удару, необхідно набагато менше, ніж за отримання макропошкодження.

тріщини, вибоїни, пошкодження оболонки). А зменшення зазору в молотильного просторі, призводить до збільшення мікропошкодження, у зв'язку зі зменшенням сили впливу бича на рослинну масу. Аналогічна залежність у макропошкодження. Зі збільшенням зазору в молотильного просторі, зерно отримує меншої шкоди, що зменшує шанси на отримання макропошкодження (дроблення, розчавлювання, обрушення, відколи), і навпаки зменшення зазору в молотильного просторі збільшує

Роговський І. Л.

макропошкодження. Залежність макропошкодження і мікропошкодження відрізняється у процентному співвідношенні, так як шанси отримання мікропошкодження

набагато вище, ніж макро, це пояснюється тим, що для отримання мікропошкодження, сили удару, необхідно набагато менше, ніж при отриманні макропошкодження.

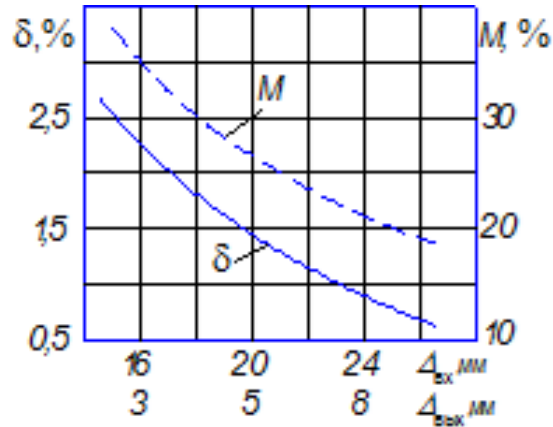


Рис. 7. Вплив зазору в молотильного просторі на макропошкодження і мікропошкодження зерна

На рис. 8 представлена залежність величини подачі маси у молотарку на макропошкодження і мікропошкодження зерна. За збільшення величини подачі маси у молотарку, у зерна зменшуються мікропошкодження, так як збільшується швидкість проходження і щільність рослинної маси у молотильного просторі. У результаті зменшується ефект удару бича по рослинній масі й зменшується ефект перетирання, так як зменшується сила, з якою бич впливає на зерно, що тягне за собою зменшення мікропошкодження (подряпини, тріщини, вибоїни, пошкодження оболонки). А зменшення величини подачі маси в молотарку, призводить до збільшення мікропошкодження, у зв'язку зі збільшенням сили впливу бича на рослинну масу. Аналогічна залежність у макропошкодження. Зі

збільшенням величини подачі маси в молотарку, зерно отримує менший вплив, що зменшує шанси на отримання макропошкодження (дроблення, розчавлювання, обрушення, відколи), і навпаки зменшення величини подачі маси в молотарку збільшує макропошкодження. Залежність макропошкодження і мікропошкодження відрізняється у процентному співвідношенні, так як шанси отримання мікропошкодження набагато вище, ніж макро, це пояснюється тим, що зерно спочатку отримує мікропошкодження, а потім при отриманні додаткового впливу переходить у розряд макропошкодження. Така ж можливість для отримання мікропошкодження, сили удару,

Роговський І. Л.

необхідно набагато менше, ніж при отриманні макропошкодження.

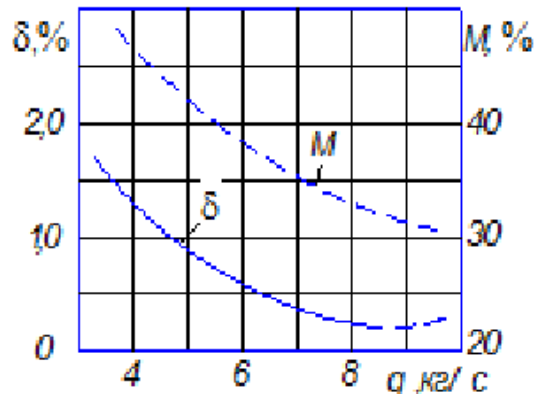


Рис. 8. Вплив величини подачі маси в молотарку на макропошкодження і мікропошкодження зерна

За збільшенні частоти обертання (колові швидкості) шнека, у зерна збільшуються макропошкодження (дроблення, розчавлювання, обрушення, відколи), так як збільшується швидкість обертання шнека, відповідно збільшується сила, з якою шнек впливає на зерно, так як збільшується вплив, з якої бич вдаряє по зерну, що тягне за собою збільшення мікропошкодження (подряпини, тріщини, вибоїни, пошкодження оболонки).

