

НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР «ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА
ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА»
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ШЕВЧУК МИХАЙЛО ВІКТОРОВИЧ

УДК 631.361.022

ДИСЕРТАЦІЯ


**ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОПЕРЕДНЬОГО ОБМОЛОТУ ЗЕРНОВИХ
КУЛЬТУР І ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНА ЖНИВАРКИ**

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

Галузь знань 13 – Механічна інженерія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

 М.В. Шевчук
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник Шейченко Віктор Олександрович, доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

АНОТАЦІЯ

Шевчук М.В. Обґрунтування процесу попереднього обмолоту зернових культур і параметрів робочого органа жнивarki. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування (13 – Механічна інженерія). – ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України; Центральноукраїнський національний технічний університет МОН України, Кропивницький, 2019.

Актуальність теми. Одним із фінансово привабливих видів діяльності сучасного сільгоспвиробника є вирощування та подальша реалізація насіння як посівного матеріалу. В Україні щорічно на посів зернових і технічних культур витрачається понад 3,5 млн т насіння, що становить 8–10% валового збору зерна. Досконалість техніко-технологічного забезпечення систем виробництва зернових культур визначається рівнем травмування зерна. Через низьку якість посівного матеріалу, обумовлену істотним пошкодженням та травмуванням насіння за умов його збирання і первинної обробки, аграрії на 20-25% збільшують норму посіву порівняно з посівом кондиційним насінням.

В зв'язку з цим дослідження інтенсифікації процесу відділення зерна із зерно-соломистої маси (ЗСМ) є дуже важливим. Цей процес відбувається в результаті взаємодії ЗСМ і обмолочуючо-транспортуючого пристрою жнивarki на фазі транспортування ЗСМ до молотильно-сепаруючої системи (МСС) комбайна. Завдяки розробленню пристрою попереднього обмолоту зерна встановлено можливість відділення робочими органами жнивarki до 32% зерна. Відзначимо, що попередньо вимолочене зерно осідає (збирається) в нижній частині технологічної маси і не пошкоджується основним молотильним барабаном. Відділене зерно швидше проходить крізь решітчасте підбарабання, що зменшує його втрати за молотаркою.

Актуальність досліджень обумовлена необхідністю підвищення продуктивності зернозбирального комбайна, зменшення нерівномірності подачі хлібної маси і

травмування зернівок. Цього можна досягти завдяки вдосконаленню системи транспортування обмолочувальної маси від шнека жнивarki до транспортера похилої камери. У просторі між шнеком жнивarki і транспортером зернозбирального комбайна розміщують пристрій попереднього обмолоту зерна, який уможливорює відділення зерна на ранніх фазах транспортування зерно-соломистої маси.

Метою дослідження є зменшення деградації зерна і підвищення продуктивності роботи зернозбирального комбайна завдяки вдосконаленню технологічних процесів, технічних засобів транспортування та обмолоту зерна жнивarkою.

Задачі досліджень:

- аналіз існуючих конструкцій МСС, пристроїв попереднього обмолоту зерна, а також особливостей процесу обмолоту ними зернових культур;

- розробка методу визначення кількості відділеного зерна запропонованим пристроєм;

- аналітичне обґрунтування та експериментальне підтвердження комплексного впливу конструкційних параметрів пристрою і режимів виконання комбінованого процесу транспортування та обмолоту ЗСМ на рівень відділення зерна. Встановлення впливу кількості та висоти упорів на барабані пристрою на коефіцієнт відділення зерна залежно від швидкості руху комбайна;

- аналітичне встановлення залежності радіуса барабана від кута охоплення підбарабання, висоти упорів барабана, кута нахилу похилої камери та проміжку між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання;

- розробка нової математичної моделі руху ЗСМ спільно з упорами барабана пристрою попереднього обмолоту зерна для встановлення раціональних конструкційних і кінематичних параметрів пристрою попереднього обмолоту і параметрів похилої камери;

- експериментальні дослідження розроблених пристроїв попереднього відділення зерна та встановлення раціональної конструкційно-технологічної схеми пристрою;

– дослідження пошкоджуваності зерна (макротравмування та мікроушкодження).

Об'єкт дослідження – комбінований технологічний процес транспортування та обмолоту ЗСМ робочими органами жнивarki зернозбирального комбайна.

Предмет дослідження – встановлення закономірностей відділення зерна в ході комбінованого процесу його транспортування та обмолоту, визначення впливу параметрів пристрою попереднього обмолоту зерна на ефективність його роботи.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження проводили з використанням основних положень вищої математики, теоретичної механіки, теорії механізмів і машин, деталей машин, а також числових методів розв'язку задачі з використанням ПЕОМ. Експериментальні дослідження проводили на основі системного підходу, статистичного опрацювання інформації, планування багатофакторного експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів:

уперше:

– розроблено експериментально-розрахунковий метод визначення кількості (ступеня) відділення зерна пристроєм жнивarki зернозбирального комбайна, який враховує особливості взаємодії барабана з упорами пристрою із ЗСМ;

– виведено нові диференційні рівняння руху ЗСМ спільно з упорами барабана пристрою попереднього обмолоту зерна, отримано залежності кутового переміщення і кутової швидкості матеріалу від часу перебування ЗСМ у просторі між упорами барабана та підбарабаня, що уможлиблює встановити залежності кутової швидкості переміщення ЗСМ від конструкційних кінематичних параметрів пристрою попереднього обмолоту та параметрів похилої камери;

– встановлено залежність радіуса барабана від кута охоплення підбарабаня, висоти упорів барабана, кута нахилу похилої камери та проміжку між бічною поверхнею барабана і бічною поверхнею підбарабаня;

– експериментально встановлено залежності коефіцієнта відділення зерна від швидкості руху комбайна, якими враховано відміни механізованих технологічних операцій, зумовлених зміною кінематичних режимів роботи комбайна, кількості

упорів та їх висоти на барабані пристрою попереднього обмолоту зерна. Встановлено, що найбільший коефіцієнт відділення зерна (0,32) у жнивarki з проміжним молотильним барабаном з чотирма додатковими планками зубоподібного профілю висотою 30 мм.

набуло подальшого розвитку:

– причинно-наслідкові зв'язки між системно зумовленими подіями і механізованою операцією переміщення комбінованого шару ЗСМ і відділеного зерна як двох взаємо залежних процесів, своєчасність виконання яких зумовлює стабільність технологічної операції переміщення маси по технологічному ланцюгу комбайна, що уможливило відокремлення 30-32% зерна на ранніх фазах його транспортування до МСС зернозбирального комбайна КЗС 9-1 «Славутич».

Практичне значення одержаних результатів. Використання результатів дослідження забезпечить модернізацію та підвищить рівень керування системами техніко - технологічного забезпечення виробництва зерна, в тому числі насінництва, завдяки вдосконаленому комбінованому технологічному процесу транспортування та обмолоту зерна.

Результати досліджень використовуються – у ТОВ НВП «Херсонський машинобудівний завод» при розробленні нових й удосконаленні робочих органів, машин, технологічних процесів та технологій збирання зернових культур. Крім того, на базі отриманих результатів розроблено методичні вказівки з дисциплін «Трактори і автомобілі», «Сільськогосподарські машини» для студентів зі спеціальності 208 – "Агроінженерія" Уманського національного університету садівництва.

Річний економічний ефект від використання жнивarki з пристроєм попереднього обмолоту зерна становить 1501,3 тис. грн.

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертаційної роботи отримано автором самостійно. Результати досліджень викладено одноосібно у праці[1]. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належить: розроблення пристрою попереднього обмолоту зерна[2, 8, 11, 12, 17], виведення аналітичних залежностей для визначення потужності, що витрачається на

переміщення барабаном з упорами ЗСМ [3], перевірка розроблених математичних моделей [5, 14], встановлення аналітичних залежностей для визначення кінематичних і динамічних показників барабана з упорами пристрою попереднього обмолоту зерна [6, 7], розроблення експериментально-розрахункового методу визначення кількості (ступеня) відділення зерна пристроєм попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайна [4, 9, 13], експериментальне встановлення показників якості насіння [10, 15, 16].

Розроблення експериментального пристрою попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайна і проведення експериментальних досліджень здобувачем виконано самостійно. Постановку завдань, складання програми експериментальних досліджень, аналіз і узагальнення отриманих результатів виконано спільно з науковим керівником та частково із співавторами публікацій.

За результатами досліджень зроблено такі висновки:

1. Встановлено, що існуючі технологічні процеси транспортування і попереднього обмолоту ЗСМ у жниварках зернозбиральних комбайнів не дозволяють повною мірою здійснити узгоджене ефективне функціонування систем комбайна і унеможливають підвищення техніко-економічних показників систем зерновиробництва. Тому першочерговим завданням є інтенсифікація процесу відділення зерна на етапі його транспортування до МСС комбайна завдяки вдосконаленню комбінованого технологічного процесу транспортування та обмолоту ЗСМ, розробка пристрою попереднього обмолоту зерна, якими враховано відміни взаємодії ЗСМ з планками барабана пристрою.

В зернозбиральному комбайні синергетичний ефект взаємопосилення рівня відділення зерна реалізується завдяки системним зв'язкам комбінованого технологічного процесу транспортування і обмолоту ЗСМ з параметрами та режимами функціонування комбайна, завдяки чому створюються умови для підвищення продуктивності зернозбирального комбайна, зменшення нерівномірності подачі хлібної маси і травмування зернівок.

2. Удосконалено комбінований технологічний процес транспортування та обмолоту ЗСМ, розроблено пристрій попереднього обмолоту зерна жнивarki

зернозбирального комбайна КЗС 9-1 «Славутич», що дозволило відокремлювати 30–32 % зерна на ранніх фазах його транспортування до МСС комбайна.

3. Розроблено експериментально-розрахунковий метод визначення кількості (ступеня) відділення зерна пристроєм жнивarki зернозбирального комбайна, що базується на результатах моделювання комбінованого процесу транспортування та обмолоту зерна, зумовлених взаємодією барабана пристрою із ЗСМ.

4. Аналітично обґрунтовано та експериментально підтверджено комплексний вплив конструкційних параметрів пристрою і режимів виконання комбінованого процесу транспортування та обмолоту ЗСМ на рівень відділення зерна, що дозволило встановити теоретичну залежність коефіцієнта відділення зерна.

5. Встановлено залежність радіуса барабана від кута охоплення підбарабання, кута нахилу похилої камери, проміжку між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання (2.4), що уможливила встановити раціональні значення радіуса барабана ($r_{\bar{\sigma}} \approx 0,18 - 0,25$ м).

6. Розроблено нову розрахункову модель руху ЗСМ спільно з упорами барабана пристрою попереднього обмолоту зерна, отримано залежності кутового переміщення та кутової швидкості матеріалу від часу перебування ЗСМ у просторі між упорами барабана і підбарабанням, що уможливило встановити залежності кутової швидкості переміщення ЗСМ від конструкційних і кінематичних параметрів пристрою попереднього обмолоту та параметрів похилої камери.

7. Експериментально встановлено залежності коефіцієнта відділення зерна від швидкості руху комбайна, які враховують відміни механізованих технологічних операцій, зумовлених зміною кінематичних режимів роботи комбайна, кількості упорів та їх висоти на барабані пристрою попереднього обмолоту зерна. Встановлено, що коефіцієнт відділення зерна від колосу в жнивarki з проміжним молотильним барабаном з чотирма додатковими планками зубоподібного профілю заввишки 30 мм, має найбільше (0,32) значення. Питоме значення маси відділеного зерна для цієї конструкції пристрою в 6,7 раза більше ніж у серійної жнивarki, в 1,9 ніж з бичем, в 3 рази гладкого, в 1,3 раза ніж у барабана з двома планками.

8. Експериментально встановлено значення енергії проростання зерна, зібраного серійною жнивркою, – 91-95%, жнивркою з встановленим бичем під барабаном – 88-96, жнивркою з гладким барабаном – 93-96, жнивркою, барабан якої містить дві 93-95 та чотири планки – 94-97%.

Встановлено, що при проходженні зерном всього технологічного ланцюга комбайна зменшується його (зерна) енергія проростання в 1,13 – 1,15 рази.

9. За інтегральним показником мікропошкодження зерно з бункера зернозбирального комбайна мало найвищі показники – 80,5%, що на 6,25% менше ніж у жниврки з встановленим бичем під барабаном, на 6% ніж у серійної жниврки, на 5,25% ніж у жниврки з проміжним молотильним барабаном з двома додатковими планками зубоподібного профілюзаввишки 30 мм та на 4,25% ніж у жниврки з проміжним молотильним барабаном з чотирма додатковими планками зубоподібного профілюзаввишки 30 мм.

10. Річний економічний ефект від використання жниврки з пристроєм попереднього обмолоту зерна становить 1501,3 тис. грн.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, жниврка, технологічний процес транспортування та обмолоту зерна, пристрій попереднього обмолоту зерна, коефіцієнт відділення зерна, маса відділеного зерна.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Друковані праці за матеріалами дисертації:

1. Шевчук М. В. Дослідження пристрою попереднього обмолоту зерна. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж.наук. зб. Глеваха.2016. Вип.№3 (102). С. 91–98.*

2. Исследование кривошипно-шатунного привода режущего аппарата жатки / В.А. Шейченко, В.И. Недовесов, А.Я Кузьмич, А.Н. Грицака, М.В. Шевчук. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol. 18. No 3. – P. 96–100. (Дисертанту належить встановлення аналітичних залежностей).*

3. Визначення потужності на переміщення барабаном із упорами зерно-соломистої маси / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук.

Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж. наук. зб. Глеваха. 2017. Вип. №5 (104). С. 217–223. (Дисертантом виведено аналітичні залежності для визначення потужності, яка витрачається на переміщення барабаном із упорами зерно-соломистої маси).

4. Розрахунково-експериментальний метод обґрунтування коефіцієнта відділення зерна / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук, С.В. Яхін. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. Вип. 26. Ч.2. С. 86–93. (Дисертантом запропоновано метод обґрунтування коефіцієнта відділення зерна).

5. Дослідження переміщення зерно-соломистої маси барабаном із упорами / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук. *Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний наук. зб. Глеваха. 2017. Вип. 103. С. 242–249. (Дисертантом виведено аналітичні залежності для визначення потужності, яка витрачається на переміщення барабаном із упорами зерно-соломистої маси).*

6. Дудніков І.А., Шевчук М.В. Метод обґрунтування коефіцієнта відділення зерна. *Сучасні проблеми землеробської механіки зб. Кам'янець-Подільський*. 2017. Вип. №18. С. 97–99. (Дисертантом розроблено метод обґрунтування коефіцієнта відділення зерна).

7. Обоснование коэффициента отделения зерна устройством предварительного обмолота жатки / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук, В.В. Шевчук. *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Международная научно-техническая конференция посвященная 70-летию со дня образования РУП «НПЦНАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 18-20 октября 2017 г. Минск. Минск. 2017. С. 172–176. (Дисертантом виведено аналітичні залежності для визначення кінематичних і динамічних показників барабана із упорами пристрою попереднього обмолоту зерна).*

8. Study of the process of grain pre-threshing by working bodies of a combine harvester header / V. Sheychenko, I. Dudnikov, A. Kuzmych, M. Shevchuk, V. Shevchuk, A. Pushka, V. Hruban, M. Tolstushko, N. Tolstushko. *Eastern-European Journal of*

Enterprise Technologies. 2017. Vol. 6. No 1(90). P. 19–27. (Дисертантом виготовлено пристрій попереднього обмолоту зерна, проведено експериментальні дослідження та встановлено значення коефіцієнта відділення зерна).

9. Інтенсифікація процесів відділення зерна із зерносоломистої маси / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук. *Сучасні проблеми землеробської механіки: Міжнародна наукова конференція присвячена 120-й річниці з дня заснування кафедри сільськогосподарських машин та 118-й річниці з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка*. 17–19 жовтня 2018 р. Київ. 2018. С. 82-84. (Дисертантом розроблено експериментально-розрахунковий метод визначення кількості (ступеня) відділеного зерна).

10. Research of quality indicators of wheat seeds separated by prethreshing device / V.O. Sheichenko, A.Ya. Kuzmych, M.V. Shevchuk, V.V. Shevchuk, O.I. Belovod. *INMATEH - CUPRINS* – Vol. 57, Nr. 1 / 2019 / *INMATEH - CONTENTS* – Vol. 57, No. 1 / 2019, с. 157-165. (Дисертантом проведено експериментальне дослідження з визначення показників якості насіння).

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

11. Особливості переміщення барабаном із упорами зерно-соломистої маси / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, М.М. Толстушко, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук. *Інноваційні технології в АПК: Всеукраїнська науково-практична конференція, травень 2017 р*, м. Луцьк. Луцьк, 2017. Вип. №6 С. 66–68. (Дисертантом розроблено метод обґрунтування коефіцієнта відділення зерна).

12. Дослідження пристрою попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайна / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, В.В. Шевчук, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук. *Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва: матеріали III міжнародної науково-практичної конференції, 24-25 травня 2017 р.*, м. Умань. Умань, 2017. С. 50–52. (Дисертант проводив перевірку розроблених математичних моделей).

13. Шейченко В.О., Кузьмич А.Я., Шевчук М.В. Результати досліджень з визначення енергії проростання і схожості насіння, відділеного пристроєм

попереднього обмолоту зерна. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж. наук. зб.* Глеваха. 2017. Вип.№5 (104). С. 184–189. (Дисертант провів експериментальні дослідження та встановив показники втрати якості насіння).

14. Шейченко В.О., Дудніков І.А., Шевчук М.В. Моделювання впливу урожайності, вологості та числа обертів барабана на значення коефіцієнта відділення зерна. *Інженерія та технології: наука, освіта, виробництво: Міжнародна науково-технічна конференція, 15-16 листопада 2018 р., м. Луцьк.* Луцьк : Інф.-вид. Луцького НТУ. 2018. С. 276–277. (Дисертант провів моделювання впливу факторів на значення коефіцієнта відділення зерна).

15. В. Шейченко, І. Дудніков, А.Кузьмич, М.Шевчук. Дослідження впливу пропускної здатності комбайна на якість зерна, відділеного пристроєм попереднього обмолоту. *Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи: тези доповідей IV міжнародної науково-практичної конференції до 100 річчя кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, 16-17 травня 2019 року / – Львів: ЛА "Піраміда", 2019.– 160 с. с.148-149.* (Дисертант провів експериментальні дослідження та встановив вплив пропускної здатності на показники якості зерна).

16. В. Шейченко, А. Кузьмич, І. Дудніков., М. Шевчук. Дослідження показників якості зерна, відділеного пристроєм попереднього обмолоту комбайна (тези). *Матеріали XXVII міжнародної науково-технічної конференції "Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві" та XIX всеукраїнської конференції-семінару аспірантів, докторантів і здобувачів у галузі аграрної інженерії.* Глеваха. 2019. Вип. №116. С.47-49. (Дисертант провів експериментальні дослідження та встановив показники якості зерна)

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

17. Патент № 127698 «Молотильно-сепаруючий пристрій» / В.Г. Мироненко, В.О. Шейченко, М.М. Анеляк, А.Я. Кузьмич, О.М. Грицака, М.В. Шевчук. № а201607783; заявл. 14.07.2016; опубл. 27.08.2018. Бюл. № 16.

SUMMARY

Shevchuk MV. Substantiation of the Process of Cereal Crops and Pre-Threshing and Parameters of the Reaper Active Member. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the Doctor of Philosophy Degree in specialty 133 - Industry Engineering (13 - Mechanical Engineering). - NSC "Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture" of NAAS of Ukraine; Central Ukrainian National Technical University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kropyvnytskyi, 2019.

One of the financially attractive activities of the modern agricultural producer is the cultivation and further sale of seeds as sowing material. In Ukraine, more than 3.5 million tons of seeds are consumed annually for sowing cereals and industrial crops, which is 8-10% of the gross grain harvest. The excellence of technical and technological support for grain production systems is determined by the level of grain injury. Due to the low quality of the seed material, caused by significant damage and injury to the seeds under the conditions of its harvesting and initial processing, agrarians increase by 20-25% the rate of sowing compared to the sowing of conditioned seeds.

In this regard, the study of the intensification of the process of separation of grain from grain-straw mass (SCM) is very important. This process occurs as a result of the interaction of the AFM and the reaping device of the harvester during the AFM transport phase to the combine threshing and separating system (MCC). Thanks to the development of the device of preliminary threshing of grain the possibility of separation by the working bodies of the reaper up to 32% of grain is established. It should be noted that the pre-grounded grain settles (gathers) in the lower part of the process mass and is not damaged by the main threshing drum. Separated grain goes through a lattice-breaker faster, reducing its loss by a thresher.

The urgency of the research is due to the need to increase the productivity of the combine harvester, reduce the uneven supply of grain mass and injury to the grain. This can be achieved by improving the transport system of the threshing mass from the auger of

the reaper to the conveyor of the inclined chamber. The space between the harvester auger and the combine harvester is equipped with a pre-threshing device.

The aim of the study is to reduce grain degradation and increase the productivity of the combine harvester through the improvement of technological processes, technical means of transportation and threshing of the grain by the harvester.

The goal was achieved through:

- analysis of existing structures of MCC, devices of pre-threshing of grain, and also features of process of threshing by them of grain crops;

- development of a method of determining the amount of separated grain developed device;

- analytical substantiation and experimental confirmation of the complex influence of the design parameters of the device and modes of execution of the combined process of transportation and threshing of the SMM on the level of grain separation. Setting the influence of the number and height of the stops on the drum of the device on the coefficient of separation of the grain, depending on the speed of movement of the combine;

- analytical determination of the dependence of the drum radius on the angle of coverage of the drum, the height of the drum stops, the angle of inclination of the chamber and the gap between the side surface of the drum and the lateral surface of the drum;

- development of a new mathematical model of motion of the SMM together with the drum stops of the device of pre-threshing of grain for establishment of rational structural and kinematic parameters of the device of pre-threshing and parameters of the inclined chamber;

- experimental study of the developed devices of the preliminary separation of the grain and the establishment of a rational construction and technological scheme of the device;

- investigation of grain damage (macro-injury and micro-damage).

The object of the study is the combined technological process of transportation and threshing of the AFM by the working bodies of the combine harvester.

The subject of the study is to establish the patterns of separation of grain during the combined process of its transportation and threshing, to determine the influence of the parameters of the device pre-threshing grain on the efficiency of its operation.

Research Methods. Theoretical studies were carried out using the basic principles of higher mathematics, theoretical mechanics, the theory of mechanisms and machines, machine parts, as well as numerical methods for solving a problem using a computer. Experimental studies were conducted on the basis of a systematic approach, statistical processing of information, planning of a multifactorial experiment.

Scientific novelty of the obtained results:

first:

- an experimental calculation method for determining the amount (degree) of separation of grain by the device of the harvester of the combine harvester was developed, which takes into account the peculiarities of interaction of the drum with the stops of the device with the SMM;

- new differential equations of motion of the ZSM together with the stops of the drum of the device of pre-threshing of the grain are deduced, the dependences of the angular displacement and the angular velocity of the material on the time of the stay of the ZSM in the space between the stops of the drum and the concave are obtained, which makes it possible to establish the dependences of the angular velocity of movement of the arrays pre-threshing and sloping chamber parameters;

- the dependence of the drum radius on the angle of coverage of the drum, the height of the drum stops, the angle of inclination of the inclined chamber and the gap between the lateral surface of the drum and the lateral surface of the drum;

- the dependence of the grain separation coefficient on the speed of the combine harvester was experimentally established, which took into account the cancellations of mechanized technological operations caused by the change of the kinematic modes of operation of the combine, the number of stops and their height on the drum of the grain pre-threshing device. It was found that the highest grain separation coefficient (0.32) was obtained in the reapers with an intermediate threshing drum with four additional 30 mm tooth profile rails.

has been further developed:

- causal relationships between system-driven events and mechanized operation of moving the combined layer of the AFM and the separated grain as two interdependent processes, the timeliness of which determines the stability of the technological operation of moving the mass along the technological chain of the combine, which made possible the separation of 30-32 the early stages of its transportation to the MCC of the combine harvester KZS 9-1 "Slavutich".

The practical significance of the results obtained. The use of the results of the research will provide modernization and increase the level of control of the systems of technological and technological support of grain production, including seed production, due to the improved combined technological process of transportation and threshing of grain.

Results of researches are used - in LLC KPP "Kherson machine-building plant" at development of new and improvement of working bodies, machines, technological processes and technologies of grain harvesting. In addition, on the basis of the obtained results, methodological guidelines for the disciplines "Tractors and cars", "Agricultural machines" for students in specialty 208 - "Agroengineering" of Uman National University of Horticulture were developed.

The annual economic effect of using the reaper with the device of preliminary threshing of grain makes 1501,3 thousand UAH.

Personal contribution of the applicant. The main results of the dissertation were obtained by the author independently. The results of the studies are presented individually in [1]. The scientific works published in co-authorship include: development of a device for pre-threshing the grain [2, 8, 10, 11, 14], deducing analytical dependencies for determining the power consumed by the movement of the drum with the emphasis of the SMM [3], checking the developed mathematical models [5, 13], establishment of analytical dependences for determination of kinematic and dynamic parameters of the drum with emphasis on the device of pre-threshing grain [6, 7], development of an experimental-calculation method for determining the number (degree) of division of grain by the device of pre-threshing grain of the harvester of the combine harvester [4, 9, 12].

The development of an experimental device for pre-threshing the grain of the combine harvester and conducting the experimental researches by the extractor was performed independently. Task setting, experimental program development, analysis and generalization of the obtained results were performed jointly with the scientific supervisor and partly with co-authors of publications.

According to the research the following conclusions are reached:

1. It is established that the existing technological processes of transportation and pre-threshing of the SMM in the harvesters of combine harvesters do not allow to fully implement the coordinated effective functioning of the combine systems and make it impossible to increase the technical and economic indicators of the grain production systems. Therefore, the primary task is to intensify the process of separating the grain at the stage of its transportation to the MCC combine due to the improvement of the combined technological process of transportation and threshing of the SMM, the development of the device of pre-threshing of the grain, which takes into account the differences in the interaction of the SMM with the drum device.

In a combine harvester, the synergistic effect of increasing the level of separation of the grain is realized through the systemic linkages of the combined technological process of transportation and threshing of the CMM with the parameters and modes of operation of the combine, which creates conditions for improving the productivity of the combine harvester, reducing the grain quality.

2. The combined technological process of transportation and threshing of the AFM was improved, the device of preliminary threshing of grain of the harvester of the combine harvester KZS 9-1 "Slavutich" was developed, which allowed to separate 30-32% of grain at the early stages of its transportation to the MCC of the combine.

3. An experimental calculation method for determining the amount (degree) of separation of grain by the combine harvester harvester is developed, based on the results of simulation of the combined process of grain transportation and threshing caused by the interaction of the device drum with the SMM.

4. The complex influence of the design parameters of the device and the modes of execution of the combined process of transportation and threshing of the SMM on the

level of grain separation was analytically substantiated and experimentally confirmed, which allowed to establish the theoretical dependence of the grain separation coefficient.

5. The dependence of the drum radius on the angle of coverage of the drum was determined, the angle of inclination of the inclined chamber, the distance between the lateral surface of the drum and the lateral surface of the drum (2,4), which made it possible to set rational values of the drum radius (m).

6. A new calculation model of the ZSM motion together with the drum stops of the grain pre-threshing device was developed, and the dependences of the angular displacement and the angular velocity of the material on the time of the ZSM stay in the space between the drum stops and the concatenation, which made it possible to establish the dependences of the angular velocity of the displacement parameters pre-threshing devices and sloping chamber parameters.

7. The dependence of the grain separation coefficient on the speed of the combine harvester is experimentally established, taking into account the cancellations of mechanized technological operations caused by the change of the kinematic modes of operation of the combine, the number of stops and their height on the drum of the grain pre-threshing device. It is established that the coefficient of separation of the grain from the ear in the reapers with an intermediate threshing drum with four additional slots of a tooth profile 30 mm high, has the greatest (0.32) value. The specific value of the mass of separated grain for this device construction is 6.7 times greater than that of a serial harvester, 1.9 times that of a scourge, 3 times as smooth, 1.3 times that of a drum with two slats.

8. The value of the germination energy of the grain collected by the serial harvester was experimentally established - 91-95%, the reaper with the installed scourge under the drum - 88-96, the reaper with the smooth reel - 93-96, the reaper whose drum contains two 93-95 and four bars - 94-97%.

It is established that as the grain passes through the entire technological chain of the combine, its (grain) germination energy decreases by 1.13 - 1.15 times.

9. According to the integral indicator of micro-damage, the grain from the combine harvester bin had the highest rates - 80.5%, which is 6.25% less than the reaper with the

drum under the drum, 6% less than the serial reaper, 5.25% harvesters with an intermediate threshing drum with two additional flanges of a 30 mm tooth profile and 4.25% than harvesters with an intermediate threshing drum with four additional flanges of a 30 mm tooth profile.

10. The annual economic effect of using the harvester with the device of preliminary threshing of grain makes 1501,3 thousand UAH.

Key words: combine harvester, reaper, technological process of transportation and threshing of grain, device of preliminary threshing of grain, coefficient of separation of grain, mass of separated grain.

LIST OF PUBLISHED PAPERS ON THE DISSERTATION

Printed works on dissertation materials:

1. Shevchuk MV Investigation of the device of pre-threshing grain. Mechanization and electrification of agriculture: nationwide. Sciences. Sat. They were staring. 2016. Issue # 3 (102). Pp. 91–98.

2. Investigation of the crank actuator of the cutting machine of the reaper / VA Sheichenko, VI Nedovesov, A.Ya. Kuzmich, AN Gritsaka, MV Shevchuk. MOTROL. Commission of Motorization and Energy in Agriculture. 2016. Vol. 18. No. 3. P. 96–100. (The dissertation belongs to the establishment of analytical dependencies).

3. Determination of the power to move the drum with stops of grain-straw mass / V.O. Sheichenko, I.A. Dudnikov, A.Ya. Kuzmic, MV Shevchuk. Mechanization and electrification of agriculture: nationwide. Sciences. Sat. They were staring. 2017. Vol. No. 5 (104). Pp. 217–223. (The dissertation is devoted to the analytical dependences for determining the power consumed by the movement of the drum with stops of grain-straw weight).

4. Calculation-experimental method of substantiation of the grain separation coefficient / V.O. Sheichenko, I.A. Dudnikov, A.Ya. Kuzmic, MV Shevchuk, SV Jachin. Podilskyi Herald: Agriculture, Technology, Economics. 2017. Vol. 26. Part 2. Pp. 86–93.

(The dissertation proposes the method of substantiation of the grain separation coefficient).

5. The study of the movement of grain-straw mass with a drum with stops / V.O. Sheichenko, I.A. Dudnikov, A.Ya. Kuzmic, MV Shevchuk. Mechanization and electrification of agriculture: interagency thematic sciences. Sat. They were staring. 2017. Vol. 103. P. 242–249. (The dissertation is devoted to the analytical dependences for determining the power consumed by the movement of the drum with stops of grain-straw weight).

6. Dudnikov IA, Shevchuk MV Method of substantiation of the grain separation coefficient. Modern problems of agricultural mechanics coll. Kamianets-Podilskyi. 2017. Issue # 18. Pp. 97–99. (The method of substantiation of the grain separation coefficient is developed by the dissertation).

7. Substantiation of grain separation coefficient by the device of preliminary threshing of the reaper / V.O. Sheichenko, I.A. Dudnikov, A.Ya. Kuzmic, MV Shevchuk, V.V. Shevchuk. Scientific and technological progress in agricultural production: International scientific and technical conference dedicated to the 70th anniversary of the establishment of the National Agricultural Research Center of Belarus on agricultural mechanization. October 18-20, 2017 Minsk. Minsk. 2017, pp. 172–176. (Analytical dependencies for determination of kinematic and dynamic parameters of the drum with emphasis of the device of pre-threshing of grain are deduced by the dissertation).

8. Study of the grain pre-threshing process by working bodies of a combine harvester header / V. Sheychenko, I. Dudnikov, A. Kuzmych, M. Shevchuk, V. Shevchuk, A. Pushka, V. Hruban, M. Tolstushko, N. Tolstushko. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 6. No 1 (90). R. 19–27. (The dissertation made the device of preliminary threshing of grain, carried out experimental researches and set the value of the coefficient of separation of grain).

9. Intensification of processes of separation of grain from grain-straw mass / V.O. Sheichenko, I.A. Dudnikov, A.Ya. Kuzmic, MV Shevchuk. Modern Problems of Agricultural Mechanics: International Scientific Conference is dedicated to the 120th anniversary of the founding of the Department of Agricultural Machines and the 118th

anniversary of the birth of Academician Peter V. Vasilenko. October 17-19, 2018, Kyiv. 2018. S. 82-84. (The dissertation has developed an experimental calculation method for determining the amount (degree) of separated grain).

10. Research on quality of wheat seeds indicators separated by prethreshing device / V.O. Sheichenko, A.Ya. Kuzmych, M.V. Shevchuk, V.V. Shevchuk, O.I. Belovod. INMATEH - CUPRINS - Vol. 57, Nr. 1/2019 / INMATEH - CONTENTS - Vol. 57, No. 3 1/2019, p. 157-165.

Papers certifying the approbation of the dissertation materials:

11. Features of movement of the drum with stops of grain-straw mass / V.O. Sheichenko, I.A. Dudnikov, M.M. Tolstushko, A.Ya. Kuzmic, MV Shevchuk. Innovative technologies in agroindustrial complex: All-Ukrainian scientific-practical conference, May 2017, Lutsk. Lutsk, 2017. Vyp. No. 6, pp. 66–68. (The method of substantiation of the grain separation coefficient is developed by the dissertation).

12. Investigation of the device of pre-threshing grain of the combine harvester grain / V.O. Sheichenko, I.A. Dudnikov, V.V. Shevchuk, A.Ya. Kuzmic, MV Shevchuk. Import-substituting technologies for growing, storing and processing products of horticulture and plant production: materials of the III International Scientific and Practical Conference, May 24-25, 2017, Uman. Uman, 2017. pp. 50–52. (The dissertation checked the developed mathematical models).

13. Sheychenko VA, Kuzmich AY, Shevchuk MV The results of studies to determine the germination energy and germination of seeds separated by the device pre-threshing grain. Mechanization and electrification of agriculture: nationwide. Sciences. Sat. They were staring. 2017. Issue # 5 (104). Pp. 184–189. (Dissertation conducted experimental research and established indicators of loss of seed quality).

14. Sheychenko VA, Dudnikov IA, Shevchuk MV Simulation of the effect of yield, humidity and number of drum rotations on the value of the grain separation coefficient. Engineering and Technology: Science, Education, Production: International Scientific and Technical Conference, 15-16 November 2018, Lutsk. Lutsk: Inf-view. Lutsk NTU. 2018, pp. 276–277. (The dissertation conducted modeling of influence of factors on value of coefficient of separation of grain).

15. V. Sheychenko, I. Dudnikov, A. Kuzmich, M. Shevchuk. Investigation of the effect of the throughput of the combine on the quality of grain separated by the pre-threshing device. Quality Management in Education and Industry: Experience, Problems and Prospects: Abstracts of the IV International Scientific and Practical Conference on the 100th Anniversary of the Chair of Information and Measurement Technologies, May 16-17, 2019 / - Lviv: LA "Pyramid", 2019. - 160 p. . p.148-149. (The dissertation conducted experimental studies and established the effect of throughput on grain quality indicators).

16. V. Sheychenko, A. Kuzmich, I. Dudnikov., M. Shevchuk. Investigation of grain quality indices separated by combine harvester (abstract). Proceedings of the XXVII International Scientific and Technical Conference "Technical Progress in Agricultural Production" and the XIXth All-Ukrainian Conference-Seminar of postgraduate students, PhD students and applicants in the field of agricultural engineering. They were starting. 2019. No. №116. P.47-49. (Dissertation conducted experimental research and established grain quality indicators)

Papers which additionally reflect the scientific results of the dissertation:

17. Patent No. 127698 "Threshing and Separating Device" / V.G. Mironenko, V.O. Sheichenko, M.M. Anelyak, A.Ya. Kuzmich, OM Gritsaka, MV Shevchuk. No. a201607783; claimed 14.07.2016; publ. 08/27/2018 Bul. № 16.

З М І С Т

ВСТУП.....		26
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....		33
1.1	Аналіз існуючих технологій збирання зернових	33
1.2	Аналіз конструкційно-технологічних особливостей існуючих жниварок	34
1.3	Конструкційно-технологічні особливості існуючих технологічних процесів та механізмів попереднього відділення зерна робочими органами жниварки.....	38
1.4	Недоліки сучасних техніко-технологічних рішень збирання зернових в контексті значного рівня травмування зерна	49
1.5	Аналіз наукових досліджень процесу обмолоту зерно-соломистої маси.....	52
	Висновки	57
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....		58
2.1	Кінематика упорів барабана пристрою попереднього обмолоту зерна	58
2.2	Удосконалення молотильно-сепаруючого пристрою	64
2.3	Особливості технологічного процесу транспортування зерно-соломистої маси та дослідження конструкційних параметрів барабана пристрою попереднього обмолоту.....	68
2.4	Дослідження руху ЗСМ та шару відділеного зерна по підбарабанню пристрою попереднього обмолоту зерна	72
2.5	Дослідження переміщення ЗСМ з проковзуванням по поверхні	

	підбарабання	80
2.6	Обґрунтування коефіцієнта відділення зерна пристроєм попереднього обмолоту жнивarki	84
2.7.	Кінематика і динаміка барабана з упорами пристрою попереднього обмолоту зерна	86
	Висновки	90
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....		92
3.1	Методика визначення ступеня відділення зерна пристроєм попереднього обмолоту зерна.....	92
3.2	Методика визначення втрат якості насіння пшениці	103
3.3	Методика визначення впливу урожайності, вологості та числа обертів барабана на значення коефіцієнта відділення.....	106
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....		114
4.1	Результати досліджень з визначення ступеня відділення зерна пристроєм попереднього обмолоту зерна.....	114
4.2	Результати досліджень з визначення втрат якості насіння пшениці.....	125
4.2.1	Дослідження ступеня пошкодження насіння пшениці відділеного пристроєм попереднього обмолоту зерна	125
4.2.2	Результати досліджень з визначення енергії проростання і схожості насіння	128
4.3	Результати проведення експерименту з визначення впливу урожайності, вологості та числа обертів барабана на значення коефіцієнта відділення.....	133
	Висновки	136

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЮ ПОПЕРЕДНЬОГО ОБМОЛОТУ ЗЕРНА ЖНИВАРКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА.....	139
Висновки	145
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	146
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	149
ДОДАТКИ.....	164
ДОДАТОК А.	165
ДОДАТОК Б.	166
ДОДАТОК В.	172
ДОДАТОК Г.	177
ДОДАТОК Д.	178
ДОДАТОК Е.	179
ДОДАТОК Є.	181
ДОДАТОК Ж.	184

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку механізації сільського господарства передбачається підвищення продуктивності та якості роботи сільськогосподарських агрегатів, включаючи і зернозбиральні комбайни. Зернозбиральний комбайн – основна збиральна машина, від якої залежить ефективність всіх робіт, пов'язаних із збиранням зернових культур [120, 124].

Продуктивність зернозбирального комбайна визначається ефективністю технологічних процесів обмолоту та сепарації зерна, а також рівнем пошкодження зерен. Важливо забезпечити максимально ефективну сепарацію зерна в МСС комбайна, оскільки збільшення кількості зерен, які пройшли крізь підбарабання молотильного барабана, зменшує навантаження на соломотряс або інший сепаратор грубого вороху. За таких умов зменшуються втрати зерна та уможлиблюється підвищення продуктивності зернозбирального комбайна.

Зернозбиральні комбайни, жнивну частину яких обладнано пристроєм попереднього обмолоту зерна, за умов дослідження на збиранні пшениці, забезпечували підвищення пропускної здатності в середньому на 24 –26% і мали практично однакові із серійними комбайнами показники подрібнення зерна[41].

Одним із фінансово привабливих видів діяльності сучасного сільгоспвиробника є вирощування та подальша реалізація насіння як посівного матеріалу. В Україні щорічно на посів зернових і технічних культур витрачається понад 3,5 млн. т. насіння, що становить 8–10% валового збору зерна[42]. Досконалість техніко-технологічного забезпечення систем виробництва зернових культур визначається рівнем травмування зерна. Через низьку якість посівного матеріалу, обумовлену істотним пошкодженням та травмуванням насіння за умов його збирання і первинної обробки, аграрії на 20-25% збільшують норму посіву порівняно з посівом кондиційним насінням[51, 52].

В зв'язку з цим дослідження інтенсифікації процесу відділення зерна із зерно-соломистої маси (ЗСМ) є дуже важливим. Цей процес відбувається в результаті

взаємодії ЗСМ і обмолочуючо-транспортуючого пристрою жнивarki на фазі транспортування ЗСМ до молотильно-сепаруючої системи (МСС) комбайна. Завдяки розробленню пристрою попереднього обмолоту зерна встановлено можливість відділення робочими органами жнивarki до 32% зерна. Відзначимо, що попередньо вимолочене зерно осідає (зосереджується) в нижній частині технологічної маси і не пошкоджується основним молотильним барабаном. Відділене зерно швидше проходить крізь решітчасте підбарабання, що зменшує його втрати за молотаркою.

Дослідження комбінованого обмолочуючо-транспортуючого технологічного процесу, який здійснюється завдяки пристрою попереднього обмолоту зерна, оцінювання ефективності його функціонування за умов мінімального рівня травмування зерна робочими органами жнивarki зернозбирального комбайна, є досить перспективними завданнями.

Актуальність досліджень обумовлена необхідністю підвищення продуктивності зернозбирального комбайна, зменшення нерівномірності подачі хлібної маси і травмування зернівок. Цього можна досягти завдяки вдосконаленню системи транспортування обмолочувальної маси від шнека жнивarki до транспортера похилої камери. У просторі між шнеком жнивarki і транспортером зернозбирального комбайна розміщують пристрій попереднього обмолоту зерна, який уможлиблює відділення зерна на ранніх фазах транспортування зерно-соломистої маси.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконувалися у Національному науковому центрі «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», відповідно до тематичних планів науково-дослідних робіт 04.03.00.06Ф "Розробити наукові основи створення мобільних енерго-технологічних та енергетичних засобів загального призначення для агропромислового комплексу України" (№ державної реєстрації 0116U002361) та завдання 04.01.00.04Ф "Енерго-технологічне обґрунтування технічних засобів для збирання не зернової частини урожаю кукурудзи та соняшнику на енергетичні цілі" (№ державної реєстрації 0116U002362).

Мета дослідження – зменшення деградації зерна і підвищення продуктивності роботи зернозбирального комбайна завдяки вдосконаленню технологічних процесів, технічних засобів транспортування та обмолоту зерна жнивваркою.

Задачі досліджень:

– аналіз існуючих конструкцій МСС, пристроїв попереднього обмолоту зерна, а також особливостей процесу обмолоту ними зернових культур;

– розробка методу визначення кількості відділеного зерна запропонованим пристроєм;

– аналітичне обґрунтування та експериментальне підтвердження комплексного впливу конструкційних параметрів пристрою і режимів виконання комбінованого процесу транспортування та обмолоту ЗСМ на рівень відділення зерна. Встановлення впливу кількості та висоти упорів на барабані пристрою на коефіцієнт відділення зерна залежно від швидкості руху комбайна;

– аналітичне встановлення залежності радіуса барабана від кута охоплення підбарабання, висоти упорів барабана, кута нахилу похилої камери та проміжку між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання;

– розробка нової математичної моделі руху ЗСМ спільно з упорами барабана пристрою попереднього обмолоту зерна для встановлення раціональних конструкційних і кінематичних параметрів пристрою попереднього обмолоту і параметрів похилої камери;

– експериментальні дослідження розроблених пристроїв попереднього відділення зерна та встановлення раціональної конструкційно-технологічної схеми пристрою;

– дослідження пошкоджуваності зерна (макротравмування та мікроушкодження).

Об'єкт дослідження – комбінований технологічний процес транспортування та обмолоту ЗСМ робочими органами жнивварки зернозбирального комбайна.

Предмет дослідження – встановлення закономірностей відділення зерна в ході комбінованого процесу його транспортування та обмолоту, визначення впливу параметрів пристрою попереднього обмолоту зерна на ефективність його роботи.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження проводили з використанням основних положень вищої математики, теоретичної механіки, теорії механізмів і машин, деталей машин, а також числових методів розв'язку задачі з використанням ПЕОМ. Експериментальні дослідження проводили на основі системного підходу, статистичного опрацювання інформації, планування багатofакторного експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів:

уперше:

- розроблено експериментально-розрахунковий метод визначення кількості (ступеня) відділення зерна пристроєм жнивarki зернозбирального комбайна, який враховує особливості взаємодії барабана з упорами пристрою із ЗСМ;

- виведено нові диференційні рівняння руху ЗСМ спільно з упорами барабана пристрою попереднього обмолоту зерна, отримано залежності кутового переміщення і кутової швидкості матеріалу від часу перебування ЗСМ у просторі між упорами барабана та підбарабання, що уможлиблює встановити залежності кутової швидкості переміщення ЗСМ від конструкційних кінематичних параметрів пристрою попереднього обмолоту та параметрів похилої камери;

- встановлено залежність радіуса барабана від кута охоплення підбарабання, висоти упорів барабана, кута нахилу похилої камери та проміжку між бічною поверхнею барабана і бічною поверхнею підбарабання;

- експериментально встановлено залежності коефіцієнта відділення зерна від швидкості руху комбайна, якими враховано відміни механізованих технологічних операції, зумовлених зміною кінематичних режимів роботи комбайна, кількості упорів та їх висоти на барабані пристрою попереднього обмолоту зерна. Встановлено, що найбільший коефіцієнт відділення зерна (0,32) у жнивarki з проміжним молотильним барабаном з чотирма додатковими планками зубоподібного профілю висотою 30 мм.

набуло подальшого розвитку:

- причинно-наслідкові зв'язки між системно зумовленими подіями і механізованою операцією переміщення комбінованого шару ЗСМ і відділеного

зерна як двох взаємо залежних процесів, своєчасність виконання яких зумовлює стабільність технологічної операції переміщення маси по технологічному ланцюгу комбайна, що уможливило відокремлення 30-32% зерна на ранніх фазах його транспортування до МСС зернозбирального комбайна КЗС 9-1 «Славутич».

Практичне значення одержаних результатів. Використання результатів дослідження забезпечить модернізацію та підвищить рівень керування системами техніко - технологічного забезпечення виробництва зерна, в тому числі насінництва, завдяки вдосконаленому комбінованому технологічному процесу транспортування та обмолоту зерна.

Результати досліджень використовуються – у ТОВ НВП «Херсонський машинобудівний завод» при розробленні нових й удосконаленні робочих органів, машин, технологічних процесів та технологій збирання зернових культур. Крім того, на базі отриманих результатів розроблено методичні вказівки з дисциплін «Трактори і автомобілі», «Сільськогосподарські машини» для студентів зі спеціальності 208 – "Агроінженерія" Уманського національного університету садівництва.

Річний економічний ефект від використання жнивarki з пристроєм попереднього обмолоту зерна становить 1501,3 тис. грн.

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертаційної роботи отримано автором самостійно. Результати досліджень викладено одноосібно у праці [1]. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належить: розроблення пристрою попереднього обмолоту зерна [2, 8, 11, 12, 17], виведення аналітичних залежностей для визначення потужності, що витрачається на переміщення барабаном з упорами ЗСМ [3], перевірка розроблених математичних моделей [5, 14], встановлення аналітичних залежностей для визначення кінематичних і динамічних показників барабана з упорами пристрою попереднього обмолоту зерна [6, 7], розроблення експериментально-розрахункового методу визначення кількості (ступеня) відділення зерна пристроєм попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайна [4, 9, 13], експериментальне встановлення показників насіння [10, 15, 16].

