

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Підвищення ефективності збирання зернових культур з модернізацією
системи очистки зернозбирального комбайна**

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-1-22
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Триль Артем Андрійович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____

Дніпро, 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

Доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2026р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

Триль Артем Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності збирання зернових культур з модернізацією системи очистки зернозбирального комбайна

керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 05 » _____ 05 _____ 2026 року № 912

2. Строк подання студентом роботи _____ 20.05.2026

3. Вихідні дані до проекту Характеристика господарства та аналіз існуючих систем очистки зернозбиральних комбайнів. Опрацювання патентної інформації, літературних джерел і сучасних наукових досліджень за темою роботи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1.Характеристика підприємства. 2. Огляд конструкцій очисних систем комбайнів 3.Обґрунтування запропонованої конструкції комбайна. 4.Охорона праці та захист в навколишнього середовища.6.Техніко-економічна оцінка. Висновки та пропозиції. Література

5. Перелік графічного матеріалу

1. Агляд конструкцій систем очистки. 2. Загальний вид машини. 3. Пристрій вирівнювальний. 4. Деталювання. 5. Економічні показники.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
Нормоконтроль	Золотовська О.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 12.02.2026 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз господарства	до 15.03.2026	
2	Огляд конструкцій машин	до 08.04.2026	
3	Обґрунтування машини	до 15.04.2026	
4	Охорона праці	до 25.04.2026	
5	Економічний	до 05.05.2026	
6	Графічна частина	до 15.05.2026	

Студент

_____ Триль А.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Теслюк Г.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

[illegible]

Відомість дипломного проєкту

ДДАЕУ

АНОТАЦІЯ

Триль А.А. Підвищення ефективності збирання зернових культур з модернізацією системи очистки зернозбирального комбайна / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». - ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Дипломний проєкт присвячений підвищенню ефективності механізованого збирання зернових культур шляхом удосконалення процесу очищення зерна. У роботі проведено детальний аналіз сучасних конструкцій зерноочисних систем, виявлено їхні переваги та недоліки, а також визначено напрями для подальшого вдосконалення.

На основі виконаного аналізу запропоновано нову конструкцію очисного пристрою, яка спрямована на підвищення якості очищення зерна від домішок, зменшення втрат та покращення загальної продуктивності машини. Розроблена конструкція відрізняється раціональнішим використанням повітряного потоку та оптимізацією роботи решітного стану, що дозволяє досягти кращих показників сепарації.

У проєкті виконано необхідні інженерні розрахунки, зокрема конструктивні, технологічні та експлуатаційні, що підтверджують працездатність і надійність запропонованого технічного рішення. Окрему увагу приділено аналізу умов праці обслуговуючого персоналу.

Проведений техніко-економічний аналіз показав, що впровадження модернізованої конструкції є доцільним та економічно вигідним. Очікується зниження експлуатаційних витрат, підвищення продуктивності та покращення якості кінцевої продукції, що в цілому забезпечує позитивний економічний ефект для сільськогосподарських підприємств.

Ключові слова: шнековий пристрій, зернозбиральний комбайн, зернові культури, солома, полова.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФГ «АГРОКАЙРОН»	9
1.1 Загальна виробнича характеристика господарства	9
1.2 Виробництво продукції рослинництва	10
1.3 Склад та структура машинно-тракторного парку господарства.....	13
1.4 Економічні показники діяльності господарства	14
Висновок до розділу.....	16
2. ОГЛЯД ПАТЕНТІВ ТА ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНООЧИСНИХ ПРИСТРОЇВ КОМБАЙНІВ	17
Висновки по розділу	30
3. РОЗРОБКА ВДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ КОМБАЙНА.....	31
3.1. Конструкція та робочий процес вдосконаленого комбайна.....	31
3.2. Обґрунтування параметрів працездатності вирівнювального пристрою	34
3.3. Розрахунок ланцюгової передачі приводу центрального та бокових шнеків.....	42
3.4. Обґрунтування міцності вісі центрального шнека	45
3.5. Продуктивність агрегату та витрати палива	47
Висновок по розділу	48
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	49
4.1. Рекомендації по охороні праці при роботі на удосконаленому комбайні	49
4.2. Захист навколишнього середовища під час збирання зернових культур	50
Висновок по розділу	51
5. ОСНОВНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЄКТУ	53
Висновок по розділу	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	57
ЛІТЕРАТУРА	59
ДОДАТКИ.....	62