На рис. 9 представлена залежність впливу температури

нагріву при сушінні на тріщинуватість зерна. За збільшення температури нагріву під час сушіння зерна, у зерна збільшується тріщинуватість зерна, так як збільшується швидкість сушіння і відповідно швидкість випаровування вологи, що тягне за собою збільшення тріщинуватості. А зменшення температури нагрівання під час сушіння, призводить до зменшення тріщинуватості, у зв'язку зі зменшенням швидкості сушіння і відповідно швидкості випаровування вологи.

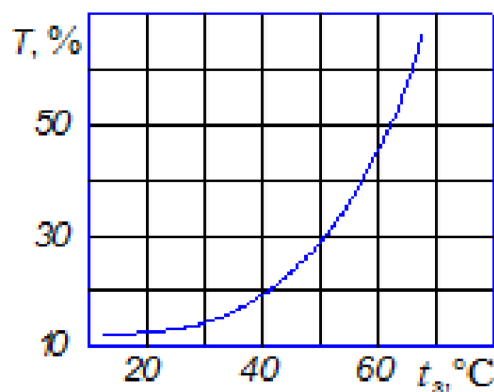


Рис. 9. Вплив температури нагріву при сушінні t_3 на тріщинуватість зерна T

Роговський І. Л.

Пошкодження зерна під час обмолоту в молотарці відбувається в основному завдяки впливу окружній лінійної швидкості молотильного барабана і зазору між молотильним барабаном і підбарабанням (декою). Тому зазор у молотильного просторі є змінним і змінюється у бік зменшення від входу рослинної маси в молотильний пристрій до його виходу. Узагальнюючим параметром, ми використовував зазор у молотильного просторі на виході з молотарки. У зв'язку з цим, початок випробувань

був за частоти обертання барабана 450 хв^{-1} . Під час випробування було встановлено, що найбільший вплив на пошкодження зерна надає колова лінійна швидкість молотильного барабана. Так, за збільшення частоти обертання барабана на 100 хв^{-1} з 450 до 550 хв^{-1} , пошкодження збільшувалися з $1,5 \%$ до $5,5 \%$, тобто практично в 4 рази. Залежність пошкоджень зерна від оборотів молотильного барабана показана на рис. 10.