Розроблення експериментального пристрою попереднього обмолоту зерна жниварки зернозбирального комбайнаі проведення експериментальних досліджень здобувачем виконано самостійно. Постановку завдань, складання програми експериментальних досліджень, аналіз і узагальнення отриманих результатів виконано спільно з науковим керівником та частково із співавторами публікацій.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались на таких наукових конференціях: XXIV Міжнародній науково-технічній конференції «Технічний процес у сільськогосподарському виробництві» (сmt Глеваха, ННЦ «ІМЕСГ», 30 червня – 01 липня 2016 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції "Інноваційні технології в АПК" (м. Луцьк, Луцький національний технічний університет, травень 2017 р., Міжнародній науково-практичній конференції «Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва» (м. Умань, Уманський національний університет садівництва, 24-25 травня 2017 р.), XVIII Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки», присвяченій 117-річчю від дня народження П.М. Василенка (м. Кам'янець-Подільський, Подільський державний аграрно-технічний університет, 16–19 жовтня 2017 р.), XXV Міжнародній науково-технічній конференції «Технічний процес у сільськогосподарському виробництві» (сmt Глеваха, ННЦ «ІМЕСГ», 30 червня – 01 липня 2017 р.), XVIII Міжнародній науковій конференції «Науково–технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій», присвячена пам'яті академіка Л. В. Погорілого (сmt Дослідницьке, УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, 15 вересня 2017 р.), XIX Міжнародній науковій конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки", присвяченої 120-й річчю з дня заснування кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки імені академіка П.М. Василенка та 118-й річчю з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка (Київ - Голосієво, 17–19 жовтня 2018 р.), Міжнародній науково-технічній конференції «Інженерія та технології: наука, освіта, виробництво» (м. Луцьк, Луцького

НТУ

15-16 листопада 2018 р.), IV Міжнародній науково-практичній конференції до 100 річчя кафедри інформаційно-вимірювальних технологій «Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи» (Львів, 16-17 травня 2019 р.).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 17 наукових праць, з яких шість у фахових виданнях (одна робота одноосібно), чотири у закордонних виданнях (дві статті у Scopus), шість тез доповідей та матеріалів конференцій, один патент на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 184 сторінках машинописного тексту, обсяг основної частини дисертації складає 122 сторінки. Робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, бібліографічного списку із 146 найменувань та 8 додатків, 36 рисунків та 12 таблиць.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз існуючих технологій збирання зернових

У нашій країні зернозбиральними комбайнами збирають понад 98 % площ, зайнятих зерновими, круп'яними, зернобобовими культурами і рисом. Ці площі збирають прямимкомбайнуванням (однофазний спосіб збирання) і роздільним (двофазний). За прямого комбайнування скошування, обмолот хлібної маси, очистка зерна і збирання соломи відбуваються в єдиному агрегаті. Пряме комбайнування зернових, зернобобових культур і рису доцільно починати за умов настання повної стиглості в основній масі зерен і проводити його в агротехнічний термін. Порушення цих вимог призводить до осипання зерна. Якщо в перші 4–7 діб після настання повної стиглості втрати зерна (за винятком вівса) складають 0,07–0,14 т/га, то зі збільшенням тривалості збирання вони інтенсивно зростають.

За роздільного комбайнування збирання проводять у дві фази: на першій валковими жниварками скошують хлібну масу в стадії воскової стиглості й укладають у валок, потім підбирають і обмолочують валки в міру висихання зерна і стебел комбайнами, обладнаними спеціальними підбирачами. За двофазного способу збирання можна починати на 5–10 діб раніше, ніж за однофазного, що уможлиблює до мінімуму втрати від само осипання зерна. Зібране за таких умов зерно і не зернова частина врожаю (солома і полова) буде мати меншу вологість, що забезпечує кращі умови для їх зберігання й обробки. Терміни збирання хлібів за таких умов скорочуються не тільки внаслідок більш раннього початку, але і завдяки більшій продуктивності комбайнів на підбиранні валків (на 25–30 % у порівнянні з однофазним способом). За таких умов знижуються витрати енергії на обмолот і післязбиральну обробку зерна. За своєчасного підбирання скошеної маси з валків посівні і хлібопекарські якості зерна трохи вищі, ніж за прямого комбайнування. [1, 6,7,31,109]

За роздільного способу збирання хлібна маса у валках висушується за 3–6 діб. Найбільш висока якість зерна забезпечується за умови збирання його в середині

воскової стиглості. За тривалого лежання валків, особливо за несприятливих умов, якість зерна різко знижується, зменшується кількість і якість клейковини. Краще зерно за посівними показниками виходить за умови збирання наприкінці його воскової та початку повної стиглості. Затримки з підбором валків на 10 діб може зменшити майбутній врожай до 15 %, а на 20 діб - до 30 %.[2, 4,5]

Якість збирання зернових, зернобобових культур і рису багато в чому залежить від раціонального сполучення прямого комбайнування з роздільним. Вибір способу збирання й обґрунтування його обсягу для конкретних господарств визначають виходячи зі стану хлібної маси на початку збиральних робіт, природно-кліматичних умов, у яких розташоване господарство, техніко-технологічного забезпечення.

Відмітимо такі допустимі втрати зерна:

1) загальні втрати зерна за жнивваркою за полеглості хлібів до 20 % – 0,5 %, а за умов збирання полеглих хлібів – до 1,5 %;

2) загальні втрати зерна за умов підбирання нормально покладених у валки хлібів – не більше 0,5%;

3) загальні втрати за молотаркою – не більше 1,5%.

Допустиме подрібнення зерна:

– подрібнення й обрушення насіннєвого зерна колосових культур може складати до 1%, а продовольчого зерна – не більше 2%.

– чистота зерна у бункері повинна бути не менше 97 %. [8,9,10,99]

1.2 Аналіз конструкційно-технологічних особливостей існуючих жнивварок

В Україні протягом останніх років структура посівних площ сільськогосподарських культур, збирання яких проводять за допомогою зернозбиральних комбайнів, зазнала суттєвих змін. Значно зросли посіви соняшнику (до 5 млн. га), кукурудзи на зерно (до 4 млн. га), сої, ріпаку, сорго. За таких умов правильний вибір та регулювання жнивварки для розширення універсальності зернозбирального комбайна є актуальним питанням. Це пов'язано з тим, що

жниварка створює умови для роботи молотильно-сепарувального пристрою молотарки та впливає на якість її роботи (втрати за молотаркою та пошкодження зерна). Втрати урожаю за жниваркою (вільним зерном та зерном в зрізаних та не зрізаних стеблах) можуть перевищувати дозволені вихідними вимогами (0,5-1,5 %) в 10-20 разів, особливо за умов скошування хлібів, що вилягають. [11 - 16]

Класифікація жниварок зернозбиральних комбайнів за конструкційно-технологічною схемою наведено на (рис. 1.1.)

Протягом багатьох десятиліть жниварки з жорстким брусом різального апарата та шнеком для транспортування скошеного урожаю до транспортера похилої камери (жниварки суцільного зрізування – зернові жниварки) залишаються стандартом збирання врожаю зернових культур. Проте за останні роки кілька нових концепцій жниварок суцільного зрізування завоювали популярність. Відмітимо серед них жниварки FLEX, які оснащено гнучким ріжучим брусом, що може прогинатися до 100 мм в горизонтальній площині. Це уможливорює роботу без втрат на нерівних і горбистих ділянках полів за умов збирання культур, зерно яких знаходиться близько до поверхні ґрунту. До недоліків даного типу жниварок варто віднести незадовільну якість скошування низькорослих та зріджених культур внаслідок значної конструкційної відстані від ріжучого апарата до транспортуючого шнека [17,18,31,114,115].

Оскільки в конструкції жниварки зі стрічковими транспортерами (Draper Platform) відсутній шнек, вони можуть мати набагато більшу ширину (9-12 м), ніж жниварки з жорстким або гнучким ріжучим брусом. Відмітимо, що обмеження ширини захвату жниварки стає стримуючим фактором, внаслідок значного збільшення продуктивності зернозбиральних комбайнів [19].

У жниварці зі стрічковими транспортерами мотовило спрямовує зрізаний урожай безпосередньо на стрічку, яка переміщує його в бічному напрямку до центру та в похилу камеру комбайна.

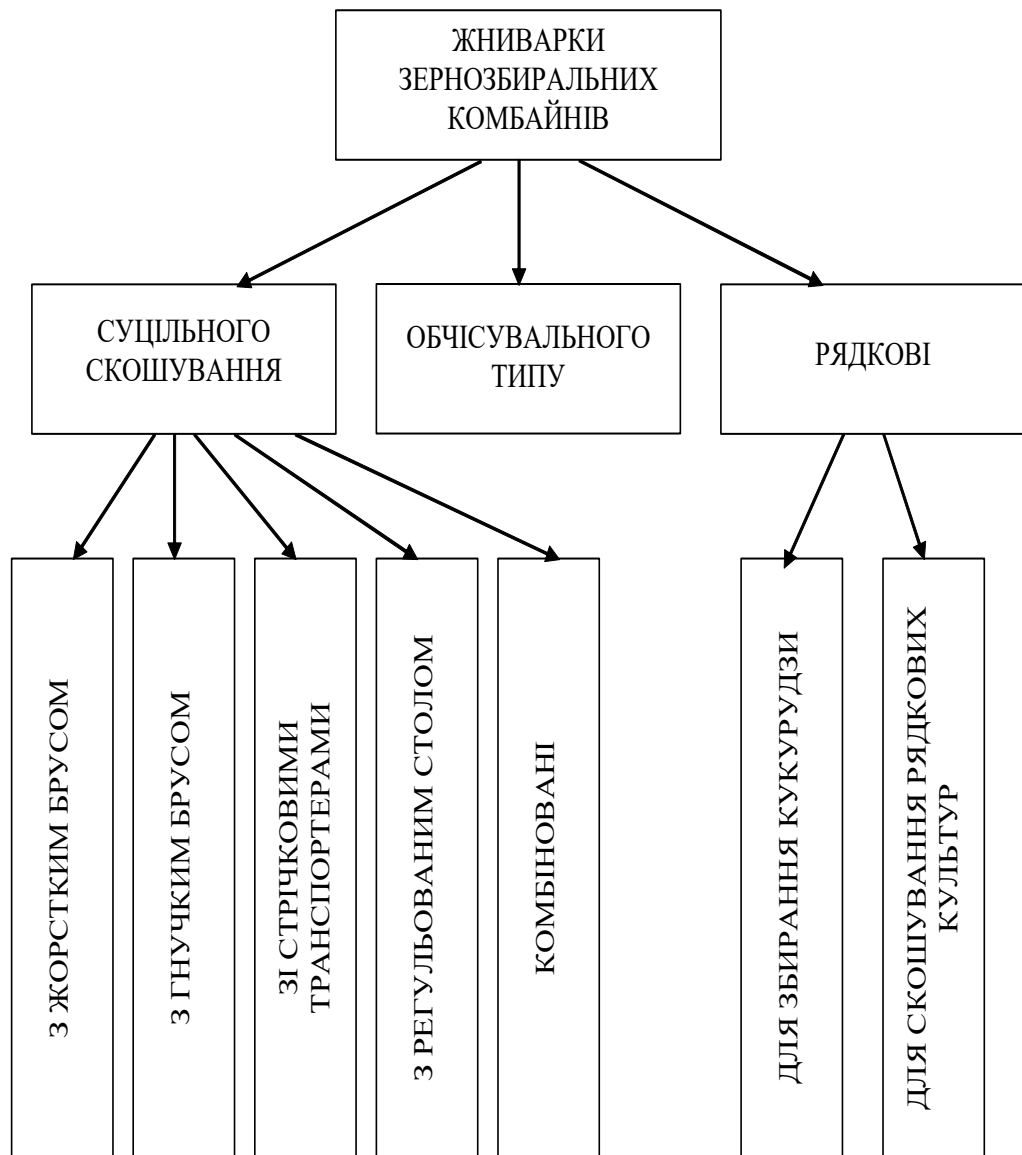


Рис. 1.1 – Класифікація жниварок зернозбиральних комбайнів за конструкційно-технологічною схемою

За таких умов, як правило, рослини спрямовуються колосками в зону обмолоту комбайна, що сприяє рівномірному живленню та підвищує продуктивність на 20 – 30 % [20].

Жниварки з регульованим столом характеризуються універсальністю, їх конструкція без додаткових деталей уможливує регулювання змінення відстані між різальним апаратом та поперечним транспортером (шнеком) в межах 700-800 мм, забезпечує значне зменшення втрат врожаю, особливо насіння ріпаку [21,22].

До комбінованих модифікацій віднесено жнивarki, які містять гнучкий брус та стрічкові транспортери, встановлені замість поперечного шнека. Гнучкий ріжучий апарат такої жнивarki забезпечує збільшення продуктивності комбайна за умов збирання сої, бобових та інших дрібнозернистих культур. Система полотен стрічкової жнивarki забезпечує плавну рівномірну подачу маси в приймальну камеру комбайна. Жнивarki даного типу мають ширину захвата до 12,5 м, що уможливорює значний обсяг подачі матеріалу на обмолот, необхідний для високопродуктивних зернозбиральних комбайнів [19,21,103].

Серед адаптерів для розширення універсальності жниварок суцільного зрізування розрізняють: пристосування для збирання ріпаку (ріпаковий стіл) – призначений для переобладнання зернової жнивarki комбайнів з жорстким або гнучким брусом для прямого комбайнування ріпака, пристосування для збирання соняшника – складається з бокових подільників, ряду стеблорідимачів, барабана, що встановлюється замість мотовила жнивarki і вітрового щита. Принцип роботи пристосування базується на забезпеченні низького регульованого зрізу (від 30 до 100 мм) і автоматичного копіювання рельєфу поля у поздовжньому і поперечному напрямках. За рахунок плаваючого ріжучого апарата забезпечується копіювання поверхні поля та, як наслідок, зменшення втрат насіння.

Пристосування подвійного зрізування стебелпризначене для зменшення надходження кількості соломи в молотильний апарат зернозбирального комбайна завдяки організації скошування врожаю на підвищеній висоті зрізування. Менший вміст соломи уможливорює більш легкий обмолот, зниження витрат палива і підвищення пропускної спроможності. Система встановлюється безпосередньо на зернових жниварках та використовує другий блок самозагострювальних ножів. Стандартна жнивarka зрізує верхню частину стебла в той час як другий блок ножів працює на висоті нормальної стерні, зрізуючи середню частину стебла, що не надходить в молотарку комбайна [26].

Пристосування для агропідтримки встановлюється на зернових жниварках зернозбиральних комбайнів. Завдяки повітрю, яке під тиском вдувається під певним кутом, зменшуються втрати за умов комбайнування всієї групи зернових культур, а

також прискорюються процеси збирання врожаю. Такий спосіб збирання врожаю дає можливість комбайнові працювати на повну потужність із збільшеною швидкістю руху, кращим відділенням і більш рівномірним розподілом поживних залишків. Завіса повітря змітає урожай з ножа, зменшуючи втрати, підвищуючи продуктивність, збільшуючи потенціал і якість врожаю. Особливо ефективна система на збиранні сої та зернобобових культур [24,25, 134].

Жниварки обчісувального типу не ріжуть стебло, а зачісують суцвіття рослини. Більшість зерен обмолочується з суцвітть і потрапляє в комбайн у вигляді вільного зерна. Залежно від стану посівів, частина зерна може надходити у вигляді необмолочених суцвітть, або їх частин [24,25,26,104,105,106].

Жниварка обчісувального типу зменшує кількість незернової частини врожаю (НЧВ), що надходить в молотарку комбайна на 80 - 90 % в порівнянні зі звичайними жниварками, оскільки стебло не зрізується і солома залишається в полі. За таких умов пропускна здатність комбайнів збільшується на 30-100 % [27].

Жниварки обчісувального типу найкраще працюють на високоврожайних культурах. За швидкості руху комбайна 6-7 км/год збільшення врожаю пшениці від 20 до 60 ц/га призводить до зменшення втрат від 5,5 % до менше 3 %. Більші втрати зерна за жниварками обчісувального типу, у порівнянні зі звичайними жниварками, компенсується меншими втратами за молотаркою комбайна і підвищеною продуктивністю зернозбирального комбайна [28,29].

Втрати зерна за жниварками обчісувального типу, як правило, зменшуються завдяки збільшенню швидкості руху комбайна. Збільшення швидкості від 4,2 до 10 км/год зменшує втрати від приблизно 7 % до трохи більше 4 % [30,104,106].

1.3 Конструкційно-технологічні особливості існуючих технологічних процесів та механізмів попереднього відділення зерна робочими органами жниварки

Розглянемо більш детально жниварки, які містять безпосередньо жниварку *A* (рис. 1.2), проставку *B* і похилу камеру *C*, яка фланцями верхнього вала з'єднується з молотаркою комбайна і спирається на балку ведучого моста завдяки двом

гідроциліндрам. На проставку покладають функцію зменшення нерівномірності подачі і травмування хлібної маси завдяки поліпшенню умов транспортування продукту, що обмолочується. Іноді на проставку, або вузол, який може бути розміщено замість неї, покладають функцію попереднього обмолоту зерна. Аналогічне завдання може виконуватися і іншими механізмами, які встановлюють між шнеком жниварки і МСС.

Зменшення нерівномірності подачі і травмування хлібної маси за рахунок поліпшення умов транспортування продукту, що обмолочується, від шнека жниварки до плаваючого транспортеру похилої камери, забезпечується завдяки тому, що жнивну частину оснащено в просторі між шнеком жниварки і плаваючим транспортером додатковим транспортуючим пристроєм. Основу цього пристрою складає прогумована стрічка з виступами, траєкторія руху якої задається за допомогою приводного (направляючого) і натяжного валів, причому установка приводного вала залежить від положення плаваючого транспортера, а направляючого - від положення і регулювання шнека жниварки (рис. 1.3). Сталість раціонального натягу транспортуючої прогумованої стрічки забезпечується підпружиненим натяжним валом [33,38,118].

Недоліком пристрою є формування нерівномірності подачі, яка є наслідком скупчення або розриву потоку хлібної маси в просторі проміжної зони між шнеком жниварки і плаваючим транспортером внаслідок змінення взаємного положення жниварки і похилої камери в процесі копіювання рельєфу поля. Наприклад, за умов переміщення опор жниварки з пониженням їх площини розташування, відбувається відхилення жниварки вперед у напрямку руху комбайна і спостерігається розрив потоку рослинної маси. Це положення характеризується зміною загального напрямку руху стебел від шнека і накопиченням хлібної маси перед плаваючим транспортером [34, 128].

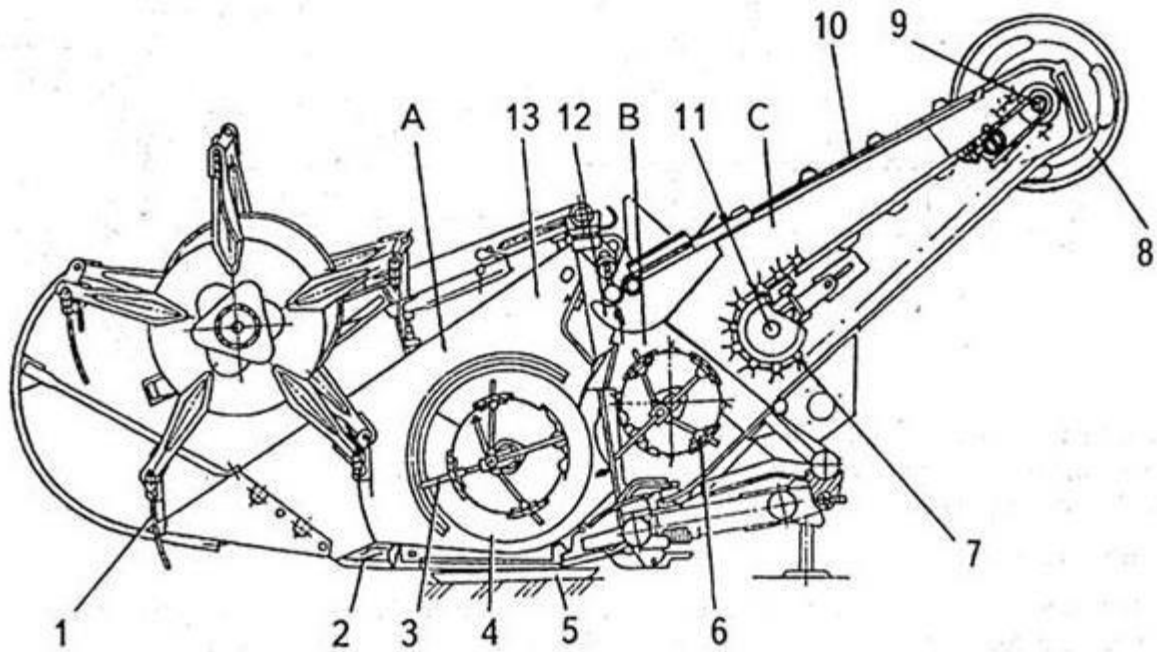
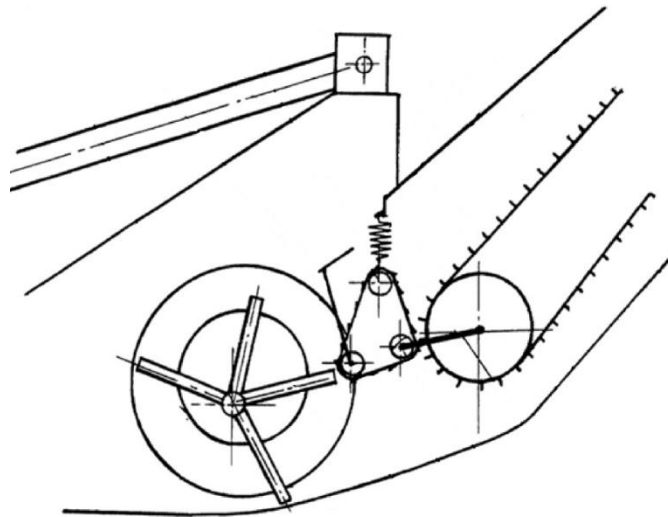


Рис. 1.2 - Жнивна частина (розріз):

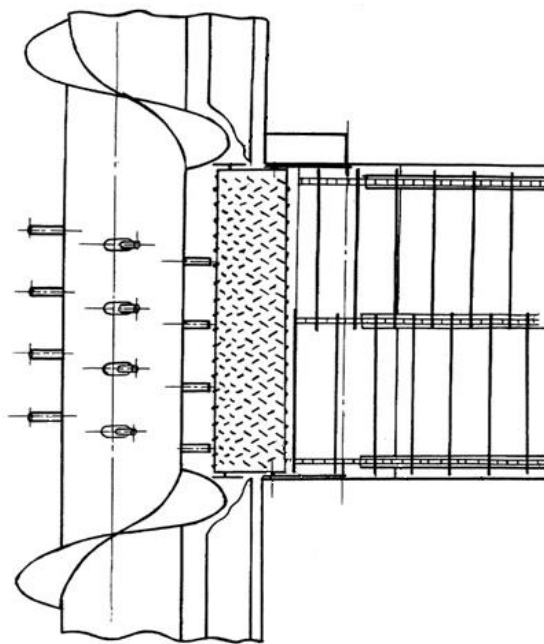
A - жниварка; *B* - проставка; *C* - похила камера; 1 - мотовило; 2 - ріжучий апарат; 3 - пальчиковий механізм шнека; 4 - шнек; 5 - башмак; 6 - бітер проставки; 7 - транспортер похилої камери; 8 - шків верхнього вала похилої камери; 9 - вал верхній; 10 - кришка; 11 - вал нижній; 12 - гак; 13 – корпус

Наприклад, за умов переміщення опор жниварки з пониженням їх площини розташування, відбувається відхилення жниварки вперед у напрямку руху комбайна і спостерігається розрив потоку рослинної маси. Це положення характеризується зміною загального напрямку руху стебел від шнека і накопиченням хлібної маси перед плаваючим транспортером [35].

Відомий пристрій попереднього обмолоту зерна, переважно для насінневих цілей, який розташований між жниваркою і похилою камерою зернозбирального комбайна [36]. Пристрій для попереднього обмолоту містить корпус, бітер з пальчиковим механізмом і його привід. На поверхні бітера між групами пальців розміщено з рівним кроком з можливістю демонтажу робочі елементи. Кожен з робочих елементів виконаний з прогумованого матеріалу трапецієвидного перетину.



(a)



(б)

Рис. 1.3 – Схематичне зображення жнивarki зернозбирального комбайна з додатковим транспортуєчим пристроєм: *а* – вид збоку, *б* – вид зверху жнивarki і похилої камери в процесі копіювання рельєфу поля

Ребро кожного робочого елемента розташоване в діаметральній площині бітера. Пристрій забезпечує зменшення травмування насіння, яке досягається

завдяки тому, що у зернозбирального комбайна, пристрій для попереднього обмолоту зерна встановлено між жнивурою і похилою камерою, який представляє собою корпус, бітер з пальчиковим механізмом і його привід, і розміщені на поверхні бітера з рівним кроком між групами пальців робочі елементи з можливістю демонтажу, кожен з яких виконаний з прогумованого матеріалу трапецеїдального перетину, при цьому ребро кожного робочого елемента розміщено в діаметральній площині бітера, крім того, кожен робочий елемент засобами кріплення зафіксований на кронштейні з L-подібним профілем [35, 36, 134].

За умов переміщення хлібної маси між бітером і решетою, внаслідок впливу робочих елементів, розміщених на бітері, порушується зв'язок зерна з колосом. За таких умов відбувається частковий обмолот і виділяються найбільш стиглі і цінні зерна, які просіваються через решето, подаються шнеком і елеватором в бункер для збирання не травмованого зерна (рис. 1.4).

Пристрій для попереднього обмолоту зерна дозволяє виділяти із загальної маси не травмоване зерно і збирати його в окремий бункер для використання в подальшому в якості посівного матеріалу [37,112, 135, 136].

До недоліків зазначеного пристрою для попереднього обмолоту зерна варто віднести низьку технологічну надійність внаслідок намотування хлібної маси на вальці.

Створення можливості застосування додаткового робочого органу, який швидко демонтується, наприклад, спеціального бітера, що сприяє рівномірній подачі хлібної маси в молотильний агрегат, особливо за умов збирання довгостебельних плутаних хлібів, досягається завдяки тому, що в жнивній частині зернозбирального комбайна, що містить платформу з мотовилом, ріжучим апаратом, шнековим транспортером, проставку з бітером і похилу камеру з транспортером, між проставкою жнивурки і похилою камерою встановлений змінний модуль з транспортуючим органом. Відмітимо, що транспортер в похилій камері виконано ланцюгово - планчатим, а транспортуючий орган – у вигляді бітера зі штифтами, що чергуються з сегментами ріжучого типу (рис. 1.5) [39,53].

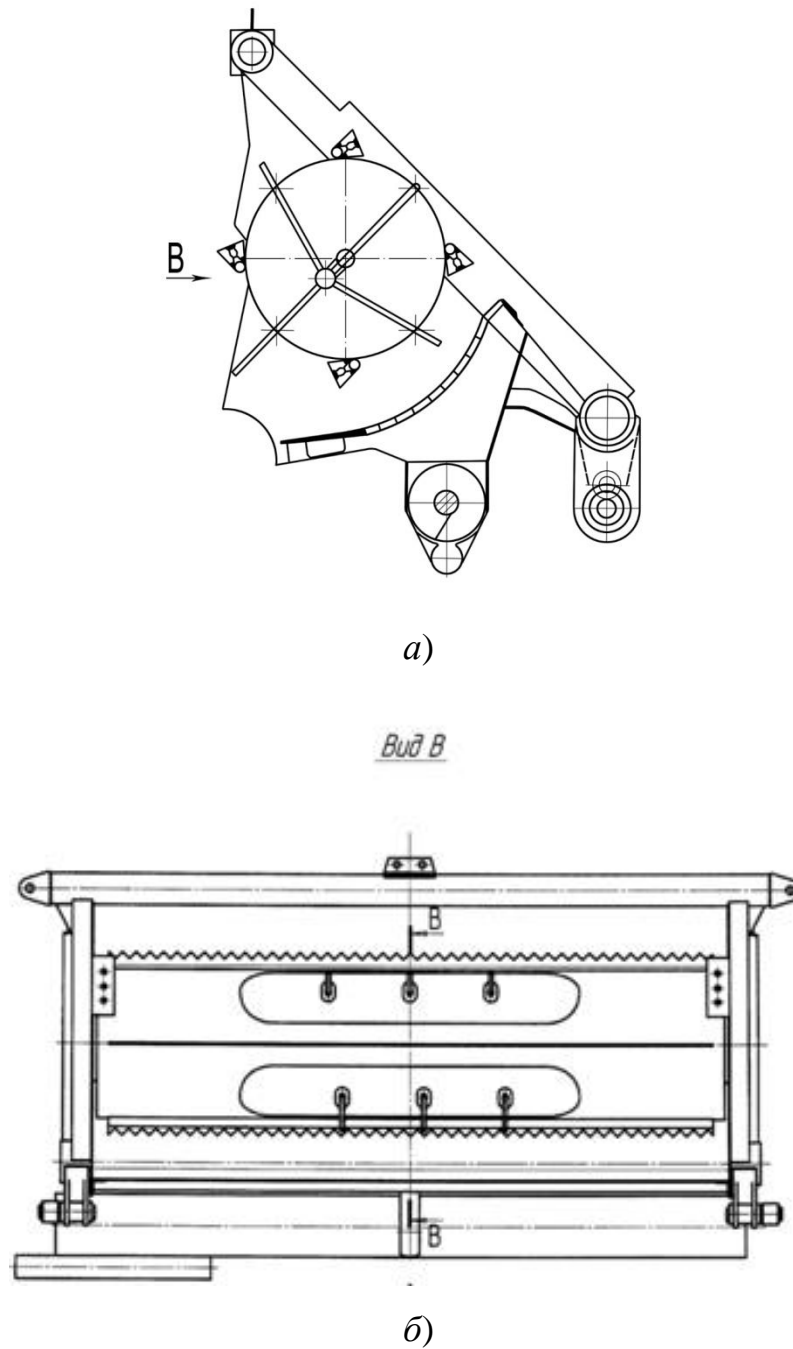


Рис. 1.4 - Поздовжньо-вертикальний розріз пристрою попереднього обмолоту зерна (а) та вид пристрою попереднього обмолоту зерна з боку подачі хлібної маси (б)

Ефективність запропонованого технічного рішення полягає в підвищенні продуктивності комбайна і поліпшенні якості обмолоту, особливо за умов збирання полеглих плутаних хлібів, завдяки більш рівномірній подачі хлібної маси в молотильно-сепаруючий агрегат комбайна, завдяки застосуванню швидкоз'ємного

додаткового робочого органа з спеціальним активним бітером штифтово-сегментного типу, що мають підвищену лінійну швидкість [39].

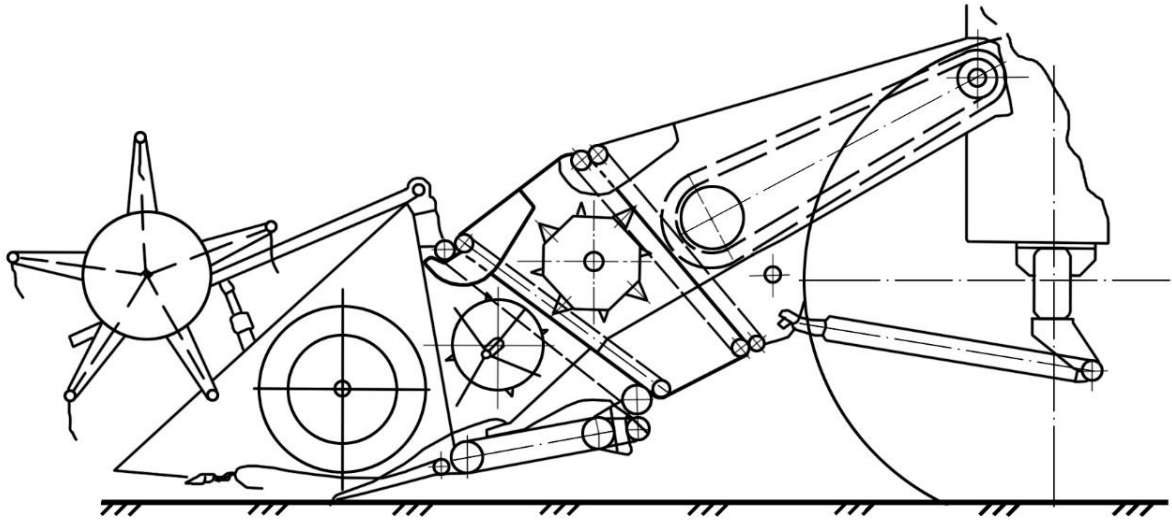


Рис. 1.5 – Жнивна частина (поздовжній розріз) з додатковим змінним модулем штифтово-сегментного типу

До недоліків віднесемо те, що робочі органи жнивної частини, які транспортують скошену масу в молотарку в такому стані, як вона була сформована на ріжучому апараті – порційно, нерівномірно, переплутано. Такі умови знижують як продуктивність МСС, так і якісні показники обмолоту. Особливо це проявляється за умов збирання плутаних, довгостебельних хлібів.

Відома похила камера зернозбирального комбайна (рис. 1.6) з пристроєм попереднього обмолоту, який виконано у вигляді розташованих в два яруси двох верхніх і двох нижніх вальців. Під нижніми вальцями розташовані решето і шнек для відводу зерна. Кожен валець має привід обертання і містить лопать з пружно деформованого матеріалу з поперечним перерізом у формі логарифмічної спіралі. Вальці в кожній парі обертаються в протилежний бік, а їх лопаті котяться одна за іншою без ковзання. Кромки лопатей мають закруглені форми. Для фіксації лопатей кожен каркас вальця має поздовжній паз. Осьове переміщення лопаті вздовж паза обмежено закріпленими на торцях каркаса фланцями. Комбайн забезпечує

отримання біологічно цінного насіннєвого зерна за умов зменшення його травмування.

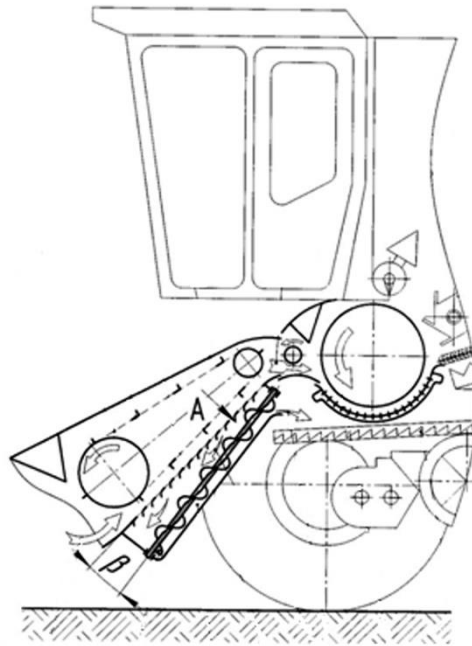


Рис. 1.6 – Похила камера зернозбирального комбайна

Відомо МСП, що містить забезпечений бичами на підбичниках барабан і розташованим під ним прутково-планчатим деку, в якому хоча б один бич на підбичниках забезпечений механізмом індивідуального регулювання його положення і встановлений на більшій відстані від осі обертання барабана у порівнянні з суміжними бичами. При цьому механізм індивідуального регулювання положення бича на підбичниках виконано у вигляді різьбової втулки з фланцем, причому останній встановлений між бичем і підбичниками, а втулка зафіксована фасованою гайкою з боку тильної межі підбичника [40,55,136,137,138].

В наведеному МСП відбувається обмолот зерна з більшою часткою ймовірності на першій планці деки, ніж на наступних за нею планках. Виступаючий бич обертового барабана здійснює удар об хлібну масу на першій планці і її (хлібної маси) перетирання на наступних. Однак в існуючих комбайнах разом з хлібною масою подається виділене раніше робочими органами жнивarki і похилою камерою біологічно цінне зерно. Це зерно на першій планці деки отримує найбільше травмування [56,57, 134, 136].

Відомий пристрій попереднього обмолоту зерна з розташованим під ним решетом, шнеком, елеватором, молотильним апаратом, клавішним соломотрясом, копичником, решетом очищення і бункером для прийому зерна, причому пристрій для попереднього обмолоту зерна встановлено між жнивваркою і похилою камерою (рис.1.7)[144, 145]. Пристрій для попереднього обмолоту зерна виконано у вигляді розташованих в два яруси двох верхніх і двох нижніх вальців, причому вальці верхнього яруса підпружинені і забезпечені механізмом регулювання зазорів між ними і вальцями нижнього яруса, які встановлені з можливістю обертання вальців верхнього яруса, при цьому шнек розташований під решетом пристрою попереднього обмолоту зерна [40].

Відомий пристрій попереднього обмолоту зерна у вигляді розташованих у два яруси двох верхніх і двох нижніх вальців з розташованими під ним решетом і шнеком для відводу зерна, приймальний бітер, молотильний апарат, відбійний бітер, соломотряс, вітрорешітчасте очищення, шнеки та елеватори, бункери для насінневого і товарного зерна, копичник, ходову частину і двигун, який має привід обертання, кожен валець оснащено лопаттю з пружно-деформованого матеріалу, поперечним перерізом лопаті надано форму логарифмічною спіралі, в кожній парі вальців встановлені лопаті з однаковими логарифмічними спіралями, що обертаються у протилежні боки навколо своїх полюсів, поєднаних з центрами обертання вальців і котяться одна лопать за іншою без ковзання. Крайкам лопатей вздовж їх довгої сторони додана закруглена форма, в кожному каркасі вальця виконано поздовжній паз, що перетинає зовнішню і внутрішню поверхні каркаса для розміщення і фіксації закругленою кромки лопаті, при цьому осьове переміщення лопаті вздовж паза обмежено закріпленими на торцях каркаса фланцями, які змонтовано на валу [122, 127, 130].

До недоліків наведених конструкцій варто віднести те, що описані вальці круглого перетину не володіють сепаруючою здатністю. З 30% обмолоченого зерна робочими органами жнивварки і похилої камери виділяється не більше 2%. Це призводить до того, що повноцінне зерно надходить до молотарки зернозбирального комбайна і піддається істотному травмуванню і дробленню.

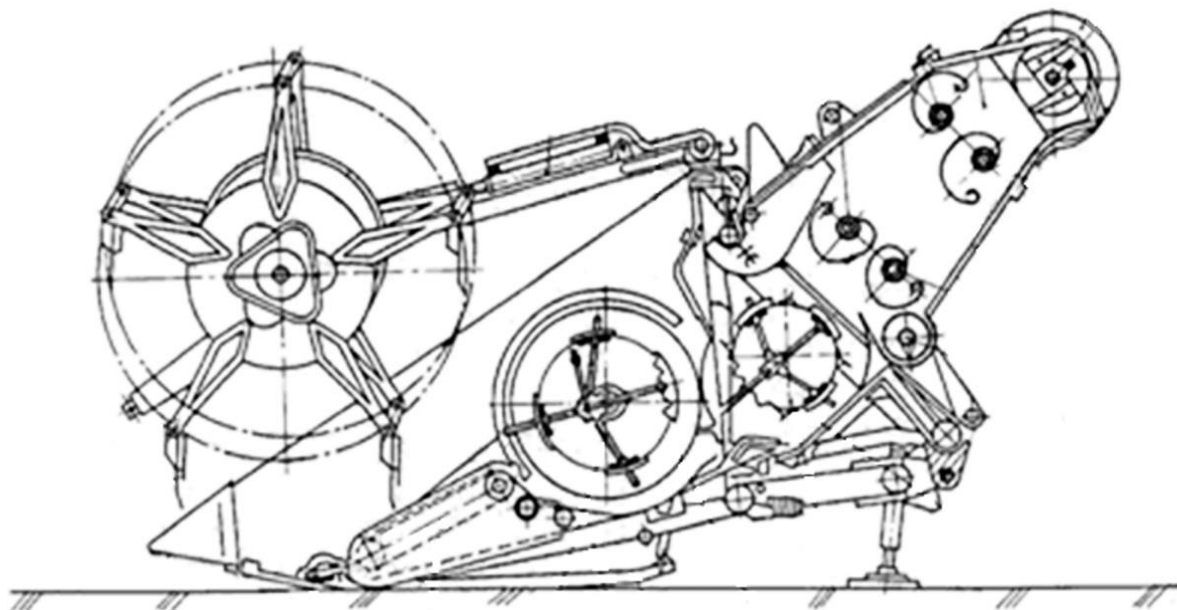


Рис. 1.7 – Схема пристрою попереднього обмолоту зерна встановленого між жаткою і похилою камерою

У 1980 році з метою встановлення ефективності конструкцій нових, модернізованих, а також поглибленої оцінки кращих іноземних моделей комбайнів, було проведено у різних зонах державні випробування зернозбиральних комбайнів (загалом 36 шт). Ці дослідження здійснювалися за науково-методичним керівництвом групи фахівців у відповідності з програмою, затвердженою державною комісією (протокол № 9 від 12 травня 1980 року) [41].

Випробування комбайнів було проведено у таких зонах держави: Кубанський науково-дослідний інститут з випробування тракторів та сільськогосподарських машин (КубНДІТіМ) – 12 комбайнів, Всесоюзний науково-дослідний інститут з випробування машин і обладнання для тваринництва та кормовиробництва (ВНДІМОТ) – 9 комбайнів, Центральна машино – випробувальна станція (ЦМВС) – 15 комбайнів.

Відмітимо, що серед названих зернозбиральних комбайнів були такі, конструкції жниварок яких містили конструкційні особливості, притаманні тематиці наших досліджень. Так комбайн СК - 7 МСУ "Нива", якийщо був розроблений на базі комбайна СК - 5 "Нива", мав такі відмінності:

- у похилу камеру замість ланцюгово – планчастого транспортера встановлено молотильно - сепаруючий пристрій (МСП) для попереднього обмолоту і сепарації хлібної маси перед потраплянням її в основний молотильний пристрій) [41].

У конструкцію комбайна СК - 9-1 з МСП додатково було внесено такі зміни:

- у похилу камеру замість ланцюгово - планчастого транспортера встановлено МСП, на базі комбайна СК - 7 МСУ (рис. 1.8).

За результатами проведених у 1980 році досліджень встановлено:

– комбайни СК -7 МСУ за умов дослідження на збиранні пшениці забезпечили підвищення пропускної здатності в середньому на 24% (від 15 до 38%) і мали практично однакові з СК-5 показники подрібнення зерна;

– комбайн СК - 9 МСУ за результатами випробувань на збиранні пшениці ярої забезпечив підвищення пропускної здатності на 54% за незначного дроблення зерна (0,7 :1,1%) [41].

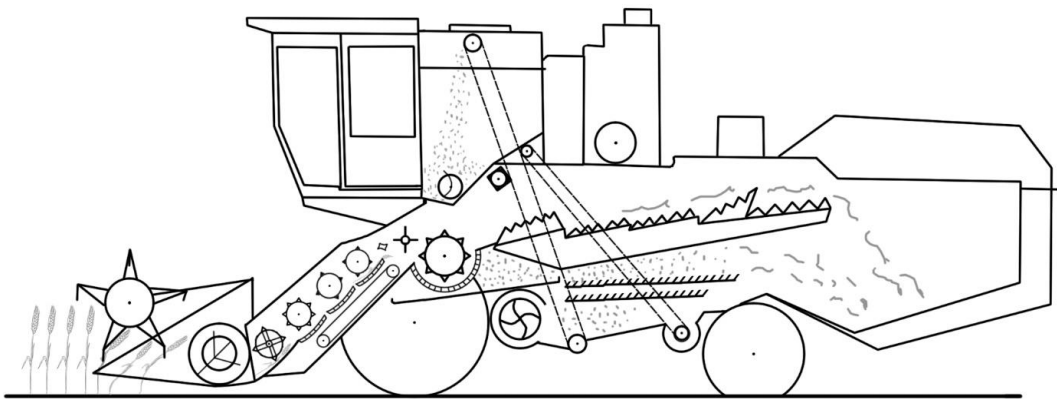


Рис. 1.8 – Схема технологічного процесу комбайна СК-9-1 МСУ

Відмітимо, що комбайни СК-7 МСУ забезпечували підвищення продуктивності (до 24%), як за час основним так і за експлуатаційним часом.

До основних висновків за результатами проведених в той час досліджень варто віднести те, що комбайни, похилу камеру яких оснащено МСП, забезпечували підвищення продуктивності комбайна без збільшення його габаритів і змінення конструкції за незначного дроблення зерна [41].

Проте широкого впровадження запропоновані конструкційні рішення не набули. До основних чинників, які унеможливили їх впровадження, відносять низьку їх технологічну і технічну надійність [41, 140].

Таким чином, переважну більшість пристроїв попереднього обмолоту зерна спрямовано на отримання біологічно цінного насіннєвого зерна до обмолоту молотильним апаратом зернозбирального комбайна.

1.4 Недоліки сучасних техніко-технологічних рішень збирання зернових в контексті значного рівня травмування зерна

Основними показниками якості роботи зернозбиральних комбайнів є загальні втрати зерна за молотаркою та чистота зерна в бункері. Втрати зерна за обмолоту і сепарації розділяють на прямі, або неповоротні, і непрямі. До першого відносять зерно, загублене тим або іншим шляхом і його неможливо зібрати, до других – зерно, що втратило посівні, продуктивні або хлібопекарські якості. За збирання і післязбиральної обробки зерно піддається механічній дії, внаслідок чого воно травмується. Механічні пошкодження (макро- і мікропошкодження) негативно позначаються як на насіннєвому, так і на продовольчому зерні [60, 141].

До макропошкоджень відносять зерна дроблені, сплющені і здавлені. До мікропошкоджень відносять зерна з пошкодженими зародком, оболонкою й ендоспермом, а також з прихованими внутрішніми дефектами — вм'ятинами, забитими місцями, тріщинами.

Зерен з макропошкодженнями за звичай небагато. Кількість зерен з мікропошкодженнями іноді досягає 50-80 % і більше, що різко знижує посівні, товарні, хлібопекарські та інші якості зерна. За сівби травмованим насінням з 1 га недобирають 0,5 т жита, 0,3 т ярого ячменю, 0,2 т пшениці ярої, 0,6 т вівса, 0,8 т кукурудзи. За таких умов кожні 10% травмованих насінин як майбутній посівний матеріал знижують врожайність у середньому на 0,1 т з 1 га [59].

Травмування зерна за обмолочування, сепарації і транспортування залежить від багатьох чинників. До них відносять: фізико-механічні властивості маси, яка

обмолочується; параметри й особливості конструкції МСП комбайнів; технологічні регулювання і режим роботи основних механізмів комбайна, особливо МСП, технічний стан деталей тощо [142].

На протязі останніх років проведено комплекс досліджень щодо визначення впливу типу МСС зернозбирального комбайна та його робочих органів на травмування насіння, зокрема, встановлено залежності значення мікротравмувань насіння від режимів функціонування робочих органів молотильного апарату та завантаження молотарки хлібною масою комбайну з молотильним апаратом аксіально-роторного типу (КЗС-9Р "Славутич") та молотильного апарату барабанно-декового типу (комбайн "Дон-1500") [61,62, 131].

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 хв^{-1} до 45–50% при його частоті обертання 810 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 жнивваркою "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 основна частка травмування зернового матеріалу (близько 40% макро- та 60% мікропошкодження) припадає на ділянку від молотильного барабана до зернового шнека. Основним

джерелом травмування зерна на даній ділянці є молотильний барабан. Крім того значного впливу завдають робочі та транспортуючі органи системи домолоту.

Значний вплив на рівень травмування здійснюють робочі органи хедера комбайна. Частка травмування зерна робочими органами жнивarki та похилої камери від загального рівня травмування складає: макропошкодження – 32%, мікропошкодження – 37%.

Транспортуючі робочі органи зернової групи (зерновий шнек та елеватор, похилий шнек бункера) завдають значної дії на рівень макропошкодження зернового матеріалу. На їх долю припадає близько 28% від загального рівня макротравмування. Величина мікропошкодження зерна транспортуючими робочими органами зернової групи незначно збільшується в межах 0,5–1%, що складає 3-5% від загального рівня.

За результатами проведених наукових досліджень встановлено, що більше 50% від загального рівня травмування насіння робочими органами зернозбирального комбайна припадає на молотильний апарат комбайна [66].

У зернозбиральних комбайнах КЗС-9 «Славутич» між жнивarkою та корпусом похилої камери комбайна розміщена проставка. Проставка забезпечує вирівнювання потоку рослинної маси і спрощує процес монтажу жнивarki. Вона складається з корпусу і бітера, оснащеного ексцентриковим пальчиковим механізмом. Бітер проставки транспортує хлібну масу з жнивarki в похилу камеру. Функцію попереднього обмолочування на цей механізм у зернозбирального комбайна КЗС-9 «Славутич» не покладено.

