

## 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 жниварки до транспортера похилої камери. У просторі між шнеком жниварки і транспортером зернозбирального комбайна розміщують пристрій попереднього обмолоту зерна, який уможлиблює 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 жниваркою.

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 жниварки 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 багатфакторного експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів:

*уперше:*

– розроблено експериментально-розрахунковий метод визначення кількості (ступеня) відділення зерна пристроєм жниварки 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 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 раза 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. Глевах.* 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 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. (Дисертантом проведено експериментальне дослідження з визначення показників якості насіння).

### **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. (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 staring. 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.