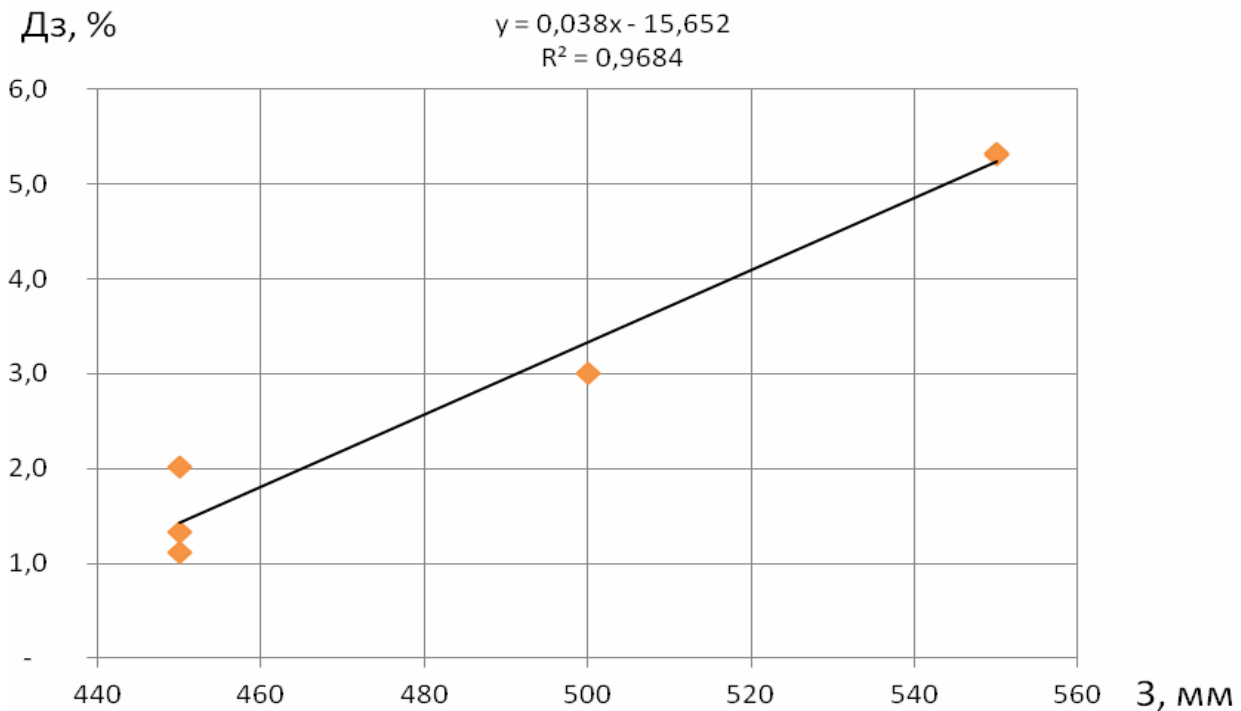


Рис. 10. Залежність пошкоджень зерна від швидкості обертання молотильного барабана (хв^{-1}) за зазору на виході молотарки 10 мм

На підставі даних представлених на рис. 10 можна стверджувати, що частота обертання молотильного барабана не повинна бути збільшена більш за 450 хв^{-1} . Це мінімально можливе значення цієї величини на комбайні КЗС-9М. Водночас необхідно зазначити, що

мінімальні оберти барабана збільшують величину крутного моменту на його привід. Це призводить до збільшення навантаження на пас приводу варіатора молотарки, що може викликати його проковзування. Цей факт збільшує ймовірність забивання

Роговський І. Л.

молотарки, що призводить до порушення технологічного процесу комбайна і велику трудомісткість усунення відмов. У цьому випадку підвищуються вимоги до рівномірності завантаження молотарки комбайна і не допущення її перевантаження, навіть короткочасної.

Зменшення зазору на виході молотарки з 10 до 3 мм величина макропошкодження зерна (дроблення) відповідно збільшувалася від 1,6 до 3,0 %. Це значно менше, ніж за зміни числа обертів молотильного барабана. Залежність пошкодження зерна від зазору на виході молотарки показана на рис. 11.