На проставку покладають функцію зменшення нерівномірності подачі і травмування хлібної маси за рахунок поліпшення умов транспортування продукту, що обмолочується. Іноді на проставку, або вузол, який може бути розміщено замість неї, покладають задачу попереднього обмолоту зерна.

Зернозбиральні комбайні, жнивну частину яких обладнано пристроєм попереднього обмолоту зерна, за умов дослідження на збиранні пшениці, забезпечували підвищення пропускнуої здатності в середньому на 24% і мали практично однакові із серійними комбайнами показники подрібнення зерна [41, 67].

1.5 Аналіз наукових досліджень процесу обмолоту зерно-соломистої маси

Продуктивність зернозбирального комбайна визначається ефективністю технологічних процесів обмолоту та сепарації зерна, а також рівнем пошкодження зерен [63]. Надзвичайно важливо забезпечити максимально ефективну сепарацію зерна в МСС комбайна, оскільки збільшення кількості зерен, які пройшли крізь підбарабання молотильного барабана, зменшує навантаження на соломотряс або інший сепаратор грубого вороху. За таких умов зменшуються втрати зерна та уможлиблюється підвищення продуктивності зернозбирального комбайна.

Дослідженнями з визначення впливу параметрів зернозбирального комбайна на розподіл зерна в МСС встановлено ступінь обмолоту зерна молотильними пристроями багато барабанної МСС. Відмічено, що збільшення швидкості руху комбайна (завантаження МСС) призводить до перерозподілу обсягів сепарації зерна між барабанами [68].

Втрати зерна за МСС зернозбирального комбайна обумовлюються технічними параметрами молотарки, а також умовами і режимами обмолоту озерна. Запропоновано аналітичну модель показника втрат зерна за молотаркою зернозбирального комбайна, які залежать від вологості соломи, подачі технологічної маси на обмолот, соломистості технологічного матеріалу та ефективної довжини комплексної системи сепарації зерна. Відмічено, що збільшення вологості соломи або соломистості обумовлює відповідне зростання втрат зерна в соломі [69, 70, 71].

У диференційній параметричній моделі розподіл зерна в МСС комбайна описується ймовірнісною функцією. Для різних значень маси, що надходить в молотарку комбайна, побудовано функції розподілу [72].

У роботі представлено стохастичну математичну модель процесів обмолочування і відділення зерна в молотильних апаратах тангенціального та аксіального типів. Отримані залежності описують частку необмолоченого, вільного та відділеного зерна в залежності від довжини МСС [5].

Модель описує фізичне відокремлення зерна від рослинного матеріалу в МСС комбайна в залежності від швидкості потоку матеріалу, його насипної щільності, товщини розділювального шару та коефіцієнта дифузії. Дана модель встановлює значення коефіцієнта відокремлення зерна в залежності від поточного положення та довжини МСС комбайна [61].

Дослідженнями запропоновано здійснювати прогнозування розділення зерна в МСС комбайна завдяки штучній нейронній мережі, яка уможливорює визначення впливу на значення сепарації зерна проміжку між барабаном та підбарабанням, швидкості обертання барабана, довжини стебел та подачі маси [83].

Переважає більшість фахівців характеризує процес обмолоту зернової маси таким, що відбувається тільки завдяки дії МСС зернозбирального комбайна. За таких умов не враховується динамічний вплив інших робочих органів жнивarki і комбайна на масу, що транспортується до МСС. Проте на шляху до МСС взаємодія робочих органів із зерно-соломистою масою уможливорює послаблення зв'язків зернівки із колоском, а іноді і повне його відділення [68]. Процес обмолоту зерна розпочинається з моменту початку взаємодії пальців мотовила жнивarki із стеблом. Ступінь відділення зерна від маси, яку транспортує жнивarka, залежить від багатьох чинників: фази розвитку культури, вологості, стиглості, сорту, динамічних складових впливу на рослину, тощо.

Дослідженню процесу транспортування і обмолоту зерносоломистої маси присвячено значну кількість робіт. В.П. Горячкін розглядав характер руху тіл по горизонтальній площині, що здійснює гармонічні коливання [73]. М.М. Летошнев, Б.А. Берг, П.М. Василенко, Г.Д. Терсков та інші досліджували рух матеріальної точки по коливальній площині [61].

Відмітимо, що якісні і кількісні показники роботи молотильних апаратів суттєво залежать від: вологості і здатності до обмолоту хлібної маси, направленості подачі стебел і розміщення колосків, типу молотильного пристрою, діаметру барабана, кількості бичів і планок, довжини підбарабання, колової швидкості барабана і проміжків між бичами і планками [62].

За результатами досліджень О.І. Грека [74] встановлено, що вологість хлібної маси практично не впливає на недомолот зерна. Так за умов змінення вологості маси від 20 до 70% недомолот зерна зростає від 1 до 1,3%. Подрібнення зерна залишається також майже постійним: зменшується по мірі збільшення вологості хлібної маси від 0,8 до 0,6%. Травмування зерна зі збільшенням вологості хлібної маси зменшується незначно – з 18 до 16%. Сепарація зернового вороху через підбарабання зменшується з 70 до 35% за умов змінення вологості від 20 до 70%. Таке різке зменшення сепарації вороху можна пояснити поганим проникненням зерна через шар вологої маси внаслідок великих сил внутрішнього опору. Зменшується зі збільшенням вологості хлібної маси вміст дрібних домішок в зерні. Автор робить припущення, що перезволожена маса подрібнюється в меншій мірі, ніж суха. Затрати потужності на обмолот збільшуються зі збільшенням вологості. Збільшення потужності на обмолот відбувається за рахунок подолання зростаючих сил тертя по мірі збільшення вологості хлібної маси [74].

За результатами досліджень [75] діаметр молотильного барабана визначають згідно залежності:

$$D = \frac{v \cdot t_c \cdot M}{\pi}, \quad (1.1)$$

де t_c – проміжок часу обертання барабана на кут між сусідніми планками (бичами), $t_c = 5,3 \cdot 10^{-3}$ с;

M – кількість планок (бичів) на барабані;

v – колова швидкість барабанам/с.

Діаметр бильного барабана сучасних молотарок складає $D = 450\text{--}800$ мм [76]. Останнім часом спостерігається тенденція до збільшення діаметру молотильного барабана. Проте збільшення діаметра барабана (з одночасним збільшенням довжини деки) має і негативні наслідки. Внаслідок збільшення довжини деки зростає пошкодження зерна. Зі збільшенням діаметра барабана зменшується кривизна деки.

За результатами досліджень Е.І. Ліпковича встановлено, що молотильно-сепаруючі пристрої з великим діаметром барабана за умов збереження кута охоплення деки мають кращу сепаруючу дію в порівнянні з меншим діаметром. До

позитивних моментів апаратів з барабаном збільшеного діаметру варто віднести зменшення недомолоту [61, 62, 115].

Е.І. Ліпковичем запропоновано лінійну функцію змінення проміжку у молотильному барабані [61, 62].

$$\delta(\phi) = \delta_1 - \frac{\delta_1 - \delta_2}{\Omega} \cdot \phi, \quad (1.2)$$

де δ_1 і δ_2 – проміжки відповідно на вході і виході;

Ω – кут охоплення деки;

ϕ – змінний кут охоплення деки.

У відповідності з [74, 77, 78] для забезпечення однакового тиску обмолочуємого матеріалу на деку по всьому куту охоплення, величину проміжків на вході і на виході доцільно реалізовувати таким чином, щоб проміжок на вході був приблизно у 4 рази більше проміжку на виході. Більший барабан, як правило, за малих значень проміжку дає значно кращу якість обмолоту.

Кут охоплення барабана підбарабанням визначається кутами входу бил у зону молотильного зазору і виходу із нього. Чим більший кут входу бил, тим менша швидкість потоку хлібної маси в молотильному проміжку, завдяки чому підвищується обмолот і сепарація зерна, але підвищується подрібнення зерна і перебивання соломи. Зі збільшенням кута входу бил у зону молотильного зазору погіршується захоплення маси билами. У сучасних МСП кут охоплення становить 96–151° [79].

У відповідності з результатами експериментальних досліджень відмічено залежність значення потужності, недомолоту, ступеня подрібнення від кута охоплення підбарабання [77]. Збільшення кута охоплення призводить до відповідного зростання по опуклій кривій потужності. Відмічено, що за більшого кута охоплення, внаслідок вимолоту великої кількості колосків на початку підбарабання і послаблення пружності слою стебел в кінцевій частині, відбувається зменшення нормального тиску і пов'язаних з ним сил тертя. Цьому сприяє і те, що значна частина зерна разом з дрібним ворохом просипається під деку, не доходячи до її кінця і сприяє зменшенню хлібної маси в її кінцевій частині. Недомолот зі

збільшенням кута охоплення різко зменшується, а ступінь подрібнення росте по прямолінійній залежності [77].

А.І. Греком встановлено, що кут охоплення барабана декою для всіх типів підбарабання повинен становити близько 110° . На обмолоті сої - 90° [78].

Енергія, що підводиться до молотильного барабана, витрачається за теорією В.П. Горячкіна, на подолання опору тертя в підшипниках, передавальних механізмах, а також опору повітря, та опору, який цілком пов'язаний з процесом обмолоту, внаслідок якого змінюється стан оброблюваного матеріалу [80].

М.І. Кльонін відмічає, що втрати вільним зерном в полові залежать від подачі соломистого вороху і описуються експоненціальною залежністю [83, 84]

$$\eta_0 = 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot e^{\mu_0 \cdot q_{CB}}, \quad (1.3)$$

де μ_0 – параметр, що залежить від виду культури, її вологості та засміченості,

q_{CB} – подача соломистої маси вороху, кг/с.

С.О. Алферов розглядає процес проходження зернівок як ймовірнісний процес поділу суміші за комплексом фізико-механічних та аеродинамічних факторів. Ним розглянуто умови руху частинки по сепаруючій поверхні вгору, вниз, з відривом або без, під дією коливального руху решітного стану та повітряного потоку. На основі ймовірнісних розрахунків визначено інтенсивність виносу частинок вороху в перепаді робочих органів та параметри руху частинки, вкинутої в похилий потік [81, 82].

Висновки з 1 розділом

1. Зменшення нерівномірності подачі і травмування хлібної маси за рахунок поліпшення умов транспортування продукту, що обмолочується, від шнека жниварки до плаваючого транспортера похилої камери, забезпечується завдяки тому, що жнивну частину оснащують в просторі між шнеком жниварки і плаваючим транспортером додатковим молотильно-сепаруючим (транспортуючим) пристроєм.

2. Відмітимо, що комбайни, похилу камеру жниварок яких оснащено молотильно-сепаруючим (транспортуючим) пристроєм, забезпечували підвищення продуктивності (до 24%) як за основним так і експлуатаційним часом роботи без збільшення габаритів і змінення конструкції за незначного дроблення зерна.

До основних чинників, які унеможливили впровадження технічних рішень, направлених на оснащення проставки жниварки додатковим молотильно-сепаруючим (транспортуючим) пристроєм, відносять низьку технологічну і технічну їх надійність.

3. Переважну більшість пристроїв попереднього обмолоту зерна спрямовано на отримання біологічно цінного насіннєвого зерна до його обмолоту молотильним апаратом зернозбирального комбайна. Відмічені технічні рішення уможливають зменшення кількості травмованих зерен в зерновому потоці і підвищення продуктивності роботи зернозбирального комбайна.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Кінематика упорів барабана пристрою попереднього обмолоту зерна

Переважає більшість фахівців характеризує процес обмолоту зернової маси таким, що відбувається тільки завдяки дії молотильно-сепаруючої системи (МСС) зернозбирального комбайна і не враховує динамічний вплив інших робочих органів жнивarki і комбайна на масу, що транспортується до МСС. Проте на шляху до потрапляння безпосередньо до МСС взаємодія робочих органів з ЗСМ уможливорює послаблення зв'язків зерна з колоском, а іноді і повне його відділення. Процес обмолоту зерна розпочинається з початку взаємодії пальців мотовила жнивarki з стеблом. Ступінь відділення зерна від маси, яку транспортує жнивarka, залежить від багатьох чинників: фази розвитку культури, вологості, стиглості, сорту, динамічних складових впливу на рослину тощо.

Зрізана ріжучим апаратом жнивarki маса, досить нерівномірна за наповненням і властивостями, транспортується до МСС комбайна. Функціонально набір (комбінація) робочих органів цієї системи орієнтовна на повне відділення зерна від колосу, його (зерна) очищення від легких домішок (полови,пилу), накопичення і вивантаження як готової продукції.

На ділянці, що уособлює початок транспортування маси через пристрій попереднього обмолоту зерна, відбувається її накопичення в обсязі, еквівалентному об'єму між двома сусідніми упорами і декою. Утворена пробка наступним упором стискається і проштовхується далі. Упори виконують функцію притискання маси, її деформацію і транспортування по похилій камері. Функція транспортування узгоджується з кінематичними параметрами механізмів, що подають та приймають ЗСМ.

Розглядаючи кінематику упорів барабана пристрою попереднього обмолоту зерна відмітимо, що потужність, що витрачається в процесі зчеплення упорів барабана з ЗСМ, характеризується величиною залишкової деформації, яка

відбувається внаслідок взаємодії упорів із відміченою масою, а також величиною роботи сил тертя упорів по ЗСМ та ЗСМ по нерухомому деку.

Проаналізуємо вид деформації ЗСМ внаслідок впливу упорів барабана шляхом кінематичного аналізу руху упорів в період їх взаємодії з ЗСМ. Відзначимо, що кінематика упорів залежить від радіуса кочення r_{on} , виду і конструкційних розмірів упорів.

На (рис.2.1) наведено траєкторію точок A , B і C трикутного (полоса металу) упора барабана пристрою попереднього обмолоту зерна.

Упори пристрою взаємодіють із стеблами ЗСМ. Переміщення ЗСМ відбувається у потоці переплетених між собою стебел пшениці (або іншої зернової культури). Упор стискає (деформує) стебла, переміщуючи їх як суцільну безкінечну стрічку по похилій камері.

Профіль лунки, який утворює упор у ЗСМ за умов її переміщення, визначається кривою лінією, дотичною до граней упора за умов довільних їх положень.

За умов обертання барабана проти годинникової стрілки (рис.2.1), поверхня, в яку упирається упор, представляє праву бічну грань AB . Просторовий рух упорної поверхні кожного упора аналогічний рухові відрізка AB у площині малюнка. Упорна поверхня кожного упора за умов обертання барабана почергово буде займати положення A_1B_1 , AB , A_2B_2 .

До положення AB упорна поверхня упора, взаємодіючи із ЗСМ, деформує її (масу), спресовуючи у напрямку, зворотному напрямку руху барабана. В положенні AB упор розпочинає виходити із ЗСМ. На цій фазі руху упорна поверхня втрачає контакт із ЗСМ і перестає взаємодіяти з нею.

Розглядаючи рух іншої сторони упора (AC) відмітимо, що її траєкторія буде характеризуватися послідовно точками A_1C_1 , AC і A_2C_2 . За таких умов вона послідовно буде пересувати ЗСМ у напрямку руху обертання барабана, як за умов входження у ЗСМ, так і виході із неї.

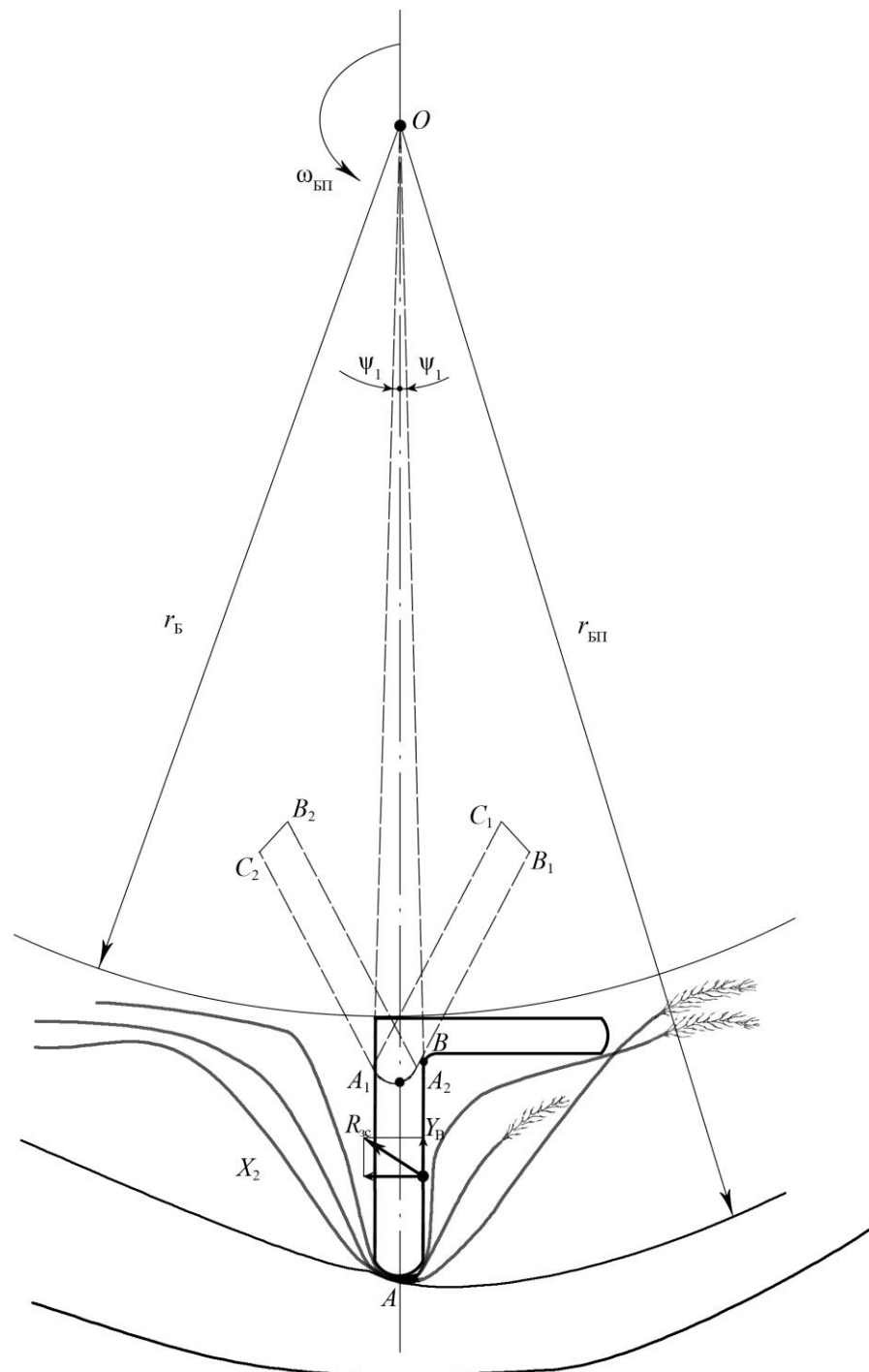


Рис. 2.1 – Схема до аналізу деформації ЗСМ за результатами взаємодії з кутниковими (полосовими) упорами

За умов пресування маси виникає реакція ЗСМ R_{zc} на передню (упорну) поверхню упора. Вертикальна складова цієї сили Y_{zc} буде перешкоджати проникненню упора в ЗСМ. Горизонтальна складова X_{zc} збільшує навантаження, яку передає ЗСМ упорній поверхні упора AB .

Відмітимо, що в результаті взаємодії передньої поверхні упора AB відбувається деформація ЗСМ і, як наслідок, руйнування зв'язків між зерном і колоском. Зернівки відділяються від колоска і просуваючись по кожному шару ЗСМ поступово осідають внаслідок дій сил тяжіння на поверхню похилої камери, утворюючи власний зерновий потік.

Збільшення товщини потоку зернової маси у загальному об'ємі ЗСМ, що переміщується, призводить до зростання сил опору руху. Це є наслідком поступового зменшення проміжку між упором барабана і бічною поверхнею похилої камери. Зменшення проміжку призводить до зростання деформації ЗСМ, і як відмічалось вище, до збільшення ступеня відділення зернівок від колосу.

Зменшення проміжку, збільшення сил опору руху ЗСМ може призвести до забивання похилої камери. З метою унеможливлення таких явищ конструкції сучасних зернозбиральних комбайнів обладнано спеціальними пристроями, завдяки яким, за певних умов, забезпечується збільшення проміжку між барабаном і деком. За таких умов сили опору переміщення ЗСМ зменшується і уся маса проходить по технологічним каналам комбайна на наступні операції. Деякі конструкції зернозбиральних комбайнів містять реверсне обертання барабана.

За умов забивання похилої камери, ступінь деформації ЗСМ значно зростає, що негативно впливає на зерно, що вже відділилося від колосу. Витрати енергії на одиницю об'єму деформації будуть зростати.

Сили, які діють на барабан із упорами, передаються ЗСМ через упори, а також через бічну поверхню барабана (за умов достатньої кількості ЗСМ).

На поверхні упорів, що знаходяться у контакті з ЗСМ, діють нормальні реакції ЗСМ і сили тертя. Варіанти можливих конфігурацій упорів наведено на (рис. 2.2).

Величина сил тертя залежить від величини нормальних реакцій ЗСМ та коефіцієнта тертя метала по ЗСМ (ЗСМ по зерну в разі, якщо швидкість переміщення шарів буде відрізнятися). Направлення сил тертя залежить від направлення ковзання елементів упорів барабана відносно ЗСМ, які труться. Це направлення змінюється в залежності від положення упора барабана, що розглядається, в ЗСМ, а також в залежності від положення миттєвої вісі обертання

барабана, тобто від величини буксування. В разі, якщо миттєва вісь обертання барабана розташована нижче бічної поверхні (нормальні умови роботи), вектор швидкості v елемента упора dR (рис. 2.3) нахилено в бік вершини упора.

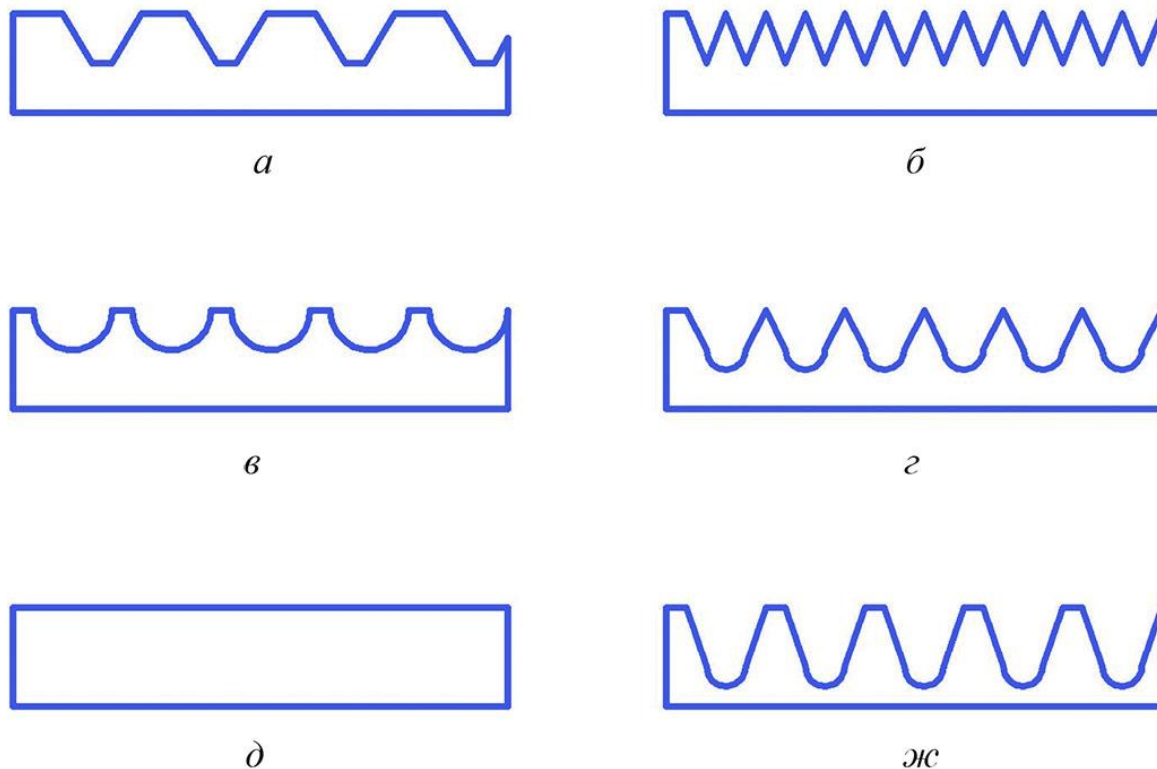


Рис. 2.2 – Схематичне зображення варіантів упорів барабана пристрою попереднього обмолоту зерна: *a* –трапецієвидний; *б* –трикутний; *в* – напівколовий; *г* –трикутний з півкулею в основі; *д* –полосовий; *ж* – трапецієвидний з напівкулею в основі.

За таких умов елементарний об'єм d_R скочає відносно ЗСМ зі швидкістю v_y по похилій вниз. Сили тертя, які виникають за таких умов, направлено в зворотній бік.

Направлення сил тертя, які виникають на похилій упорній поверхні упора, змінюються лише за умов сильного буксування барабана, коли миттєва вісь обертання розташовується вище точки O_2 (рис.2.3).

Сили тертя, які виникають на вершинах упорів, завжди направлені в бік обертання барабана і не залежить від величини буксування.

Відмітимо що за нормальної взаємодії ЗСМ із упорами барабана, горизонтальні складові сил тертя, що виникають на похилих поверхнях упорів, та сил тертя на їх вершинах мають різні напрямки.

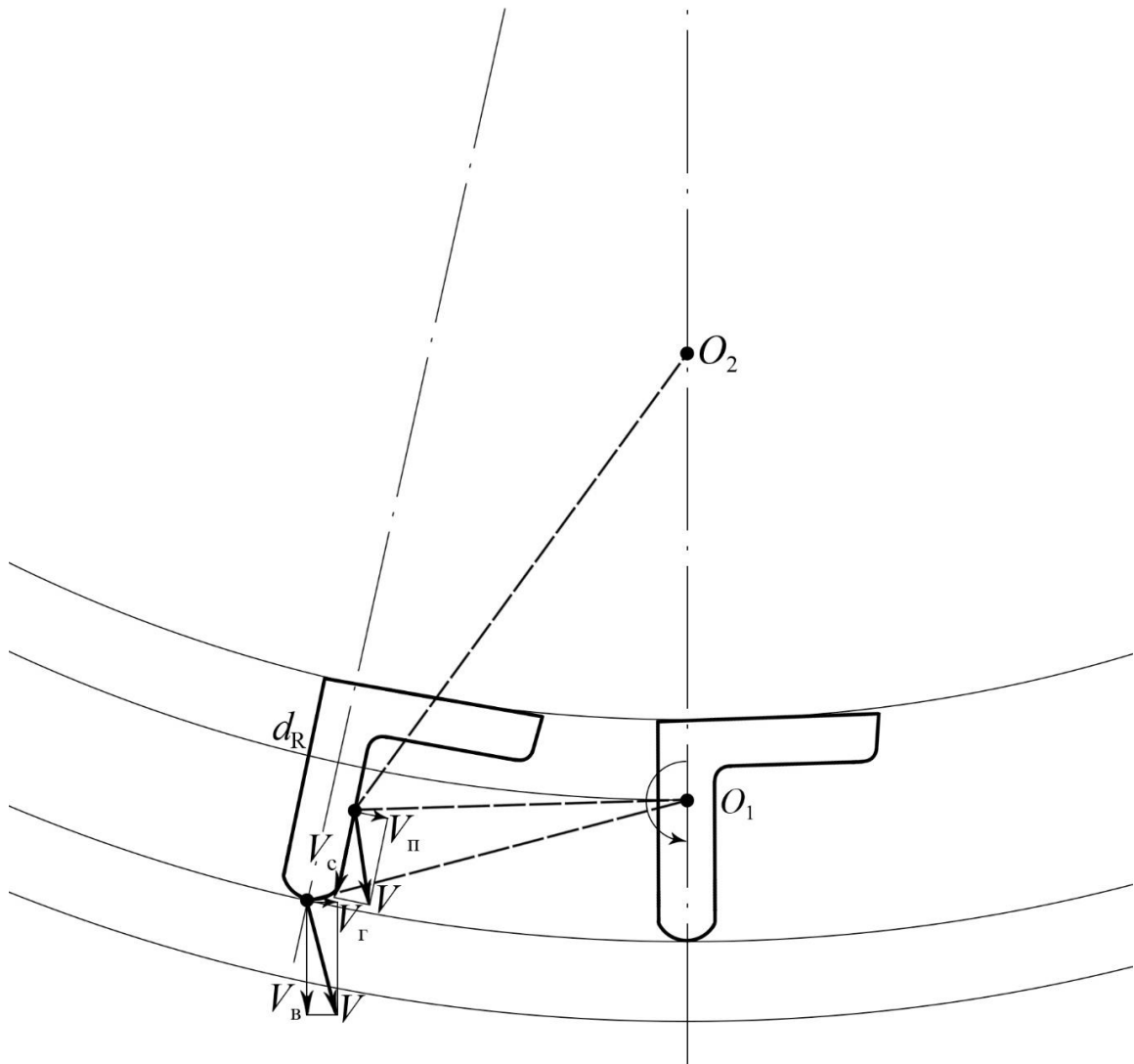


Рис. 2.3 – Схема до аналізу взаємодії упорів пристрою попереднього обмолоту зерна із ЗСМ

Найбільшу реакцію ЗСМ прикладено до вершини упора. Саме тому рівнодіюча горизонтальної складової сил тертя, що прикладено до упорів, направлено в бік обертання барабана.

2.2 Удосконалення молотильно-сепаруючого пристрою

Відомий молотильно-сепаруючий пристрій, який включає молотильний барабан і встановлену під ним дугоподібну деку, виконану у вигляді ряду секцій, розміщених вздовж осі барабана і закріплених по радіусу дуги на каркасі деки. Дека складається із крайніх нерухомих і середніх коливальних секцій[129].

Працює цей молотильно-сепаруючий пристрій наступним чином: маса на обмолот подається в молотильний зазор між барабаном і декою, де під дією робочих органів барабана протягується по поверхні деки. Процес обмолоту відбувається за результатами імпульсних ударів робочих органів барабана і протягування маси по поверхні деки. За рахунок періодичної дії бичів барабана і нерівномірної подачі маси в молотильний проміжок періодичні імпульсні зусилля робочих органів барабана через масу передаються на деку і приводять до коливань секції деки, що покращує сепарацію вимолоченого зерна.

Недоліки цього молотильно-сепаруючого пристрою полягають в тому, що імпульсні зусилля робочих органів барабана і нерівномірність подачі маси на обмолот між собою неузгоджені, а автоколивання секцій деки носять випадковий характер, що приводить до недомолоту. Наявність рухомих елементів (секцій) деки знижує надійність роботи пристрою, збільшує енергоємність процесу, а також можливість забивання і поломок за умов подачі в молотильний проміжок твердих предметів.

Відомий також молотильно-сепаруючий пристрій, який включає молотильний барабан і встановлену під ним дугоподібну деку виконану у вигляді ряду секцій розміщених вздовж осі барабана і консольно закріплених по радіусу дуги нашарнірах до каркаса деки, а їх вільні кінці підпружинені [107].

У відомому молотильно-сепаруючому пристрої маса подана в молотильний проміжок на обмолот по мірі зменшення робочого зазору піддається стиску, допустима величина якого визначається властивостями маси і жорсткістю пружних елементів секцій деки. Із зміною товщини шару маси по ширині і довжині деки змінюються відповідно і робочі проміжки.

Використання в цьому молотильно-сепаруючому пристрої деки виконаної у вигляді ряду секцій розміщених вздовж осі барабана і закріплених по радіусу дуги на каркасі деки шарнірно, дає змогу частково покращити процес сепарації та обмолоту лише за рахунок часткової оптимізації робочого зазору в молотильно-сепаруючому пристрої.

Основні недоліки цього молотильно-сепаруючого пристрою залишаються, вони полягають в тому, що в цьому молотильно-сепаруючому пристрої використана конструкція деки з каркасом, в якому встановлені шарнірні секції деки, в яких в процесі обмолоту при переводі з однієї культури на іншу робоча поверхня деки залишається незмінною, що в значній мірі впливає на інтенсивність обмолоту і сепарацію зерна крізь сепаруючу поверхню деки, так як переважно розмір і форма комірок сепаруючої поверхні деки впливають на експозицію зерна в молотильному проміжку.

Приклад виконання запропонованого технічного рішення молотильно-сепаруючого пристрою наведено на (рис. 2.4, 2.5, 2.6.)

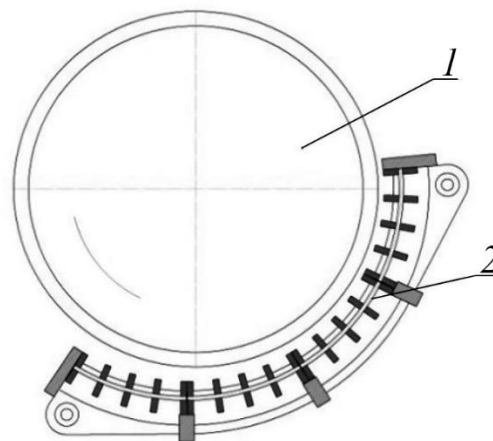


Рис. 2.4 –Молотильно-сепаруючий пристрій (загальний вигляд)

Розглянуто молотильно-сепаруючий пристрій, в якому завдяки змінненню форми елементів конструкції, введенню нових елементів та завдяки використанню конструкції деки з каркасом, в якій швидко та легко у вигляді касет вставляються змінні секції деки, що мають набір різних сепаруючих поверхонь з різними розмірами та формами

комірок, а також в разі необхідності використовуються секції деки з глухими рифленими поверхнями, що дає змогу враховувати властивості культури, яку обмолочують, підбирати відповідний набір секцій деки, тим самим покращити умови процесу обмолоту, підвищити інтенсивність обмолоту та сепарації зерна в молотильному проміжку.

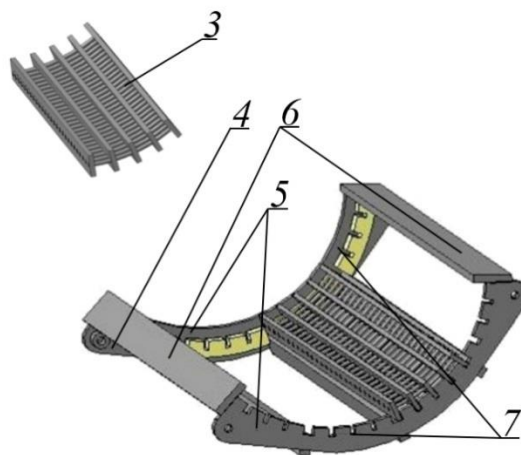


Рис. 2.5 –Молотильно-сепаруючий пристрій (каркас деки із секцією)

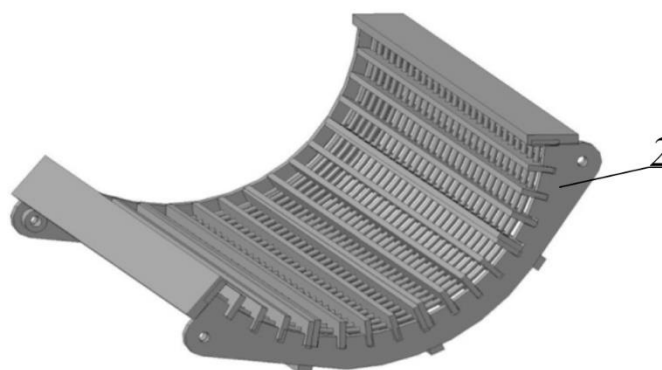


Рис. 2.6 –Молотильно-сепаруючий пристрій (дека)

Поставлене завдання вирішується завдяки тому, що молотильно-сепаруючий пристрій, який включає молотильний барабан і встановлену під ним дугоподібну деку, виконану у вигляді ряду секцій розміщених вздовж осі барабана і закріплених по радіусу дуги на каркасі деки, відповідно до ідеї розробки по радіусу дуги в дугоподібних ребрах каркаса деки виконані пази, в які встановлено вздовж осі

барабана секції деки, виконані у вигляді змінних касет з різними робочими поверхнями.

Така конструкція молотильно-сепаруючого пристрою дає змогу враховуючи властивості культури, яку обмолочують, підібрати і легко встановити в каркасі деки змінні секції з відповідними для даної культури робочими поверхнями за рахунок чого змінювати експозицію та інтенсивність обмолоту зерна в молотильному проміжку та сепарацію зерна крізь сепаруючу решітку деки. На культурах, які легко обмолочуються, експозиція та інтенсивність обмолоту зменшується, а сепарація збільшується. На культурах які важко обмолочуються, навпаки, інтенсивність та експозиція обмолоту збільшується, а експозиція сепарації зменшується.

Молотильно-сепаруючий пристрій включає молотильний барабан 1 і охоплюючу його дугоподібну деку 2 виконану у вигляді поздовжніх відносно барабана 1 змінних секцій 3 закріплених в каркасі 4. Каркас 4 деки включає дугоподібні ребра 5, що жорстко з'єднано з поздовжніми планками 6. Для встановлення змінних секцій 3 в каркасі 4 деки по радіусу дуги дугоподібних ребер 5 виконано пази 7.

Молотильно-сепаруючий пристрій працює наступним чином. Маса для обмолоту подається в молотильний проміжок між барабаном 1 і декою 2. На вході в молотильний проміжок маса піддається ударним діям робочих органів барабана 1, та під дією цього протягується по робочій поверхні змінних секцій 3 деки 2 де відбувається обмолот і сепарація зерна крізь сепаруючу поверхню. За умов необхідності заміни змінних секцій 3 необхідно вийняти їх з пазів 7 каркасу 4, виконаного з дугоподібних ребер 5 та поздовжніх планок 6 і, відповідно, вставити у ці пази інші секції 3.

Інтенсивність обмолоту зерна на вході в молотильний проміжок значно вища ніж на виході із нього, це обумовлено меншою початковою швидкістю руху маси на вході в молотильний проміжок, а також конструкцією сепаруючої поверхні змінних секцій. Робоча поверхня змінних секцій в значній мірі впливає на швидкість переміщення маси в робочому проміжку, а відповідно і на експозицію її обробітку, а також на інтенсивність обмолоту та сепарації зерна в молотильному проміжку. Використовуючи набір змінних секцій з різним терковими робочими поверхнями, а також враховуючи сепаруючу здатність поверхні змінних секцій і властивості матеріалу, який подається

на обмолот, можна впливати на інтенсивність обмолоту та сепарації зерна в молотильному проміжку.

2.3 Особливості технологічного процесу транспортування зерно-соломистої маси дослідження конструкційних параметрів барабана пристрою попереднього обмолоту

Технологічний процес транспортування ЗСМ по похилій камері жнивarki представляє собою складний процес переміщення, у якому постійно, внаслідок відділення зернівок від колоса, відбувається збільшення частки зерна в загальному потоці маси.

Переміщення ЗСМ характеризується такими особливостями:

- відділення окремих зерняток, полови тощо із суцвіття зрізаних стебел, осідання в нижній частині потоку технологічної маси більш важчої за масою ніж солома фракції зернівок;

- формування із відділених зернівок окремого зернового потоку;

- травмування зернин вже на ранніх етапах його транспортування.

Дослідження проведено за припущень, що бічну поверхню підбарабання утворено внаслідок перетину площини дотичної до циліндричної поверхні барабана із концентричною циліндричною поверхнею (рис. 2.7). Кут нахилу дотичної площини β_n , зовнішній радіус барабана r_6 , внутрішній радіус концентричного циліндра – $r_6 + \delta_0$ (товщиною стінок циліндрів нехтуємо).

Радіус барабана $OA = r_6$ (рис. 2.7). $AC = \delta_0 = h_n + \delta_n = h_n + \delta_s + \delta_c$.

$BO = OC = r_6 + h_n + \delta_n = r_6 + h_n + \delta_s + \delta_c$. Із $\Delta BOA \Rightarrow \cos \varphi_1 = \frac{OA}{OB} = \frac{r_6}{r_6 + h_n + \delta_n}$. Таким чином

$r_6 = \cos \varphi_1 (r_6 + \delta_0)$. Звідки

$$r_6 = \frac{\delta_0 \cos \varphi_1}{1 - \cos \varphi_1} = \frac{(h_n + \delta_n) \cos \varphi_1}{1 - \cos \varphi_1} \quad (2.1)$$

де h_n - висота упорів барабана, δ_n - відстань між бічною поверхнею підбарабання та упором, δ_s - товщина шару відділеного зерна, δ_c - товщина ЗСМ.

Вираз (2.1) встановлює залежність радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання φ_1 та проміжку між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання.

Згідно (рис. 2.7) кут $\angle LAC = \beta_n$, $\angle OCB = \angle OBC = 90^\circ - \frac{\varphi_1}{2}$, $\angle ABC = \frac{\varphi_1}{2}$.

Із трикутника $\triangle OAB$ знайдемо $AB = \sqrt{(r_6 + \delta_0)^2 - r_6^2}$. Із трикутника $\triangle ABC$

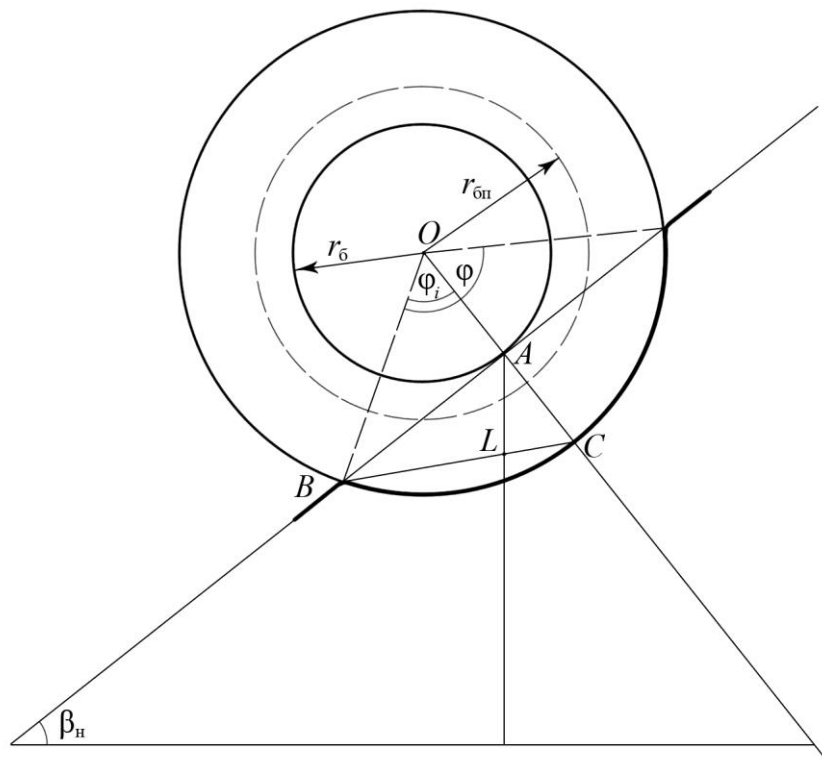


Рис. 2.7 – Схема до аналізу утворення бічної поверхні підбарабання

$$AB = \sqrt{BC^2 - \delta_0^2}. \text{ Представимо } BC = BL + LC. \text{ Із } \triangle ALC \text{ } LC = \frac{\delta_0 \sin \beta_n}{\cos\left(\beta_n - \frac{\varphi_1}{2}\right)}.$$

$$\text{Із } \triangle BLA \text{ } LB = \frac{\sqrt{(r_6 + \delta_0)^2 - r_6^2} \cos \beta_n}{\cos\left(\beta_n - \frac{\varphi_1}{2}\right)}. \text{ Тоді}$$

$$\delta_0 \sin \beta_n + \cos \beta_n \sqrt{(r_6 + \delta_0)^2 - r_6^2} = 2 \sin \frac{\varphi_1}{2} \cos\left(\beta_n - \frac{\varphi_1}{2}\right) (r_6 + \delta_0). \quad (2.2)$$

Після перетворень вираз (2.2) набуде такого вигляду:

$$\sin \frac{\varphi_1}{2} \cos \left(\beta_n - \frac{\varphi_1}{2} \right) t^2 - \delta_0 \cos \beta_n t + \delta_0^2 \left(\sin \frac{\varphi_1}{2} \cos \left(\beta_n - \frac{\varphi_1}{2} \right) - \sin \beta_n \right) = 0, \quad (2.3)$$

де $t^2 = \delta_0 (2r_6 + \delta_0)$.

Розв'язавши квадратне рівняння (2.3) відносно параметра t отримаємо:

$$t = \frac{\delta_0}{2a} \left(\cos \beta_n + \sqrt{\cos^2 \beta_n - 4p(p - \sin \beta_n)} \right). \quad \text{З урахуванням прийнятих припущень}$$

отримаємо

$$r_6 = \frac{\delta_0}{2} \left[\left(\frac{1}{2p} \left(\cos \beta_n + \sqrt{\cos^2 \beta_n - 4p(p - \sin \beta_n)} \right) \right)^2 - 1 \right], \quad (2.4)$$

$$\text{де } p = \sin \frac{\varphi_1}{2} \cos \left(\beta_n - \frac{\varphi_1}{2} \right).$$

На (рис. 2.8) наведено залежності радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання, кута нахилу похилої камери та проміжку між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання ($\beta_n = \frac{\pi}{4}$).

Проаналізувавши залежність (2.4) та побудовавши за нею графіки (рис. 2.8)

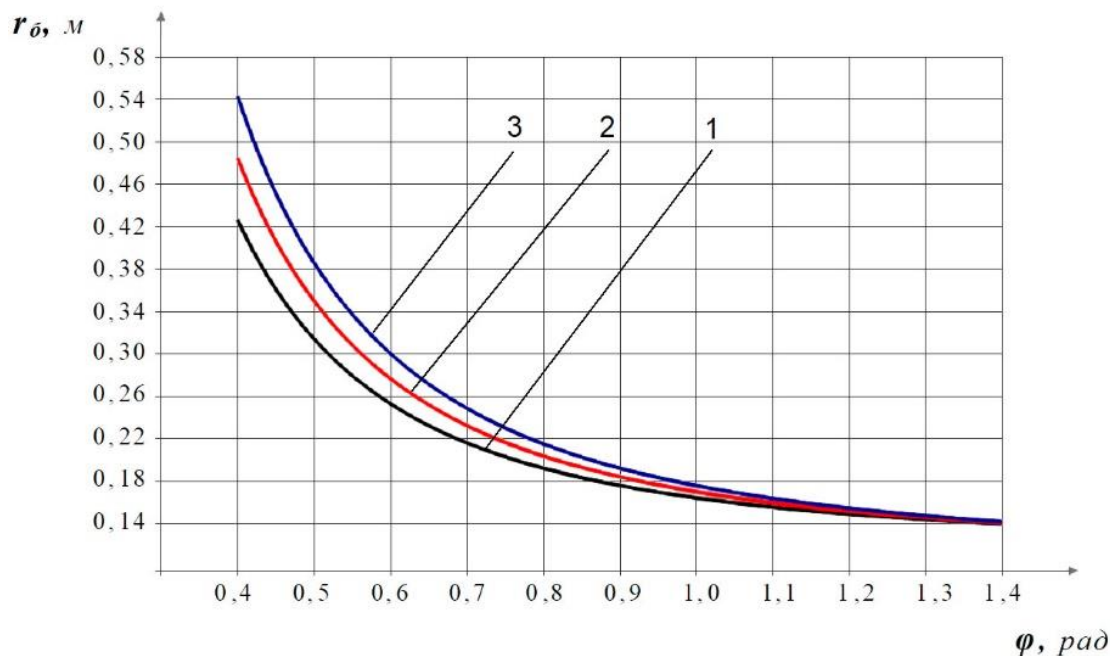


Рис. 2.8 – Залежності радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання, кута нахилу похилої камери та проміжку між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання ($\beta_n = \frac{\pi}{4}$).