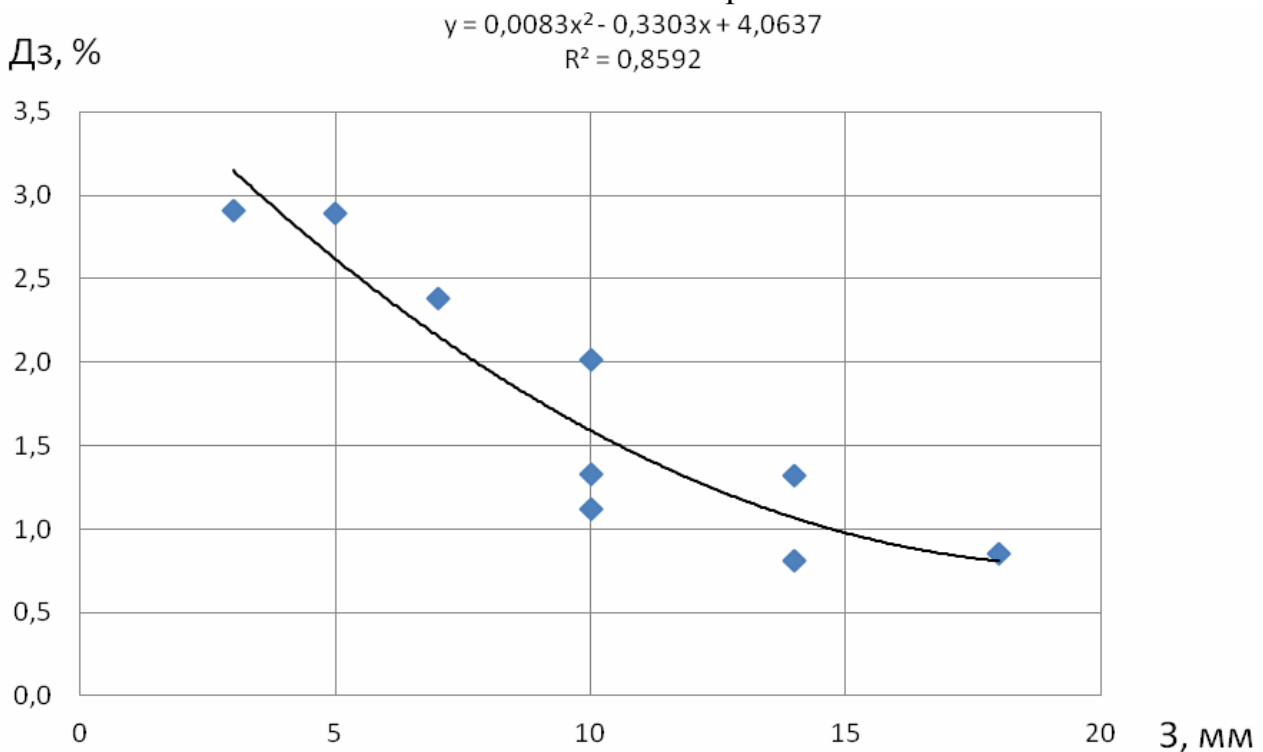


Рис. 11. Залежність пошкодження зерна від зазору на виході молотарки за частоти обертання молотильного барабана 450 хв^{-1}

Важливим чинником є те, що крім макропошкодження є мікропошкодження зерна, а їх величина значно більша. Залежність мікропошкодження зерна від зазору на виході молотарки показана на рис. 12. Аналізуючи цю залежність видно, що зменшення зазору на

виході молотарки з 18 до 3 мм мікропошкодження зерна відповідно збільшуються з 3 до 13 %. Цей факт найбільш значущий, ніж макропошкодження, так як мікропошкодження у кілька разів вище.

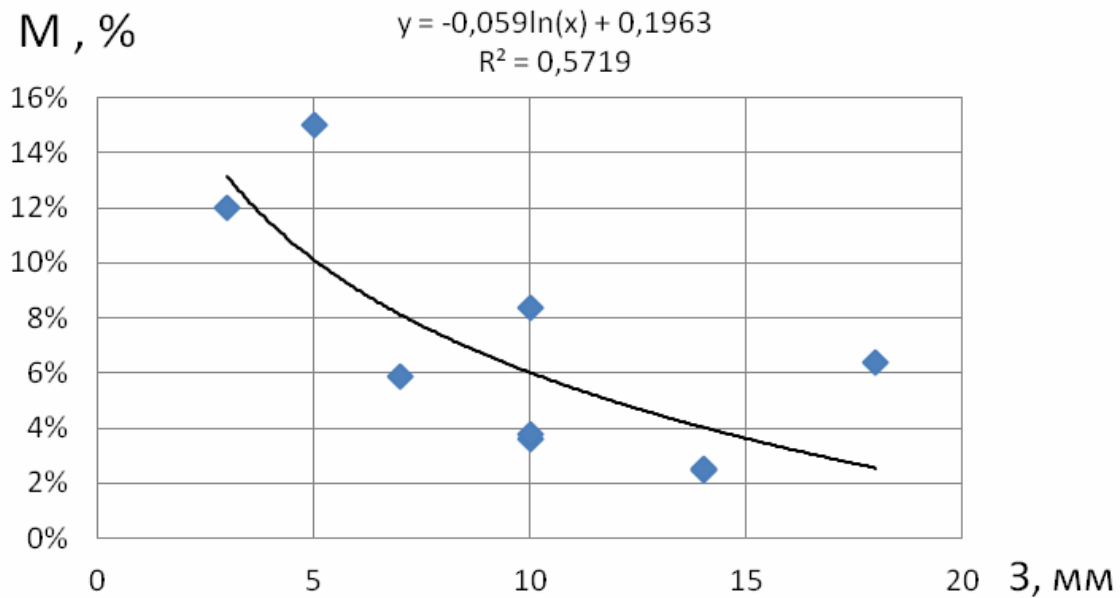


Рис. 12. Залежність мікропошкодження зерна від зазору на виході молотарки за частоти обертання молотильного барабана 450 хв^{-1}

На жаль, нормативними документами, не встановлено допустиму величину дроблення зерна робочими органами машин під час збирання, деякі науковці орієнтуються на 3 %.