барабана та бічною поверхнею підбарабання: 1 – $\delta_0 = 0,025\text{м}$; 2 – $\delta_0 = 0,03\text{м}$; 3 – $\delta_0 = 0,035\text{м}$

Відмітимо, що кут охоплення складає $\varphi \approx 108^\circ$, що співпадає із значеннями кута охоплення барабана МСС комбайна, встановленими [61, 62, 115]. За таких умов раціональне значення радіуса барабана при $\beta_n = \frac{\pi}{4}$: для $\delta_0 = 0,025\text{м}$ буде $r_{\delta} \approx 0,182\text{м}$; для $\delta_0 = 0,03\text{м}$ – $r_{\delta} \approx 0,219\text{м}$; $\delta_0 = 0,035\text{м}$ – $r_{\delta} \approx 0,255\text{м}$ відповідно.

На рис. 2.9 наведено залежності радіуса барабана від проміжку між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання ($\beta_n = \frac{\pi}{4}$).

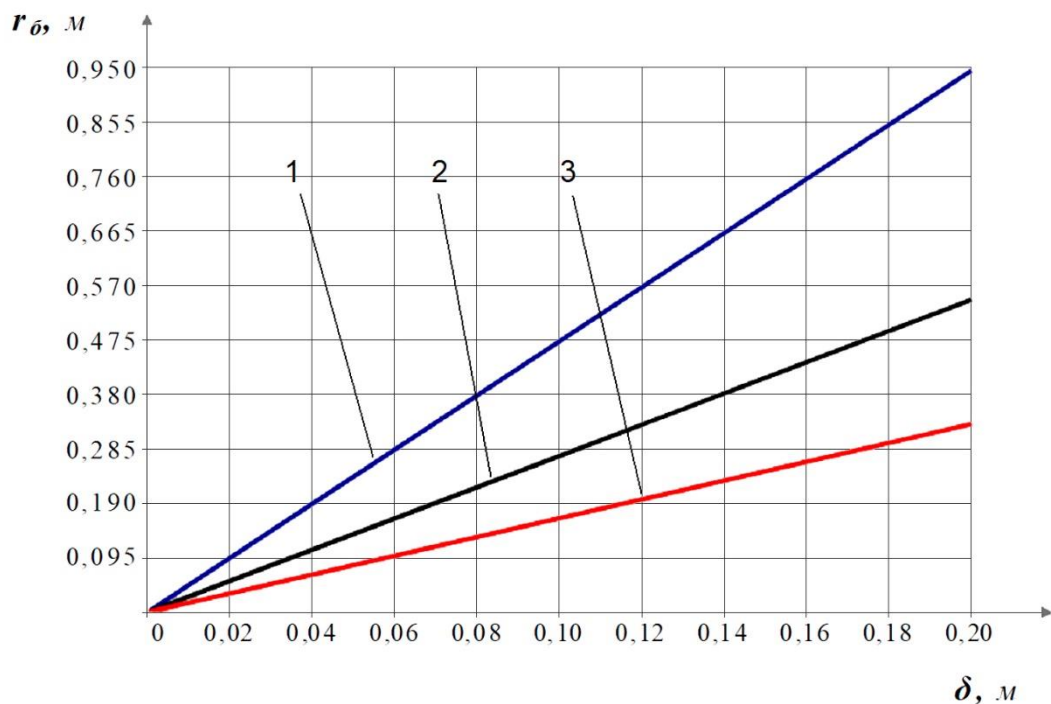


Рис.2.9 –Залежності радіуса барабана від проміжку між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання: 1 – $\varphi_i = 0,6$; 2 – $\varphi_i = 0,75$; 3 – $\varphi_i = 0,9$.

Встановлено залежність радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання φ_i та конструкційних параметрів (проміжку між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання) пристрою (2.1), а також залежність радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання, кута нахилу похилої камери та проміжку між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання (2.4).

2.4 Дослідження руху ЗСМ та шару відділеного зерна по підбарабанню пристрою попереднього обмолоту зерна

Рух ЗСМ розглянемо з такими припущеннями: на початку входження маси до пристрою попереднього обмолоту зерна вона представляє собою однорідну масу, що складається з стебел соломи і колосків з зерном. Внаслідок динамічного впливу упорів барабана маса деформується, стискається. Відбувається часткове руйнування зв'язків між зернівками та колосом, а часто і відділення зерна від колоска. Щільність маси дозволяє переміщуватися вільному зерну у нижню частину простору, що утворюється між упором барабана і підбарабанням. Таким чином у цій зоні з часом утворюється потік (переміщення) вільного зерна. Відзначимо, що переміщення відділеного зерна вже не відбувається спільно із основною частиною ЗСМ. Транспортування цієї маси не буде відзначатися високою рівномірністю, а буде здійснюватися порційно. Шар обмолоченого зерна є недеформованим.

Тобто, у похилій камері жнивarki продовжено формування потоків, які набувають більш виражених ознак. Один представляє ЗСМ і зернівки, що хаотично розташовані у цьому шарі. Інший потік утворено більш однорідною за масою структурою внаслідок наповнення його відділеними від колосків зернівками. До складу цього шару варто віднести також половину і певною мірою збойки. Проте їх частка не значна.

Для уникнення забивання камери маса щомиті повинна переміщуватися, звільняючи місце для наступної порції. Потік представляє собою безкінечну стрічку.

За умов раціонального функціонування системи доцільно було б забезпечувати однакову швидкість переміщення маси у похилій камері. Проте в умовах експлуатації відмічено певну нерівномірність подачі маси, викликану відміченими вище умовами, що уможливили утворення двох різних за властивостями шарів.

Рух ЗСМ зі швидкістю, що співпадає з швидкістю обертання крайньої точки упора барабана буде відбуватися за умов, обумовлених порційною подачею шару ЗСМ і зерна по похилій камері жнивarki. Товщина шару вимолоченого зерна,

внаслідок просипання скрізь стебла пшениці, відділених від колосу зернівок, постійно змінюється.

Переміщення ЗСМ представимо у таких двох варіантах. За першим із них, ЗСМ у вигляді безкінечної стрічки безперервно подається барабаном пристрою попереднього обмолоту зерна по технологічному ланцюгу комбайна. Зерно, що відділяється від колосу на цьому етапі, транспортується до МСС у вигляді рівномірно розподілених частинок у стрічці ЗСМ. За другим варіантом, частина відділених зернівок осідає на бічну поверхню підбарабання і утворює власний потік. Умови переміщення цього шару зернівок будуть відрізнятися від умов переміщення ЗСМ.

Основна причина, що обумовлює цей процес, викликана різною питомою об'ємною масою шару ЗСМ і зерна. Питома вага зерна значно перевищує питому вагу шару ЗСМ. Збільшення товщини шару відділеного зерна призводить до відповідного зменшення проміжку, по якому рухається стрічка (шар) ЗСМ. Таке зменшення товщини стрічки призводить до зростання тиску, який здійснюють упори барабана на шар ЗСМ і відповідного зростання сил тертя (рушійної сили). Відзначимо, що стрічка ЗСМ, переміщуючись, захоплює і певну частину зерна, що вже осіло і утворило власний потік. Проте швидкість руху першого (ЗСМ) і другого (шар зерна) буде відрізнятися.

За умов існування двох шарів – ЗСМ і шару з відділеного зерна, рух маси, що утворилася у просторі між барабаном і підбарабанням, можливо представити як:

- 1) переміщення ЗСМ з проковзуванням по поверхні підбарабання ($\omega_{\bar{o}} = \omega_{\text{ЗСМ}}$);
- 2) переміщення ЗСМ з проковзуванням по шару зерна, утвореного на підбарабання ($\omega_{\bar{o}} \geq \omega_{\text{ЗСМ}}; \omega_{\bar{z}} \approx 0$);
- 3) захоплення стрічкою ЗСМ певної кількості шарів зерна (ковзання зерна, що рухається по нерухомому шару зерна) ($\omega_{\bar{o}} \geq \omega_{\text{ЗСМ}}; \omega_{\bar{z}} \geq 0$);
- 4) переміщення (ковзання) всієї маси (ЗСМ по шару зерна, ковзання шару зерна по бічній поверхні підбарабання ($\omega_{\bar{o}} \geq \omega_{\text{ЗСМ}} \geq \omega_{\bar{z}}$)).

Третій варіант є різновидністю другого за винятком того, що ЗСМ переміщується спільно з певною частиною зерна.

Швидкість руху шару зерна буде меншою до того часу, коли внаслідок відміченого вище просипання зерна, зменшення проміжку, збільшення тиску утворюються умови, внаслідок яких, шар ЗСМ і зерна, попередньо урівноваживши щільності шарів (завдяки зростанню) щільності шару ЗСМ спільно, у вигляді одного цілого, транспортуються по похилій камері. Таким чином, об'єм камери, що утворюється між бічною поверхнею барабана, планками на ньому та підбарабанням звільняється від шару вимолоченого зерна і готовий прийняти нову порцію, щоб знову повторити процес.

До запропонованої розрахункової схеми віднесено те, що сили прикладені як до порції ЗСМ, так і до зерна, шар якого утворюється на межі ЗСМ – підбарабання. Відповідні сили прикладені до центра мас виділених ділянок (рис. 2.10).

На виділену ділянку ЗСМ із центром мас у точці O_c (рис. 2.10, б) за умов переміщення комбінованого шару діють сили: \bar{N}_{np} – нормальна сила тиску з боку барабана пристрою попереднього обмолоту зерна; $\bar{F}_{руш}$ – рушійна сила; $\bar{F}_m = f_1 \bar{N}_{np}$ – сила тертя між упором барабана пристрою і порцією ЗСМ, спрямована по дотичній до кола радіусом упорів барабана ($r_b + h_n$) у бік протилежний його обертанню; \bar{N}_3 – нормальна сила реакції від шару зерна; $\bar{F}'_m = f_3^1 \bar{N}'_{np}$ – сила тертя між ЗСМ і шаром зерна, спрямована по дотичній до криволінійної форми шару зерна, що копіює форму підбарабання в бік, протилежний руху ЗСМ; f_3^1 – коефіцієнт тертя між ЗСМ і шаром зерна; \bar{N}'_{np} – сила нормального тиску ЗСМ на шар зерна; $\bar{P}_1 = m_{зсм} g$ – сила тяжіння частки ЗСМ, де $m_{зсм} = m_{зсм}(t)$ – змінна маса частки ЗСМ; \bar{F}_c – відцентрова сила частки ЗСМ.

На виділену ділянку шару зерна із центром мас у точці O_3 діють сили (рис. 2.10, в): \bar{N}''_{np} – нормальна сила тиску з боку барабана пристрою попереднього обмолоту зерна і порції ЗСМ; $\bar{F}''_{руш}$ – рушійна сила; $\bar{F}'_m = f'_3 \bar{N}_{np}$ – сила тертя між

порцією ЗСМ і шаром зерна, спрямована в бік, протилежний його руху; $\overline{F''}_m = f_3'' \overline{N}'''_{np}$ – сила тертя між шаром зерна і підбарабанням; \overline{N}'''_{np} – нормальна сила реакції від шару зерна; $\overline{F}'_m = f_3^1 \overline{N}'_{np}$ – сила тертя між ЗСМ і шаром зерна, спрямована по дотичній до криволінійної форми шару зерна, що копіює форму підбарабання в бік, протилежний руху ЗСМ; f_3'' – коефіцієнт тертя між шаром зерна і підбарабанням; $\overline{P}_2 = m_3 g$, де $m_3 = m_3(t)$ – змінна маса відділеного зерна; \overline{F}_3 – відцентрова сила інерції, що діє на частку відділеного зерна; δ_c, δ_3 – товщина відповідно шару ЗСМ і зерна, $\omega_0, \omega_{зсм}, \omega_3$ – кутові швидкості переміщення барабана, ЗСМ та шару відділеного зерна, відповідно.

Визначимо особливості переміщення ЗСМ і вимолоченого зерна, що розташовано у просторі між бічною поверхнею барабана і підбарабанням. З метою визначення закону руху барабана з упорами розглянемо всі сили, що діють на нього (рис. 2.10).

Відмітимо, що внаслідок вимолоту значної кількості колосків на початку транспортування відбувається послаблення пружності шару стебел в кінцевій частині, що зумовлює зменшення нормального тиску і пов'язані з ним сили тертя. За таких умов, як вже відмічалось, значна частина зерна разом з дрібним ворохом осідає у нижній частині на підбарабанні.

Визначимо сили нормальних реакцій, що діють на упори барабана з боку ЗСМ. На кожний з упорів з боку хлібної маси будуть діяти різні за величиною та напрямком дії сили. Величина нормальної реакції на i -й ($i=1,2,\dots,n$) упор може бути визначена такою залежністю:

$$N_{\delta_i} = k_i(\delta_n) V_{\text{кам}} g = k_i(\delta_n) \cdot b \cdot l (h_0 - \delta_n) g \quad (2.5)$$

де $k_i(\delta_n)$ – коефіцієнт, який характеризує питому вагу ЗСМ (кг/м^3), залежить від величини стиснення маси і визначається експериментально,

b – ширина планки барабана, (м),

l – довжина планки (барабана), (м),

h_0 – товщина потоку ЗСМ на вході допристрою, (м),

δ_n – величина зазору між планкою та підбарабанням, (м),

g – прискорення вільного падіння, (м/с²),

$V_{\text{кам}}$ – об'єм камери стискання, (м³).

Об'єм камери стискання визначимо як різницю двох об'ємів: $V_{\text{кам}}=V_{\delta}-V_{\text{п}}$, де V_{δ} – об'єм, який утворюється між бічною поверхнею барабана і поверхнею підбарабання; $V_{\text{п}}$ – об'єм, який утворюється між кінцями планок барабана і підбарабанням. За умов, що

$$V_{\delta} = \frac{\pi(r_{\delta} + h_n + \delta_n)^2}{360} \varphi_1 l; \quad V_{\text{п}} = \frac{\pi(r_{\delta} + h_n)^2}{360} \alpha_1 l; \quad \text{де } r_{\delta} - \text{ радіус барабана, м; } \delta_0 = h_n + \delta_n, - \text{ де } \delta_0 -$$

відстань між боковою поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання, м; h_n – висота упорів барабана, м; φ_1 – кут охоплення.

Об'єм камери стискання

$$V_{\text{кам}} = \frac{\pi(r_{\delta} + h_n + \delta_n)^2}{360} \varphi_1 l - \frac{\pi(r_{\delta} + h_n)^2}{360} \varphi_1 l = \frac{\pi\delta_n}{360} \varphi_1 l [2(r_{\delta} + h_n) + \delta_n]. \quad (2.6)$$

З урахуванням (2.6) залежність (2.5) набуде вигляду:

$$N_{\text{пр}} = k_i(\delta_n) V_{\text{кам}} g = k_i(\delta_n) g \frac{\pi\delta_n}{360} \varphi_1 l [2(r_{\delta} + h_n) + \delta_n]. \quad (2.7)$$

Об'єм камери стискання ЗСМ будемо вважати сталим. Середовище, яке наповнює цей об'єм, представимо у такому виді:

– в разі, коли $\delta_c = \delta_n$ – весь простір займає ЗСМ (тут δ_c – товщина шару ЗСМ);

– за умов, коли $\delta_3 = \delta_n$ – весь об'єм займає відділене зерно (δ_3 – товщина шару відділеного зерна).

За таких умов граничні умови будуть мати такий вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \leq \delta_c \leq \delta_n \\ 0 \leq \delta_3 \leq \delta_n \\ \delta_c + \delta_3 = \delta_n \end{array} \right\} \quad (2.8)$$

Характер руху ЗСМ буде залежати від співвідношення кутів φ_1 і тертя ξ_1 і ξ_2 (ξ_1 – кут тертя ЗСМ по шару зерна; ξ_2 – кут тертя шару зерна по підбарабанню). За умов $\varphi_1 < \xi_1$, тоді $N_m = N_{\text{пр}} \text{tg} \varphi_1 < F_{\text{max}} = N_{\text{пр}} \text{tg} \xi_1$ і ковзання не буде, так як сила тертя F_m , яка

виникла внаслідок дії сили N_m , не досягне максимального значення і як сила реакції буде в точності дорівнювати значенню сили N_m , яка її збуджує.

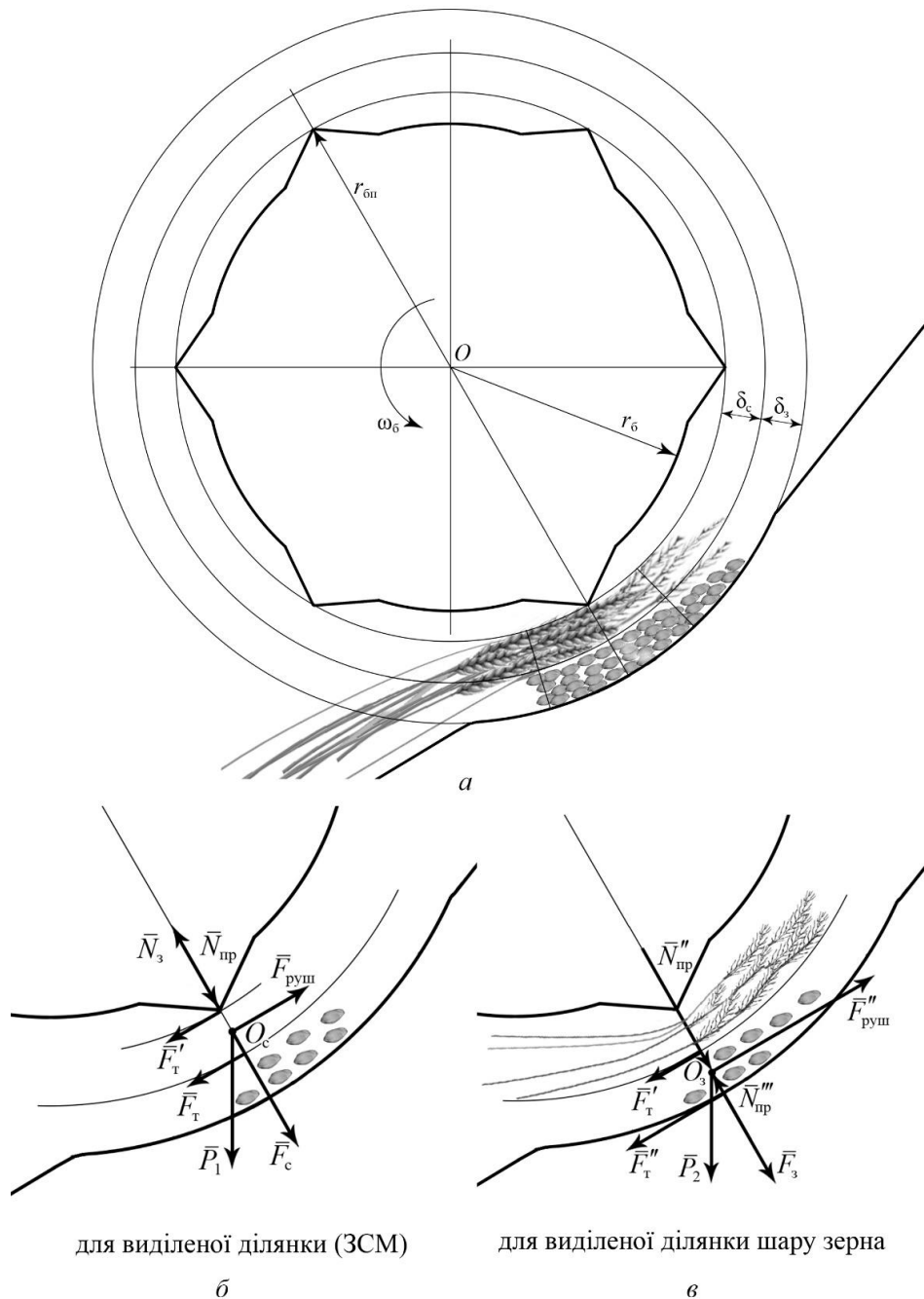


Рис. 2.10 – Схема переміщення ЗСМ та шару відділеного зерна у підбарабанні барабана попереднього обмолоту зерна: *a* – ЗСМ і шару зерна; *б*– ЗСМ по нерухомому шару зерна; *в*– ЗСМ і частини шарів відділеного зерна.

За таких умов сили N_m і F_m взаємно врівноважуються і ЗСМ буде під впливом тільки одної сили N_p . За таких умов ЗСМ буде переміщуватися разом із упором у напрямку швидкості V_σ , тобто буде відбуватися ущільнення ЗСМ без проковзування.

В разі, коли $\varphi_i > \xi_1$ то $N_{np} \operatorname{tg} \varphi_1 > N_{np} \operatorname{tg} \xi_1$ і відповідно $N_m > F_{\max}$. У цьому випадку сила тертя, досягнувши максимального значення F_{\max} , не в змозі урівноважити дотичну складову N_m і ущільнення ЗСМ внаслідок дії сили N_p буде супроводжуватися сковзанням упору барабана по ЗСМ під дією цієї сили $N_m - F_{\max} = N_{np} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \xi_1)$.

В разі, якщо у просторі між кінцями упора і бічною поверхнею підбарабання утворився однорідний шар ЗСМ, то він буде переміщуватися упором барабана за умови

$$F'_{руш} \geq f_{зсм} N'_{np} + P'_1 \cos(90 - \beta_n) = f_{зсм} N'_{np} + P'_1 \sin \beta_n. \quad (2.9)$$

Такі умови характерні для початку роботи комбайна. З часом, як вже відмічалось вище, утворюється в нижній частині поверхні підбарабання шар відділеного від колосків вільного зерна. В разі утворення комбінованого шару, який складається із шару ЗСМ (у верхній частині, ближче до упорів барабану) і шару відділеного зерна його переміщення може відбуватися за такими можливими варіантами:

а) переміщення двох шарів як одного цілого (питома вага шару ЗСМ і шару зерна урівноважується) з однаковою кутовою швидкістю

$$F''_{руш} \geq f_3 N''_{np} + P''_1 \sin \beta_n + P''_2 \sin \beta_n = f_3 N''_{np} + \sin \beta_n (P''_1 + P''_2), \quad (2.10)$$

б) переміщується тільки частина комбінованого шару – ЗСМ, а шар відділеного зерна, ні

$$F'''_{руш} \geq f_c N'''_{np} + P'''_1 \sin \beta_n. \quad (2.11)$$

Товщина цих шарів постійно змінюється згідно (2.8).

Буксування барабана (заклинювання маси у підбарабання) буде за умов

$$F^{iv}_{руш} \leq f_3 N_{np} + P_1^{iv} \sin \beta_n + P_2^{iv} \sin \beta_n = f_3 N_{np} + \sin \beta_n (P_1^{iv} + P_2^{iv}) \quad (2.12)$$

де β_n – кут нахилу похилої камери;

P_1', P_2'', P_1''' і P_1^{iv} – вага ЗСМ за умов тільки її переміщення (однорідна маса), переміщення у складі комбінованого шару, переміщення тільки шару ЗСМ у випадку існування комбінованого шару, а також буксування, відповідно;

P_2'', P_2^{iv} – вага шару відділеного зерна за умови його переміщення в складі комбінованого шару і відповідно заклинювання маси у підбарабанні;

$F_{руш}'$, $F_{руш}''$, $F_{руш}'''$, $F_{руш}^{iv}$ – рушійна сила переміщення ЗСМ (однорідна маса), комбінованого шару ЗСМ і зерна, частини комбінованого шару (ЗСМ) і буксування барабана (барабан не переміщує масу), відповідно.

Представимо масу $m_{зсм} = f_1(v_{зсм}(t), \rho_{зсм}(t))$, $m_з = f_1(v_з(t), \rho_з(t))$ де $v_{зсм}(t)$, $\rho_{зсм}(t)$, $v_з(t)$, $\rho_з(t)$ – об'єм та питома вага ЗСМ та відділеного зерна, відповідно. Відмітимо, що $V_{зсм}(t) + V_з(t) = V_{кам}$, де $V_{кам}$ – об'єм камери стискання. Питома вага шару ЗСМ може змінюватися в широкому діапазоні, який визначається експериментально.

Об'єм ЗСМ буде визначатися:

$$V_{зсм} = \frac{\pi\varphi_1 l \delta_з}{360} [2(r_{\delta} + \delta_n) + \delta_з], \quad (2.13)$$

а зерна

$$V_з = \frac{\pi\varphi_1 l}{360} [2(r_{\delta}(\delta_0 - \delta_з) - \delta_з^2) + \delta_c^2] \quad (2.14)$$

З урахуванням (2.13) та (2.14) значення перемінної маси:

– ЗСМ:

$$m_{зсм} = \rho_{зсм}(t) \frac{\pi\varphi_1 l \delta_з}{360} [2(r_{\delta} + \delta_n) + \delta_з] \quad (2.15)$$

– зерна

$$m_з = \rho_з(t) \frac{\pi\varphi_1 l}{360} [2(r_{\delta}(\delta_0 - \delta_з) - \delta_з^2) + \delta_c^2]. \quad (2.16)$$

З урахуванням встановлених залежностей маси речовини в об'ємі камери стискання (2.7), встановимо діапазон змінення значень зусилля (ваги) ЗСМ і відділеного зерна:

$$0 \leq P_1' \leq N_{np} \quad (2.17)$$

за умов, коли $\delta_c = \delta_n$.

$$\begin{cases} 0 \leq P_1'' \leq N_{np}' \\ 0 \leq P_2'' \leq N_{np}'' \end{cases} \quad (2.18)$$

тут $\delta_c + \delta_3 = \delta_n$ згідно (2.8).

Таким чином отримаємо:

1) переміщення однорідного шару (ЗСМ) – $\delta_c = \delta_n$

$$N_{np}' = \rho_{зсм}(t) g \frac{\pi}{360} \varphi_1 l [2r_6 (h_n + \delta_n) + \delta_n^2] \quad (2.19)$$

2) переміщення комбінованого шару (двох шарів як одного цілого) – $\delta_c + \delta_3 = \delta_n$

$$\begin{aligned} N_{np}'' &= \rho_{зсм}(t) g \frac{\pi}{360} \varphi_1 l (r_6 + h_n + \delta_c)^2 + \rho_3(t) g \frac{\pi}{360} \varphi_1 l \delta_3 [2(r_6 + h_n) + (\delta_c + \delta_n)] = \\ &= g \frac{\pi}{360} \varphi_1 l [\rho_{зсм}(t) (r_6 + h_n + \delta_c)^2 + \rho_3(t) \delta_3 [2(r_6 + h_n) + (\delta_c + \delta_n)]] \end{aligned} \quad (2.20)$$

3) переміщення частини комбінованого шару (ЗСМ)

$$N_{np}''' = \rho_{зсм}(t) g \frac{\pi}{360} \varphi_1 l (r_6 + h_n + \delta_c)^2 \quad (2.21)$$

Залежності (2.19-2.21) встановлюють значення нормального зусилля за умов переміщення пристроєм попереднього обмолоту зерна: однорідного шару (ЗСМ) $\delta_c = \delta_n$ – (2.19); комбінованого шару (ЗСМ і шару відділеного зерна як одного цілого) – $\delta_c + \delta_3 = \delta_n$ – (2.20); частини комбінованого шару – ЗСМ (шар зерна не переміщується) – (2.21).

2.5 Дослідження переміщення ЗСМ з проковзуванням по поверхні підбарабання

Складемо математичну модель переміщення ЗСМ по поверхні підбарабання за умов, коли шар ЗСМ переміщується з кутовою швидкістю, що співпадає з швидкістю обертання барабана. Спроекувавши сили, що діють на центр мас ЗСМ на ось, що співпадає із напрямком швидкості (рис. 2.10), отримаємо

$$\frac{m_{зсм} dv_1}{dt} = -f_{зсм} \frac{m_{зсм} v_1^2}{r_6 + h_n + \frac{\delta_n}{2}} - m_{зсм} g \cos \beta_n - \kappa_{п} m_{зсм} v_1, \quad (2.22)$$

де v_1 – швидкість переміщення центра мас ЗСМ, $\frac{м}{с}$,

$f_{зсм}$ – коефіцієнт тертя ЗСМ по підбарабанню,

κ_n – коефіцієнт опору повітря, $\frac{1}{с}$;

$r_6 + h_n + \frac{\delta_n}{2}$ – відстань від осі обертання барабана до центру мас ЗСМ, (м).

Тут прийнято припущення, що центр мас обертання ЗСМ розташований на однаковій відстані між упорами барабана та поверхнею підбарабання і шар ЗСМ представляє собою однорідну масу. Скоротивши (2.22) на $m_{зсм}$ та представивши

$v_1 = \dot{\phi}_6 \left(r_6 + h_n + \frac{\delta_n}{2} \right)$, отримаємо

$$\left(r_6 + h_n + \frac{\delta_n}{2} \right) d\dot{\phi}_6 = -f_{зсм} \left(r_6 + h_n + \frac{\delta_n}{2} \right) \dot{\phi}_6^2 - g \cos \beta_n - \kappa_{п} \left(r_6 + h_n + \frac{\delta_n}{2} \right) \dot{\phi}_6. \quad (2.23)$$

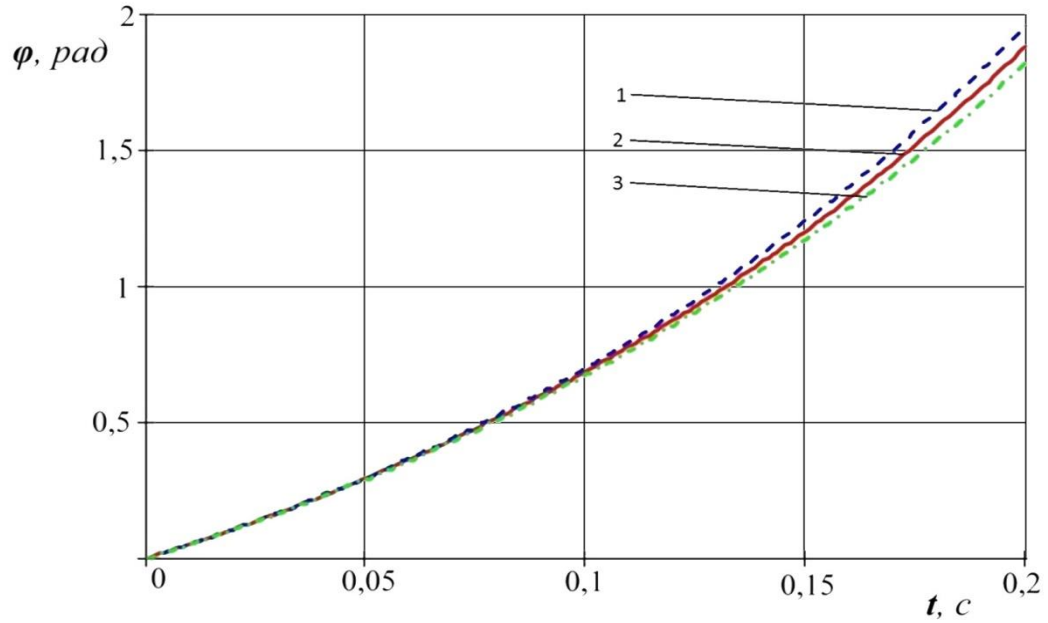
Після перетворень отримаємо:

$$d\dot{\phi}_6 + f_{зсм} \dot{\phi}_6^2 + \kappa_{п} \dot{\phi}_6 + \frac{g \cos \beta_n}{\left(r_6 + h_n + \frac{\delta_n}{2} \right)} = 0. \quad (2.24)$$

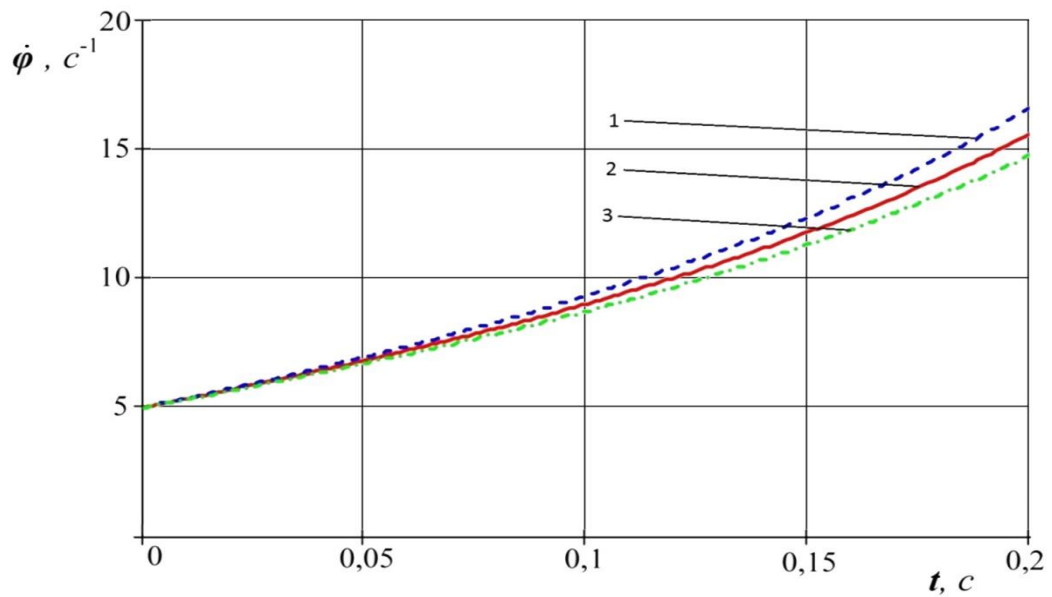
Чисельний розв'язок диференційного рівняння (2.24) здійснено за методом Рунге-Кута за умов: $f_{зсм} = 0,25$, $\beta_n = \pi/4$, $h_n = 0,02$ м, $\delta_0 = 0,045$ м, $k_n = 0,3$.

На (рис.2.11, а) наведено залежність кутового переміщення, а на (рис. 2.11,б) кутової швидкості матеріалу від часу його взаємодії з барабаном.

Відзначимо, що за час перебування ЗСМ у проміжку між упорами барабана та підбарабанням необхідно забезпечити умови стабільного переміщення цієї маси спільно із упорами барабана. Такі умови можуть бути реалізовані за умов, коли кутова швидкість обертання барабана по мірі просування маси (зростання кутового переміщення) буде збільшуватися. Аналізуючи отримані рішення (рис. 2.11 а, б) відзначимо, що вони адекватно відображають відмічені вище вимоги.



(a)



(б)

Рис. 2.11 – Залежність кутового переміщення (а) та кутової швидкості матеріалу (б) від часу його взаємодії з барабаном за значень радіуса барабана:

$$1 - r_6 = 0,25\text{м}; 2 - r_6 = 0,225\text{м}; 3 - r_6 = 0,20\text{м}$$

Так, якщо на вході у підбарабання значення початкової швидкості обертання барабана (початкова швидкість входження ЗСМ у підбарабання) складало $\dot{\varphi}_6 = 5 \text{ с}^{-1}$,

то ділянці $t = 5 \cdot 10^{-3} \text{ с}, -\dot{\varphi}_6 = 5,169 \text{ с}^{-1}$, $t = 0,01 \text{ с}, -\dot{\varphi}_6 = 5,341 \text{ с}^{-1}$, $t = 0,015 \text{ с}, -\dot{\varphi}_6 = 5,516 \text{ с}^{-1}$,

відповідно. Тобто за проміжок часу $t = 0,015$ с відбулося збільшення кутової швидкості переміщення ЗСМ на 10,3%.

Розглянемо систему (варіант 4, с. 22), яка складається із двох тіл (барабана і ЗСМ). З енергетичної точки зору за умов роботи барабана відбувається передача енергії від однієї частини системи до іншої – від барабана із упорами до порції ЗСМ. Швидкість руху ЗСМ в такій системі буде визначатися за умов взаємодії двох тіл, що рухаються з різними швидкостями – барабан із упорами і порція ЗСМ за умов проковзування ЗСМ відносно шару відділеного зерна.

Залежність для визначення кутової швидкості переміщення ЗСМ в підбарабанні в залежності від кута повороту φ отримано [117] у такому вигляді

$$2\varphi \frac{N_{\text{пр}} f_2}{m_{\text{зсМ}} r_b} + \omega^2 - \omega_1^2 = \frac{2\omega_6 f_1}{f_2} (\omega_1 + \omega) \cdot \ln \left| \frac{2 \cdot \omega_1 - \frac{2\omega_6 f_1}{f_2}}{\omega_1 + \omega - \frac{2\omega_6 f_1}{f_2}} \right| \quad (2.25)$$

де $N_{\text{пр}}$ – нормальна сила тиску,

$f_1; f_2$ – коефіцієнти тертя упорів барабана по ЗСМ та ЗСМ по підбарабанню, відповідно,

ω_6 – кутова швидкість барабана на холостому ході,

φ – кут повороту,

ω_1 – кутова швидкість ЗСМ на вході до пристрою попереднього обмолоту зерна,

ω – кутова швидкість порції ЗСМ.

Складено нові диференціальні рівняння руху ЗСМ спільно із упорами барабана пристрою попереднього обмолоту зерна та отримано залежності кутового переміщення та кутової швидкості матеріалу від часу перебування ЗСМ у просторі між упорами барабана та підбарабанням. Встановлено залежності кутової швидкості переміщення ЗСМ від конструкційних та кінематичних параметрів пристрою попереднього обмолоту та параметрів похилої камери. Такі умови уможливають встановлення кінематичних параметрів переміщення ЗСМ по поверхні підбарабання за умови, коли шар ЗСМ переміщується з кутовою швидкістю, яка співпадає із

швидкістю обертання барабана (рис. 2.11, а, 2.11,б), а також переміщення ЗСМ зі швидкістю, яка не перевищує значення швидкості обертання барабана (2.25). Відмічені умови унеможливають забивання маси і забезпечують стабільне її переміщення по технологічному ланцюгу комбайна.

2.6 Обґрунтування коефіцієнта відділення зерна пристроєм попереднього обмолоту жнивarki

Проведеними нами експериментальними дослідженнями підтверджена можливість відділення 30-32% зерна на ранніх фазах його транспортування до МСС комбайна. Нами розроблено пристрій попереднього обмолоту зерна, який розташовано в похилій камері жнивarki зернозбирального комбайна КЗС 9-1 (розділ 4).

Ефективність запропонованого пристрою попереднього обмолоту зерна жнивarki (ширина захвату бм) чисельно запропоновано оцінювати співвідношенням маси відділеного їм зерна до маси зерна, що має надійти з поля (дослідної ділянки)

$$k_6 = \frac{m_3}{m_{\text{оч.з}}} \quad (2.26)$$

де m_3 – маса відділеного пристроєм зерна (встановлюється експериментально), кг;

$m_{\text{оч.з}}$ – маса зерна, що очікується до надходження у похилу камеру пристрою за результатами досліду (визначається розрахунковим методом), кг.

Цей показник комплексно характеризує узгодженість в системі збирання та обмолоту культури цілої низки техніко-експлуатаційних показників використання комбайна з її агробіологічними факторами.

Коефіцієнт відділення зерна від колосу k_6 спільно із абсолютним значенням маси цього зерна m_3 уможливають комплексно оцінити конструкційно-технологічне і технічне рішення щодо пристрою попереднього обмолоту зерна.

До пристрою попереднього обмолоту зерна надходить ЗСМ загальна кількість якої співпадає із масою, що надходить до молотарки. Згідно із [1-6] кількість цієї маси (пропускну здатність, q , кг/с) визначали за залежністю

$$q = \frac{Bk_{пов}v_M Q}{360}, \quad (2.27)$$

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

Q_z - врожайність зерна, ц/га; β - частка соломи за масою відносно врожайності зерна;

B – ширина захвату жнивarki, м;

v_M – швидкість руху комбайна, км/год;

$k_{пов}$ – коефіцієнт ефективності використання ширини захвату жнивarki (за експериментальними даними значення цього коефіцієнта коливається в межах 0,94-0,99).

Площу ділянки, яку за результатами кожного досліду скошує зернозбиральний комбайн визначали $S_D = B \cdot l_i \cdot k_{пов}$, де l_i – довжина дослідної ділянки, м. Відмітимо, що $l_i = t_i v_{Mi}$, де t_i та v_{Mi} – час та швидкість проходження комбайна i – ої ділянки відповідно. Таким чином вираз для визначення площі ділянки, що досліджується, набуде вигляду $S_D = B t_i v_{Mi} k_{пов}$, м².

Прийmemo за $m_{пит}$ – значення питомої урожайності ділянки поля площею один квадратний метр, кг/м². Тоді очікувана маса зерна з дослідної ділянки буде визначатися $m_{з.оч} = m_{пит} \cdot S_D = m_{пит} \cdot B \cdot l_i \cdot k_{пов}$, кг, а соломи – $m_{с.оч} = B \cdot m_{пит} \cdot l_i \cdot k_{пов} \cdot \beta$, кг.

Врожайність зерна і соломи із одного гектару площі можливо представити, ц/га

$$Q = Q_z + Q_z\beta = 100 \cdot m_{пит} (1 + \beta) \quad (2.28)$$

Із урахуванням (2.28) вираз (2.27) набуде вигляду,

$$q = \frac{Bk_{пов}v_M Q}{360} = \frac{Bk_{пов}v_M 100m_{пит}}{360} (1 + \beta) = \frac{5Bk_{пов}v_M m_{пит}}{18} (1 + \beta) \quad (2.29)$$

звідки із урахуванням раніше прийнятих припущень

$$m_{з.оч} = \frac{18ql_i}{5v_{Mi} (1 + \beta)} \quad (2.30)$$

Після підстановки (2.30) у (2.26) отримаємо

$$k_B = \frac{m_3}{m_{\text{оч.з}}} = \frac{5m_3}{18ql_i} v_{\text{мг}} (1 + \beta) \quad (2.31)$$

Встановлено залежність (2.31) коефіцієнта відділення зерна від колосу k_B від таких параметрів: маса відділеного зерна, швидкість руху комбайна, частка соломи за масою, пропускна здатність, довжина експериментальної ділянки. Коефіцієнт відділення зерна від колосу k_B спільно із питомим (віднесеним до одиниці площі) значенням маси цього зерна m_3 уможливають комплексно оцінити конструкційно-технологічні і технічні рішення щодо пристрою попереднього обмолоту зерна.

У п.4.1 наведено результати досліджень із моделювання ступеня відділення зерна завдяки розрахунково-експериментальному методу та наведено залежності (рис.4.3 - 4.7) коефіцієнта відділення зерна k_B від таких чинників: (маса відділеного зерна, швидкість руху комбайна, частка соломи за масою, пропускна здатність, довжина експериментальної ділянки).

2.7 Кінематика і динаміка барабана з упорами пристрою попереднього обмолоту зерна

Розглянемо переміщення ЗСМ по похилій камері (транспортування під кутом β_n до горизонту) за умов, коли вагу барабана із упорами P_o представимо у вигляді двох складових, які направлено паралельно і перпендикулярно похилій камері (рис. 2.12). Проекція $P_o \cos \beta_n$, що направлена перпендикулярно поверхні похилої камери, додається із навантаженням на вісь барабана P_v і утворює результуючу силу, яка дорівнює $(P_v + P_o \cos \beta_n)$. Проекція $P_o \sin \beta_n$ направлена паралельно поверхні похилої камери, алгебраїчно додається із штовхаючою силою F_o та силою інерції $m_o a_i$, де a_i – прискорення точки поверхні барабана (нормальне доцентрове прискорення $a_i = \omega_o^2 r_o$).

Результуючу R_{zc} усіх реакцій зерно-соломистої маси та сил опору її тертя по деці розкладемо на складові X_{zc} і Y_{zc} . Визначимо проєкції усіх сил на вісі паралельну і перпендикулярну поверхні похилої камери

$$\begin{cases} m_{\sigma} a_1 - P_{\sigma} \sin \beta_n - F_{\sigma} + X_{zc} = 0 \\ Y_{zc} - P_{\sigma} - P_{\sigma} \cos \beta_n = 0 \end{cases} \quad (2.32)$$

Із системи рівнянь (2.32) знайдемо X_{zc} і Y_{zc}

$$\begin{cases} X_{zc} = P_{\sigma} \sin \beta_n + F_{\sigma} - m_{\sigma} a_1 \\ Y_{zc} = P_{\sigma} + P_{\sigma} \cos \beta_n \end{cases} \quad (2.33)$$

Рівняння моментів відносно геометричної вісі барабана буде мати вигляд :

$$X_{zc} r_{\sigma n} = M_r + M_{\sigma n} + M_{j\sigma} \quad (2.34)$$

де M_r – момент сил тертя у підшипниках вісі барабана (направлений на рис. за годинниковою стрілкою),

$M_{j\sigma}$ – момент дотичних сил інерції, який виникає за умов нерівномірного обертання барабана навколо своєї вісі, який дорівнює добутку моменту інерції барабана із упорами J_{σ} відносно його геометричної осі на кутове прискорення ε_{σ} обертального руху барабана,

$M_{\sigma n}$ – момент опору кочення зовнішньої поверхні барабана із упорами по ЗСМ.

Силою опору повітря внаслідок відносно її незначного значення нехтуємо.

Таким чином момент реакції зерно-соломистої маси X_{zc} відносно геометричної осі барабана повинен дорівнювати добутку трьох моментів: моменту сил тертя в підшипниках барабана, моменту опору, який створює рухома ЗСМ та шар відділеного від колосків зерна по поверхні дека (похилої камери) та моменту дотичних сил інерції барабана із упорами.

За умов рівномірної подачі ЗСМ прискорення $J_{\sigma} \varepsilon_{\sigma}$ дорівнюють нулю. Тоді рівняння моментів (2.34) набуде виду

$$X_{zc} r_{\sigma n} = M_r + M_{\sigma n} \quad (2.35)$$

За умов рівномірної подачі і руху ЗСМ момент, який створює сила реакції X_{zc} відносно геометричної осі барабана повинен дорівнювати сумі моментів сил тертя в підшипниках барабана і моменту опору переміщення ЗСМ і шару зерна по похилій поверхні дека.

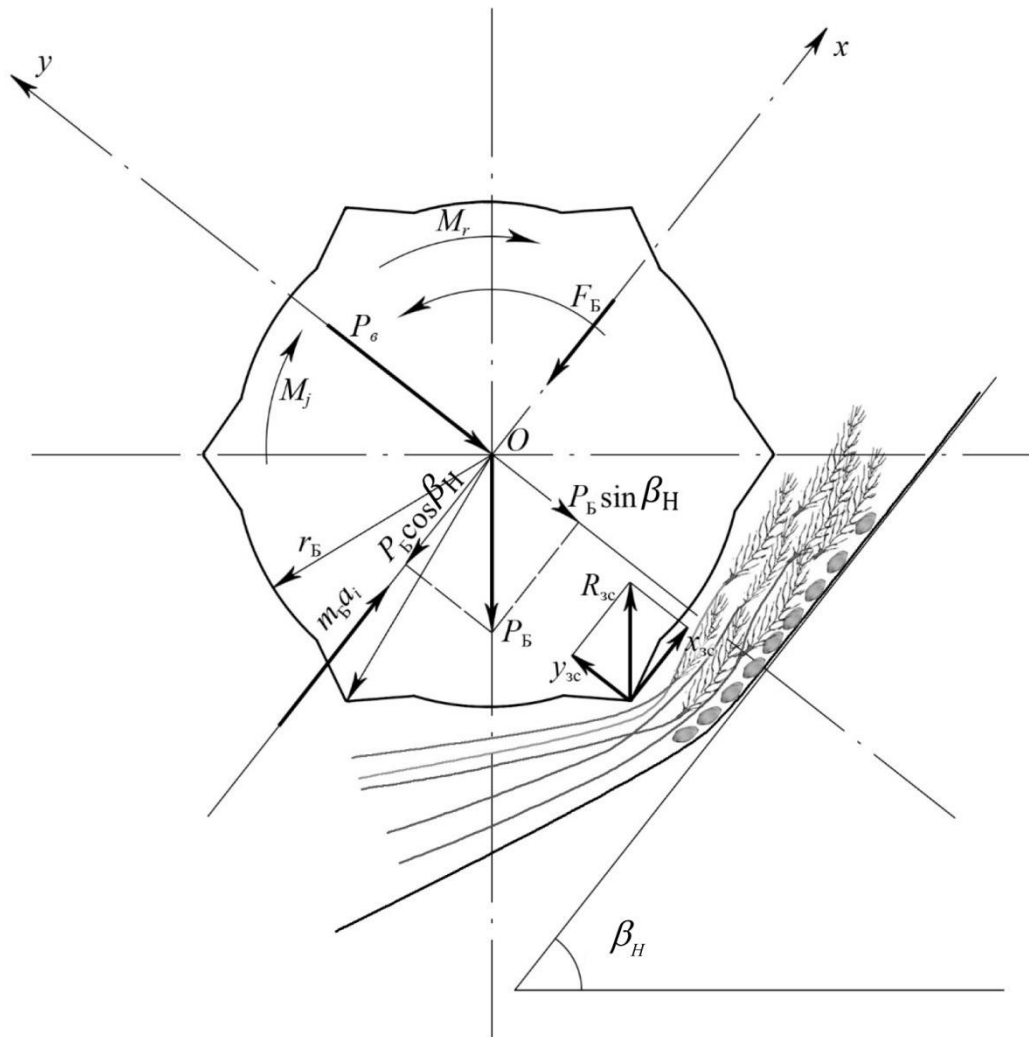


Рис. 2.12 – Схема взаємодії ЗСМ з похилою камерою жниварки

Підставимо у (2.34) залежність (2.33) для величини $X_{зс}$ та перемножимо обидві частини отриманого рівняння на середню за дану секунду кутову швидкість обертання ω_{δ} , отримаємо

$$(P_{\delta} \sin \beta_H + F_{\delta} - m_{\delta} a_1) r_{\delta n} \omega_{\delta} = M_r \omega_{\delta} + M_{\delta n} \omega_{\delta} + M_{j\delta} \omega_{\delta} \quad (2.36)$$

Після перетворень отримуємо

$$F_{\delta} r_{\delta n} \omega_{\delta} = m_{\delta} a_1 r_{\delta n} \omega_{\delta} - P_{\delta} \sin \beta_H r_{\delta n} \omega_{\delta} + M_r \omega_{\delta} + M_{\delta n} \omega_{\delta} + M_{j\delta} \omega_{\delta}. \quad (2.37)$$

Добуток $r_{\delta n} \omega_{\delta}$ із досить великою точністю можливо прийняти таким, щодорівнює швидкості $v_{\delta n}$ переносного руху барабана із упорами. Тоді отримуємо такий баланс потужностей

$$F_{\delta} v_{\delta n} = m_{\delta} a_1 v_{\delta n} - P_{\delta} \sin \beta_H v_{\delta n} + M_r \omega_{\delta} + M_{\delta n} \omega_{\delta} + M_{j\delta} \omega_{\delta}. \quad (2.38)$$

Аналізуючи вираз (2.38) відмітимо, що в загальному випадку потужність, що витрачається на переміщення барабаном з упорами ЗСМ дорівнює сумі потужностей, що витрачається на деформацію ЗСМ і тертя барабана по ЗСМ і ЗСМ по деку ($M_{\sigma n} \omega_{\sigma}$) і потужності $M_{j\sigma} \omega_{\sigma}$, що перетворюється у кінетичну енергію відносного обертального руху барабана навколо його осі; потужності $m_{\sigma} a_1 v_{\sigma n}$, що перетворюється у кінетичну енергію переносного поступального руху барабана, потужності, що витрачається на здолаття сил тертя у підшипниках барабана $M_r \omega_{\sigma}$ за мінусом потужності $P_{\sigma} \sin \beta_n v_{\sigma n}$.

Висновки за 2 розділом

1. Запропоновано взаємодію ЗСМ з підбарабанням представляти як контакт двошарової основи із нерухомою поверхнею підбарабання за умови постійного змінення товщини шарів (ЗСМ і відділеного зерна).

2. Відмічено, що явище відриву міжшарових зв'язків спостерігається за умови утворення у нижній частині підбарабання шару відділеного зерна. Контакт ЗСМ із підбарабанням відбувається через шар зерна. Шар зерна не має постійних характеристик внаслідок змінення кількості зернівок, що його утворюють.

3. Встановлено залежність радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання, висоти упорів барабана та відстані між упором барабана і підбарабанням (2.1), а також залежність радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання, кута нахилу похилої камери та проміжку між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання (2.4), що уможливили встановити раціональні значення радіуса барабана ($r_0 \approx 0,18-0,25$ м) за значень кута нахилу похилої камери $\beta_n = \frac{\pi}{4}$ та відповідного значення проміжку між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання $\delta_0 = 0,025-0,035$ м.

4. Встановлено залежність (2.34) коефіцієнта відділення зерна від колосу k_0 , який спільно із питомим (віднесеним до одиниці площі) значенням маси цього зерна m_3 уможливають комплексно оцінити конструкційно-технологічні і технічні рішення щодо пристрою попереднього обмолоту зерна.

5. Встановлено, що коефіцієнт відділення зерна від колосу k_0 у жнивarki із проміжним молотильним барабаном із чотирма додатковими планками (зубоподібний профіль висотою планки 30 мм) має найбільше (0,32) значення. Питоме значення маси відділеного зерна m_3 для цієї конструкції пристрою складало 0,159 (5075 г), що у 6,7 рази більше ніж у серійної жнивarki, 1,9 ніж із бичем, у 3 рази гладкого, у 1,3 рази ніж у барабана із двома планками.

6. Відмічено, що взагалішому випадку потужність, що витрачається на переміщення барабаном із упорами ЗСМ дорівнює сумі потужностей, що витрачається на деформацію ЗСМ і тертя барабана по ЗСМ і ЗСМ по деку ($M_{\sigma n} \omega_{\sigma}$) і потужності $M_{j\sigma} \omega_{\sigma}$, що перетворюється у кінетичну енергію відносного обертального руху барабана навколо його осі; потужності $m_{\sigma} a_1 v_{\sigma n}$, що перетворюється у кінетичну енергію переносного поступального руху барабана, потужності, що витрачається на здолаття сил тертя у підшипниках барабана $M_r \omega_{\sigma}$ за мінусом потужності $P_{\sigma} \sin \beta_n v_{\sigma n}$.

7. Складено нові диференційні рівняння руху ЗСМ спільно із упорами барабана пристрою попереднього обмолоту зерна та отримано залежності кутового переміщення та кутової швидкості матеріалу від часу перебування ЗСМ у просторі між упорами барабана та підбарабанням. Встановлено залежності кутової швидкості переміщення ЗСМ від конструкційних та кінематичних параметрів пристрою попереднього обмолоту та параметрів похилої камери.

8. Сукупно розкрито причинно-наслідкові зв'язки між системно зумовленими подіями і механізованою операцією переміщення комбінованого шару ЗСМ і відділеного зерна як двох взаємно залежних процесів, своєчасність виконання яких зумовлює стабільність технологічної операції переміщення маси по технологічному ланцюгу комбайна.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика визначення ступеня відділення зерна пристроєм попереднього обмолоту зерна

У зернозбиральних комбайнах КЗС-9 «Славутич» між жнивваркою та корпусом похилої камери розміщено проставку. На неї покладено функції вирівнювання потоку рослинної маси. За таких умов відбувається і спрощення процесу монтажу жнивварки. Проставка складається з корпусу і бітера, оснащеного ексцентриковим пальчиковим механізмом. Бітер проставки транспортує хлібну масу з жнивварки в похилу камеру. Функцію попереднього обмолочування на цей механізм у зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич» не покладено[98,100, 101].

На проставку також покладають функцію зменшення нерівномірності подачі і травмування хлібної маси завдяки поліпшенню умов транспортування продукту, що обмолочується. В деяких конструкціях комбайнів на проставку, або вузол, який може бути розміщено замість неї, покладають задачу попереднього обмолоту зерна[100, 101].

Для проведення експериментальних досліджень використовували зернозбиральний комбайн КЗС 9-1 "Славутич" (рис. 3.1), жнивварку якого обладнано розробленим пристроєм попереднього обмолоту зерна (рис. 3.2). Сімейство українських зернозбиральних комбайнів КЗС 9-1 «Славутич» виготовляє Херсонський машинобудівний завод[116, 128].

Процес розроблення пристрою попереднього обмолоту зерна передбачав розроблення конструкції та виготовлення барабана з з'ємними робочими органами (планками з різною формою зубів). Конструкція барабана передбачала можливість встановлення двох або чотирьох планок. Висота планок складала 20 або 30 мм, профіль планки гладкий або зубоподібний.

Барабан встановлювали у проставці жнивварки замість бітера, оснащеного пальчиковим механізмом. Змінення швидкості обертання барабана здійснювали

завдяки спеціально виготовленому комплекту приводних зірочок з кількістю зубів 15, 17 та 19 шт.



Рис. 3.1 – Зернозбиральний комбайн КЗС 9-1 "Славутич"

Крім того досліджено проміжну циліндричну проставку з пальцями, що ховаються (серійна жниварка), порівняно з розробленими експериментальними зразками зубчасто-лопатевого барабана діаметром 330 мм жниварки, до яких віднесено:

- жниварку з циліндричним зубчасто-лопатеvim барабаном діаметром 330 мм без додаткових планок (гладкий барабан);
- жниварку з проміжним молотильним барабаном, що містить бич під барабаном;
- жниварку з проміжним молотильним барабаном з двома додатковими планками. Профілі планки гладкі, зубоподібні висотою планки 20 та 30 мм;
- жниварку з проміжним молотильним барабаном з чотирма додатковими планками. Профілі планки гладкі, зубоподібні висотою планки 20 та 30 мм;

Планки представляли собою прямокутні сталеві трикутники розміром 45×45 мм, один бік якого було приєднано до бічної поверхні барабана, а на іншому боці

трикутника було нарізано зубоподібний профіль у вигляді рівнобічних трикутників заввишки 20 та 30 мм (рис. 3.3).

Програмою досліджень передбачалося почергове проведення експериментів із жниварками, які містили відмічені вище молотильні барабани. Методика проведення досліджень включала вибір ділянки з однорідним вирівняним стеблостоем. Дослідження проводили згідно стандартних методик [85, 86, 123].

Частоту обертання вала барабана регулювали завдяки змінненню передаточного відношення ланцюгової передачі.

Дослідження проводили на трьох швидкостях руху зернозбирального комбайна: 2, 4 та 6 км/год у трьох повторностях. Швидкість руху комбайна коливалася в межах 0,56-1,67 м/с.

Під час проведення дослідів фіксували: довжину дослідної ділянки (S), час проходження комбайном дослідної ділянки (t), швидкість руху комбайна (V_K), площу ділянки, яку досліджували.

Обробку результатів досліджень здійснювали у лабораторних умовах.

В лабораторних умовах за результатом розбирання взятих у полі проб визначали: масу відділеного зерна – m_z , масу не відділеного зерна – $m_{н.з}$, загальну масу зерна у ЗСМ – $M_z = m_z + m_{н.з}$

Масу соломи визначали із співвідношення зерна до соломи за масою 1 : 1,2, тобто $M_c = 1,2M_z = 1,2 \cdot (m_z + m_{н.з})$.

Обробку результатів експериментальних досліджень здійснювали з урахуванням методів регресійного аналізу. Апроксимація експериментальних залежностей математичною моделлю виконана за допомогою методу найменших квадратів з використанням статистичного програмного пакету STATISTIKA-6.5. Перевірка адекватності математичних моделей проводилась з використанням елементів дисперсійного аналізу за допомогою критерію Фішера на рівні довірчої ймовірності 0,95.

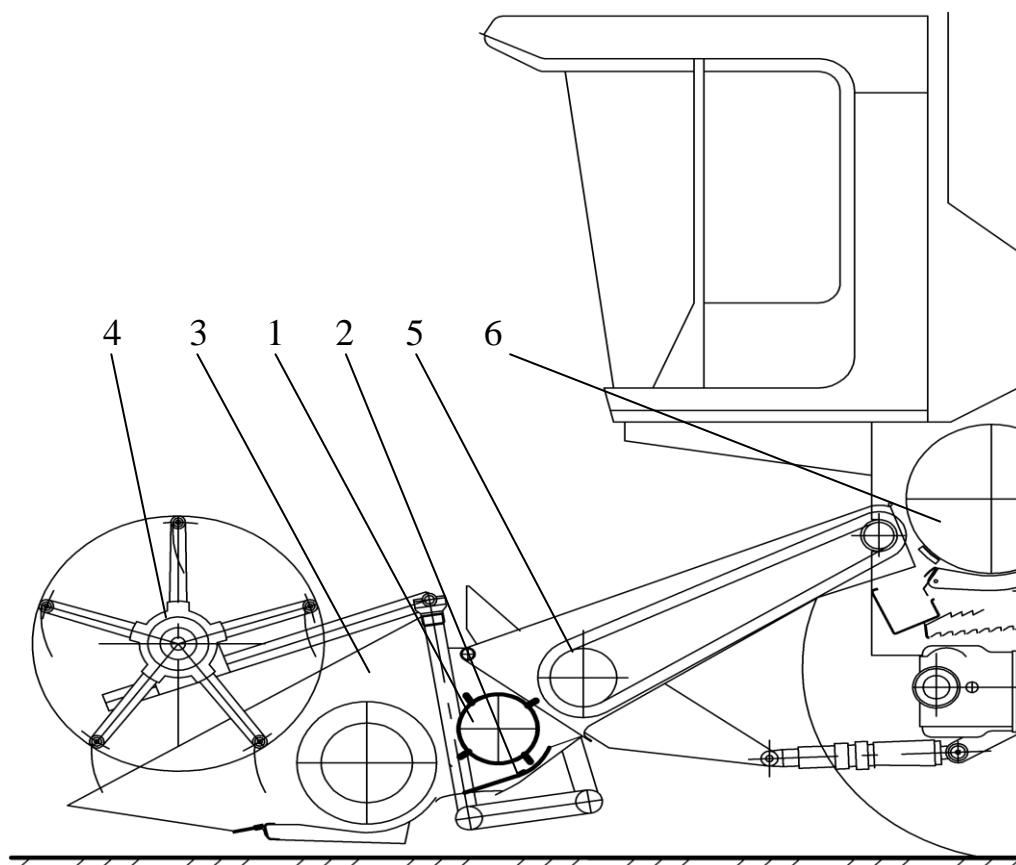


Рис. 3.2 – Схема загального вигляду жнивarki комбайна з пристроєм попереднього обмолоту зерна: 1 – зубчато-лопатевий молотильний барабан; 2 – дека; 3 – жнивarka; 4 – мотовило; 5 – транспортер похилої камери; 6 – МСС комбайна

Умови проведення дослідів. Ґрунтові умови сприятливі. Агротехніка загальноприйнята. Погодні умови сприятливі (спекотна безопадівпогода).

Втрати зерна за молотаркою не повинні перевищувати 1,5 %, подрібнення зерна $\delta_3 \leq 2$ % і чистота бункерного зерна не менше ніж 97 %. За еталон беруть збирання прямостоячої пшениці продовольчого і фуражного призначення з вологістю зерна 15–18 %, маса 1000 зернин дорівнює 40 г, довжина зрізаних стебел 70–90 см, засміченість не більше ніж 5 %.

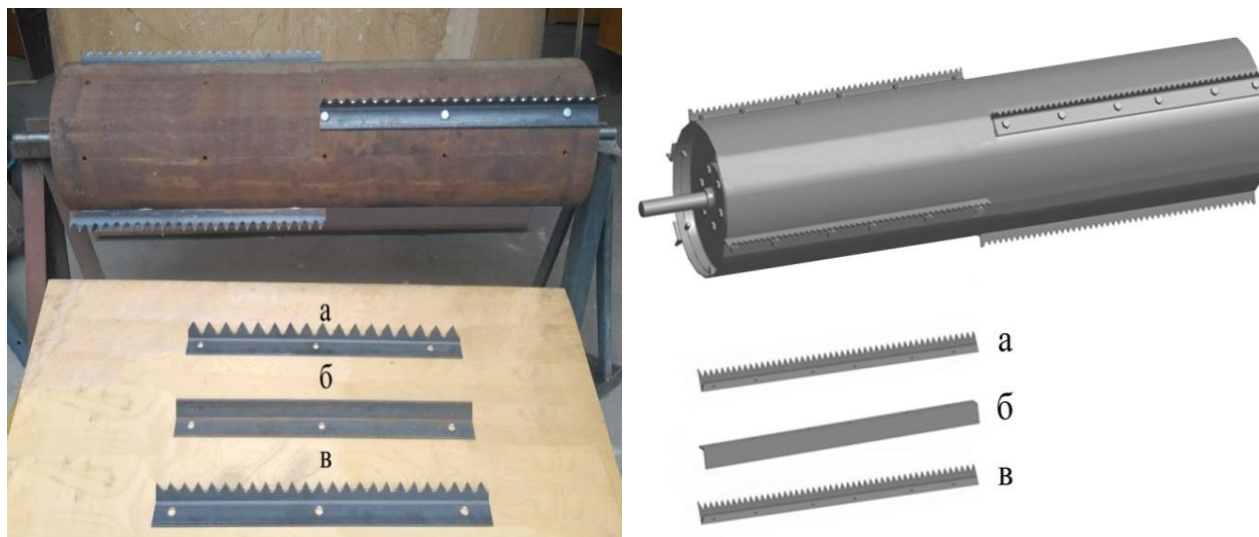


Рис.3.3 – Проміжний молотильний барабан та варіанти додаткових зубоподібних профілів висотою планки 30 мм (а), 20мм (в) та гладкої (б)

Кількість зерна, що осідає в бункері каменеуловлювача (перед основним молотильним барабаном) є комплексним (інтегральним) показником, який застосовували за умов оцінювання запропонованих конструкційних рішень.

За результатами досліджень заповнюється таблиці 3.1– 3.3:

Таб. 3.1 – Дослідження ступеня відділення зерна внаслідок впливу пристрою попереднього обмолоту зерна жниварки зернозбирального комбайна

Назва досліджу	Повторність1			Повторність2			Повторність3			Середнє	
	$S; M$	$t; c$	$V_K; M/c$	$S;_m$	$t;_c$	v_M	$S;_m$	$t;_c$	v_M	v_M	$V_M;_{км/год}$
Дослідження серійної жатки											
Дослідження жниварки із гладким барабаном											
Дослідження жниварки, яка містить бич під барабаном											
Дослідження жниварки із двома додатковими планками											
Дослідження жниварки із чотирма додатковими планками											

Перелік приладів і вимірювального обладнання наведено у таблиці 3.2.

Таб. 3.2 – Прилади і вимірювальне обладнання

Вимірювальна величина	Найменування	Марка	Похибка вимірювань
Довжина облікової ділянки, ширина захвату жатки	Рулетка (20 м)		±0,5 см
Висота зрізування, довжина стебел	Лінійка для вимірювання		±0,2 мм
Маса зерна, культурних і бур'янистих рослин за умов оцінювання характеристики стеблостою. Маса зерна в оброблених пробах. Маса фракцій аналізованого бункерного вороху.	Ваги електричні	BEURER – 3000	±0,5 мг
Час проходження облікової ділянки	Секундомір		±0,1 с
Маса бункерного вороху	Ваги платформні	ВП – 10	±0,05 кг
Маса проб полови та соломи	Ваги електричні	BEURER – 3000	±0,5 мг

Форму таблиці з дослідження вологості зерна та соломи пшениці наведено у таблиці 3.3.

Таб. 3.3 – Дослідження вологості зерна та соломи пшениці

№	Час проведення дослідю	Вологість зерна, %			Вологість соломи, %		
		Повт.1	Повт.2	Сер.	Повт.1	Повт.2	Сер.
1	10:00						
2	12:00						
3	14:00						
4	16:00						
5	18:00						

Вплив частоти обертання молотильного барабана на значення показника відділення зерна визначали за результатами проведення багатofакторного експерименту (п.п. 3.3).

Оцінювання ефективності відділення зернівок від колосу пристроєм попереднього обмолоту зерна здійснювали згідно експериментально-розрахункового методу, який наведено у п. 2.6 розділу 2.

Згідно запропонованого методу оцінювання ефективності відділення зернівок від колосу здійснюємо на підставі аналізу співвідношення маси відділеного ним зерна до маса зерна, що очікується до надходження (залежність 2.31)

Вільне насіння і ЗСМ, що знаходяться всередині каменеуловлювача, збирали в окремі мішечки для подальшого обліку та аналізу.

Відібраний у полі матеріал було розміщено у лабораторних умовах. Температура повітря (денна) становила 24–27 °С.

Отримані дані було оброблено за допомогою комп'ютерної програми STATISTIKA-6.5 [43, 44].

Під час математичної обробки того чи іншого показника за експериментальними (емпіричними) даними, число яких є обмежене, встановити дійсні значення характеристик розподілу неможливо, а тому визначали статистичні характеристики: математичне сподівання, дисперсії, середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації згідно [87].

Емпіричні розподіли узгоджували з теоретичними за спеціально розробленими в теорії статистичними критеріями [88, 89].

Необхідно розташувати дані емпіричного ряду у порядку зростання їх значень. Таким чином, отримали варіаційний ряд емпіричних даних

$$Y_1 < Y_2 < \dots < Y_N. \quad (3.1)$$

Варіаційний ряд розділили на k інтервалів. Число інтервалів (k) визначили за формулою

$$k = 1 + 3,32 \lg N, \quad (3.2)$$

де N - число дослідів (обсяги вибірки).

Крок інтервалу розраховували за формулою

$$\Delta Y = \frac{Y_N - Y_1}{k}, \quad (3.3)$$

Побудували таблицю 3.4 для розрахунку статистичних характеристик.

Визначили частоту m_i попадання випадкової величини у кожен інтервал, а також розрахували емпіричну частіть P_i

$$P_i = \frac{m_i}{N} \quad (3.4)$$

Таблиця 3.4 – Розрахунок кількісних статистичних характеристик

N П/П	Показник	N інтервалу				
		1	2	...	k-1	k
1	Інтервал $Y_i^H \dots Y_i^B$	$Y_1^H \dots Y_1^B$	$Y_2^H \dots Y_2^B$...	$Y_{k-1}^H \dots Y_{k-1}^B$	$Y_k^H \dots Y_k^B$
2	Середина інтервалу, Y_i	Y_1	Y_2	...	Y_{k-1}	
3	Частота, m_i	m_1	m_2	...	m_{k-1}	m_k
4	Емпірична частіть, $P_i = \frac{m_i}{N}$	P_1	P_2	...	P_{k-1}	P_k
5	$Y_i \cdot P_i$	$Y_1 * P_1$	$Y_2 * P_2$...	$Y_{k-1} * P_{k-1}$	$Y_k * P_k$
6	$(Y_i - Y_c)^2 \cdot P_i$	$(Y_1 - Y_c)^2 * P_1$	$(Y_2 - Y_c)^2 * P_2$...	$(Y_{k-1} - Y_c)^2 * P_{k-1}$	$(Y_k - Y_c)^2 * P_k$

Розрахували статистичні характеристики (оцінки): математичного сподівання

$$Y_c = \sum_{i=1}^k Y_i \cdot P_i; \quad (3.5)$$

дисперсії

$$D = \sum_{i=1}^k (Y_i - Y_c)^2 \cdot P_i; \quad (3.6)$$

середньоквадратичне відхилення

$$\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^k (Y_i - Y_c)^2 \cdot P_i}; \quad (3.7)$$

коефіцієнт варіації:

для нормального закону розподілу

$$v = \frac{\delta}{Y_c}; \quad (3.8)$$

для закону розподілу Вейбулла

$$v = \frac{\delta}{Y_c - Y_{зм}}; \quad (3.9)$$

де $Y_{зм}$ - зміщення зони розкиду випадкової величини Y відносно нуля.

Оцінку коефіцієнта варіації за формулою (3.8 або 3.9) розраховують, якщо зона розкиду значень показника Y має зміщення відносно нуля. За умови, що Y_1 варіаційного ряду не є помилковим (належить вибірці), вважають: $Y_{зм} = Y_1$.

Перевірка крайніх значень варіаційного ряду на належність їх вибірці. Перше Y_1 і останнє Y_N значення варіаційного ряду перевірили на належність їх вибірці (чи не є вони помилковими) за критерієм Ірвіна [45, 46]

$$\lambda_{d1} = \frac{1}{\delta}(Y_2 - Y_1); \quad (3.10)$$

$$\lambda_{dN} = \frac{1}{\delta}(Y_N - Y_{N-1}). \quad (3.11)$$

Розрахункові значення порівняли із табличними (для заданої ймовірності $(0.95 < \alpha < 0.99)$) і кількості дослідів N . Якщо отримують $\lambda_d \leq \lambda_T$ то вважають, що крайнє значення не є помилковим. В іншому разі його вилучають із варіаційного ряду і повторюють розрахунок критерію Ірвіна.

Перевірка величини вибірки для нормального розподілу. За умови значних витрат коштів і часу на виконання окремих дослідів (для визначення кожного значення Y) важливо здійснити їх таку кількість, яка була б достатньою для оцінки статистичних характеристик. Здебільшого число N_d дослідів для нормального розподілу визначають на підставі гарантування того, що відносна похибка (δ) оцінки математичного сподівання з заданою довірчою ймовірністю ($\alpha = 0,8 \dots 0,95$) не перевищує 10-20%

$$N_d = \frac{v^2 t^2}{\delta^2}, \quad (3.12)$$

де t - квантиль нормального розподілу [47].

Розрахункове значення N_d перевіряли із дійсним і зробили висновок про доцільність виконання додаткових дослідів.

Побудували гістограми (полігони) розподілу досліджуваного показника і висунення гіпотези про теоретичну закономірність розподілу.

За даними варіаційного ряду було побудовано графік зміни емпіричної частоти (P_i) досліджуваних показників для встановленої кількості (k) інтервалів. З цією метою на осі абсцис з кроком ΔY відкладали верхні, нижні та середні значення інтервалів величини Y . На осі координат відкладають значення емпіричної частоти (P_i).

За зовнішнім виглядом гістограми, а також за величиною оцінки коефіцієнта варіації (v) висунули гіпотезу щодо теоретичної закономірності розподілу.

Якщо приймається гіпотеза про нормальний закон розподілу досліджуваної величини ($v < 0.33$), то використовують наступне рівняння функції густини

$$f(y) = \frac{1}{\sigma \cdot (2\pi)^{\frac{1}{2}}} \cdot \exp\left[-\frac{(y - \bar{y})^2}{2\sigma^2}\right]. \quad (3.13)$$

У разі прийняття гіпотези відповідності гістограми теоретичному закону розподілу Вейбулла ($v > 0.33$), тоді використовують рівняння функції густини

$$f(y) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{y - y_{зм}}{a}\right)^{b-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{y - y_{зм}}{a}\right)^b\right], \quad (3.14)$$

де $y_{зм}$ – зміщення емпіричного ряду відносно нуля (перше значення емпіричного ряду).

Розрахунок теоретичної частоти.

Розрахувати значення густини функції розподілу ($f(Y_i)$) для кожного k часткового інтервалу. Для теоретичного розподілу Вейбулла потрібно насамперед відшукати параметри a і b [48]. Їх визначають за допомогою коефіцієнта варіації v та таблиці.

Параметр b визначали безпосередньо із таблиці, а параметр a розраховували

$$a = \frac{\sigma}{C_b} \quad (3.15)$$

Якщо для розрахункового значення коефіцієнта варіації табличне значення відсутнє, то для знаходження коефіцієнтів k_b і C_b та параметра b користуються методом інтерполяції.

Для кожного часткового інтервалу розраховували теоретичну частість

$$P_{Ti}(Y) = f(Y) \cdot \Delta Y, \quad (3.16)$$

де ΔY - крок інтервалу.

Перевіряли близькість емпіричного і теоретичного розподілів. Близькість між емпіричним і теоретичним розподілом перевіряли за критерієм χ^2 (χ^2 – квадрат, Пірсона) [149]. З цією метою для кожного часткового інтервалу розраховували добуток - $N \cdot P_{Ti}$. Якщо отримували $N \cdot P_{Ti} < 5$, то цей інтервал об'єднували із одним або декількома суміжними так, щоб у новому (збільшеному) інтервалі виконувалась умова $N \cdot P_{Ti} > 5$.

Виразили критерій за формулою

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k'} \frac{(m_i - N \cdot P_{Ti})^2}{N \cdot P_{Ti}}, \quad (3.17)$$

де k' - число інтервалів з урахуванням їх об'єднання.

Визначали число ступені вільності за формулою

$$r = k' - (n + 1), \quad (3.18)$$

де n - число параметрів функції теоретичного розподілу.

Задавши рівень значимості α ($\alpha = 0,05 \dots 0,1$), знайшли для визначеного r , значення $(\chi^*)^2$ і порівняли його із розрахунковим. Якщо $\chi^2 < (\chi^*)^2$, то теоретичний розподіл відображає емпіричні дані. В іншому разі близькість між емпіричним і теоретичним розподілом відсутня.

3.2 Методика визначення втрат якості насіння пшениці

В процесі досліджень оцінювали такі показники якості насіння пшениці: енергія проростання, схожість, кількість пошкодженого насіння в загальній масі, що впливає на технологічні властивості насіння як сировини до подальшої переробки.

Для визначення енергії проростання і схожості насіння з кожного дослідженого зразка формувалося по 4 проби зі 100 насінин в кожній. Після цього насіння викладалося на 3 шари зволоженого фільтрованого паперу спеціальних посудинах (чаша Коха, Петрі), які поміщалися в темне місце. Енергія проростання визначалася за кількістю схожого насіння через 3 доби від початку пророщування, схожість – через 7 діб. Оцінка схожості і енергії проростання проводилася згідно з ДСТУ 2240-93 [121].

Як ложе для пророщування насіння використовували зволожений пісок або вологий фільтрувальний папір. Папір звожують до повної вологоємкості, а надлишку дають стекти. Пісок перед використанням промивають, а потім знезаражують прожарюванням. Його звожують до 60% повної вологоємкості, а для крупнонасіневих (бобових) — до 80%. Зволожений пісок розкладають у ростильні (чашки Коха, Петрі, ємності для пророщування насіння), заповнюючи їх ємкість на 2/3 висоти [121].

Насіння рівномірно розкладали на підстильці через 0,5—1,5 см, користуючись лічильником – розкладачем, а за сівби вручну – маркером. Насіння, висіяне на піщану підстилку, вдавлювали трамбовкою врівень з піском. У кожен ростильню (чашки Коха, Петрі, ємності для пророщування насіння) висівають дві проби насіння (одна для крупно-насіневих культур). На етикетці, вкладеній у ростильню, простим олівцем позначають номер проби і дату визначення енергії проростання та схожості [121].

Фаянсові і пластмасові ростильні вкривали склом, а бактеріологічні чашки – кришками і вміщують у термостат, де створюють необхідну температуру, вологість і вентиляцію. Пшеницю пророщували при сталій температурі 20 °С [121].

За умов визначення енергії проростання враховують лише нормально пророслі та загнилі зерна. Після підрахунку їх вилучають з підстилки, а результати підрахунків записують до робочого бланку.

Після закінчення строку пророщування і проведення усіх підрахунків усі виявлені проростки поділяють за якістю проростання на три групи: а) нормально пророслі; б) непророслі; в) несхожі [126, 121].

До нормально пророслого належить насіння з добре розвинутим корінням (або головним зародковим корінцем), що має здоровий вигляд; добре розвинуте з непошкодженими підсім'ядольним та надсім'ядольним коліном з нормальною верхівковою брунькою; мають дві сім'ядолі у двосім'ядольних; перші листочки, що займають не менше половини довжини колеоптиля — у злакових; проростки з невеликим дефектом [121].

До групи непророслого насіння належать: набубнявіле насіння, яке до моменту кінцевих підрахунків схожості не проросло, але має здоровий вигляд і при натиску пінцетом не роздавлюється, і таке насіння багаторічних бобових трав (без плодових оболонок), у яких видавлюються здорові сім'ядолі; тверде насіння, яке до призначеного строку визначення схожості не набрякло і не змінило зовнішнього вигляду [121].

Догрупинесхожого насіння належить: загниле насіння з м'яким розкладеним ендоспермом, потемнілим або загнилим зародком, а також проростки з частково або повністю загнилими корінцями, сім'ядолями, брунькою, гіпокотилем, епикотилем; ненормально проросле насіння, яке має одне із таких порушень у розвитку ростків; у якого немає зародкових корінців або їх менше установленної норми, або вони короткі, з призупиненим ростом, слабкі, спіральньо закручені, водянисті; головний зародковий корінець укорочений, має пухлини, зупинився в рості, довгий, ниткоподібний, веретеноподібний, має подовжену тріщину або пошкодження, які порушують провідні тканини, водянистий, роздвоєний, сегментований; колеоптиль пустий, має щілину, коротший за листки, деформований, відсутній; первинні листочки займають менше половини колеоптиля або етіюльовані, подрібнені або поздовж розщеплені, веретеноподібні, водянисті, з призупиненим ростом; брунька

відсутня або загнила; гіпокотиль короткий і потовщений, скручений, зігнутий, водянистий, порушені провідні тканини; епикотиль короткий і потовщений, скручений, з перетяжками, відкритими щілинами, порушеними провідними тканинами; обидві сім'ядолі втрачено більше як на або повністю, ненормально збільшені при вкороченому коліні, слабо розвинута сім'ядоля [121].

За умов визначення енергії проростання і схожості насіння звертали увагу на насіння, уражене плісневими грибами.

Схожість визначають, як середнє арифметичне результатів пророщування чотирьох проб, якщо вони не перевищують допустимі ДСТУ відхилення.

У тому разі, якщо в одному зразку наявні такі відхилення, схожість і енергію проростання визначають за трьома зразками. Якщо два зразки мають відхилення, що перебільшують допустимі, – схожість визначають повторно.

Середнє арифметичне значення кількості пророслих, непророслих і не схожих насінин визначають до десятих частинок процента [121].

Дослідження схожості і енергії проростання також проводилося для насіння пшениці взятого в різних місцях зернозбирального комбайна внаслідок проходження циклу обмолоту. Основна мета цих досліджень – визначити вплив робочих органів, технологічних операцій і технологічних процесів на показники якості насіння

Наявність ознак пошкодження ядер в результаті впливу того або іншого робочого органа комбайна за наявності тріщин і змінення кольору ядер насіння визначалося таким чином: з дослідного зразка насіння формувалося по 4 проби зі 100 насінин в кожній, з яких встановлювалося наявність тріщин на оболонці, а також зміни кольору і відсоток пошкоджених ядер від загальної кількості насінин в зразку.

Оцінка змінення кольору робилася на основі порівняння кольору дослідного зразка насінини після здійсненої технологічної операції з базовим зразком (що не піддавався впливу робочих органів).

Ступінь механічного пошкодження насіння в результаті дії на нього робочих органів комбайна визначали на основі порівняння кількості пошкодженого насіння

до і після дослідження. До пошкоджених відносяться биті і роздавлені насінини, які мають тріщини, подряпини і вибоїни на поверхні і на краях, а також з розплющеними і підбитими носиками. Кількість пошкоджених насінин ($C_{\delta}, \%$) визначається за формулою:

$$C_{\delta} = \left(\frac{\sum a_{\delta}}{\sum a_c + \sum a_{\delta}} - \frac{\sum a_{\delta.n}}{\sum a_{c.n} + \sum a_{\delta.n}} \right) 100, \quad (3.19)$$

де $\sum a_{\delta}$ - кількість пошкоджених насінин, г;

$\sum a_c$ - кількість нормальних насінин, г;

$\sum a_{\delta.n}$ - кількість пошкоджених насінин у вихідному матеріалі, г;

$\sum a_{c.n}$ - загальна кількість нормальних насінин у вихідному матеріалі, г.

За результатами досліджень заповнюють відповідні таблиці.

3.3 Методика визначення впливу пропускної здатності зернозбирального комбайна (урожайності), вологості та числа обертів барабана на значення коефіцієнта відділення

Провести достатню кількість дослідів за короткий проміжок часу збирання зернових (3-4 тижні) достатньо складно. Крім того з плином часу фізико-механічні характеристики робочого матеріалу суттєво різняться. Тому, з метою більш глибокого дослідження впливу урожайності, вологості, та числа обертів барабана на значення коефіцієнта відділення зерна провели аналіз цього явища з використанням математичного методу планування експерименту.

Згідно літературних даних [85], проведення трифакторного експерименту передбачає побудову моделі.

За вихідне рівняння регресії приймемо лінійне рівняння типу:

$$\bar{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3, \quad (3.20)$$

де \bar{y} - коефіцієнт відділення;

x_1, x_2 і x_3 - кодовані значення трьох факторів, а саме урожайності, вологості та числа обертів барабана;

b_0, b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти.

Проведемо кодування факторів для приведених натуральних значень у безрозмірні величини. Зв'язок між кодованими і натуральними X_i значеннями факторів буде

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{X_1 - X_{10}}{\Delta X_1} \\ x_2 &= \frac{X_2 - X_{20}}{\Delta X_2} \\ x_3 &= \frac{X_3 - X_{30}}{\Delta X_3} \end{aligned} \right\}, \quad (3.21)$$

де X_1, X_2, X_3 – відповідно натуральні значення пропускної здатності зернозбирального комбайна (урожайності), вологості та числа обертів барабана;

X_{10}, X_{20}, X_{30} – натуральні значення згаданих вище факторів на нульовому рівні;

$\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta X_3$ – інтервал вимірювання зазначених факторів.

Нульовий рівень – це середнє значення фактора (основний рівень, що займає центр інтервалу). У нашому випадку пропускна здатність зернозбирального комбайна 3-12 кг/с, а урожайність змінюється від 30ц/га до 90 ц/га, вологість змінюється від 8% до 16%; число обертів барабана 297 хв⁻¹, 343 та 384 хв⁻¹.

Тоді $X_{10}=60$ ц/га; $X_{20}=12\%$; $X_{30}=343$ хв⁻¹, а $\Delta X_1=30$ ц/га; $\Delta X_2=4\%$; $\Delta X_3=46$ хв⁻¹.

Оскільки кількість дослідів має бути більше кількості коефіцієнтів у рівнянні регресії (3.20), то встановлюємо п'ять дослідів і складаємо план-матрицю дробового факторного експерименту (табл. 3.6).

Після рандомізації дослідів отримано такі послідовності їх проведення:

2, 3, 1, 5, 4 для першої повторності; 1, 5, 4, 2, 3 для другої повторності; 4, 2, 5, 1, 3 для третьої повторності.

Результати кодування факторів представлено в таблиці 3.5

Таб. 3.5 – Результати кодування факторів

№ п/п	Фактор і одиниця вимірювання	Натуральні позначення	Кодовані позначення	Інтервал варіювання	Рівні вимірювання					
					натуральні			кодовані		
					верхній	нижній	нульовий	верхній	нижній	нульовий
1	Урожайність, ц/га	X_1	x_1	60	90	30	60	+1	-1	0
2	Вологість стебел, %	X_2	x_2	8	16	8	12	+1	-1	0
3	число обертів барабана, хв ⁻¹	X_3	x_3	87	384	297	343	+1	-1	0

Результати, отримані при проведенні дослідів, представлено в табл. 3.7.

Таб. 3.6 – План-матриця експерименту

Точка плану (номер дослід) U	Значення кодованих факторів		
	x_1	x_2	x_3
1	-1	-1	+1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	+1
5	0	0	0

В цій таблиці u_1 – номер дослідів в першій повторності; u_2 – номер дослідів в другій повторності; u_3 – номер дослідів в третій повторності. Значення \bar{y}_u є результатом розрахунків за формулою:

$$\bar{y}_u = \frac{1}{3}(y_{u_1} + y_{u_2} + y_{u_3})$$

де y_{u_1} , y_{u_2} , y_{u_3} – відповідно вихідний параметр при першій, другій та третій повторюваності,

y_{u_i} – вихідний параметр при i -й повторності.

Таб. 3.7 – Умови проведення й результати дослідів

Точка плану (номер дослід) u	Значення кодованих факторів			Вихідний параметр, y			Середнє арифметичне значення вихідного параметра, \bar{y}_u ,
	x_1	x_2	x_3	Повторність			
				Перша y_{u_1}	Друга y_{u_2}	Третя y_{u_3}	
1	-1	-1	+1	0,28	0,30	0,32	0,30
2	+1	-1	-1	0,29	0,28	0,30	0,29
3	-1	+1	-1	0,13	0,15	0,17	0,15
4	+1	+1	+1	0,21	0,22	0,20	0,21
5	0	0	0	0,25	0,26	0,27	0,26

За формулою (3.23) для першого досліді отримаємо:

$$S_{u_1}^2 = \frac{1}{3-1} \left[(0,28 - 0,30)^2 + (0,30 - 0,30)^2 + (0,32 - 0,30)^2 \right] = \\ = \frac{1}{2} (0,0004 + 0 + 0,0004) = 0,0004;$$

для другого

$$S_{u_2}^2 = \frac{1}{3-1} \left[(0,29 - 0,29)^2 + (0,28 - 0,29)^2 + (0,30 - 0,29)^2 \right] = \\ = \frac{1}{2} (0 + 0,0001 + 0,0001) = 0,0001;$$

для третього

$$S_{u_3}^2 = \frac{1}{3-1} \left[(0,13 - 0,15)^2 + (0,15 - 0,15)^2 + (0,17 - 0,15)^2 \right] = \\ = \frac{1}{2} (0,0004 + 0 + 0,0004) = 0,0004;$$

для четвертого

$$S_{u_4}^2 = \frac{1}{3-1} \left[(0,21 - 0,21)^2 + (0,22 - 0,21)^2 + (0,20 - 0,21)^2 \right] = \\ = \frac{1}{2} (0 + 0,0001 + 0,0001) = 0,0001;$$

для п'ятого

$$S_{u_5}^2 = \frac{1}{3-1} \left[(0,25-0,26)^2 + (0,26-0,26)^2 + (0,27-0,26)^2 \right] = \\ = \frac{1}{2} (0,0001 + 0 + 0,0001) = 0,0001.$$

Перевірку відтворюваності отриманих результатів дослідів проводили за критерієм Кохрена

$$G \leq G(0,05; n; f_u), \quad (3.22)$$

де $G = \frac{S_{u_{\max}}^2}{\sum_{u=1}^n S_u^2}$ – розрахункові значення критерію Кохрена;

$S_{u_{\max}}^2$ – найбільша з дисперсій, що характеризує розсіювання результатів в u -му досліді (тобто на u -му поєднанні факторів);

$\sum_{u=1}^n S_u^2$ – сума дисперсій;

0,05 означає 5 % рівень значущості (він дорівнює: $1-\alpha$, де α – довірча ймовірність);

$n=5$ – кількість незалежних оцінок дисперсії (кількість дослідів);

$f_u = m_0 - 1 = 3 - 1 = 2$ – число ступенів вільності кожної оцінки;

$m_0 = 3$ – кількість повторностей у кожному досліді.

Дисперсія S_u^2 , що характеризує розсіювання результатів в u -му досліді, визначається за формулою :

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \sum_{i=1}^{m_0} (y_{u_i} - \bar{y}_u)^2, \quad (3.23)$$

де i – номер повторності;

Після підстановки значень $S_{u_1}^2$, $S_{u_2}^2$, $S_{u_3}^2$, $S_{u_4}^2$ і $S_{u_5}^2$ в (3), отримаємо:

$$G = \frac{0,0004}{0,0004 + 0,0001 + 0,0004 + 0,0001 + 0,0001} = 0,3636.$$

Табличне значення критерію Кохрена за [108, 117] для 5 %-го рівня значущості та $n=5$ і $f_u=2$ буде дорівнювати 0,684. Оскільки число 0,684 більше за отримане – 0,3636 доходимо висновку, що процес відтворюється.

Обчислимо коефіцієнти рівняння регресії. Вище зазначалось, що значення коефіцієнта відділення будемо визначати у вигляді лінійного рівняння (4.19), тому за даними таб. 3.7 необхідно визначити коефіцієнти b_0, b_1, b_2, b_3 з таких залежностей

$$\left. \begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n \bar{y}_u \\ b_1 &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{1u} \bar{y}_u \\ b_2 &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{2u} \bar{y}_u \\ b_3 &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{3u} \bar{y}_u \end{aligned} \right\}, \quad (3.24)$$

де $n=5$ – кількість точок плану (кількість дослідів);

\bar{y}_u – середнє арифметичне значення вихідного параметра в u -му досліді;

x_{1u}, x_{2u} і x_{3u} – значення відповідного кодованого фактора в рядку плану-матриці в u -му досліді.

Згідно з (3.24) отримаємо

$$\left. \begin{aligned} b_0 &= \frac{0,30 + 0,29 + 0,15 + 0,21 + 0,26}{5} = \frac{1,21}{5} = 0,242 \\ b_1 &= \frac{(-1)0,30 + (+1)0,29 + (-1)0,15 + (+1)0,21 + (0)0,26}{5} = \frac{-0,30 + 0,29 - 0,15 + 0,21}{5} = 0,01 \\ b_2 &= \frac{(-1)0,30 + (-1)0,29 + (+1)0,15 + (+1)0,21 + (0)0,26}{5} = \frac{-0,30 - 0,29 + 0,15 + 0,21}{5} = -0,046 \\ b_3 &= \frac{(+1)0,30 + (-1)0,29 + (-1)0,15 + (+1)0,21 + (0)0,26}{5} = \frac{0,30 - 0,29 - 0,15 + 0,21}{5} = 0,014 \end{aligned} \right\} \quad (3.25)$$

Отже рівняння регресії (3.20) з урахуванням (3.25) матиме вигляд

$$y = 0,242 + 0,01x_1 - 0,046x_2 + 0,014x_3. \quad (3.26)$$

Знак мінус перед коефіцієнтом говорить про напрямок зв'язку, тобто – збільшення вологості зерна призводить до зменшення коефіцієнта відділення.

Коефіцієнт регресії характеризує ступінь значимості окремих факторів за умов підвищення рівня результативного показника (коефіцієнта відділення).

Перевіримо адекватність рівняння регресії (3.26) за допомогою критерію Фішера F . Адекватність моделі матиме місце, якщо виконується нерівність

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} \langle F(0,05; f_{ad}; f_y), \quad (3.27)$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності;

S_y^2 – дисперсія відтворюваності (помилка досліду);

$F(0,05; f_{ad}; f_y)$ – табличні значення критерію Фішера для 5 %-го рівня значущості [149];

$f_{ad} = n - k - 1 = 5 - 3 - 1 = 1$ – число ступенів вільності і дисперсії адекватності;

$f_y = n(m_0 - 1) = 5(3 - 1) = 10$ – число ступенів вільності дисперсії відтворюваності;

Дисперсія адекватності S_{ad}^2 обчислюється за формулою

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{n - k - 1} \sum_u^n (\tilde{y} - \bar{y}_u)^2, \quad (3.28)$$

де \tilde{y} – розрахункове значення відгуку в u -му досліді за формулою (3.26).

Згідно з (3.28) отримаємо:

$$\begin{aligned} S_{ad}^2 &= \frac{1}{5 - 3 - 1} \left[(0,292 - 0,3)^2 + (0,284 - 0,29)^2 + (0,172 - 0,15)^2 + \right. \\ &\quad \left. + (0,22 - 0,21)^2 + (0,242 - 0,26)^2 \right] = \\ &= \frac{0,000064 + 0,000036 + 0,000484 + 0,0001 + 0,000324}{1} = 0,001008. \end{aligned}$$

Дисперсія відтворюваності S_y^2 обчислюється за формулою

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2 \quad (3.29)$$

Згідно з (3.29) отримаємо

$$S_y^2 = \frac{1}{5}(0,0004 + 0,0001 + 0,0004 + 0,0001 + 0,0001) = 0,00022$$

Отже розрахункове значення F критерію Фішера дорівнює

$$F = \frac{0,001008}{0,00022} = 4,58 \quad (3.30)$$

Табличне значення $F(0,05;1;10) = 4,965$, більше за 4,58. Тому приходимо до висновку, що лінійна модель адекватна.

Оцінку значущості коефіцієнтів регресії проводимо за допомогою критерію Стюдента. Коефіцієнт вважається значущим (таким, що суттєво впливає на відгук), якщо виконується нерівність

$$|b_a| \geq \Delta b_a = t(0.05; f_y) \frac{\sqrt{S_y^2}}{\sqrt{n}}, \quad (3.31)$$

де b_a - коефіцієнти b_0, b_1, b_2, b_3 у формулі (3.25);

Δb_a - довірча межа;

$t(0.05; f_y)$ - критерій Стюдента для 5%-го рівня значущості та числа степенів вільності дисперсії відтворюваності $f_y = n(m_0 - 1)$.

Табличне значення критерію Стюдента $t(0.05;10) = 2,2$, тоді

$$\Delta b_a = 2,2 \frac{\sqrt{0,00022}}{\sqrt{5}} = 0,0002165. \text{ Згідно з умовою (3.31) робимо висновок, що}$$

коефіцієнт b_0 значущий, і коефіцієнти b_1, b_2, b_3 - незначущі.

Аналітичні переваги регресійних моделей заключаються в тому, що точно визначають фактор, за яким існують резерви підвищення результативної діяльності.