Як зазначалося вище зернові культури добре вимолочується і втрат

недомолоту немає. Тому виникає питання, чи можливо подальше збільшення зазору на виході молотарки, щоб отримати подальше зниження мікропошкодження зерна. Розглянемо залежність втрат вільним зерном за комбайном у залежності від зазору на виході молотарки (рис. 13).

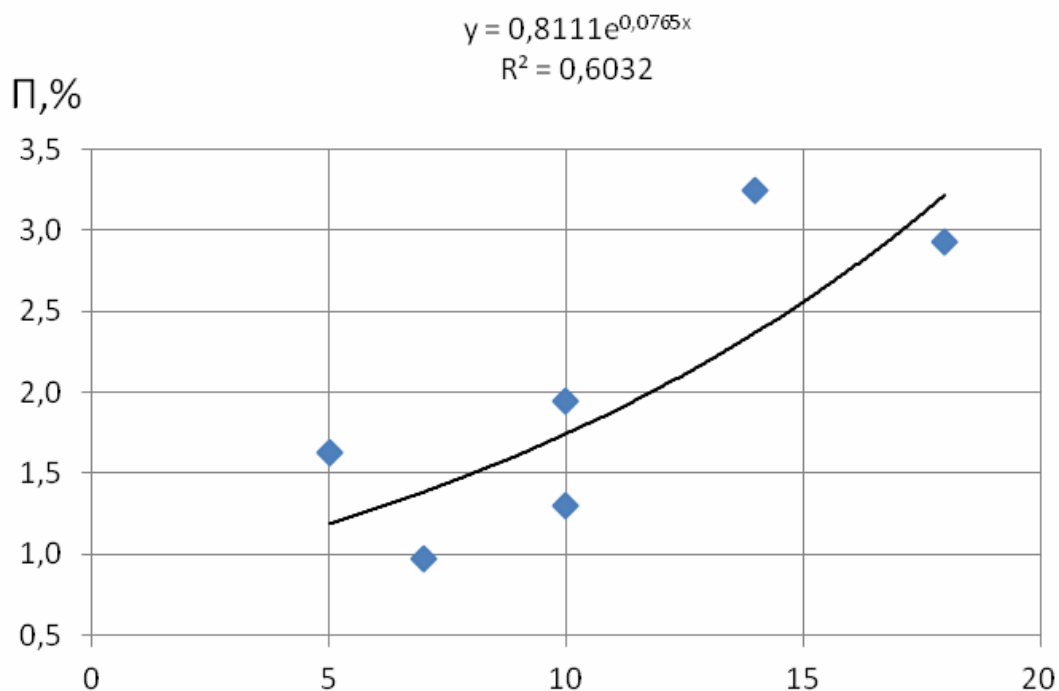


Рис. 13. Залежність втрат вільним зерном від зазору на виході молотарки за частоти обертання молотильного барабана 450 хв^{-1}

Роговський І. Л.

Аналізуючи представлену на рис. 13 залежність, необхідно враховувати той факт, що зі збільшенням зазору на виході молотарки знижується інтенсивність сепарації зерна в молотильної частини через підбарабання. Це пов'язано зі збільшенням товщини шару обмолочуваної зернової маси. Зерну значно важче в цьому випадку виділятися з вороху. А нам необхідно, щоб основна частина зерна до 80 % сепарованого саме в молотарці. У нашому ж випадку, на рахунок погіршення процесу сепарації недостатня кількість зерна виділяється в молотарці. Отже, більше його потрапляє на соломотряс. Тоді соломотряс не справляється в повній мірі зі своєю функцією, що призводить до збільшення втрат вільним зерном за комбайном. Тому збільшувати зазор на виході молотарки недоцільно більше 12 мм.