За рівнянням регресії (3.26) побудовано поверхні відгуку (рис. 4.13) у тривимірному просторі для трьох значень факторів x_3 , де по осі z відкладено вихідний параметр y , по осі x - фактор x_2 , а по осі y - фактор x_1 .

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Результати досліджень з визначення ступеня відділення зерна пристроєм попереднього обмолоту зерна

Дослідження проведено згідно з методикою наведеною у п.п.3.1. на пристрої попереднього обмолоту зерна проміжного молотильного барабана жнивarki, що встановлено замість проміжної її бітерної проставки. За результатами проведених експериментальних досліджень випробувано: проміжну циліндричну проставку з пальцями, що ховаються (серійна жнивarka) у порівнянні із спеціально спроектованими та виготовленими удосконаленнями експериментальної жнивarki (зубчато-лопатевий барабан циліндричний, діаметром – 330 мм) до яких віднесено: жнивarka із молотильним барабаном без додаткових планок (гладкий барабан); жнивarka із проміжним молотильним барабаном із бичем під барабаном; жнивarka із проміжним молотильним барабаном із двома додатковими планками; жнивarka із проміжним молотильним барабаном із чотирма додатковими планками.

Дата проведення досліджень 27.07. – 29.07.2016р. Методика проведення досліджень включала вибір ділянки з однорідним вирівняним стеблостом. Експериментальні дослідження проводили на дослідних ділянках ННЦ «ІМЕСГ» засіяних пшеницею озимою сорту Миронівська 61. Урожайність поля складала 55 ц/га. Результати досліджень з визначення вологості зерна та соломи наведено у таблиці 4.1.

Таб.4.1–Дослідження вологості зерна та соломи пшениці

№	Час проведення досліджу	Вологість зерна, %			Вологість соломи, %		
		Повт.1	Повт.2	Сер.	Повт.1	Повт.2	Сер.
1	10:00	9.86	9.74	9.8	11.8	11.96	11.88
2	12:00	9.75	9.85	9.8	10.33	10.43	10.38
3	14:00	8.45	8.75	8.6	10.28	10.62	10.45
4	16:00	8.05	8.35	8.2	10.66	10.60	10.63
5	18:00	8.0	8.1	8.05	10.34	10.66	10.5

Середня висота стебла пшениці складала $79.7^{+5.3}_{-5.3}$ см. Середня висота зрізування жниваркою стебел складала $30.27^{+9.73}_{-9.73}$ см (рис. 4.1).



Рис. 4.1 – Визначення висоти стебел пшениці

За результатами кожної проби із бункера каменеуловлювача, який розміщено перед основним молотильним барабаном, відбиралася маса, що накопичувалася там (рис. 4.2, *a*; *б*). Ця маса представляла собою суміш відділеного від колосків зерна, необмолоченого зерна у колоску, вороху і соломи. Накопичену у каменеуловлювачі масу висипали у спеціально підготовлені пакети попередньо їх підписавши.

В якості основного критерію оцінювання прийнятих рішень використовували кількість зерна, що осідала в каменеуловлювачі.

Основу пристрою попереднього обмолоту хлібної маси в жниварці комбайна склали проміжний молотильний барабан та дека, встановлена під ним (рис. 3.2). Барабан виконано у вигляді циліндра діаметром 330 мм із тангенційно закріпленими на його поверхні зубчастими планками (рис.3.3). Глуха (без отворів) циліндрична дека з кутом охоплення 56° ексцентрично встановлена під барабаном з можливістю регулювання зазорів на вході та виході. Інтенсифікація процесу обмолоту досліджувалася також завдяки встановленню на поверхні деки рифлених бичів.

За результатами порівняльних експериментальних досліджень встановлено, що зубчасто-лопатевий молотильний барабан суттєво більше (на 30–32 %)

вимолочує зерна в порівнянні з стандартним бітером проставки. Кількість зерна, що осідає в бункері каменеуловлювача (перед основним молотильним барабаном), залежить від форми (конструкції) молотильного барабана для попереднього обмолоту і частоти його обертання.



a

б

Рис. 4.2 – Відбирання маси із каменеуловлювача зернозбирального комбайна (*a*) та вигляд цієї маси (*б*)

В лабораторних умовах за результатом розбирання взятих у полі проб визначали: масу відділеного зерна – m_z , масу не відділеного зерна – $m_{н.з}$. Загальну масу зерна у ЗСМ визначали $M_z = m_z + m_{н.з}$. Маса соломи визначали із співвідношення зерна до соломи за масою 1 : 1,2., тобто $M_c = 1,2M_z = 1,2(m_z + m_{н.з})$. Площу ділянки, яку збирали зернозбиральним комбайном за результатами проведення кожного досліду визначали $S_0 = B \cdot l_i \cdot k_{нов}$, де B – ширина захоплення жниварки, м; l_i – довжина дослідної ділянки, м; $k_{нов}$ – коефіцієнт, який характеризує повноту використання ширини захоплення жниварки. За експериментальними даними значення цього коефіцієнта коливається в межах 0,94 – 1,00. Прийняте у дослідженнях середнє значення коефіцієнту, який характеризує повноту використання ширини захоплення жниварки складає $k_{нов} = 0,92$. Таким чином вираз

для визначення площі ділянки, що досліджується, набуде вигляду $S_{\partial} = B \cdot l_i \cdot k_{нов} = 5,52 \cdot l_i, \text{ м}^2$.

За урожайності 55ц/га ($0,55\text{кг/м}^2$) очікувана маса зерна з дослідної ділянки буде визначатися $m_{з.оч} = 0,55 \cdot S_{\partial} = 0,55 \cdot B \cdot l_i \cdot k_{нов} = 3,036 \cdot l_i, \text{ кг}$, соломи – $m_{с.оч} = 1,2 \cdot 0,55 \cdot S_{\partial} = 0,66 \cdot B \cdot l_i \cdot k_{нов} = 3,6432 \cdot l_i, \text{ кг}$.

Подачу ЗСМ до пристрою попереднього обмолоту зерна жнивarki визначили згідно залежності (3.1) за умов $k_{нов} = 0,92$.

На (рис. 4.3–4.5) наведено залежності коефіцієнта відділення зерна k_B від різних чинників (маса відділеного зерна, швидкість руху комбайну, частка соломи за масою, пропускна здатність, довжина експериментальної ділянки). Довжина експериментальної ділянки (довжина гону комбайна) має суттєвий вплив на значення коефіцієнта відділення зерна (рис. 4.3–4.5). Збільшення довжини ділянки призводить до зменшення значення коефіцієнта відділення зерна. Це обумовлено тим, що обсяг камери камнеуловлювача, звідки здійснювався забір проб обмолоченого зерна, обмежений, що на довгих прогонах призводить до спотворення результатів вимірювань.

Аналізуючи залежність (2.31) та побудовані графічні залежності (рис. 4.3–4.5), відмітимо, що за малих значень пропускної спроможності і довжини гону ($q=2 \text{ кг/с}$, $l_i=6 \text{ м}$) (рис. 4.3), створюються умови максимального відділення зерна в похилій камері жнивarki. Коефіцієнт відділення зерна за таких умов складав 0,93. Тобто фактично 93 % зерна, що надходить в похилу камеру жнивarki, відділяється від колоса. Це зерно осідає в нижній частині похилої камери і формує свій потік.

Зі збільшенням швидкості переміщення комбайна значення коефіцієнта відділення зерна зростає (рис. 4.4). Так швидкості 2 км/год відповідає $k_B=0,1$; за умов $v_M=6 \text{ км/год}$ – $k_B=0,3$; за умов $v_M=10 \text{ км/год}$ – $k_B=0,5$ відповідно.

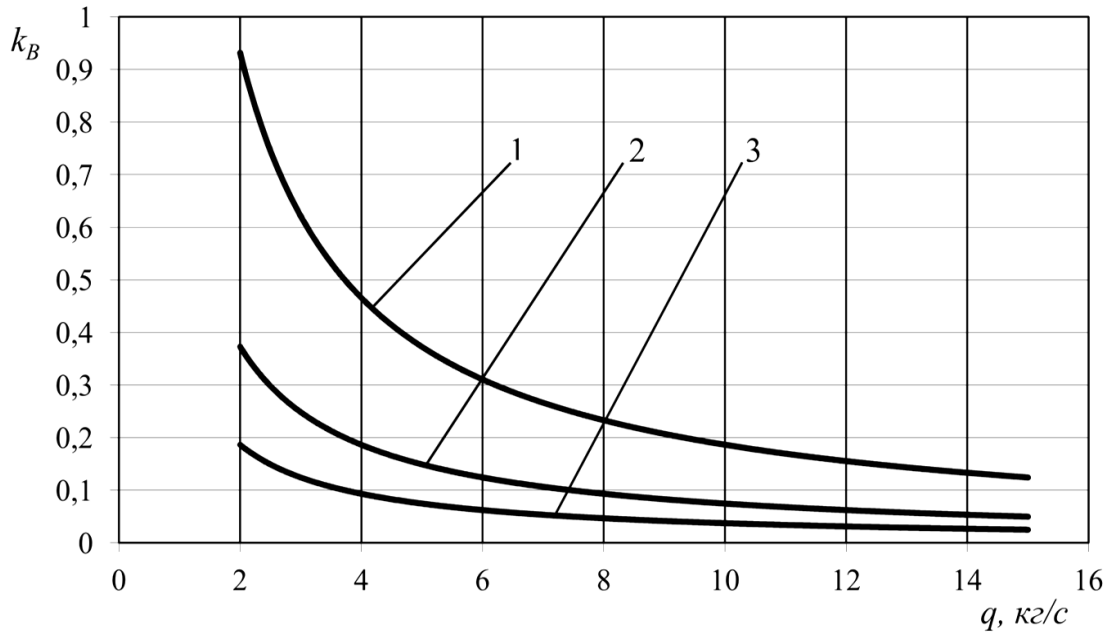


Рис. 4.3 – Розрахунково-експериментальні залежності коефіцієнта відділення зерна (k_B) від пропускної здатності (q) за умов $m_c=3,5$ кг; $\beta=1,3$; $v_M=5$ км/год, для різних l_i : 1 – $l_i=6$ м; 2 – $l_i=15$ м; 3 – $l_i=30$ м

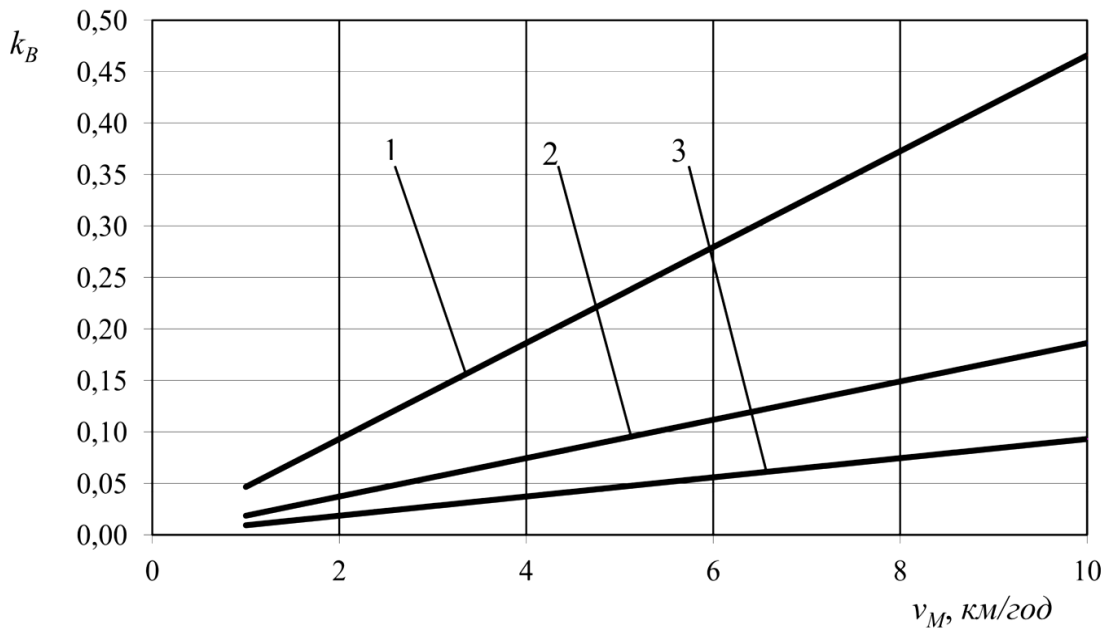


Рис. 4.4 – Розрахунково-експериментальні залежності коефіцієнта відділення зерна (k_B) від швидкості руху комбайна (v_M), за умов $m_c=3,5$ кг; $q=8$ кг/с; $\beta=1,3$, для різних l_i : 1 – $l_i=6$ м; 2 – $l_i=15$ м; 3 – $l_i=30$ м

Збільшення масової частки соломи щодо врожайності зерна також призводить до збільшення значення коефіцієнта відділення зерна (рис. 4.3).

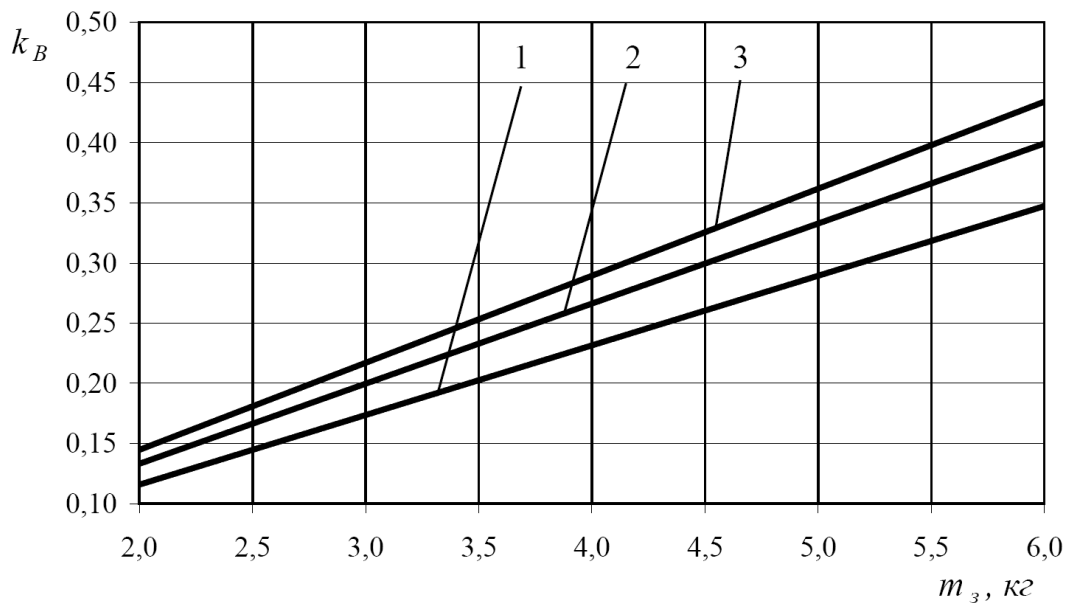
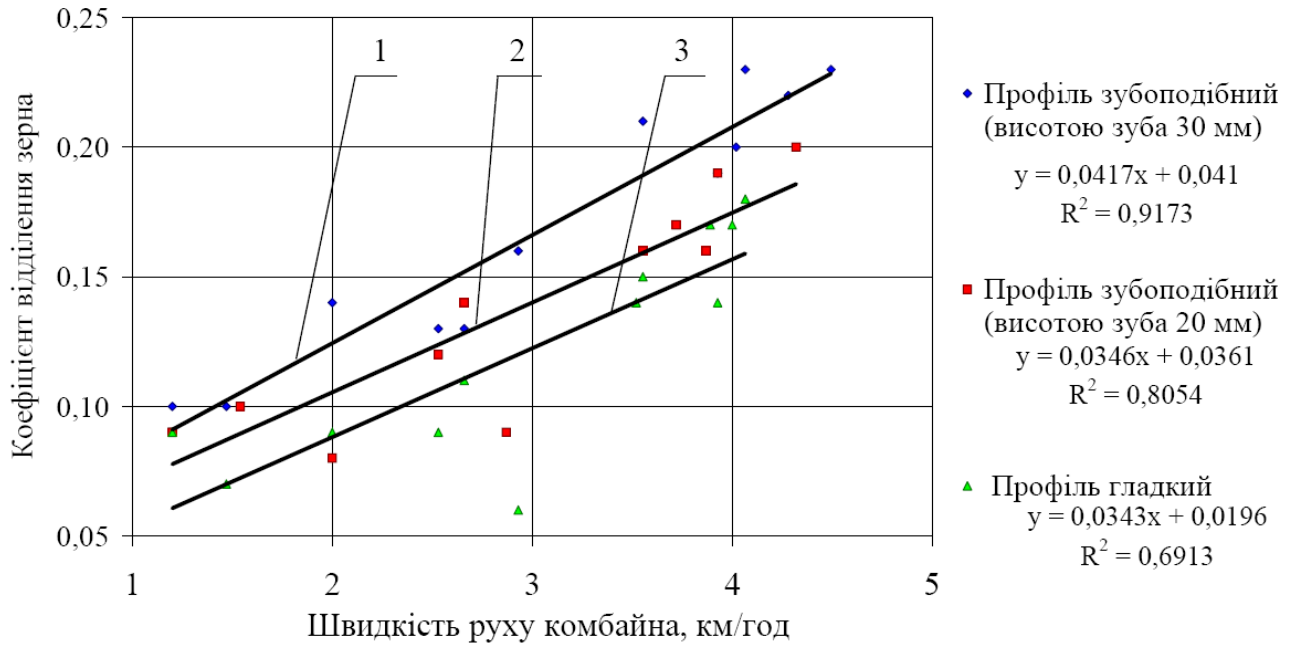


Рис. 4.5 – Розрахунково-експериментальні залежності коефіцієнта відділення зерна (k_B) від маси відділеного пристроєм зерна за $l_i=6$ м; $v_M=5$ км/год; $q=8$ кг/с для різних β : 1 – $\beta=1,0$; 2 – $\beta=1,3$; 3 – $\beta=1,5$

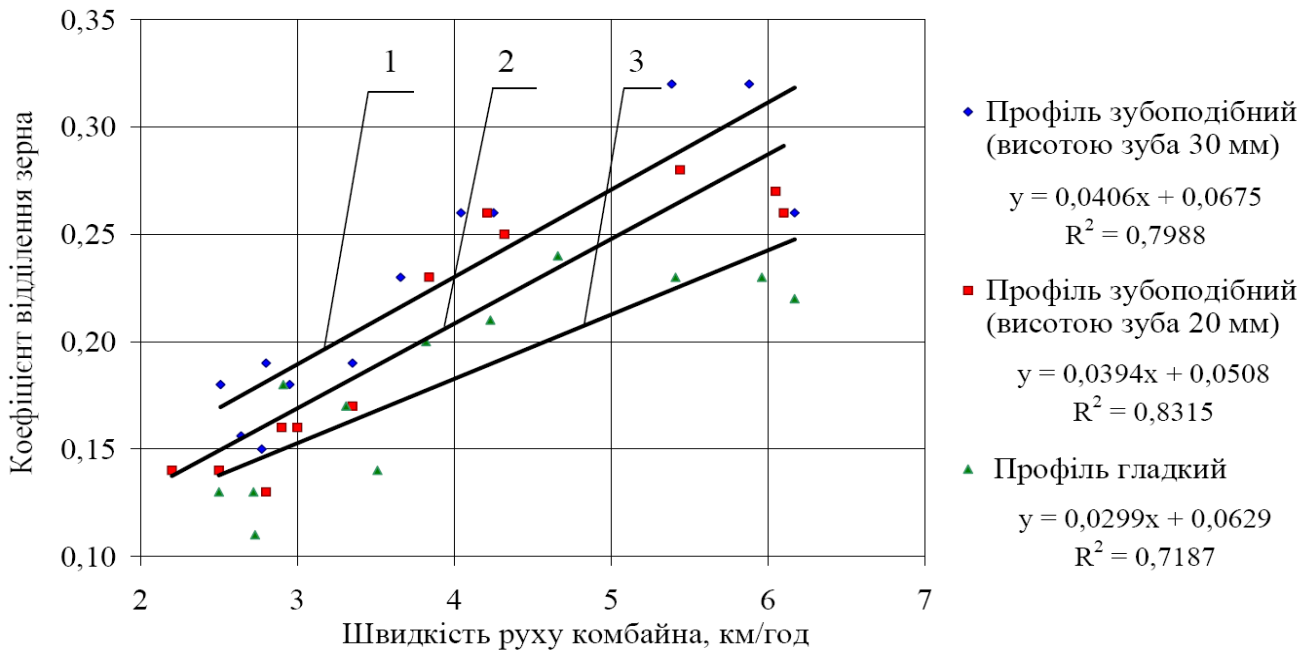
Результати експериментальних досліджень з визначення ступеня відділення зерна серійною жнивркою у порівнянні із жнивркою, що містить пристрій попереднього обмолоту зерна, наведено на (рис. 4.6, 4.7).

Відмітимо, що збільшення швидкості руху комбайна призводить до зростання значення коефіцієнта відділення зерна для всіх зразків, що досліджувалися (рис. 4.6, 4.7).

Проте, для експериментів із жнивркою, барабан якої містив бич, жнивркою із гладким барабаном, провести дослід на максимально запланованих програмою досліджень швидкостях не вдалося.



а



б

Рис. 4.6 – Експериментальні залежності коефіцієнта відділення зерна (k_B) від швидкості руху комбайна: а – для жниварки з проміжним молотильним барабаном, який містить дві додаткові планки; б – жниварки з проміжним молотильним барабаном, який містить чотири додаткові планки: 1 – зубоподібний профіль із висотою планки 30 мм; 2 – зубоподібний профіль із висотою планки 20 мм; 3 – профіль з гладкою планкою

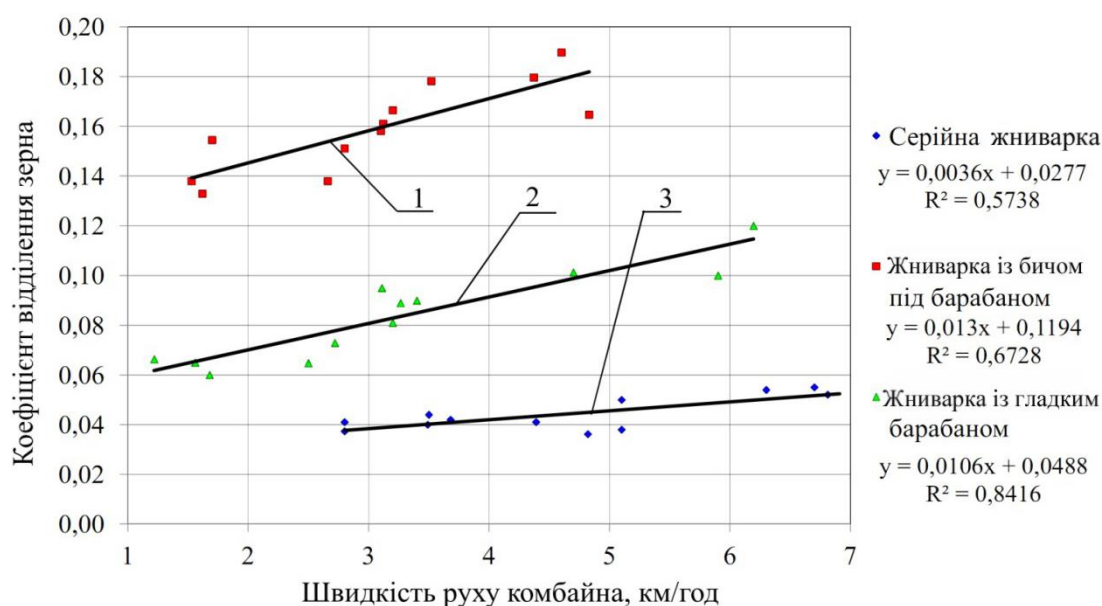


Рис. 4.7 – Експериментальні залежності коефіцієнта відділення зерна (k_B) від швидкості руху комбайна: 1 – жниварка, яка містить бич під барабаном; 2 – жниварка із гладким барабаном; 3 – серійна жниварка

Під час проведення відмічених експериментальних досліджень спостерігалися випадки зменшення швидкості переміщення комбайна. Це відбувалося внаслідок погіршення пропускної здатності комбайна, обмовлене накопиченням на вході до пристрою попереднього обмолоту зерна ЗСМ, яку не сприймав пристрій. Тобто, кількість маси, що надходила до похилої камери жниварки не відповідала функціональній спроможності пристрою. Це призводило до вимушеного зменшення швидкості переміщення комбайна (зменшення пропускної здатності).

За результатами проведених досліджень встановлено значення коефіцієнта відділення зерна для серійної жниварки, що містила бітер із пальцями, що ховаються, на рівні 0,04–0,06. Так, за швидкості руху комбайна 5,1 км/год (1,42 м/с) значення маси відділеного зерна з площі 33,5 м² складало 0,865 кг, а значення коефіцієнта відділення – 0,05. За швидкості 6,7 км/год (1,86 м/с), площі дослідної ділянки 27,6 м² значення маси відділеного зерна складало 0,785 кг, а значення коефіцієнта відділення – 0,06.

Значення коефіцієнта відділення зерна для експериментальної жниварки, що містить циліндричний зубчато-лопатевий барабан діаметром 330 мм без додаткових

планок (гладкий барабан) коливалося в межах 0,06–0,12. За швидкості руху комбайна 6,2 км/год (1,72 м/с), площі ділянки 31,2 м², маси відділеного зерна 1,93 кг значення коефіцієнта відділення становило 0,12. Найменше значення коефіцієнта відділення зерна (0,06) для цього пристрою встановлено за швидкості руху комбайна 2,5 км/год (0,69 м/с), площі ділянки 38,8 м², маси відділеного зерна 1,30 кг.

За результатами випробувань жнивarki із проміжним молотильним барабаном із бичем під барабаном значення коефіцієнта відділення зерна коливалося в діапазоні 0,14–0,18. Менше значення коефіцієнта відділення (0,14) встановлено за швидкості руху комбайна 1,53 км/год (0,42 м/с), площі ділянки 30,0 м², маси відділеного зерна 2,14 кг. Найбільше значення (0,18) для цього пристрою попереднього відділення зерна встановлено за швидкості руху комбайна 4,37 км/год (1,21 м/с), площі ділянки 29,4 м², маси відділеного зерна 2,73 кг.

Дослідження жнивarki із проміжним молотильним барабаном, що містить дві додаткові планки, проведено у трьох варіантах. За першим варіантом досліджували пристрій, на барабані якого закріплено гладкі планки; за другим – пристрій, барабан якого містить планки зубоподібного профілю із висотою планки 20 мм, за третім – пристрій, барабан якого містить планки зубоподібного профілю із висотою планки 30 мм відповідно. Встановлено, що для пристрою, на барабані якого закріплено гладкі планки, за швидкості руху комбайна 2,53 км/год (0,84 м/с), значення маси відділеного зерна з площі 35,3 м² складало 1,64 кг, а значення коефіцієнта відділення – 0,09. Найбільше значення (0,17) для цього пристрою попереднього відділення зерна встановлено за швидкості руху комбайна 3,89 км/год (1,08 м/с), площі ділянки 33,5 м², маси відділеного зерна 2,94 кг. Для пристрою, барабан якого містить дві планки зубоподібного профілю з висотою планки 20 мм, за швидкості руху комбайна 2,0 км/год (0,55 м/с), значення маси відділеного зерна з площі 35,3 м² складало 1,46 кг, а значення коефіцієнта відділення – 0,08. Найбільше значення (0,19) для цього пристрою попереднього відділення зерна встановлено за швидкості руху комбайна 3,93 км/год (1,1 м/с), площі ділянки 31,2 м², маси відділеного зерна 2,57 кг. Для пристрою, барабан якого містить дві планки зубоподібного профілю з

висотою планки 30 мм, за швидкості руху комбайна 4,49 км/год, значення маси відділеного зерна з площі 33,5 м² складало 3,98 кг, а значення коефіцієнта відділення – 0,23. Значення коефіцієнта відділення зерна (0,09) для цього пристрою встановлено за швидкості руху комбайна 1,2 км/год (0,33 м/с), площі ділянки 31,2 м², маси відділеного зерна 1,45 кг.

Технологічний процес транспортування і обмолоту ЗСМ, який здійснює проміжний молотильний барабан із чотирма додатковими планками, проведено у трьох варіантах, аналогічних варіантам досліджень барабана із двома планками. За результатами випробувань жнивarki із проміжним молотильним барабаном, що містить чотири гладкі планки, значення коефіцієнта відділення зерна коливалося в діапазоні 0,11–0,22. Менше значення коефіцієнта відділення (0,11) встановлено за швидкості руху комбайна 2,73 км/год (0,75 м/с), площі ділянки 27,6 м², маси відділеного зерна 1,57 кг. Найбільше значення (0,22) для цього пристрою попереднього відділення зерна встановлено за швидкості руху комбайна 6,17 км/год (1,71 м/с), площі ділянки 37,6 м², маси відділеного зерна 4,27 кг. Для пристрою, барабан якого містить чотири планки зубоподібного профілю із висотою планки 20 мм, за швидкості руху комбайна 2,8 км/год (0,77 м/с), значення маси відділеного зерна з площі 28,2 м² складало 1,89 кг, а значення коефіцієнта відділення – 0,13. Найбільше значення (0,28) для цього пристрою попереднього відділення зерна встановлено за швидкості руху комбайна 5,44 км/год (1,51 м/с), площі ділянки 39,4 м², маси відділеного зерна 5,69 кг. Для пристрою, барабан якого містить чотири планки зубоподібного профілю із висотою планки 30 мм, за швидкості руху комбайна 5,39 км/год (1,5 м/с), значення маси відділеного зерна з площі 36,8 м² складало 6,07 кг, а значення коефіцієнта відділення – 0,32.

За результатами проведених досліджень комбінованого технологічного процесу транспортування та обмолоту ЗСМ встановлено, що пристрій, барабан якого містить чотири планки зубоподібного профілю із висотою планки 30 мм, стабільно здійснює як транспортування маси, так і забезпечує попередній обмолот до 32% зерна.

Під час математичної обробки результатів експериментальних досліджень визначали статистичні характеристики: математичне сподівання, дисперсії, середньоквадратичне відхилення і коефіцієнта варіації згідно [87].

Емпіричні розподіли узгоджували з теоретичними за спеціально розробленими в теорії статистичними критеріями [88, 89].

Проведеними дослідження встановлено можливість вимолоту 30– 32 % зерна до надходження технологічної маси в основний МСС комбайна.

Відмітимо, що барабан пристрою попереднього обмолоту без пальців, що ховаються, виконує також функцію дозатора технологічної маси. За умов подачі технологічної маси більше за можливості МСС комбайна, барабан пристрою не пропускає її в похилу камеру. Це уможливорює зменшення пошкодження і втрат зерна комбайном. Проведена розробка спрощує конструкцію жниварки за рахунок заміни порівняно складного бітера з пальцями, що ховаються, барабаном зубчасто-лопатевого типу.

За результатами проведених досліджень удосконалено комбінований технологічний процес транспортування і обмолоту ЗСМ. Ефект обмолоту досягнуто завдяки розробленому пристрою попереднього обмолоту зерна жниварки зернозбирального комбайна КЗС 9-1 «Славутич» (рис. 3.2, 3.3). Застосування пристрою уможливорює відокремлення 30– 32 % зерна на ранніх фазах його транспортування до МСС комбайна[146].

Найвищий рівень відділення зерна від ЗСМ досягнуто для жниварка із проміжним молотильним барабаном із чотирма додатковими планками, зубоподібний профіль яких мав висоту планки 30 мм. Коефіцієнт відділення зерна для такого пристрої складав на швидкості руху комбайна $v_M=5$ км/год $k_B=0,15$, швидкості $v_M=6$ км/год $k_B=0,30$ (максимальне значення $k_B=0,32$ досягнуто за пропускної здатності комбайна на рівні 12 кг/с).

Встановлено рівняння регресії, які адекватно описують залежність коефіцієнта відділення зерна k_B від швидкості руху комбайна (рис. 4.6, 4.7). Коливання значень коефіцієнта кореляції в діапазоні 0,672–0,971 свідчить про те, що для серійної жниварки (коефіцієнт кореляції 0,685, для жниварки із бичем – 0,672) сила

кореляційного зв'язку характеризується середнім показником (значення коефіцієнта кореляції $0,50 < r < 0,69$). Для усіх інших випадків значення сили кореляційного зв'язку відповідає наявності сильного (щільного) зв'язку (коефіцієнт кореляції $r > 0,70$). Знак коефіцієнта кореляції додатній, що уможливорює зв'язок між ознаками, які корелюють, охарактеризувати такими, що більшій величині однієї ознаки (змінної) відповідає більша величина іншої ознаки (іншої змінної) [87,88,89]. Відмітимо про існування прямо пропорційної залежності між двома показниками, що досліджуються. Іншими словами, якщо один показник (змінна) збільшується, то відповідно збільшується й інший показник (змінна).

Результати проведених досліджень можуть бути використанні за умов розроблення нових та удосконалення існуючих конструкцій пристроїв попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайна.

4.2. Результати досліджень із визначення втрат якості насіння пшениці

4.2.1. Дослідження ступеня пошкодження насіння пшениці, відділеної пристроєм попереднього обмолоту зерна

Дослідження ступеня пошкодження насіння пшениці, відділеного пристроєм попереднього обмолоту зерна, проводилось згідно методикою, описаною пп. 3.2.

Дослідження проводилось для ЗМС насіння пшениці зі ступенем забруднення сміттєвими домішками 1-2% від загальної маси матеріалу, схожістю насіння без явних ознак механічного пошкодження (97-98%). Відносна вологість дослідного матеріалу складала 11,43% - зерно 12% - 14% солома. Оцінка якості насіння і ступеня пошкодження приводилась згідно з методикою пп.3.2.

Дослідження проводилось на зернозбиральному комбайні КЗС 9-1, жнивarka якого містила пристрій попереднього обмолоту зерна з барабаном 330 мм, змінними упорами, які мають різну конфігурацію профілю, висоту, крок, чисельність. Частота обертання барабана 343 об/хв.

Результати досліджень наведено на (рис.4.8, рис.4.9).

Програмою досліджень було передбачено випробування серійної жнивarki у порівнянні із спеціально спроектованими та виготовленими удосконаленнями експериментальної жнивarki. До удосконалень експериментальної жнивarki віднесено: жнивarki із встановленим бичем під барабаном, жнивarki із двома додатковими планками на барабані, жнивarki із 4 додатковими планками на барабані, жнивarki без планок на барабані.

Із бункера зернозбирального комбайна було взято пробу зерна з метою визначення рівня його пошкодження внаслідок впливу на нього робочих органів на усьому технологічному циклі обмолоту (експериментальна жнивarka).

Мікропошкодження оцінювали за такими показниками: пошкодження оболонки зерна; пошкодження зародка; ціле насіння.

Середній показник пошкодження оболонки зерна у серійної жнивarki становив 10,5%, у експериментальної жнивarki із бичем під барабаном – 9,5, у жнивarki із двома додатковими планками на барабані – 7,25, жнивarki із 4 додатковими планками на барабані – 10,25; жнивarki без планок на барабані – 11,25%. Найвищий рівень пошкодження оболонки зерна встановлено у жнивarki без планок на барабані – 11,25%. Це викликано тим, що внаслідок відсутності планок на барабані (гладкий барабан) тривалість взаємодії відділеного від ЗСМ вільного зерна із рухомим шаром маси, що подається, буде більшою. Зерно-соломиста маса буде ковзатися по шару відділеного зерна. Відмітимо, що за відсутності планок на барабані час перебування та товщина шару зерна буде вищою ніж у конструкціях із планками. Це уможливило багатократний динамічний вплив ЗСМ (коливання товщини шару як ЗСМ так і відділеного зерна) на шар відділеного зерна, що і призводить до збільшення показника пошкодження оболонки зерна.

Найменший показник пошкодження оболонки зерна встановлено у жнивarki із двома додатковими планками на барабані – 7,25%. Значення середнього показника пошкодження оболонки зерна у серійної і експериментальної жнивarki із 4 додатковими планками на барабані були приблизно однаковими. Результати з визначення показника пошкодження оболонки зерна наведено на (рис.4.8).

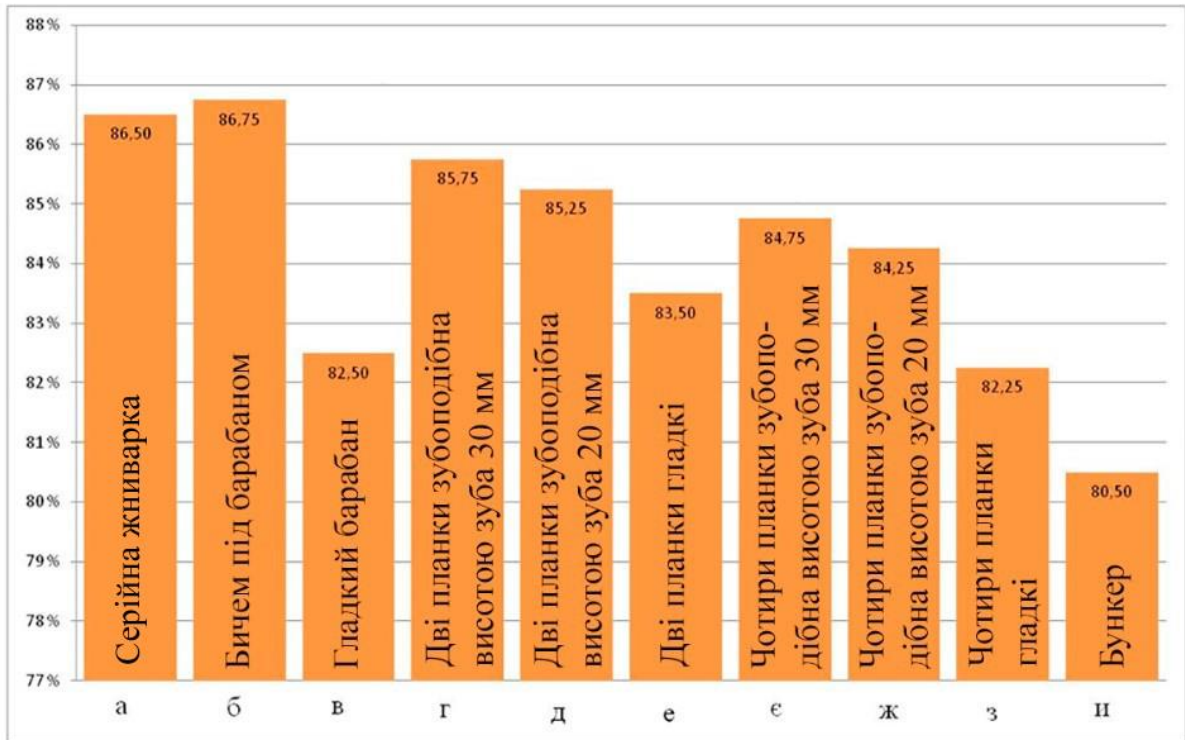


Рис. 4.8 – Діаграма результатів дослідження на мікропошкодження насіння пшениці, відділеного пристроєм попередньогообмолоту зерна за умов почергового встановлення експериментальних барабанів.

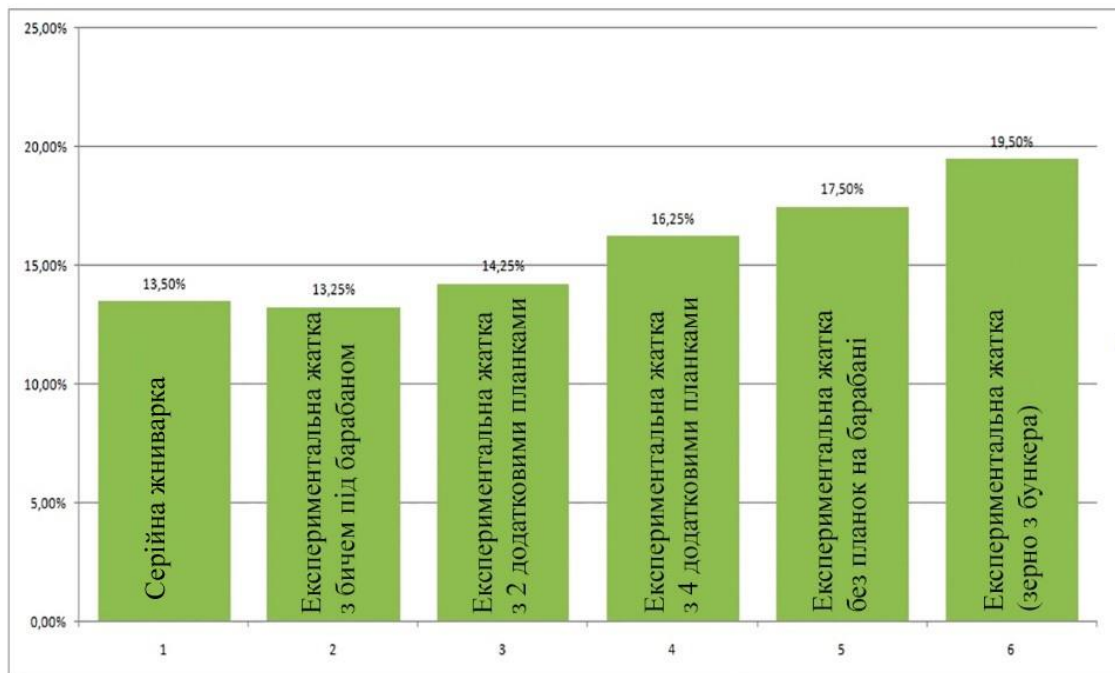


Рис. 4.9 – Діаграма результатів дослідження на мікропошкодження насіння пшениці

За середнім показником пошкодження зародка встановлено, що у серійної жнивarki (3%) та жнивarkaіз встановленим бичем під барабаном(3,75%) цей показник порівняльний. У жнивarkaіз двома додатковими планками на барабані він становив 7%, жнивarka із 4 додатковими планками на барабані – 6, жнивarka без планок на барабані – 6,25% відповідно.

Найвищий рівень мікропошкодження (сумарний) зерна встановлено у експериментальної жнивarka без планок на барабані – 17,5%, що обумовлено відміченими вище конструкційними особливостями барабана та їх впливу на динаміку процесу транспортування та відділення зерна від колосу. У жнивarki із 4 додатковими планками на барабані цей показник становив 16,25%, жнивarkaіз встановленим бичем під барабаном – 13,25, жнивarkaіз двома додатковими планками на барабані – 14,25%. У серійної жнивarki цей показник становив 13,5%. Таким чином за результатами досліджень мікропошкодження зерна встановлено, що за показником ціле насіння у жнивarkaіз встановленим бичем під барабаном цей показник становив 86,75%; серійної жнивarki – 86,5; жнивarkaіз двома додатковими планками на барабані – 85,75; жнивarka із 4 додатковими планками на барабані – 83,75; жнивarka без планок на барабані 82,5%.

За інтегральним показником мікропошкодження зерно, яке взяте із бункера зернозбирального комбайна мало найвищі показники – 80,5% (пошкодження оболонки – 14%, пошкодження зародка – 5,5%), що на 6,25% гірше ніж у жнивarkaіз встановленим бичем під барабаном, на 6% ніж у серійної жнивarki, на 5,25% ніж у жнивarkaіз двома додатковими планками на барабані та на 3,25% ніж у експериментальна жнивarkaіз 4 додатковими планками на барабані.

4.2.2. Результати досліджень з визначення енергії проростання і схожості насіння пшениці

Для визначення енергії проростання і схожості насіння з кожного дослідженого зразка формувалося по 4 проби зі 100 насінин в кожній. Після цього насіння викладалося на 3 шари зволоженого фільтрованого паперу спеціальних

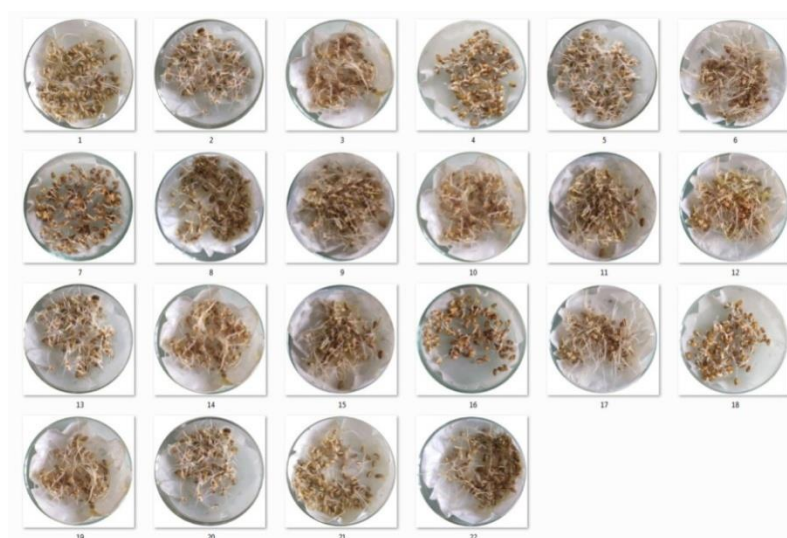
посудинах (чаша Коха, Петрі), які поміщалися в темне місце. Енергія проростання визначалася за кількістю схожого насіння через 3 доби від початку пророщування, схожість – через 7 діб (рис. 4.10). Оцінка схожості і енергії проростання проводилася згідно з ДСТУ 2240-93 [110,143].

Схожість і енергію проростання визначали у процентах. За результатами аналізу прийняли середньоарифметичне результатів визначення схожості усіх чотирьох проаналізованих проб, так як відхилення результатів кожної із них не перевищує наведених у табл. 2 і табл. 3 значень ДСТУ 2240-93.

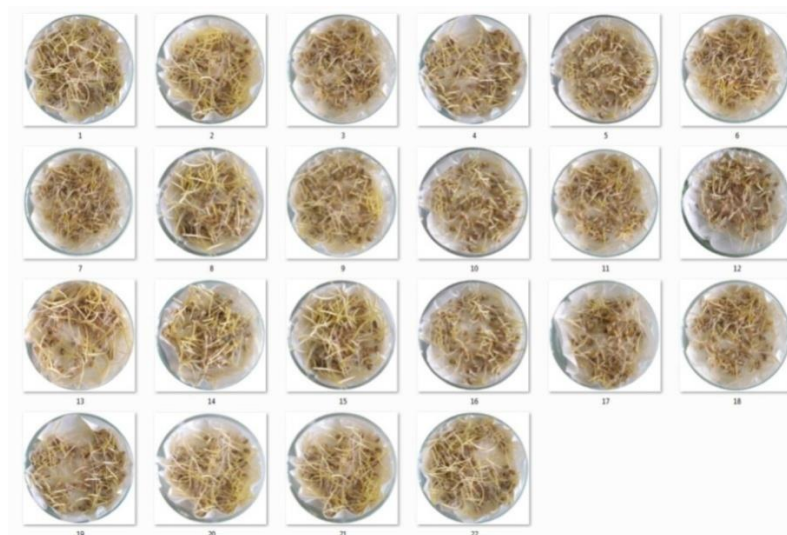
Дослідження схожості і енергії проростання також проводилося для насіння пшениці, яке вилучили у різних місцях зернозбирального комбайна після проходження ним усього циклу обмолоту.

За результатами проведених досліджень встановлено, що середньоарифметичне значення енергії проростання зерна, зібраного серійною жнивваркою, а також експериментальних зразків (жнивварка із бичем під барабаном, жнивварка із гладким барабаном, жнивварка із барабаном, що містить дві планки, жнивварка із барабаном із чотирма планками) знаходяться в межах 88-98%. Відмітимо, що швидкість руху зернозбирального комбайна суттєво не вплинула на показники якості зерна. Це обумовлено тим, що досліди проводили за умов досить високої врожайності зернових (близько 55 ц/га), а пропускна здатність зернозбирального комбайна складала 8-10кг/с. Відзначимо, що під час дослідження експериментальних зразків жнивварки (жнивварка із бичем під барабаном, жнивварка із гладким барабаном, жнивварка із барабаном, що містить дві планки) відбувалося певне погіршення транспортуючої функції похилої камери жнивварки викликане тим, що досліди на запланованих високих рівнях швидкостей руху комбайна не було реалізовано, так як збільшення швидкості призводило до утворення маси, яка викидалася із похилої камери і накопичувалася зовні. Внаслідок відміченого механізатор зменшував швидкість пересування комбайна для того, щоб стабілізувати транспортуючу функцію і забезпечити надходження утвореної над камерою маси до похилої камери.

Середньоарифметичне значення енергії проростання у зерна, зібраного серійною жнивваркою складало 91-95%, жнивварки, яка містить бич під барабаном – 88-96; жнивварки із гладким барабаном – 93-96; жнивварки, барабан якої містить дві планки – 93-95; чотири планки – 95-98%. Допустимі відхилення значень показників для кожного експерименту, який проводили у чотирьох повторностях, знаходилося в межах інтервалу похибки, визначеної табл. 2 і табл. 3 ДСТУ 2240-93.



а)



б)

Рис. 4.10 – Дослідження енергії проростання та схожості насіння *а* – 3-ій день, *б* – 7 – ий день.

Середньоарифметичне значення енергії проростання не обмолоченого зерна (із снопа) складало 99%, а зерна із бункера комбайна – 92%. Найбільш високі

значення показника енергії проростання зерна зафіксовано у жниварки, барабан якої містить чотири планки – 95-98%. Встановлено, що внаслідок проходження зерном усього технологічного ланцюга комбайна відбувається зменшення його (зерна) енергії проростання у 1,13 – 1,15 рази.

Значення показників схожості зерна для усіх зразків, що досліджувалися, суттєво не відрізнялися від середньоарифметичних значень показників енергії проростання (рис. 4.11).



Рис. 4.11 – Діаграма результатів дослідження на енергію проростання насіння пшениці, відділеного пристроєм попередньогообмолоту зерна за умов почергового встановлення експериментальних барабанів

За результатами проведених досліджень встановлено (рис. 4.11, 4.12): середньоарифметичне значення енергії проростання зерна, зібраного серійною жниваркою, а також експериментальних зразків (жниварка із бичем під барабаном, жниварка із гладким барабаном, жниварка із барабаном, який містить дві планки, жниварка із барабаном із чотирма планками) знаходяться в межах 88-98%;

середньоарифметичне значення енергії проростання у зерна, зібраного серійною жниваркою складало 91-95%, жниварки, яка містить бич під барабаном – 88-96; жниварки із гладким барабаном – 93-96; жниварки, барабан якої містить дві планки – 93-95; чотири планки – 95-98%; середньоарифметичне значення енергії проростання не обмолоченого зерна (із снопа) складало 99%, а зерна із бункера комбайна – 92%.

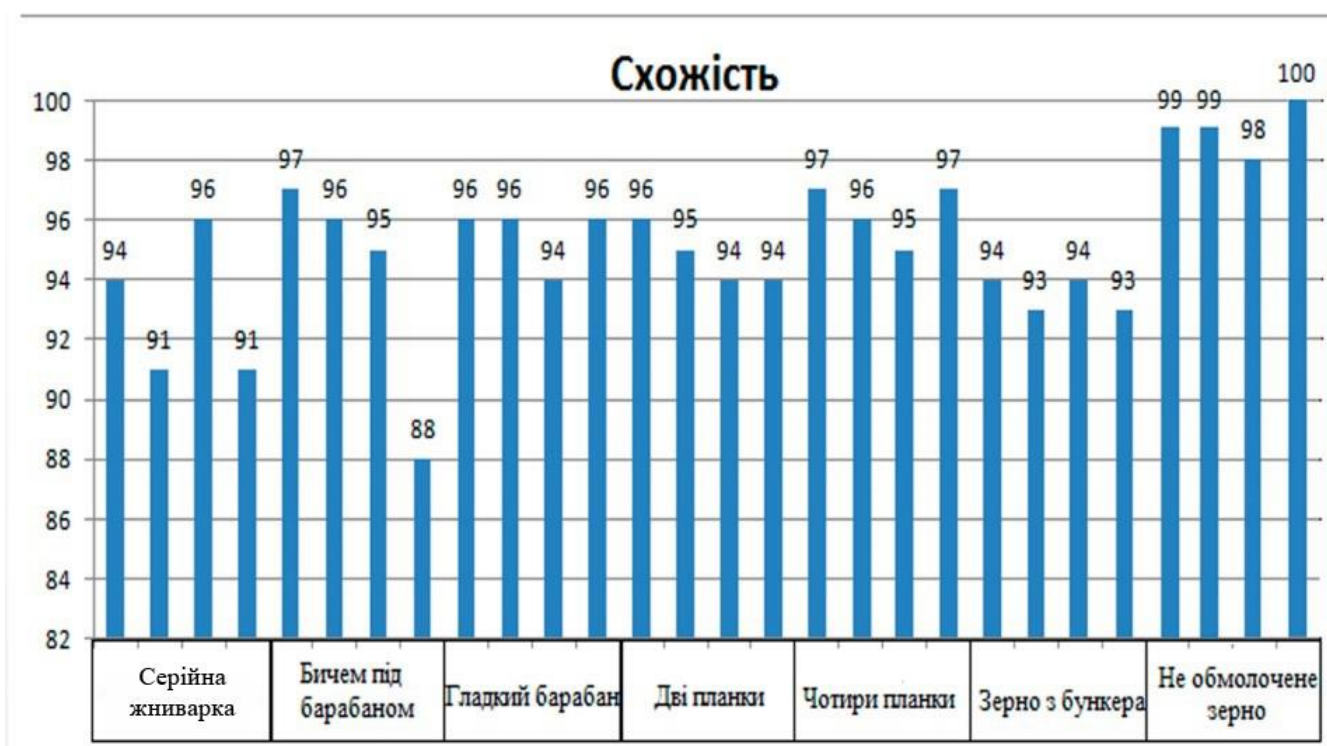


Рис. 4.12 – Діаграма результатів дослідження на схожість насіння пшениці, відділеного пристроєм попереднього обмолоту зерна за умов почергового встановлення експериментальних барабанів

Найбільш високі значення показника енергії проростання зерна зафіксовано у жатки, барабан якої містить чотири планки – 95-98%.

Встановлено, що значення показника ціле насіння у жниварки із бичем під барабаном складало 86,75%; серійної жниварки – 86,5; жниварка із двома додатковими планками на барабані (зубоподібний профіль, висота зуба 30мм) – 85,75; жниварка із 4 додатковими планками на барабані (зубоподібний профіль, висота зуба 30мм). – 83,75; жниварка без планок на барабані 82,5%.

За інтегральним показником мікропошкодження зерна із бункера зернозбирального комбайна мало найвищі показники – 80,5% (пошкодження оболонки – 14%, пошкодження зародка – 5,5%), що на 6,25% гірше ніж у жнивarki з встановленим бичем під барабаном, на 6% ніж у серійної жнивarki, на 5,25% ніж у жнивarka з двома додатковими планками на барабані (зубоподібний профіль, висота зуба 30мм) та на 4,25% ніж у експериментальної жнивarka з 4 додатковими планками на барабані (зубоподібний профіль, висота зуба 30мм).

4.3 Результати проведення експерименту з визначення впливу пропускної здатності зернозбирального комбайна (урожайності), вологості та числа обертів барабана на значення коефіцієнта відділення

Методику проведення повнофакторного експерименту викладено у п.3.3.

Проведеними дослідженнями згідно цієї методики встановлено вплив таких характеристик як пропускної здатності зернозбирального комбайна (урожайності), вологість стебел та числа обертів барабана на значення коефіцієнта відділення.

Виконуючи перевірку відтворення результатів дослідження, ми отримали наступні результати:

дисперсія, яка характеризує розсіювання результатів у досліджах:

$$S_{u_1}^2 = 0,0004; S_{u_2}^2 = 0,0001; S_{u_3}^2 = 0,0004; S_{u_4}^2 = 0,0001; S_{u_5}^2 = 0,0001.$$

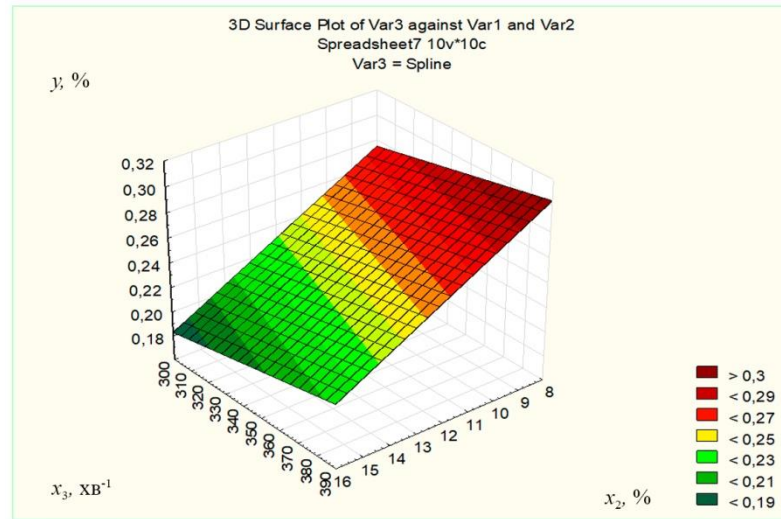
Критерій Кохрена $G = 0,3636$.

Табличне значення критерію Кохрена за [108, 117] для 5 %-го рівня значущості та $n=5$ і $f_u=2$ буде дорівнювати 0,684. Оскільки число 0,684 більше за отримане – 0,3636 доходимо висновку, що процес відтворюється.

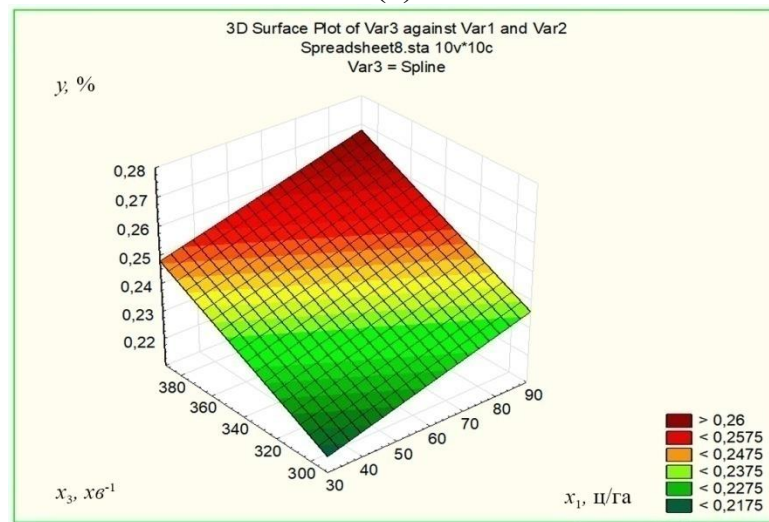
Визначивши коефіцієнти регресії, отримали рівняння регресії

$$\tilde{y} = 0,242 + 0,01x_1 - 0,046x_2 + 0,014x_3.$$

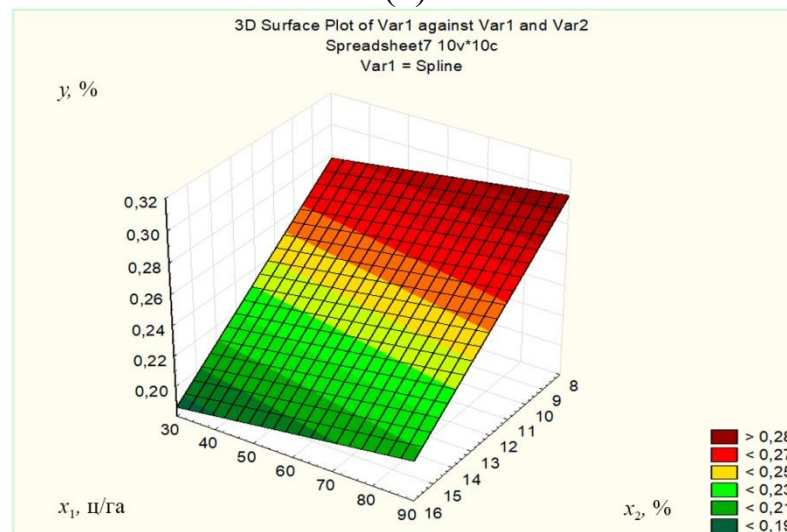
Адекватність рівняння перевіряли за критерієм Фішера.



(a)



(б)



(в)

Рис.4.13 - Поверхні відгуку коефіцієнта відділення зерна (по осі z відкладено y) в залежності від: вологості (x_1) та числа обертів барабана (x_2) – (а); урожайності (x_1) та числа обертів барабана (x_2) – (б); вологості (x_1) та урожайності (x_2) – (в)

Табличне значення $F(0,05;1;10) = 4,965$, більше за 4,58. Тому приходимо до висновку, що лінійна модель адекватна, а отримане рівняння добре описує явище.

За рівнянням регресії побудовані поверхні відгуку (рис. 4.13) у тримірному просторі для трьох значень фактора x_3 (число обертів барабана), де по осі z відкладено y (коефіцієнт відділення), по осі x – фактор x_2 (вологість), а по осі y – фактор x_1 (урожайність).

Аналізуючи отримане рівняння регресії відмітимо, що найбільш значущим (впливовим) фактором є вологість стебел. Знак (-) перед коефіцієнтом x_2 засвідчує, що із зростанням вологості значення коефіцієнта відділення буде зменшуватися.

Висновки за 4 розділом

1. Удосконалено комбінований технологічний процес транспортування та обмолоту ЗСМ, розроблено пристрій попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайна КЗС 9-1 «Славутич», що уможливило відокремлення 30–32 % зерна на ранніх фазах його транспортування до МСС комбайна.

2. Експериментально встановлено залежності коефіцієнта відділення зерна від швидкості руху комбайна, якими враховано відміни механізованих технологічних операції, зумовлених зміною кінематичних режимів роботи комбайна, кількості упорів та їх висоти на барабані пристрою попереднього обмолоту зерна. Встановлено, що коефіцієнт відділення зерна від колосу у жнивarki із проміжним молотильним барабаном, що містить чотири додаткові планки зубоподібного профілю висотою 30 мм, має найбільше (0,32) значення.

Коефіцієнт відділення зерна для такого пристрої складав на швидкості руху комбайна $v_M=5$ км/год $k_B=0,15$, швидкості $v_M=6$ км/год $k_B=0,30$ (максимальне значення $k_B=0,32$ досягнуто за пропускної здатності комбайна на рівні 12 кг/с).

3. Розроблено експериментально-розрахунковий метод визначення кількості (ступеня) відділення зерна пристроєм жнивarki зернозбирального комбайна, який базується на результатах моделювання комбінованого процесу транспортування та обмолоту зерна, зумовлених взаємодією барабана пристрою із ЗСМ

4. Відмічено, що за малих значень пропускної спроможності і довжини гону ($q=2$ кг/с, $l_i=6$ м)(рис. 4.3), створюються умови максимального відділення зерна в похилій камері жнивarki. Коефіцієнт відділення зерна за таких умов складав 0,93. Тобто фактично 93 % зерна, яке надходить в похилу камеру жнивarki, відділяється від колоса. Це зерно осідає в нижній частині похилої камери і формує свій потік.

Зі збільшенням швидкості переміщення комбайна значення коефіцієнта відділення зерна зростає (рис.4 .4). Так швидкості 2 км/год відповідає $k_B=0,1$; за умов $v_M=6$ км/год $k_B=0,3$; за умов $v_M=10$ км/год $k_B=0,5$ відповідно.

Відмітимо, що збільшення швидкості руху комбайна призводить до зростання значення коефіцієнта відділення зерна для усіх зразків, що досліджувалися (рис. 4.6, 4.7).

5. Аналітично обґрунтовано та експериментально підтверджено комплексний вплив конструкційних параметрів пристрою та режимів виконання комбінованого процесу транспортування та обмолоту ЗСМ на рівень відділення зерна, що дозволило встановити теоретичну залежність коефіцієнта відділення зерна. Відмічена теоретична залежність уможливорює аналітичне обґрунтування раціональних параметрів і режимів функціонування пристрою попереднього обмолоту зерна комбайна. Синергетичний ефект взаємопосилення рівня відділення зерна реалізується завдяки системним зв'язкам технологічних операцій транспортування та обмолоту ЗСМ.

6. Досліджено вплив параметрів пристрою попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайна на показники якості зерна пшениці. Визначено значення травмування та енергії проростання зерна, зібраного комбайном з серійною та експериментальною жнивarkою. Середньоарифметичне значення енергії проростання не обмолоченого зерна (із снопа) складало 99%, а зерна з бункера комбайна – 92%. Найбільш високі значення показника енергії проростання зерна зафіксовано у жатки, барабан якої містить чотири планки – 95-98%. Встановлено, що внаслідок проходження зерном усього технологічного ланцюга комбайна відбувається зменшення енергії проростання у 1,13 – 1,15 рази.

Значення показників схожості зерна для усіх зразків, що досліджувалися, суттєво не відрізнялися від середньоарифметичних значень показників енергії проростання.

7. Найвищий рівень мікропошкодження (сумарний) зерна встановлено у експериментальній жнивarkі без планок на барабані – 17,5%. У жнивarki із 4 додатковими планками на барабані (зубоподібний профіль, висота зуба 30мм) цей показник становив 16,25%, жнивarka із встановленим бичем під барабаном – 13,25%, жнивarka з двома додатковими планками на барабані (зубоподібний профіль, висота зуба 30мм) – 14,25%. У серійній жнивarki цей показник становив 13,5%.

8. Відмічено, що швидкість руху зернозбирального комбайна суттєво не впливає на показники якості зерна. Це обумовлено тим, що досліди проводили за умов досить високої врожайності зернових (близько 55ц/га), а пропускна здатність зернозбирального комбайна складала 8-10 кг/с.

9. Встановленорівняння регресії, яке визначає вплив на значення коефіцієнта відділення таких характеристик рослинного матеріалу, як урожайність, вологість стебел та числа обертів барабана. Відмічено, що найбільш значущим (впливовим) фактором є вологість стебел. Зростання вологості призводить до відповідного зменшення значення коефіцієнта відділення.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЮ ПОПЕРЕДНЬОГО ОБМОЛОТУ ЗЕРНА ЖНИВАРКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА.

Удосконалено комбінований технологічний процес транспортування та обмолоту ЗСМ, розроблено пристрій попереднього обмолоту зерна жниварки зернозбирального комбайна КЗС 9-1 «Славутич», який впроваджено в конструкції жниварки до зернозбирального комбайна.

Процеси розроблення, виготовлення і експериментальної перевірки здійснювалися у Національному науковому центрі "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства". Виробничу перевірку пристрою здійснювали на дослідних ділянках Центру.

Розрахунок економічної ефективності від експлуатації зернозбирального комбайна, жниварка якого містила розроблений пристрій попереднього обмолоту зерна, а також від зміни якості та кількості продукції, було проведено згідно «Методики визначення економічної ефективності нових і модернізованих сільськогосподарських машин» [97, 98, 119, 132].

Розрахунок проведено на фоні порівняння однотипних характеристик базової машини – самохідного зернозбирального комбайна КЗС - 9 - 1 "Славутич" і аналогічного зернозбирального комбайна, жниварка якого містила пристрій попереднього обмолоту зерна.

Основними джерелами економічного ефекту є підвищення продуктивності зернозбирального комбайна завдяки збільшенню пропускної здатності (до 26%), зменшення пошкодження і травмування зерна, підвищення якості зерна (за інтегральним показником мікропошкодження на 3,25% менші у експериментальній жниварки із 4 додатковими планками на барабані у порівнянні із серійною).

Розрахунок економічної ефективності проведено у середніх цінах станом на 01.12. 2018 року.

Вихідні дані для проведення розрахунків наведено у таблицях 5.1, 5.2, 5.3, 5.4.

Таблиця 5.1 - Умови випробувань зернозбирального комбайна КЗС-9-1

Показник	Значення показника	
	За ТЗ	При лабораторно-польових випробуваннях
Вид роботи	пряме комбайнування	пряме комбайнування
Культура, сорт		Миронівська 61
Характеристика культури, поля:		
Рельєф	рівний	рівний
Мікрорельєф, см	без відвальних борід і гребенів	без відвальних борід і гребенів
Вологість ґрунту в шарі 0...10 см, МПа	5–20	17.99–20.98
Твердість ґрунту в шарі 0...10 см, МПа	1–1,5	0,6
Урожайність культури, ц/га		55
Вологість стебел, %	дані відсутні	10,7
Довжина стебел, см	дані відсутні	$79^{+5,3}_{-5,3}$
Швидкість вітру, м/с	не більше 3–5	1,75
Кількість стебел, шт/см ²		890 тис.шт/га
Середня висота зрізування, см	дані відсутні	$30,27^{+9,73}_{-9,73}$
Вологість зерна, %	дані відсутні	8,89

З таблиці 5.1 видно, що умови випробувань в основному відповідали вимогам технічного завдання.

У таблиці 5.2 наведено агротехнічні показники роботи зернозбирального комбайна КЗС - 9-1 "Славутич" жниварка якого містить пристрій попереднього обмолоту зерна.

Таблиця 5.2 – Агротехнічні показники роботи зернозбирального комбайна КЗС - 9-1 "Славутич" жниварка якого містить пристрій попереднього обмолоту з

Показник	Значення показника	
	За ТЗ	за даними випробувань
1	2	3
Дата і місце проведення випробувань		27.07 - 29.07.2016 р. дослідницькі ділянки ННЦ "ІМЕСГ"
Склад агрегата	Зернозбиральний комбайн КЗС - 9-1 "Славутич"	Зернозбиральний комбайн КЗС - 9-1 "Славутич"
Режим роботи: швидкість руху комбайна, км/год	5,0	6,0
Втрати зерна за жнивваркою, %		0,47
Відношення ваги зерна до ваги соломи над фактичною висотою зрізування		1:1,06
Густота стояння		4456,3 тис.шт/га
Потужність двигуна, кв/к.с		173/235

Розраховано економічні показники експлуатації комбайнів на базі імітаційного моделювання їх роботи з прямого комбайнування зернових з подрібненням соломи.

Пристрій попереднього обмолоту зерна жнивварки зернозбирального комбайна уможливорює збільшення пропускної здатності до 24 % [98]. У розрахунках приймемо 10 % збільшення пропускної здатності. За таких умов, відбудеться відповідне підвищення швидкості руху комбайна і продуктивності на 10%.

У таблиці 5.3 наведено результати розрахунку прямих експлуатаційних витрат базового і нового зернозбирального комбайнів.

Таблиця 5.3 – Прямі експлуатаційні витрати за умов прямого комбайнування зернових культур зернозбиральним комбайном.

Марка комбайну	Амортизація грн/га	Зберігання, грн/га	Паливо грн/га	Мас- , грн/га	Ремонт і ГО грн/га	Оплата праці, грн/га	Всього витрат, грн/га	Інвестиційні вкладення грн/га
Зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 "Славутич" (базовий)	468,64	32,8	193,5	23,2	358,04	13,32	1089,5	176
Зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 "Славутич" (із пристроєм попереднього обмолоту)	408,49	28,59	177,75	21,24	312,09	11,1	959,26	311,1

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції (E_p) у гривнях визначають за формулою:

$$E_p = (P_{\sigma} - P_n) B_z + E_y$$

де P_{σ} , P_n – сукупні витрати на одиницю наробітку відповідно по базовій і новій машинах, грн/га,

B_z – річний обсяг наробітку новою машиною, га,

E_y – річний економічний ефект, одержаний за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн.

Визначимо економічний ефект, одержаний за рахунок зміни кількості і якості продукції у гривнях :

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

де $C_{ян}$, $C_{яб}$, C_{jn} , C_{jb} , V_{jn} , V_{jb} – вартість (грн), закупівельна ціна одиниці продукції (грн) та кількість продукції (т), одержаної відповідно в разі застосування нової та базової машини протягом року.

Вартість 1 т пшениці 2кл. приймемо 5080грн/т із НДС, насіння пшениці - 7500грн/т.

Загальний обсяг отриманого зерна складає.

$$Q_{зоб} = 55 \cdot 510 = 28050(ц) = 2805(m)$$

$$Q_{збн} = 55 \cdot 561 = 3085,5(m)$$

Вартість продукції, одержаної у разі застосування нової машини, складає

$$C_{яб} = 2805 \cdot 5080 = 14249400грн$$

$$C_{ян} = 3085,5 \cdot 0,99 \cdot 5080 + 3085,5 \cdot 0,01 \cdot 7500 = 15517596,6 + 231412,5 = 15749009,1грн$$

Річний економічний ефект, одержаний за рахунок зміни кількості і якості продукції у гривнях:

$$E_{я} = C_{ян} - C_{яб} = 15749009,1 - 14249400 = 1499609,1$$

Тут прийнято, що 1% обсягу продукції, зібраного новим комбайном, реалізували по ціні насіння - 7500 грн/т, а 99% - по ціні 2 кл. пшениці - 5080 грн/т.

Річний економічний ефект, одержаний за рахунок змінення кількості та якості продукції із розрахунку на 1 га отримуємо:

$$\frac{C_{яб}}{510} = \frac{14249400}{510} = 27940грн / га$$

$$\frac{C_{ян}}{561} = \frac{15749009,1}{561} = 28073,1грн / га$$

Таким чином економічний ефект із розрахунку на 1 га, одержаний за рахунок змінення кількості і якості продукції, буде визначатися, грн:

$$E_{я} = 28073,1 - 27940 = 133,1грн / га$$

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості і якості продукції буде визначатися:

$$\begin{aligned} E_p &= [(H_{\bar{o}} + KE_{н\bar{o}}) - (H_n + KE_{нн})] \cdot B_3 + E_{я} = \\ &= [(1089,5 + 0,15 \cdot 176) - (959,26 + 0,15 \cdot 311,1)] \cdot 561 + 1499609,1 = \\ &= (1115,9 - 1005,9) \cdot 561 + 1499609,1 = 61696 + 1499609,1 = 1501305,1грн \end{aligned}$$

Таким чином річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості і якості продукції буде складати 1501,3 тис.грн.

Результати розрахунків наведено у таблиці 5.4

Таблиця 5.4. - Ефективність застосування пристрою попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайна КЗС - 9-1 Славутич".

Показник	Варіанти для порівняння зернозбиральних комбайнів	
	Новий	Базовий
1	2	3
Базова ціна машини, грн	2500000	2393100
Загальне річне завантаження, год	170	170
Швидкість руху комбайну, км/год	5,5	5,0
Річний обсяг наробітку в одиницях наробітку, га	561	510
Заробітна плата, грн/га	11,10	13,32
Амортизаційні відрахування на реновацію, грн/га.	408,49	468,64
Відрахування на всі види ремонту і ТО, грн/га	312,09	358,04
Затрати на ПММ, грн/га	198,99	216,7
Прямі експлуатаційні затрати , грн/га	959,26	1089,5
Прямі капітальні вкладення, грн/га	311,1	176
Прямі затрати, грн/га	1005,9	1085,9
Загальний обсяг отриманого зерна, т	3085,5	2805
Вартість продукції, грн	15749009,1	14249400
Річний економічний ефект, одержаний за рахунок зміння кількості і якості продукції,грн	1499609,1	
Річний економічний ефект, одержаний за рахунок зміння кількості та якості продукції із розрахунку на 1 га, грн./га	133,1	
Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості і якості продукції, грн.	1501305,1	

За результатами проведених розрахунків встановлено, що річний економічний ефект від використання зернозбирального комбайна, жнивarka якого містила пристрій попереднього обмолоту зерна, становить 1501,3 тис.грн. Річний

економічний ефект, одержаний за рахунок змінення кількості та якості продукції із розрахунку на 1 га – 133,1грн./га.

Висновки за 5 розділом

За результатами проведених розрахунків встановлено, що річний економічний ефект від використання зернозбирального комбайна, жниварка якого містила пристрій попереднього обмолоту зерна, становить 1501,3 тис.грн. Річний економічний ефект, одержаний за рахунок змінення кількості та якості продукції із розрахунку на 1 га – 133,1грн./га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що існуючі технологічні процеси транспортування і попереднього обмолоту ЗСМ у жниварках зернозбиральних комбайнів не дозволяють повною мірою здійснити узгоджене ефективне функціонування систем комбайна і унеможливають підвищення техніко-економічних показників систем зерновиробництва. Тому першочерговим завданням є інтенсифікація процесу відділення зерна на етапі його транспортування до МСС комбайна завдяки вдосконаленню комбінованого технологічного процесу транспортування та обмолоту ЗСМ, розробка пристрою попереднього обмолоту зерна, якими враховано відміни взаємодії ЗСМ з планками барабана пристрою.

В зернозбиральному комбайні синергетичний ефект взаємопосилення рівня відділення зерна реалізується завдяки системним зв'язкам комбінованого технологічного процесу транспортування і обмолоту ЗСМ з параметрами та режимами функціонування комбайна, завдяки чому створюються умови для підвищення продуктивності зернозбирального комбайна, зменшення нерівномірності подачі хлібної маси і деградації зернівок.

2. Удосконалено комбінований технологічний процес транспортування та обмолоту ЗСМ, розроблено пристрій попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайна КЗС 9-1 «Славутич», що дозволило відокремлювати 30–32 % зерна на ранніх фазах його транспортування до МСС комбайна.

3. Розроблено експериментально-розрахунковий метод визначення кількості (ступеня) відділення зерна пристроєм жнивarki зернозбирального комбайна, що базується на результатах моделювання комбінованого процесу транспортування та обмолоту зерна, зумовлених взаємодією барабана пристрою із ЗСМ.

4. Аналітично обґрунтовано та експериментально підтверджено комплексний вплив конструкційних параметрів пристрою і режимів виконання комбінованого процесу транспортування та обмолоту ЗСМ на рівень відділення зерна, що дозволило встановити теоретичну залежність коефіцієнта відділення зерна.

5. Встановлено залежність радіуса барабана від кута охоплення підбарабання, кута нахилу похилої камери, проміжку між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання, що уможливила встановити раціональні значення радіуса барабана ($r_b \approx 0,18 - 0,25$ м).

6. Розроблено нову розрахункову модель руху ЗСМ спільно з упорами барабана пристрою попереднього обмолоту зерна, отримано залежності кутового переміщення та кутової швидкості матеріалу від часу перебування ЗСМ у просторі між упорами барабана і підбарабанням, що уможливило встановити залежності кутової швидкості переміщення ЗСМ від конструкційних і кінематичних параметрів пристрою попереднього обмолоту та параметрів похилої камери.

7. Експериментально встановлено залежності коефіцієнта відділення зерна від швидкості руху комбайна, які враховують відміни механізованих технологічних операцій, зумовлених зміною кінематичних режимів роботи комбайна, кількості упорів та їх висоти на барабані пристрою попереднього обмолоту зерна. Встановлено, що коефіцієнт відділення зерна від колосу в жниварки з проміжним молотильним барабаном з чотирма додатковими планками зубоподібного профілю заввишки 30 мм, має найбільше (0,32) значення. Питоме значення маси відділеного зерна для цієї конструкції пристрою в 6,7 рази більше ніж у серійної жниварки, в 1,9 ніж з бичем, в 3 рази гладкого, в 1,3 рази ніж у барабана з двома планками.

8. Експериментально встановлено значення енергії проростання зерна, зібраного серійною жниваркою, –91-95%, жниваркою з встановленим бичем під барабаном – 88-96, жниваркою з гладким барабаном – 93-96, жниваркою, барабан якої містить дві 93-95 та чотири планки – 94-97%.

Встановлено, що при проходженні зерном всього технологічного ланцюга комбайна зменшується його (зерна) енергія проростання в 1,13 – 1,15 рази.

9. За інтегральним показником мікропошкодження зерно з бункера зернозбирального комбайна мало найвищі показники – 80,5%, що на 6,25% менше ніж у жниварки з встановленим бичем під барабаном, на 6% ніж у серійної жниварки, на 5,25% ніж у жниварки з проміжним молотильним барабаном з двома додатковими планками зубоподібного профілю заввишки 30 мм та на 4,25% ніж у

жниварки з проміжним молотильним барабаном з чотирма додатковими планками зубоподібного профілю заввишки 30 мм.

10. Річний економічний ефект від використання жниварки з пристроєм попереднього обмолоту зерна становить 1501,3 тис. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коваль С. Основні напрямки розвитку зернозбиральної техніки та ефективного її використання /С. Коваль, В. Кумпан // Техніка АПК. – 1998. – №3. – С. 4–8.
2. Гольцяпин В.Я. Новые модели зерноуборочных комбайнов / В.Я. Гольцяпин// Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2011. №8. – С.1–10.
4. Липкович, Э. И. Процессыобмолота и сепарации в молотильныхаппаратахзерноуборочныхкомбайнов / Э. И. Липкович.–Зерноград : ВНИПТИМЭСХ, – 165 с.
5. Кленин, Н. И. Исследованиеобмолота и сепарации зерна: дис. ... докт. техн. наук / Н. И. Кленин. – М., 1977. – 424 с.
6. Славкина В.И. Осмотр конструкцій современных зерноуборочных комбайнов /В.И. Славкина, С.В. Белов, В.Н. Романенко, И.В. Гораев // Тракторы и сельхозмашины . – 2012. – №7. – С. 1–5.
- 7.Машины для збирання зернових та технічних культур: посібник / за ред. В.І. Кравчука ; УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого– Дослідницьке, 2009. – 296 с.
8. Кравчук В. Дослідження функціональних можливостей комбайна CASE-ІН AFS-8230 при скошуванні полеглих хлібів / В. Кравчук, М. Занько// Техніка і технології АПК. 2015. №5. С.6 – 11.
9. Занько М. Тестування зернозбиральних комбайнів виробництва ВО «Гомсільмаш» в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого / М. Занько., В Гусар// Техніка і технології АПК. 2013. №9 (48). – С. 17-20.
10. Кравчук В. Дослідження втрат зерна за молотаркою зернозбирального комбайна / В. Кравчук., М.Занько. // Техніка і технології АПК. – 2013. №5 (44). – С. 5 – 9.
11. Войтюк Д. Порівняльний аналіз показників ефективності роботи зернозбиральних комбайнів / Д. Войтюк, С. Смолінський, О. Ямков // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. / УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2011. – Вип. 15 (29). –С. 100 – 107.

12. Комбайны с осевой молотилкой: руководство по эксплуатации. Case Corporation, 1995. – 57с.

13. Горбулин А.И. Исследование влияния высоты среза зерновых культур на качественные и энергетические показатели уборочных агрегатов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А. И. Горбулин – Саратов, 1969.– 28с.

14. Пугачёв А.Н. Потерям зерна – надёжный заслон / А.Н. Пугачёв. – М.: Колос, 1981. – 159с.

15. Уборка урожая комбайнами «Дон» / Сост. М.К. Комарова. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 18с.

16. Шаповалов В.И. Механизация уборки зерновой части урожая зерновых культур путем разработки и внедрения в производство гибких технических средств зерноуборочным комбайнам : монография / В.И. Шаповалов.–Луганск, 2002.– с.284

17. Дивак М. Парад сучасних машин з наголосом на інтелектуальну складову // Агробізнес Україна. – 2016.– №4 – С. 22 – 24.

18. Іліяшик В.В. Аналіз конструкцій жаток FLEX та адаптація їх до роботи з зернозбиральними CLAAS на збиранні сої/ В.В. Іліяшик., В.І Дуганець, І.О. Мошенко // Подільський державний аграрно-технічний університет : зб. наук. праць. – 2016. Вип. 24. – . С.48 – 56.

19. Техніко- технологічний аналіз зернозбирального комбайна NewHolland/ А.В. Рудь, І.О. Мошенко, Ю.Ф. Павельчук // Подільський державний аграрно-технічний університет : зб. наук. праць ; за ред. д.е.н., В.В. Іванишина. – Кам'янець-Подільський, 2015. – Вип. 23 – С.13 – 33.

20. Сисоліна І.П. Напрями удосконалення молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів / І.П. Сисоліна// Аграрний вісник Причорномор'я. – 2013. –Вип. 7. – С.1 – 7.

21. Сисолін П.В. Комплекс нових сільськогосподарських машин для зменшення втрат врожаю при вирощуванні та збиранні зернових колосових культур на Україні / П.В. Сисолін // Техніко технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для с/г України : зб. наук. пр./ УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого). Дослідницьке. – 2001. – Вип.4. – С. – 14.

22. Деклараційний патент на винахід 62309 А України. Молотильний апарат / Сисолін П.В., Погорілий Л.В., Коваль С.М., Іваненко І.М., Лузан П.Г., Сисоліна І.П. - Оpubл. 15.12.2003.- Бюл. №12.

23. Гольтяпин В. Я. Современныесамоходныезерноуборочныекомбайны / В.Я. Гольтяпин // Тракторы и сельскохозяйственныемашины. – 1997. – № 3. – С. 35 – 40.

24. Погорілець О. М. Зернозбиральні комбайни / О.М. Погорілець, Г.І. Живолуп. – К.: Урожай, 1994. – 232 с.

25. Погорілий Л. В. Напрямки розвитку конструкцій і узагальнені технологічні показники зернозбиральних комбайнів / Л.В. Погорілий, С.М. Коваль // Наук. вісн. Національного аграрного ун-ту. – К., 1998. – Вип. 9. – С. 107 – 117.

26. Сільськогосподарські і меліоративні машини: навч.посібн. / Кошук О. Б., Лузан П. Г., Мося І. А., Герлянд Т. М., Романов Л. А. – К. : ІПТО НАПН України, 2015. – С.143-161.

27. Кюрчев С.В. Підвищення надійності і ефективності використання зернових жниварок шляхом модернізації їх приводів: автореф. дис. ... канд.. техн. наук: 05.05.11 / Кюрчев С.В. ;ЛуганскНац. аграр. ун-т. – Л., 2003. – 14 с.

28. Коваль С. Комплексне вирішення проблем збирання врожаю / С.Коваль, В.Шейченко // Техніка АПК. – 2008. – №2. –С.22 – 26.

29. Занько М.Д. Аналітичне моделювання втрат зерна за молотаркою в залежності від умов роботи зернозбирального комбайна / М.Д. Занько, В.І. Недовесов // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий темат. наук. зб./ ННЦ «ІМЕСГ»– Глеваха, 2013. – Вип. 97.Т. 1.– С. 483-488.

30. Зерноочисні машини. URL: <http://www.riela.com.ua/proposal/zernoochysni-mashyny> (дата звернення: 04.02.2016).

31.Макаренко М.Г.Технології збирання зерна: вибір правильного комбайна / М.Г. Макаренко // АГРО ЕЛІТА. –2016. – №6 – С.1-7.

32.Головчук А.Ф.Комбайни зернозбиральні / Головчук А.Ф. Марченко В.І. Орлов В.Ф.Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. URL:http://www.gidropress.com/book/combine2004/080_inf_book_combine2004_000_index.html.

33. Патент, RU № 2202165. С2. МПК 7 А01D 41/00, А01D 41/02, А01D 41/12, А01F 12/18. Зернозбиральний комбайн / А.Н.Цепляев, А.І.Ряднов, О.А. Федорова (RU). - Заявка № 2000109659/13; заявлено 17.04.2000; опубл. 20.04.2003).

34. Портнов М.Н. Зернозбиральні комбайни / М.Н. Портнов. – М.: Агропромиздат, 1986. – С.9 – 12.

35. Песков Ю.А. Зернозбиральні комбайни "Дон" / Ю.А. Песков, І.К. Мещеряков. – М. : Агропромиздат, 1986. – С.10 -11, 25-27, 165, 169.

36. Патент, RU № 2191237. С2. МПК 7 А01F 12/18, А01F 12/20, А01F 12/22. Молотильно-сепаруючий пристрій / О.А.Федорова (RU). - Заявка № 2000105020 ; заявлено 29.02.2000; опубл. 20.04.2002

37. Патент, RU № 2601226. С2. МПК 7 А01F 12/18, А01D41/12. молотильних-сепаруючий пристрій / О.А.Федорова, Р. А. Иванович (RU). - Заявка № 2000116157; заявлено 29.02.2000; опубл. 20.04.2003

38. Патент, RU № 2415548. С2. МПК 7 А01D41/00, А01D41/02, А01D41/12, А01F12/18. зерноуборочный комбайн/ С. Е.Попов (RU). - Заявка №2000109659; заявлено 01-26-2010; опубл. 10.04.2011.

39. Патент, RU № 2311747. МПК А01D41/12. жатвеннаячастьзерноуборочного комбайна/ Алексенко А.А., Никулин В.Р., Ярмашев Ю.Н., Лимарев Ю. В., Белоглазов С. П.(RU). - заявлено 22-11-2004; опубл. 10.12.2007.

40. Пат. № 2566015 (РФ), МПК7 А01D 41/12. Наклонная камера зерноуборочного комбайна / В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин. – Опубл. 2015.

41.Сводный отчет № 31-53-80 /Госкомсельхозтехника СССР; Главноеуправлениязаказов, испытания и внедренияновойтехники.– Москва. –1980. – С.21-126.

42. V. A. Sheychenko, A. Ya. Kuzmych, A. N. Grytsaka, M. M. Kovalev (2016). Issledovanie mikropovrezhdeniy i mikrotravmirovaniya zerna pri ego uborkezernouborochnyimikombaynami. Tehnika i oborudovaniedyasela, 1(223), 24-28.

43. Отримані данібули оброблені за допомогоюкомп'ютерної програмиСТАТИСТИКА-6.5.

44. Liu J., D. Nissim, and J. Thomas (2002). Equityvaluationusingmultiples. *JournalofAccountingResearch*, 40(1), 135-172.
45. Irvin J.O. On a criterion for there jection of outlying observation // *Biometrika*.1925. V. 17. P. 238 – 250.
46. Кобзарь А.И. Прикладнаяматематическая статистика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816с.
- 47.Вероятность и математическая статистика: энциклопедия / под ред. Ю.В.Прохорова. — М.: Большаяроссийскаяэнциклопедия, 2003. – 912 с.
- 48.ЛевинБ.Р. Справочник по надежности. /под ред. Левина Б.Р.: в 3 томах. – М.: Мир, 1969. – Т.1. – . 339 с.
50. Лемешко Б. Ю., Постовалов С. Н. О зависимости предельных распределений статистик χ^2 Пирсона и отношения правдоподобия от способагруппированияданных // *Заводскаялаборатория*. – 1998. – Т. 64.№ 5. – С. 56 – 63.
51. О. А. Materinska (2013) Ekonomichna effektivnist virobnitstva zernovih kultur v silskogospodarskih pidpriemstvah. *Efektivnaekonomika*, 11. Availableat: URL: <http://www.economy.nayka.com.ua>.
52. L. Shpokas, V. Adamchuk, V. Bulgakov, L. Nozdrovicky (2016) Theexperimentalresearchhofcombineharvesters. *Researchin Agricultural Engineering*, 62, 106-112.
53. 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.
54. 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 природокористування України. – № U2015 00448; заявл. 21.01.2015; опубл. 27.07.2015, Бюл. №7.
55. Портнов М. Н. Зерноуборочныекомбайны / М. Н. Портнов. М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.

56. 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.

57. Пустыгин М. А. Исследование и усовершенствование молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов / М. А. Пустыгин, В. И. Савин // Труды ВИСХОМ. – 1973. – Вып. 72. – С. 3–19.

58. 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.

59. Шейченко, В. А. Исследование микроповреждений и микротравмирования 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.

60. 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.

61. Липкович Э. И. Об оптимальном диаметре молотильного барабана // Вопросы механизации с.х. производства: Сб. научн.тр. Зерноград: ВНИИМЭСХ, 1972 - Вып. 15. - С. 91.99.

62. Липкович Э. И. Аналитические основы исследования процесса обмолота и сепарации зерна молотильным аппаратом зерноуборочного комбайна / Э. И. Липкович // Сборник трудов по земледельческой механике – М. : Сельхозгиз, 1971. – Т. XII. – С. 225–236.

63. Шейченко В. А. Исследование микроповреждений и микротравмирования 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.

64. Дерев'янку Д. А. Вплив вологості зерна при обмолоті та післязбиральній доробці зернового вороху озимої пшениці на її травмування і насінневі якості / Д. А. Дерев'янку // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць / Кіровоградський національний технічний університет– Кіровоград: КНТУ, 2011. – Вип. 24, ч. 1. – С. 181 – 184.

65. Gregory, J. M. Mathematicalrelationshippredictiongrainseparationincombines [Text] / J. M. Gregory // Transactionsofthe ASAE. 1988. –Vol. 30(6). – P.1600-1604.

66. Строна,И. Г. Травмированиесемян и егопредупреждение/ И. Г. Строна, А. Н. Пугачев. – М.: Колос, 1972. – 159 с.

67. InternationalSeedTestingAssociation. InternationalRulesforSeedTesting, Edition 2011 / ISTA – Bassersdorf, Switzerland, 2011. – 97 p.

68. 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.

69. Ю.Г. Смирнов, А.Р. Барсов, М.В. Кузьмин. Молотильно-сепарирующиеустройства // Обзорнаяинформация. Сер. Сельское хозяйство / ВНИИПИ. – М., 1991. – 76 с.

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

71. Finck, Charlene. Whatgives a combineclass?/ FarmJournal, 01 – OCT – 03. http://www.accessmylibrary.com/com2/summary - 0286 - 4749169_ITM.

72. Занько Н. Влияниетехническихпараметровмолотилкизерноуборочного комбайна с барабанным-сепарирующимустройством на еефункциональныепоказателиназначения // Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин :загальнодерж.міжвідом.наук.-техн. зб.– Кіровоград, 1999. – . Вип. 28. – С. 174 – 180.

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

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

75. Сисолін П. В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: 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.

76. 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.

77. Пустыгин М. А. Теория и технологический расчет молотильных устройств / М.А. Пустыгин.– М.: ОГИЗ СЕЛЬХОЗГИЗ, 1948. – 96 с.

78. Грек А. И. Вопросы обмолота / А. И. Грек.– Владивосток: Дальневосточное книжное издательство, 1970. – 204 с

79. 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.

80. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. –М.: Агропромиздат, 1989.

81. Алферов С.А. Воздушно-решетные очистки зерноуборочных комбайнов / С. А. Алферов. – М. : Агропромиздат, 1987. – 159 с.

82. Алферов С.А. Сепарация мелкого зернового вороха на очистке с пространственным решетом / С.А. Алферов, С.М. Барашев, М.И. Эйгер // Труды ЧИМЕСХ, 1970. –Вып. 48. – С. 159-167.

83. Кленин Н.И., Гетьманов А.И. Качественные и энергетические показатели работы молотильного устройства с интенсификацией процесса обмолота и сепарации зерна / Н.И. Кленин, А.И. Гетьманов // Сборник науч. трудов МИИСП, 1973. –Т. 10. – С.105 – 110.

84. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н.И. Кленин, В.А. Сакур. – М. : Колос, 1980. – 671 с.

85. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

86. Веденяпин, Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. В. Веденяпин. – 3-е изд. – М.: Колос, 1973. – 199 с.

87. Гихман И.И. Теория вероятностей и математическая статистика / Гихман И.И., Скороход А.В., Ядренко М.И. — К.: Выща школа, 1988. – 438 с.

88. Математична статистика : Навч. посіб. для студ. баз. напряму "Приклад. математика" / Н. А. Ружевич; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Л., 2001. - 167 с. - Бібліогр.: с. 167.

89. В. Шейченко, А. Кузьмич, І. Дудніков., М. Шевчук. Дослідження показників якості зерна, відділеного пристроєм попереднього обмолоту комбайна (тези). *Матеріали XXVII міжнародної науково-технічної конференції "Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві" та XIX всеукраїнської конференції-семінару аспірантів, докторантів і здобувачів у галузі аграрної інженерії*. Глеваха. 2019. Вип. №116. С.47-49.

90. Ellis, R.H. and Roberts, E.H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9, 373-409.

91. Зінченко О.І. Рослинництво : практикум. – Вінниця: Нова книга, 2008 с. 65 – 78.

92. Лабораторний практикум з курсу "Фізіологія рослин" / Г.Т. Криницький, В.К. Заїка, Р.Т. Гут[та ін.]– Львів : Вид-во НЛТУ України, 2011. – С. 92-93.

93. Yadav, G. and Ellis, R.H. (2016). Development of ability to germinate and of longevity in air-dry storage in wheat seed crops subjected to rain shelter or simulated supplementary rainfall. *Seed Science Research*, 26, 332-341.

94. Материнська, О. А. Економічна ефективність виробництва зернових культур в сільськогосподарських підприємствах / О.А. Материнська // Ефективна економіка. – 2013. – № 11. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2521>.

95. Pieta-Filho, C. and Ellis, R.H. (1991). The development of seed quality in spring barley in four environments. I. Germination and longevity. *Seed Science Research*, 1, 163-177.

96. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробовування ДСТУ 4397:2005. Видання офіційне.- Київ: Держспоживстандарт України, 2005.-16с.

97. Методика экономическойоценкисельскохозяйственнойтехники /под ред. Н.С.Власова. – М.: Колос , 2006 – 399 с.

98. Шевчук М. В. Дослідження пристрою попереднього обмолоту зерна // *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж.наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ»– Глеваха, 2016. – Вип.№3 (102). – С. 91–98.*

99. Титце У. Полупроводниковая схемотехника/ У. Тице, К. Шнек.– 12-е изд. Том I: пер. снем. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 832 с.

100. В. Шейченко, І. Дудніков, А.Кузьмич, М.Шевчук. Дослідження впливу пропускнуї здатності комбайна на якість зерна, відділеного пристроєм попереднього обмолоту.*Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи: тези доповідей IV міжнародної науково-практичної конференції до 100 річчя кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, 16-17 травня 2019 року / – Львів: ЛА "Піраміда", 2019.– 160 с. с.148-149.*

101. Колесников А.В. Повышение эффективности технологического процесса обмолота зернобобових культур путем усовершенствования молотильно-сепарирующей части молотилки / А.В. Колесников // *Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України "Кримський Агротехнологічний унівеситет" - 2013 - Вип. 153. Технічні науки - С.104-111.*

102. Визначення потужності на переміщення барабаном із упорами зерно-соломистої маси / Шейченко В.О., Дудніков І.А., Кузьмич А.Я., Шевчук М.В.// *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж.наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ»– Глеваха, 2017. Вип.№5 (104).– С. 217 – 223.*

103. Календрузь І.,Філоненко Л.,Календрузь К. /Новепокоління. //Механізація АПК -2010. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/845-nove-pokolinnia.html>.

104. Артоболевский И.И. Очерки истории техники в России / И.И. Артоболевский, А.А. Благонравов.– Москва: Наука, 1975 –397с.

105. Шабанов П. А. Уборка с очёсом на корню/ П. А. Шабанов, Н.П. Шабанов// Агромир. Проблемы и решения : еженедельная газета / Крымскийгосударственныйаграрного учебно-консультационный центр. – 2004. – №16(139). – С.42.

106. Дранишников А. Галлы на уборке. // Зерно. – 2007.– №9. – С. 21.

107.А.с. 757135 (СССР). Молотильно-сепарирующее устройство. /В.В.Деревенко, А.Г.Шуляков, В.А.Завгородний, Н.И .Чижиков. -Опубл. в Б.И., 1980, № 31.

108. Валеев Г.А. К модели распределения сил в слое хлебной массы / Г.А.Валеев, Р.Х. Музюпов// Совершенствование способов уборки и послеуборочной обработки зерна. – Челябинск.– 1978. – Вып. 140.– С.13

109. Шейченко В.О., Недовесов В.І., Кузьмич А.Я., Грицака А.І., Шевчук М.В. Исследование кривошипно-шатунного привода режущегоаппарата жатки. //MOTROL. Commission of Motorization and Energeticsin Agriculture – 2016. Vol. 18. No3. С. 96–100

110.В. Шейченко, А. Кузьмич, І. Дудніков., М. Шевчук. Дослідження показників якості зерна, відділеного пристроєм попереднього обмолоту комбайна (тези). *Матеріали XXVII міжнародної науково-технічної конференції "Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві" та XIX всеукраїнської конференції-семінару аспірантів, докторантів і здобувачів у галузі аграрної інженерії*. Глеваха. 2019. Вип. №116. С.47-49.

111.Воцкии З.И О движении хлебной массы в молотильном зазоре / З.И. Воцкии// Механизация сельскохозяйственного производства. Челябинск, 1968.– Вып.35. –С.41 – 45.

112. Мосяков М.А. Энергосберегающие технологии на уборке зерновых культур // Энергообеспечение и Энергосбережение в сельском хозяйстве: матер. Междунар.науч.-тех.конф. 24-25 мая 2016. - Москва ФГБНУ ВИЭСХ 2016 - С.84-88.

113.Шейченко В.О., Дудніков І.А., Кузьмич А.Я., Шевчук М.В., Шевчук В.В. Дослідження переміщення зерно-соломистої маси барабаном із упорами. // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: міжвід.темат.наук. зб. / УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, 2017 – Вип. №21 (35). – С.49 – 54.

114.Дзодцоев Г. И Исследование процесса перемещения хлебной массы в молотильном пространстве : дис. канд. техн. наук.- М,1969 – с.6

115. Липкович Э.И. Исследование процесса движения солоमистого потока в бильном молотильном аппарате : об.работ по механизации и электрификации сельскохозяйственного производства/ Э.И. Липкович // Тр. ВНИИМЭСХ. – Ростовское кн. изд., 1965. – Вып. IX.– С.12

116.Петровец В.Р. Технологический процесс, настройка, регулировка и контроль качества работы зерноуборочных комбайнов: практическое пособие/ В. Р. Петровец, Н. И. Дудко, В. Л. Самсонов. – Горки: БГСХА, 2012 – 56 с.: ил.

117. Лемешко Б. Ю. О применении и мощности критериев проверки однородности дисперсий / Б.Ю. Лемешко, С.Б. Лемешко, А.А. Горбунова. Параметрические критерии // Измерительная техника. — 2010. — № 3. — С. 10 – 16.

118.ШейченкоВ.О., Дудніков І.А., Толстущко М.М., Кузьмич А.Я., Шевчук М.В. Особливості переміщення барабаном із упорами зерно-соломистої маси // Інноваційні технології в АПК.: Всеукраїнська науково-практична конференція: тези./Луцький національний технічний університет.– 2017– Вип. №6 – С.66 –68.

119. Дослідження впливу терміну експлуатації зернозбиральних комбайнів на їх ефективність / В.О.Шейченко, М.М. Анеляк, А.Я. Кузьмич, С.О.Кустов// Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодержавний зб. / ННЦ «ІМЕСГ». – Глеваха, 2015. – Вип.1(100). – С. 242 – 249.

120. Коваль С. Комплексне вирішення проблем збирання врожаю/ С.Коваль, В.Шейченко// Техніка АПК. – 2008.– №2. –С. 22 – 26.

121. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Технічні умови: чинний від 1994-07-01. К.: Держстандарт України. 1994. – 73 с.

122. Машины для збирання зернових татехнічних культур/ за ред. В.І. Кравчука. – Дослідницьке: Укр. НДПВТ ім. Л.Погорілого. – 2009. – 296 с.

123. Полоус Г.П., Войсковой А.И. Основные элементы методики полевого опыта : учебное пособие / Г.П. Полоус, А.И. Войсковой : Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : АГРУС, 2013.

124. Гольтяпин В.Я. Современные зерноуборочные комбайны с роторной и комбинированной молотилками/ В.Я. Голтяпин// Техника и оборудование для села.– 2008 .– №6,7.– С. 35 – 38.

125. Обоснование коэффициента отделения зерна устройством предварительного обмолота жатки / В. Шейченко, І. Дудніков, А. Кузьмич, М. В. Шевчук, В. В. Шевчук // Научно– технический прогресс в сельскохозйственном производстве: материалы Межд. науч. - практ. конф (Минск, 18-20 октября 2017 г.) / НАН Беларуси; РУП НПЦ НАН Беларуси по механизации с. х.; подобщ.ред. П. П. Казакевича. – Минск, 2017. – С.172 – 176.

126. Research of quality indicators of wheat seeds separated by prethreshing device / V.O. Sheichenko, A.Ya. Kuzmych, M.V. Shevchuk, V.V. Shevchuk, O.I. Belovod. *INMATEH - CUPRINS – Vol. 57, Nr. 1 / 2019* / *INMATEH - CONTENTS – Vol. 57, No. 1 / 2019*, с. 157-165.

127. Бердышев, В.Е. Влияние неравномерности подачи вороха на качество работы очистки зерноуборочного комбайна /В. Е. Бердышев//Земледельческая механика: сб. науч. трудов / МИИСП. – М., 1980. – С. 78.

128. Шейченко В.О., Дудніков І.А., Шевчук В.В., Кузьмич А.Я., Шевчук М.В. Дослідження пристрою попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайну. Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва. Матеріали ІІІ міжнародної науковопрактичної конференції (24-25 травня 2017 р., м. Умань). 2017. – С. 50– 52.

129. АС. 2676671 СССР Молотильный аппарат/ Кравченко В.С. и др. Краснодарский НИИ с.х Ас. СССР №725611 заявл 23.10.78, опубл. 8.04.80.

130. Бердышев, В.Е. Комплексный показатель качества работы зерноуборочного комбайна /Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – № 2 (18). – С. 142 – 148.

131. Бердышев, В.Е. Влияние типа устройства, транспортирующего мелкий ворох, на потери зерна очисткой аксиально-роторного зерноуборочного комбайна / В.Е. Бердышев, С.Г. Ломакин// Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – № 7. – С. 186-190.

132. Дудніков І.А., Шевчук М.В. Метод обґрунтування коефіцієнта відділення зерна// Сучасні проблеми землеробської механіки : зб.– Кам'янець-Подільський. – 2017. – Вип.№18.– С. 97 – 99.

132. Ряднов, А.И. Методика оценки эффективности технического обслуживания зерноуборочных комбайнов / А.И. Ряднов, О. А. Федорова, А.В.Захаров //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – №4 (12). – С. 183-190.

133. Ряднов, А.И. Метод выбора эффективной технологии уборки сельскохозяйственных культур / А.И. Ряднов, Р.В. Шарипов //Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. – 2004. – №8. – С.26-28.

134. Ряднов, А.И. Усовершенствованная наклонная камера /И. Ряднов, С.Е. Попов, О. А. Федорова //Сельский механизатор. – 2011. – №1. – С.7.

135. Ожерельев, В.Н. Исследование параметров очесанного зернового вороха / В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин, В.М. Алакин, С.Н. Становов // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 1. – С. 7-9.

136. Ожерельев, В.Н. Предварительная сепарация очесанного зернового вороха в наклонной камере / В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин // Агропромышленный комплекс на рубеже веков: мат-лы междунар. научно-практ. конф., посв. 85-летию агроинженерного ф-та. – Ч.1. – Воронеж 2015. – С. 165-170.

137. Пат. № 2566017 (РФ), МПК7 А01D 41/08. Устройство для обмолота растений на корню / В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин. – Оpubл. 2015.

138. Пат. № 2577892 (РФ), МПК7 А01D 41/12. Наклонная камера зерноуборочного комбайна / В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин. – Оpubл. 2016.

139. Патент № 127698 «Молотильно-сепарующий пристрій» / Мироненко В.Г., Шейченко В.О., Анеляк М.М., Кузьмич А.Я., Грицака О.М., Шевчук М.В. № а201607783; заявл. 14.07.2016; опубл. 27.08.2018. Бюл. № 16.

140. Ломакин С.Г. Зерноуборочные комбайны: потребности покупателей, предложения производителей / С.Г. Ломакин // Аграрное обозрение. 2010. № 3. URL: <http://agroobzor.ru/sht/a-143.html>.

141. Измайлов А.Ю. Системы машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 6. – С. 6–10.

142. Бердышев В.Е. Влияние типа дек на качество работы аксиально-роторной молотильно-сепарирующей системы / В.Е. Бердышев, С.Г. Ломакин, А.В. Шевцов // Вестник ФГБОУ / ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». – 2015. – Выпуск 1(65). – С. 20–24.

143. Шейченко В.О. Результати досліджень з визначення енергії проростання і схожості насіння, відділеного пристроєм попереднього обмолоту зерна/ Шейченко В.О., Кузьмич А.Я., Шевчук М.В // Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж.наук. зб. / ННЦ»ІМЕСГ». – Глеваха. – 2017. – Вип.№5 (104).– С. 184 – 189.

144. Дзодцоев Г.И. Исследование процесса перемещения элементов хлебной массы в молотильном пространстве: автореф.дис. канд. техн. наук / Г.И. Дзодцоев. – М.: МИИСП, 1969. –12 с.

145. Combination cone penetration resistance/water content instrumentation to evaluate cone penetration-water content relationships in tillage research / D.-R.Lapen [et al.] // Soil & Tillage Research. — 2003. — № 58. — P. 193–206.

146. V. Sheychenko, I. Dudnikov, A. Kuzmich, M. Shevchuk, V. Shevchuk, A. Pushka, V. Hruban, M. Tolstushko, N. Tolstushko. Study of the process of grain pre-threshing by working bodies of a combine harvester header. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies – 2017. Vol. 6. No1(90). 19–27

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
Перелік приладів і вимірювального обладнання

Таблиця А.1

Прилади і вимірювальне обладнання

Вимірювані величини	Найменування	Марка	Похибка вимірювань
Довжина облікової ділянки, ширина захвату жнивarki.	Рулетка (20 м)		$\pm 0,5$ см
Висота зрізу, довжина стебел	Лінійка для вимірювання		$\pm 0,2$ мм
Маса зерна, культурних і бур'янистих рослин при оцінці характеристики стеблостою. Маса зерна в оброблених пробах. Маса фракцій аналізованого бункерного вороху.	Ваги електричні	BEURER – 3000	$\pm 0,5$ мг
Час проходження облікової ділянки	Секундомір		$\pm 0,1$ с
Маса бункерного вороху	Ваги платформні	ВП – 10	$\pm 0,05$ кг
Маса проб полови та соломи	Поліетиленові пакети		
Маса проб полови та соломи	Ваги електричні	BEURER – 3000	$\pm 0,5$ мг

ДОДАТОК Б

Дослідження ступеня відділення зерна внаслідок впливу пристрою попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайна

Таблиця Б.1

Дослід №	Швидкість середня, $V_{\text{км/год}}$	Площа дослідженої ділянки, м^2	Довжина ділянки, м	Маса зерна, що очікується зібрати з ділянки, $m_{0,з}$, кг	Маса соломи що очікується зібрати з ділянки, кг	Маса ЗСМ, кг	Маса відділеного зерна m_3 , г.	Маса не обмолоченого зерна $m_{н.з.}$, г.	Маса зерна + маса не обмолоченого зерна μ_3 , г.	Пропускна здатність q , кг./с.	$K_6 = \frac{m_3}{m_{0,з}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Серійна жнивarka	6,30	33,5	5,7	18,4	20,8	38,1	934,5	78	1012,5	11,69	0,05
2. Серійна жнивarka	2,80	27,6	4,7	15,2	17,1	31,4	533,0	35	568	5,19	0,04
3. Серійна жнивarka	4,82	27,6	4,7	15,2	17,1	31,4	516,3	28	544,3	8,94	0,04
4. Серійна жнивarka	3,50	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	708,0	43	751	6,49	0,04
5. Бичем під барабаном	2,80	30,6	5,2	16,8	18,9	34,7	2385,5	112	2497,5	5,19	0,15
6. Бичем під барабаном	1,62	30,0	5,1	16,5	18,6	34,1	2058,5	96	2154,5	3,01	0,13
7. Бичем під барабаном	3,10	33,5	5,7	18,4	20,8	38,1	2737,9	148	2886	5,75	0,16
8. Бичем під барабаном	4,60	29,4	5	16,2	18,2	33,4	2879,8	167	3046,8	8,53	0,19
9. Гладкий барабан	5,90	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	1609,1	123	1732,1	10,95	0,10
10. Гладкий барабан	3,11	33,5	5,7	18,4	20,8	38,1	1644,0	126	1770	5,77	0,10
11. Гладкий барабан	1,56	28,8	4,9	15,8	17,9	32,7	967,0	84	1051	2,89	0,07
12. Гладкий барабан	2,72	38,8	6,6	21,3	24,0	44,1	1460,7	132	1592,7	5,05	0,07
13. Дві планки зубоподібна висотою зуба 30мм	4,28	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	3540,0	233	3773	7,94	0,22
14. Дві планки зубоподібна висотою зуба 30мм	4,02	33,5	5,7	18,4	20,8	38,1	3461,0	256	3717	7,46	0,20
15. Дві планки зубоподібна висотою зуба 30мм	1,47	35,3	6	19,4	21,9	40,1	1821,6	129	1950,6	2,73	0,10
16. Дві планки зубоподібна висотою зуба 30мм	2,66	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	2091,8	170	2261,8	4,94	0,13

17.Дві планки зубоподібна висотою зуба 20мм	4,32	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	3218,2	210	3428,1	8,02	0,20
18.Дві планки зубоподібна висотою зуба 20мм	3,72	33,5	5,7	18,4	20,8	38,1	2941,9	213	3154,8	6,90	0,17
19.Дві планки зубоподібна висотою зуба 20мм	2,66	35,3	6	19,4	21,9	40,1	2550,2	178	2728,2	4,94	0,14
20.Дві планки зубоподібна висотою зуба 20мм	1,54	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	1609,1	100	1709,1	2,86	0,10
21.Дві планки гладкі	4,00	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	2735,4	244	2979,4	7,42	0,17
22.Дві планки гладкі	3,52	33,5	5,7	18,4	20,8	38,1	2422,7	123	2545,7	6,53	0,14
23.Дві планки гладкі	1,47	35,3	6	19,4	21,9	40,1	1275,1	88	1363,1	2,73	0,07
24.Дві планки гладкі	2,66	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	1770,0	116	1886	4,94	0,11
25.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 30мм	5,88	28,8	4,9	15,8	17,9	32,7	4760,4	270	5030,5	10,91	0,32
26.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 30мм	4,25	37,8	6,43	20,8	23,4	42,9	5075,6	272	5347,6	7,89	0,26
27.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 30мм	2,64	36,8	6,25	20,2	22,8	41,7	2961,4	201	3162,4	4,90	0,16
28.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 30мм	2,95	26,5	4,5	14,6	16,4	30,1	2459,2	168	2627,1	5,47	0,18
29.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 20мм	6,05	28,2	4,8	15,5	17,5	32,1	3934,7	189	4123,6	11,22	0,27
30.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 20мм	4,32	39,0	6,63	21,4	24,2	44,3	5032,2	304	5336,1	8,02	0,25
31.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 20мм	2,50	39,4	6,7	21,7	24,4	44,8	2847,8	198	3045,7	4,64	0,14
32.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 20мм	3,00	26,5	4,5	14,6	16,4	30,1	2185,9	145	2330,9	5,57	0,16
33.Чотири планки гладкі	5,96	27,6	4,7	15,2	17,1	31,4	3281,9	189	3470,9	11,06	0,23
34.Чотири планки гладкі	4,66	37,6	6,4	20,7	23,3	42,7	4663,3	254	4917,3	8,65	0,24
35.Чотири планки гладкі	3,51	38,2	6,5	21,0	23,7	43,4	2762,8	139	2901,7	6,51	0,14
36.Чотири планки гладкі	2,72	26,5	4,5	14,6	16,4	30,1	1776,1	132	1908,1	5,05	0,13

Таблиця Б.2

Дослід №	Швидкість середня, $V_{\text{км/год}}$	Площа дослідженої ділянки, м^2	Довжина ділянки, м	Маса зерна, що очікується зібрати з ділянки, $m_{0,з}$, кг	Маса соломи що очікується зібрати з ділянки, кг	Маса ЗСМ, кг	Маса відділеного зерна $m_{з,2}$.	Маса не обмолоченого зерна $m_{н,з,2}$.	Маса зерна + маса не обмолоченого зерна $\mu_{з,2}$.	Пропускна здатність $q, \text{кг./с.}$	$K_6 = \frac{m_3}{m_{0,з}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Серійна жнивarka	5,10	33,5	5,7	17,3	20,8	38,1	865,3	79	944,2	9,46	0,05
2. Серійна жнивarka	3,68	27,6	4,7	14,3	17,1	31,4	599,3	33	632,3	6,83	0,04
3. Серійна жнивarka	6,70	27,6	4,7	14,3	17,1	31,4	784,8	30	814,8	12,43	0,06
4. Серійна жнивarka	3,49	31,2	5,3	16,1	19,3	35,4	643,6	42	685,6	6,48	0,04
5. Бичем під барабаном	3,12	30,6	5,2	15,8	18,9	34,7	2543,4	113	2656,3	5,79	0,16
6. Бичем під барабаном	1,53	30,0	5,1	15,5	18,6	34,1	2135,9	94	2229,9	2,84	0,14
7. Бичем під барабаном	3,52	33,5	5,7	17,3	20,8	38,1	3084,0	150	3234,1	6,53	0,18
8. Бичем під барабаном	4,37	29,4	5	15,2	18,2	33,4	2728,0	166	2894	8,11	0,18
9. Гладкий барабан	6,20	31,2	5,3	16,1	19,3	35,4	1930,9	124	2054,9	11,49	0,12
10. Гладкий барабан	3,40	33,5	5,7	17,3	20,8	38,1	1555,9	124	1679,9	6,31	0,09
11. Гладкий барабан	1,68	28,8	4,9	14,9	17,9	32,7	892,6	86	978,6	3,12	0,06
12. Гладкий барабан	2,50	38,8	6,6	20,0	24,0	44,1	1297,0	131	1428	4,64	0,06
13. Дві планки зубоподібна висотою зуба 30мм	3,55	31,2	5,3	16,1	19,3	35,4	3379,1	234	3613,1	6,59	0,21
14. Дві планки зубоподібна висотою зуба 30мм	4,49	33,5	5,7	17,3	20,8	38,1	3980,2	254	4234,2	8,34	0,23
15. Дві планки зубоподібна висотою зуба 30мм	2,53	35,3	6	18,2	21,9	40,1	2368,1	131	2499,1	4,69	0,13
16. Дві планки зубоподібна висотою зуба 30мм	2,00	31,2	5,3	16,1	19,3	35,4	2252,7	169	2421,7	3,71	0,14
17. Дві планки зубоподібна висотою зуба 20мм	1,20	31,2	5,3	16,1	19,3	35,4	1448,2	211	1659,2	2,23	0,09

18.Дві планки зубоподібна висотою зуба 20мм	3,55	33,5	5,7	17,3	20,8	38,1	2768,8	211	2979,8	6,59	0,16
19.Дві планки зубоподібна висотою зуба 20мм	2,00	35,3	6	18,2	21,9	40,1	1457,3	180	1637,3	3,71	0,08
20.Дві планки зубоподібна висотою зуба 20мм	2,53	31,2	5,3	16,1	19,3	35,4	1930,9	99	2029,9	4,69	0,12
21.Дві планки гладкі	3,55	31,2	5,3	16,1	19,3	35,4	2413,6	245	2658,6	6,59	0,15
22.Дві планки гладкі	3,89	33,5	5,7	17,3	20,8	38,1	2941,9	121	3062,9	7,22	0,17
23.Дві планки гладкі	2,53	35,3	6	18,2	21,9	40,1	1639,4	90	1729,4	4,69	0,09
24.Дві планки гладкі	2,00	31,2	5,3	16,1	19,3	35,4	1448,2	115	1563,2	3,71	0,09
25.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 30мм	2,77	28,8	4,9	14,9	17,9	32,7	2231,5	271	2502,5	5,14	0,15
26.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 30мм	3,66	37,8	6,43	19,5	23,4	42,9	4489,9	270	4760	6,79	0,23
27.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 30мм	6,17	36,8	6,25	19,0	22,8	41,7	4933,5	203	5136,5	11,45	0,26
28.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 30мм	2,80	26,5	4,5	13,7	16,4	30,1	2595,8	167	2762,8	5,19	0,19
29.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 20мм	2,80	28,2	4,8	14,6	17,5	32,1	1894,5	190	2084,5	5,19	0,13
30.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 20мм	3,84	39,0	6,63	20,1	24,2	44,3	4629,6	302	4931,6	7,12	0,23
31.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 20мм	6,10	39,4	6,7	20,3	24,4	44,8	5288,7	200	5488,7	11,32	0,26
32.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 20мм	2,90	26,5	4,5	13,7	16,4	30,1	2185,9	144	2329,9	5,38	0,16
33.Чотири планки гладкі	2,73	27,6	4,7	14,3	17,1	31,4	1569,6	190	1759,6	5,07	0,11
34.Чотири планки гладкі	6,17	37,6	6,4	19,4	23,3	42,7	4274,7	252	4526,7	11,45	0,22
35.Чотири планки гладкі	3,82	38,2	6,5	19,7	23,7	43,4	3946,8	141	4087,8	7,09	0,20
36.Чотири планки гладкі	2,91	26,5	4,5	13,7	16,4	30,1	2459,2	131	2590,2	5,40	0,18

Таблиця Б.3

Дослід №	Швидкість середня, $V_{\text{км/год}}$	Площа дослідженої ділянки, м^2	Довжина ділянки, м	Маса зерна, що очікується зібрати з ділянки, $m_{0,з}$, кг	Маса соломи що очікується зібрати з ділянки, кг	Маса ЗСМ, кг	Маса відділеного зерна $m_{з,2}$.	Маса не обмолоченого зерна $m_{н,з,2}$.	Маса зерна + маса не обмолоченого зерна $\mu_{з,2}$.	Пропускна здатність $q, \text{кг./с.}$	$K_6 = \frac{m_3}{m_{0,з}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Серійна жнивarka	4,39	33,5	5,7	18,4	20,8	38,1	710,7	77	787,7	8,14	0,04
2. Серійна жнивarka	2,80	27,6	4,7	15,2	17,1	31,4	585,0	36	621	5,19	0,04
3. Серійна жнивarka	6,81	27,6	4,7	15,2	17,1	31,4	743,4	26	769,4	12,63	0,05
4. Серійна жнивarka	5,10	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	611,5	45	656,4	9,46	0,04
5. Бичем під барабаном	2,66	30,6	5,2	16,8	18,9	34,7	2178,1	111	2289,1	4,94	0,14
6. Бичем під барабаном	1,70	30,0	5,1	16,5	18,6	34,1	2392,9	97	2489,9	3,15	0,15
7. Бичем під барабаном	3,20	33,5	5,7	18,4	20,8	38,1	2881,3	146	3027,3	5,94	0,17
8. Бичем під барабаном	4,83	29,4	5	16,2	18,2	33,4	2500,4	169	2669,4	8,96	0,16
9. Гладкий барабан	4,70	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	1630,0	122	1752	8,72	0,10
10. Гладкий барабан	3,27	33,5	5,7	18,4	20,8	38,1	1538,8	127	1665,8	6,06	0,09
11. Гладкий барабан	1,22	28,8	4,9	15,8	17,9	32,7	986,8	82	1068,7	2,26	0,07
12. Гладкий барабан	3,20	38,8	6,6	21,3	24,0	44,1	1623,0	134	1757,1	5,94	0,08
13. Дві планки зубоподібна висотою зуба 30мм	4,07	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	3700,9	232	3932,9	7,54	0,23
14. Дві планки зубоподібна висотою зуба 30мм	3,93	33,5	5,7	18,4	20,8	38,1	3288,0	257	3545	7,29	0,19
15. Дві планки зубоподібна висотою зуба 30мм	1,20	35,3	6	19,4	21,9	40,1	1821,6	127	1948,6	2,23	0,10
16. Дві планки зубоподібна висотою зуба 30мм	2,93	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	2574,5	172	2746,5	5,44	0,16
17. Дві планки зубоподібна висотою зуба 20мм	3,93	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	3057,3	209	3266,2	7,29	0,19

18.Дві планки зубоподібна висотою зуба 20мм	3,87	33,5	5,7	18,4	20,8	38,1	2768,8	214	2982,8	7,18	0,16
19.Дві планки зубоподібна висотою зуба 20мм	2,87	35,3	6	19,4	21,9	40,1	1639,4	176	1815,4	5,32	0,09
20.Дві планки зубоподібна висотою зуба 20мм	1,20	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	1448,2	102	1550,2	2,23	0,09
21.Дві планки гладкі	4,07	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	2896,3	243	3139,3	7,54	0,18
22.Дві планки гладкі	3,93	33,5	5,7	18,4	20,8	38,1	2422,7	124	2546,7	7,29	0,14
23.Дві планки гладкі	1,20	35,3	6	19,4	21,9	40,1	1639,4	86	1725,4	2,23	0,09
24.Дві планки гладкі	2,93	31,2	5,3	17,1	19,3	35,4	965,4	118	1083,4	5,44	0,06
25.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 30мм	2,51	28,8	4,9	15,8	17,9	32,7	2677,8	269	2946,7	4,66	0,18
26.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 30мм	4,04	37,8	6,43	20,8	23,4	42,9	5075,6	273	5348,6	7,50	0,26
27.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 30мм	5,39	36,8	6,25	20,2	22,8	41,7	6072,0	199	6271	9,99	0,32
28.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 30мм	3,35	26,5	4,5	14,6	16,4	30,1	2595,8	170	2765,8	6,22	0,19
29.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 20мм	2,20	28,2	4,8	15,5	17,5	32,1	2040,2	188	2228,2	4,08	0,14
30.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 20мм	4,21	39,0	6,63	21,4	24,2	44,3	5233,5	305	5538,5	7,81	0,26
31.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 20мм	5,44	39,4	6,7	21,7	24,4	44,8	5695,5	196	5891,5	10,09	0,28
32.Чотири планки зубоподібна висотою зуба 20мм	3,35	26,5	4,5	14,6	16,4	30,1	2322,5	147	2469,5	6,22	0,17
33.Чотири планки гладкі	2,50	27,6	4,7	15,2	17,1	31,4	1855,0	188	2043	4,64	0,13
34.Чотири планки гладкі	4,23	37,6	6,4	20,7	23,3	42,7	4080,4	255	4335,4	7,85	0,21
35.Чотири планки гладкі	5,41	38,2	6,5	21,0	23,7	43,4	4538,8	137	4675,8	10,04	0,23
36.Чотири планки гладкі	3,31	26,5	4,5	14,6	16,4	30,1	2322,5	134	2456,5	6,14	0,17

ДОДАТОК В

Галузевий стандарт "Дослідження пошкодження відділеного насіння пшениці"
 Випробування пристрою попереднього обмолоту зерна комбайна КЗС 9-1
 Випробування серійної жнивarki

Таблиця В.1

Проба	Кількість насінин з мікропошкодженням штук				Ціле насіння зразка штук	Загальна кількість насіння в коробці штук
	Пошкодження оболонки зерна	Пошкодження зародка	Вибитий зародок	Всього		
1.Серійна жнивarka	11	3	-	14	86	100
2.Серійна жнивarka	8	2	-	10	90	100
3.Серійна жнивarka	9	4	-	13	87	100
4.Серійна жнивarka	14	3	-	17	83	100
Сума шт.	42	12	-	54	346	400
% сер.	10	3	-	13,5	86,50	100

Експериментальна жнивarka
 із бичом під барабаном попереднього обмолоту

Таблиця В.2

Проба	Кількість насінин з мікропошкодженням штук				Ціле насіння зразка штук	Загальна кількість насіння в коробці штук
	Пошкодження оболонки зерна	Пошкодження зародка	Вибитий зародок	Всього		
1.Жнивarka із бичем під барабаном	12	8	-	20	80	100
2. Жнивarka із бичем під барабаном	6	4	-	10	90	100
3. Жнивarka із бичем під барабаном	4	3	-	7	93	100
4. Жнивarka із бичем під барабаном	5	11	-	16	84	100
Сума шт.	29	28	-	53	347	400
% сер.	7	7	-	13,25	86,75	100

Експериментальна жниварка –
пристрій попереднього обмолоту (гладкий барабан).

Таблиця В.3

Проба	Кількість насінин з мікропошкодженням штук				Ціле насіння зразка штук	Загальна кількість насіння в коробці штук
	Пошкодження оболонки зерна	Пошкодження зародка	Вибитий зародок	Всього		
1. Жниварка із гладким барабаном	16	8	-	24	76	100
2. Жниварка із гладким барабаном	9	3	-	12	88	100
3. Жниварка із гладким барабаном	11	3	-	14	86	100
4. Жниварка із гладким барабаном	8	12	-	20	80	100
Сума шт.	44	26	-	70	330	400
% сер.	11	6,5	-	17,5	82,5	100

Експериментальна жниварка –
дві планки зубоподібного профілю з висотою зуба 30мм

Таблиця В.4

Проба	Кількість насінин з мікропошкодженням штук				Ціле насіння зразка штук	Загальна кількість насіння в коробці штук
	Пошкодження оболонки зерна	Пошкодження зародка	Вибитий зародок	Всього		
1. Дві планки зубоподібні 30 мм	15	3	-	18	82	100
2. Дві планки зубоподібні 30 мм	11	1	-	12	88	100
3. Дві планки зубоподібні 30 мм	9	4	-	13	87	100
4. Дві планки зубоподібні 30 мм	10	4	-	14	86	100
Сума шт.	45	12	-	57	343	400
% сер.	11,25	3	-	14,25	85,75	100

Експериментальна жнивварка –
дві планки зубоподібного профілю з висотою зуба 20мм

Таблиця В.5

Проба	Кількість насінин з мікропошкодженням штук				Ціле насіння зразка штук	Загальна кількість насіння в коробці штук
	Пошкодження оболонки зерна	Пошкодження зародка	Вибитий зародок	Всього		
1. Дві планки зубоподібні 20 мм	11	9	-	20	80	100
2. Дві планки зубоподібні 20 мм	8	3	-	11	89	100
3. Дві планки зубоподібні 20 мм	9	5	-	14	86	100
4. Дві планки зубоподібні 20 мм	10	4	-	14	86	100
Сума шт.	38	21	-	59	341	400
% сер.	9,5	5,25	-	14,75	85,25	100

Експериментальна жнивварка –
дві планки гладкі

Таблиця В.6

Проба	Кількість насінин з мікропошкодженням штук				Ціле насіння зразка штук	Загальна кількість насіння в коробці штук
	Пошкодження оболонки зерна	Пошкодження зародка	Вибитий зародок	Всього		
1. Дві планки гладкі	10	8	-	18	82	100
2. Дві планки гладкі	7	7	-	14	86	100
3. Дві планки гладкі	7	9	-	16	84	100
4. Дві планки гладкі	9	9	-	18	82	100
Сума шт.	33	33	-	66	334	400
% сер.	8,25	8,25	-	16,5	83,5	100

Експериментальна жниварка – чотири планки зубоподібного профілю з висотою
зуба 30мм

Таблиця В.7

Проба	Кількість насінин з мікропошкодженням штук				Ціле насіння зразка штук	Загальна кількість насіння в коробці штук
	Пошкодження оболонки зерна	Пошкодження зародка	Вибитий зародок	Всього		
1. Чотири планки зубоподібні 30 мм	15	4	-	19	81	100
2. Чотири планки зубоподібні 30 мм	9	3	-	12	88	100
3. Чотири планки зубоподібні 30 мм	9	5	-	14	86	100
4. Чотири планки зубоподібні 30 мм	13	3	-	16	84	100
Сума шт.	46	15	-	61	339	400
% сер.	11,5	3,75	-	15,25	84,75	100

Експериментальна жниварка – чотири планки зубоподібного профілю з
висотою зуба 20мм"

Таблиця В.8

Проба	Кількість насінин з мікропошкодженням штук				Ціле насіння зразка штук	Загальна кількість насіння в коробці штук
	Пошкодження оболонки зерна	Пошкодження зародка	Вибитий зародок	Всього		
1. Чотири планки зубоподібні 20 мм	12	5	-	17	83	100
2. Чотири планки зубоподібні 20 мм	9	3	-	12	88	100
3. Чотири планки зубоподібні 20 мм	8	6	-	14	86	100
4. Чотири планки зубоподібні 20 мм	15	5	-	20	80	100
Сума шт.	44	19	-	63	337	400
% сер.	11	4,75	-	15,75	84,25	100

Експериментальна жнивварка –
чотири планки гладкі

Таблиця В.9

Проба	Кількість насінин з мікропошкодженням штук				Ціле насіння зразка штук	Загальна кількість насіння в коробці штук
	Пошкодження оболонки зерна	Пошкодження зародка	Вибитий зародок	Всього		
1. Чотири планки гладкі	10	11	-	21	79	100
2. Чотири планки гладкі	6	6	-	12	88	100
3. Чотири планки гладкі	9	7	-	16	84	100
4. Чотири планки гладкі	9	13	-	22	78	100
Сума шт.	34	37	-	71	329	400
% сер.	8,5	9,25	-	17,75	82,25	100

Насіння пшениці зернозбирального комбайна (бункер)

Таблиця В.10

Проба	Кількість насінин з мікропошкодженням штук				Ціле насіння зразка штук	Загальна кількість насіння в коробці штук
	Пошкодження оболонки зерна	Пошкодження зародка	Вибитий зародок	Всього		
1. Бункер	18	8	-	26	74	100
2. Бункер	13	4	-	17	83	100
3. Бункер	11	4	-	15	85	100
4. Бункер	14	5	-	19	81	100
Сума шт.	56	21	-	78	322	400
% сер.	14	5,5	-	19,5	80,5	100

ДОДАТОК Г

Впровадження на "Херсонському машинобудівельному заводі"



ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
НАУКОВО - ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО

"Херсонський машинобудівний завод"

вул. Тираспільська, 1, м. Херсон, 73026, Україна

тел./ факс: (0552) 32-83-01, www. Khersonmash.com.ua

20.11.17. № 02-01/01-23

На № _____ від _____

ДОВІДКА

Дійсна довідка видана аспіранту Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Національної академії аграрних наук України ШЕВЧУКУ МИХАЙЛУ ВІКТОРОВИЧУ про те, що матеріали його опублікованих робіт щодо досліджень та обґрунтування параметрів та режимів роботи пристрою до жнивarki зернозбирального комбайна для попереднього обмолоту зерна, дослідження ступеня відділення зерна пристроєм до жнивarki, обґрунтування коефіцієнта відділення зерна пристроєм попереднього обмолоту жатки, дослідження переміщення зерно-соломистої маси барабаном із упорами, дослідження показників якості насіння пшениці відділеного пристроєм попереднього обмолоту зерна мають практичне значення та можуть бути використані ТОВ НВП «Херсонський машинобудівний завод» при розробленні нових та удосконаленні робочих органів, машин, технологічних процесів та технологій збирання зернових культур.

Головний конструктор




В.Д. Образцов

ДОДАТОК Д

Впровадження у Уманському національному університеті садівництва

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

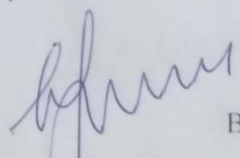
ректор Уманського національного садівництва, доктор економічних наук, професор
 О.О. Непочатенко
 2018 р.




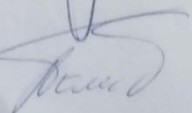
ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ
 результатів науково-дослідної роботи у навчальний процес
 Уманського національного університету садівництва

Дійсна довідка видана аспіранту Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Національної академії аграрних наук України Шевчуку Михайлу Вікторовичу про те, що матеріали його опублікованих робіт щодо досліджень та обґрунтування параметрів і режимів роботи пристрою до жниварки зернозбирального комбайна для попереднього обмолоту зерна, дослідження ступеня відділення зерна пристроєм до жниварки, обґрунтування коефіцієнта відділення зерна пристроєм попереднього обмолоту жатки, дослідження переміщення зерно-соломистої маси барабаном із упорами, дослідження показників якості насіння пшениці відділеного пристроєм попереднього обмолоту зерна схвалено і використовується у навчальному процесі Уманського національного університету садівництва.

Зазначені матеріали впроваджено у вигляді методичних вказівок з дисциплін «Трактори і автомобілі» та «Сільськогосподарські машини» для студентів зі спеціальності 208 – Агроінженерія.

Проректор з наукової та інноваційної діяльності, доктор сільськогосподарських наук, професор  В.П. Карпенко

Декан інженерно-технологічного факультету, кандидат технічних наук, доцент  О.С. Пушка

Завідувач кафедри процесів, машин та обладнання АПВ, доктор технічних наук, професор  Г.А. Хайліс

09.01.2018 р.

ДОДАТОК Е

Патент на корисну модель





УКРАЇНА

(19) UA (11) 127698 (13) U

(51) МПК

A01F 7/02 (2006.01)

A01F 12/26 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: а 2016 07783</p> <p>(22) Дата подання заявки: 14.07.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 27.08.2018</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 10.01.2017, Бюл.№ 1</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.08.2018, Бюл.№ 16</p>	<p>(72) Винахідник(и): Мироненко Валентин Григорович (UA), Шейченко Віктор Олександрович (UA), Анеляк Михайло Михайлович (UA), Кузьмич Альвіан Ярославович (UA), Грицака Олександр Миколайович (UA), Шевчук Михайло Вікторович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР "ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА" НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ, вул. Вокзальна, 11, смт Глеваха, Васильківський р-н, Київська обл., 08631 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 725611 A1, 05.04.1980 SU 757135 A1, 23.08.1980 UA 71936 C2, 15.01.2005 UA 74162 C2, 15.11.2005 UA a201315170, 10.07.2014 US 2014/0087793 A1, 27.03.2014 RU 2313933 C2, 10.01.2008 DE 10027450 A1, 03.01.2002 US 4711075 A, 08.12.1987 US 2743728 A, 12.06.1953 US 3568682 A, 09.03.1971 US 2011/0151850 A1, 23.06.2011 RU 2018222 C1, 30.08.1994 SU 1819128 A3, 30.05.1993 DE 29820700 U1, 04.03.1999</p>
--	--

UA 127698 U

(54) МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ

(57) Реферат:

Молотильно-сепаруючий пристрій містить молотильний барабан і встановлену під ним дугоподібну деку, виконану у вигляді ряду секцій, розміщених вздовж осі барабана і закріплені по радіусу дуги на каркасі деки. По радіусу дуги в дугоподібних ребрах каркаса деки виконані пази, в які встановлені вздовж осі барабана секції деки, виконані у вигляді змінних касет з різними робочими поверхнями.

ДОДАТОК Є

Список публікацій дисертанта за темою дисертації
та відомості про апробацію результатів дисертації

Друковані праці за матеріалами дисертації:

1. Шевчук М. В. Дослідження пристрою попереднього обмолоту зерна. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж. наук. зб. Глеваха. 2016. Вип. №3 (102). С. 91–98.*
2. Исследование кривошипно-шатунного привода режущего аппарата жатки / В.А. Шейченко, В.И. Недовесов, А.Я Кузьмич, А.Н. Грицака, М.В. Шевчук. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol. 18. No 3. – P. 96–100.*
3. Визначення потужності на переміщення барабаном із упорами зерно-соломистої маси / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж. наук. зб. Глеваха. 2017. Вип. №5 (104). С. 217–223.*
4. Розрахунково-експериментальний метод обґрунтування коефіцієнта відділення зерна / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук, С.В. Яхін. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2017. Вип. 26. Ч.2. С. 86–93.*
5. Дослідження переміщення зерно-соломистої маси барабаном із упорами / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук. *Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний наук. зб. Глеваха. 2017. Вип. 103. С. 242–249.*
6. Дудніков І.А., Шевчук М.В. Метод обґрунтування коефіцієнта відділення зерна. *Сучасні проблеми землеробської механіки зб. Кам'янець-Подільський. 2017. Вип. №18. С. 97–99.*
7. Обоснование коэффициента отделения зерна устройством предварительного обмолота жатки / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук, В.В. Шевчук. *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Международная научно-техническая*

конференція посвячена 70-летию со дня образования РУП «НПЦНАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 18-20 октября 2017 г. Минск. Минск. 2017. С. 172–176.

8. Study of the process of grain pre-threshing by working bodies of a combine harvester header / V. Sheychenko, I. Dudnikov, A. Kuzmych, M. Shevchuk, V. Shevchuk, A. Pushka, V. Hruban, M. Tolstushko, N. Tolstushko. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 6. No 1(90). P. 19–27.

9. Інтенсифікація процесів відділення зерна із зерносолонистої маси / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук. *Сучасні проблеми землеробської механіки: Міжнародна наукова конференція присвячена 120-й річниці з дня заснування кафедри сільськогосподарських машин та 118-й річниці з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка*. 17–19 жовтня 2018 р. Київ. 2018. С. 82-84. (Дисертантом розроблено експериментально-розрахунковий метод визначення кількості (ступеня) відділеного зерна).

10. Research of quality indicators of wheat seeds separated by prethreshing device / V.O. Sheichenko, A.Ya. Kuzmych, M.V. Shevchuk, V.V. Shevchuk, O.I. Belovod. *INMATEH - CUPRINS – Vol. 57, Nr. 1 / 2019 / INMATEH - CONTENTS – Vol. 57, No. 1 / 2019*, с. 157-165.

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

11. Особливості переміщення барабаном із упорами зерно-солонистої маси / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, М.М. Толстушко, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук. *Інноваційні технології в АПК: Всеукраїнська науково-практична конференція, травень 2017 р.*, м. Луцьк. Луцьк, 2017. Вип. №6 С. 66–68.

12. Дослідження пристрою попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайна / В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, В.В. Шевчук, А.Я. Кузьмич, М.В. Шевчук. *Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва: матеріали III міжнародної науково-практичної конференції, 24-25 травня 2017 р.*, м. Умань. Умань, 2017. С. 50–52.

13.ШейченкоВ.О., Кузьмич А.Я., Шевчук М.В.Результати досліджень з визначення енергії проростання і схожості насіння, відділеного пристроєм попереднього обмолоту зерна. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж. наук. зб. Глеваха. 2017. Вип.№5 (104). С. 184–189.*

14.Шейченко В.О., Дудніков І.А., Шевчук М.В. Моделювання впливу урожайності, вологості та числа обертів барабана на значення коефіцієнта відділення зерна. *Інженерія та технології: наука, освіта, виробництво: Міжнародна науково-технічна конференція, 15-16 листопада 2018 р., м. Луцьк. Луцьк : Інф.-вид. Луцького НТУ. 2018. С. 276–277.*

15.В. Шейченко, І. Дудніков, А.Кузьмич, М.Шевчук. Дослідження впливу пропускнуї здатності комбайна на якість зерна, відділеного пристроєм попереднього обмолоту. *Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи: тези доповідей IV міжнародної науково-практичної конференції до 100 річчя кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, 16-17 травня 2019 року / – Львів: ЛА "Піраміда", 2019.– 160 с. с.148-149.*

16.В. Шейченко, А. Кузьмич, І. Дудніков., М. Шевчук. Дослідження показників якості зерна, відділеного пристроєм попереднього обмолоту комбайна (тези). *Матеріали XXVII міжнародної науково-технічної конференції "Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві" та XIX всеукраїнської конференції-семінару аспірантів, докторантів і здобувачів у галузі аграрної інженерії. Глеваха. 2019. Вип. №116. С.47-49.*

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

17. Патент № 127698 «Молотильно-сепаруючий пристрій» / В.Г. Мироненко, В.О. Шейченко, М.М. Анеляк, А.Я. Кузьмич, О.М. Грицака, М.В. Шевчук. № а201607783; заявл. 14.07.2016; опубл. 27.08.2018. Бюл. № 16.

Додаток Ж

АКТ

про виробничу перевірку жнивarki зернозбирального комбайна з пристроєм попереднього обмолоту зерна

Затверджую:

Директор ДП ДГ «Оленівське»




В.Г. Грек

«23» 07 2017 р.

Затверджую:

Директор ННЦ «ІМЕСГ»




В.В. Адамчук

«23» 07 2017 р.

АКТ

про виробничу перевірку жнивarki зернозбирального комбайна з пристроєм попереднього обмолоту зерна

Виробничу перевірку жнивarki зернозбирального комбайна з пристроєм попереднього обмолоту зерна, розробленої Національним науковим центром «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», проведено в ДП ДГ «Оленівське», с. Оленівка, Фастівського р-ну під час збиральних робіт 2017 р. За цей період було зібрано посіви пшениці на площі 28 га та сої на площі 22 га.

Експериментальний зразок пристрою попереднього обмолоту зерна було встановлено замість проміжного бітера проставки жнивarki комбайна КЗС - 9-1 «Славутич».

Встановлено, що зубчасто-лопатевий молотильний барабан пристрою попереднього обмолоту суттєво більше (на 27-64%) вимолочує зерна в порівнянні з серійною проміжною бітерною проставкою. Вимолот зерна пристроєм попереднього обмолоту до надходження технологічної маси в основний молотильно-сепарувальний пристрій комбайна становив 35-40%.

Відмічено, що зубчасто-лопатевий молотильний барабан пристрою попереднього обмолоту може виконувати функцію дозатора технологічної маси молотарки комбайна.

Виробничу перевірку проводили:

старший науковий співробітник

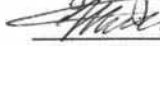
провідний науковий співробітник


науковий співробітник

аспірант


 А.Я. Кузьмич


 М.М. Анеляк


 О.М. Грицака


 М.В. Шевчук