Основними чинниками, що впливають на величину втрат зерна під час його обмолоту є подача, фракційний склад і вологість обмолочуючого матеріалу, конструктивні й режимні параметри молотильно-сепаруючих пристроїв зернозбирального комбайна. Тому втрати зерна можна знизити такими способами:

1) збільшити частоту обертання молотильного барабана, для того щоб

швидше просувати рослинну масу, але за високих швидкостей зерно буде сильно дробитися;

2) зменшити зазор між бичами і підбарабанням, для того щоб зменшити ефект розшаровування рослинної маси і збільшити швидкість проходження, але за малого зазору відбувається сильне дроблення зерна;

3) зменшити подачу рослинної маси, для того щоб зменшити забивання підбарабання, але за малої подачі, економічно неефективна прибирання культури;

4) прибрати поперечні планки з підбарабання, тим самим усунути процес забивання, шляхом процесу самоочищення;

5) інтенсифікувати процес сепарації зерна.

За цим, можна зробити висновок, що зерно має великий розмір, легко вимолочується, тому за малого зазору, буде збільшуватися пошкодження зерна, а за великого зазору буде збільшуватися товщина рослинної маси і відповідно погіршуватися сепарація зерна за допомогою залипання молотильно-сепарувального пристрою, що підтверджується польовими дослідженнями. Залипання молотильно-сепарувального пристрою представлено на рис. 14.



Рис. 14. Процес залипання підбарabanня молотарки під час збирання зернового збіжжя

Висновки і перспективи. Отже, обґрунтовано доцільність змінити конструкцію класичного молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайну, спрямованої інтенсифікацію процесу сепарації усунення процесу забивання підбарabanня.

Запропоновано на збиранні зернового збіжжя

сільськогосподарських культур зернозбиральним комбайном КЗС-9М «Славутич» встановити частоту обертання молотильного барабана 450 хв^{-1} . Для забезпечення допустимої величини пошкодження зерна і зниження втрат вільним зерном зазор на виході молотарки необхідно встановити 12 мм.

Список використаних джерел

1. Astashev V., Krupenin V. Efficiency of vibration machines. *Engineering for Rural Development*. 2017. Vol. 16. P. 108–113.

2. Brown R., Richards A. *Engineering principles of agricultural machinery*. ASABE. 2018. Vol. 84(2). P. 1120–1132.

3. Dawoud M., Taha I., Ebeid S. Mechanical behaviour of ABS: an experimental study using FDM and injection moulding techniques. *Journal of Manufacturing Processes*. 2016. Vol. 21. P. 39–45.

4. Drga R., Janacova D., Charvatova H. Simulation of the PIR detector active function. *Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016)*, July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboef Bp 112, F-91944 Cedex A, France, Vol. 76, UNSP 04036.

5. Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F. Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. *CIGR Journal*. 2017. Vol. 19. P. 158–163.

6. Hrynkiv A., Rogovskii I., Aulin V., Lysenko S., Titova L., Zagurskiy O., Kolosok I. Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3(105). P. 19–29.

7. Luo A. C. J., Guo Y. *Vibro-impact dynamics*. Monograph. Berlin: Springer-Verlag. 2018. 213 p.

8. Masek J., Novak P., Jasinskas A. Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions.

Роговський І. Л.

Engineering for Rural Development. 2017. Vol. 16. P. 1180–1185.

9. Mirzazadehl A., Abdollahpour S., Mahmoudi A., Ramazani B. Intelligent modeling of material separation in combine harvester's thresher. ANN International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 2012. Vol. 4(23). P. 1767–1777.

10. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 6 (7-108). P. 71–79. doi: 10.15587/1729-4061.2020.217747.

11. Pinzi S., Cubero-Atienza A. J., Dorado M. P. Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration. 2016. Vol. 266 (3). P. 407–441.

12. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash S. A., Sokolova V. A., Tarandin G. S., Polyanskaya O. A. Modeling the weight of criteria for determining the technical level of agricultural machines. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677. P. 022100. doi:10.1088/1755-1315/677/2/022100.

13. Rogovskii I., Grubrin O. Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. 2018. Vol. 298. P. 149–156.

14. Rogovskii I. L. Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 2017. Vol. 258. P. 399–407.

15. Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B. Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Engineering for Rural Development. 2018. Vol. 17. P. 1166–1172.

16. Sukhanova M. V., Sukhanov A. V., Voinash S. A. Intelligent control systems for dynamic mixing processes in seed processing

machines with highly elastic working bodies. Engineering Technologies and Systems. 2020. Vol. 30(3). P. 340–354.

17. Xu L., Wei C., Liang Z., Chai X., Li Y. Development of rapeseed cleaning loss monitoring system and experiments in a combine harvester. Biosystems engineering. 2019. Vol. 178. P. 118–130.

18. Yata V. K., Tiwari B. C., Ahmad I. Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters. 2018. Vol. 16. P. 79–84.

19. Zagurskiy O., Ohienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I. Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland. 2018. P. 64–74.

References

1. Astashev, V., Krupenin, V. (2017). Efficiency of vibration machines. Engineering for rural development, 16, 108–113.

2. Brown, R., Richards, A. (2018). Engineering principles of agricultural machinery. ASABE, 84(2), 1120–1132.

3. Dawoud, M., Taha, I., Ebeid, S. (2016). Mechanical behaviour of ABS: an experimental study using FDM and injection moulding techniques. Journal of Manufacturing Processes, 21, 39–45.

4. Drga, R., Janacova, D., Charvatova, H. (2016). Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, 76, 04036.

5. Dubbini, M., Pezzuolo, A., De Giglio, M., Gattelli, M., Curzio, L., Covi, D., Yezekyan, T., Marinello, F. (2017). Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, 19, 158–163.

6. Hrynkiv, A., Rogovskii, I., Aulin, V., Lysenko, S., Titova, L., Zagurskiy, O., Kolosok, I. (2020). Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(105), 19–29.

Роговський І. Л.

7. Luo, A. C. J., Guo, Y. (2018). *Vibro-impact dynamics*. Monograph. Berlin: Springer-Verlag, 213.
8. Masek, J., Novak, P., Jasinskas, A. (2017). Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. *Engineering for Rural Development*, 16, 1180–1185.
9. Mirzazadehl, A., Abdollahpour, S., Mahmoudi, A., Ramazani, B. (2012). Intelligent modeling of material separation in combine harvester's thresher. *ANN International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(23), 1767–1777.
10. Nazarenko, I., Dedov, O., Bernyk, I., Rogovskii, I., Bondarenko, A., Zapryvoda, A., Titova, L. (2020). Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(7-108), 71–79, doi: 10.15587/1729-4061.2020.217747.
11. Pinzi, S., Cubero-Atienza, A. J., Dorado, M. P. (2016). Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. *Journal of Sound and Vibration*, 266(3), 407–441.
12. Rogovskii, I. L., Titova, L. L., Voinash, S. A., Sokolova, V. A., Tarandin, G. S., Polyanskaya, O. A. (2021). Modeling the weight of criteria for determining the technical level of agricultural machines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 677, 022100. doi:10.1088/1755-1315/677/2/022100.
13. Rogovskii, I., Grubrin, O. (2018). Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK*, 298, 149–156.
14. Rogovskii, I. L. (2017). Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*, 258, 399–407.
15. Sergejeva, N., Aboltins, A., Strupule, L., Aboltina, B. (2018). Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. *Engineering for Rural Development*, 17, 1166–1172.
16. Sukhanova, M. V., Sukhanov, A. V., Voinash, S. A. (2020). Intelligent control systems for dynamic mixing processes in seed processing machines with highly elastic working bodies. *Engineering Technologies and Systems*, 30(3), 340–354.
17. Xu, L., Wei, C., Liang, Z., Chai, X., Li, Y. (2019). Development of rapeseed cleaning loss monitoring system and experiments in a combine harvester. *Biosystems engineering*, 178, 118–130.
18. Yata, V. K., Tiwari, B. C., Ahmad, I. (2018). Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. *Environmental Chemistry Letters*, 16, 79–84.
19. Zagurskiy, O., Ohiienko, M., Rogach, S., Pokusa, T., Titova, L., Rogovskii, I. (2018). Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 64–74.

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЗЕРНА КЛАССИЧЕСКИМ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

И. Л. Роговский

Аннотация. На основании анализа современных отечественных и зарубежных комбайнов установлено, что они характеризуются традиционной схемой молотильно-сепарирующего устройства, которая включает последовательное расположенные бильного молотильного аппарата и клавишный соломотряс. Конструкция подбарабаньев из прутков с поперечными пластинами характеризуется, прежде всего, интенсификацию процесса вымолота зерна. Зерновые культуры вымолачиваются легко, поэтому нет

Роговський І. Л.

необходимости в интенсификации вымолота. Например, при машиноиспользовании зерноуборочного комбайна КЗС-9М «Славутич» при зазоре на выходе молотильного барабана с подбарабаньем в 18 мм и частоте вращения молотильного барабана в пределах 450 мин^{-1} потери недомолота зерна отсутствовали при испытаниях. В данном случае поперечные пластины подбарабанья являются препятствием для перемещения обмолачиваемой массы в молотилке, при этом они образуют за планкой определенное мертвое пространство, в котором накапливается мелкодисперсная составляющая растительной массы.

Качество эксплуатации молотилки зерноуборочного комбайна определяли по коэффициентам недомолота, сепарации, дробления и засоренности, поступившего на очистку зерна.

Определено, что потери и травмирование зерна при обмолоте в молотильно-сепарирующем устройстве происходит в большинстве случаев по влиянию окружной скорости барабана молотарки и зазора в молотильном барабане и подбарабанье. Так как зазор в молотильном пространстве может быть не постоянным и изменен с уменьшением со входа растительной массы в молотильное устройство до его выхода. Как обобщающий параметр, при исследованиях использовали зазор в молотильном пространстве при выходе с молотилки. Таким образом исследования проводили, определив частоту вращения барабана в 450 мин^{-1} . В результате исследований определили, что характерное влияние на потери и травмирование зерна имеет круговая скорость барабана. Так, при повышении частоты вращения на 100 мин^{-1} с 440 и до 540 мин^{-1} , потери и травмирование зерна увеличивались с $1,4 \%$ до $5,4 \%$, то есть в 4 раза.

Ключевые слова: зерно, комбайн, потери, модель, сепарация, устройство

ANALYSIS OF LOSS OF GRAIN GRAINS BY CLASSICAL THRUSTING AND SEPARATING DEVICE OF GRAIN HARVESTER COMBINE

I. L. Rogovskii

Abstract. Based on the analysis of most domestic combines, it is established that they have a traditional scheme of threshing and separating device, which includes one or two sequentially arranged threshing threshers and keyboard straw shaker. The design of drumming from rods with cross plates provides, first of all, intensification of process of threshed grain. Cereals are threshed easily, so there is no need to intensify threshing. For example, when harvesting grain harvester KZS-9M "Slavutich" with a gap at the outlet between the threshing drum and the drum 18 mm and the speed of the threshing drum 450 мин^{-1} , the loss of threshing was absent in all experiments. In this case, the transverse plates of the drum are an obstacle to the movement of the threshed mass in the threshing-separating device, forming a dead space behind each bar, where a small component of plant mass accumulates.

The quality of the threshing and separating device of the combine harvester was determined by the coefficients of undersmilling, separation, crushing and clogging of the grain received for cleaning.

Роговський І. Л.

Damage to the grain during threshing in the thresher is mainly due to the influence of the circumferential linear velocity of the threshing drum and the gap between the threshing drum and the drum. Therefore, the gap in the threshing space is variable and changes in the direction of decrease from the entrance of the plant mass into the threshing device to its exit. To summarize, we used the gap in the threshing space at the outlet of the thresher. In this regard, the beginning of the tests was at a drum speed of 450 min^{-1} . During the tests it was found that the greatest influence on the damage to the grain has a circular linear speed of the threshing drum. Thus, when increasing the speed of the drum per 100 min^{-1} from 450 to 550 min^{-1} , the damage increased from 1.5% to 5.5% , ie almost 4 times.

Key words: grain, combine, losses, model, separation, device