ВСТУП

Зернове виробництво в Україні здавна посідає ключове місце в розвитку аграрного сектору та є одним із важливих чинників підвищення добробуту населення. Завдяки сприятливим ґрунтово-кліматичним умовам, вигідному географічному й економічному положенню, а також працьовитості українського народу, Україна увійшла до числа провідних зернових країн світу. Протягом тривалого часу за площею посівів зернових і зернобобових культур вона перебувала серед зарубіжних держав на шостому-сьомому місцях, а за обсягами виробництва зерна на одну особу населення - на п'ятому-шостому місцях.

За останні роки врожайність зернових культур у Дніпропетровській області постійно знижується. Основними причинами зниження врожайності є недотримання усіх агротехнічних вимог при вирощуванні сільськогосподарських культур, несвоєчасні розрахунки за поставлену продукцію, що негативно впливає на фінансовий стан господарства, а також несприятливі погодні умови.

Протягом останніх років агропромисловий комплекс України зазнав глибоких негативних змін, що істотно позначилися як на виробництві, так і на соціальному становищі сільського населення. Однією з головних причин такого стану стало непослідовне та недостатньо узгоджене проведення аграрних перетворень. Відсутність цілісного підходу до реформування галузі, порушення економічної рівноваги між промисловим і сільськогосподарським секторами, а також недостатня взаємодія фінансово-кредитної системи з потребами аграрної сфери спричинили тривале зниження обсягів виробництва сільськогосподарської продукції. Одночасно посилювався процес виснаження ресурсного потенціалу господарств, а їх фінансова спроможність істотно зменшилася.

Суттєво погіршився рівень матеріально-технічного забезпечення сільського господарства. Спостерігається занепад потенціалу як у

рослинництві, так і в тваринництві, майже припинилося інвестування галузі, а оновлення машинно-тракторного парку відбувається вкрай повільно. За десять років кількість тракторів у сільському господарстві скоротилася майже вдвічі, а зернозбиральних комбайнів стало менше приблизно на 40 %. Особливо відчутним стало різке зменшення обсягів внесення органічних і мінеральних добрив, а також погіршення забезпечення сільськогосподарських виробників засобами хімічного захисту рослин. Крім того, порушилася збалансованість системи насінництва зернових, технічних і кормових культур.

У сукупності ці фактори зумовили значне скорочення виробництва валової продукції сільського господарства в країні. Загальний спад сягнув 51 %. Майже удвічі знизилися обсяги виробництва зерна, у 2,5 раза скоротилося виробництво цукрових буряків, у 4 рази — цукру, а виробництво м'яса і молока зменшилося на 50–60 %.

Подальший розвиток зернового господарства значною мірою залежатиме від науково обґрунтованого формування та впровадження зональних і внутрішньозональних систем його ведення. Такі системи мають передбачати комплекс агротехнічних, меліоративних, організаційно-економічних та інших заходів, спрямованих на підвищення врожайності, збільшення валового збору зерна, створення спеціалізованих зон товарного виробництва та поглиблення спеціалізації господарств на вирощуванні окремих культур.

1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФГ «АГРОКАЙРОН»

1.1 Загальна виробнича характеристика господарства

Фермерське господарство «Агрокайрон» розташоване на території Дніпропетровської області. Центральна садиба господарства знаходиться поблизу районного центру. Відстань до обласного центру м. Дніпро становить приблизно 70-90 км, а до найближчої залізничної станції — близько 20-30 км. Транспортне сполучення здійснюється автомобільними дорогами з твердим покриттям, що забезпечує стабільні зв'язки господарства з переробними підприємствами та пунктами реалізації продукції.

Головною сферою роботи фермерського господарства є рослинницький напрям. Підприємство зосереджене на вирощуванні основних сільськогосподарських культур, серед яких провідне місце займають зернові та технічні. У структурі посівів господарства переважають озима пшениця, ячмінь, кукурудза і соняшник. Виробничий напрям господарства можна охарактеризувати як зерново-технічний.

Господарство розташоване у степовій зоні України, для якої характерний помірно континентальний клімат. Середньомісячна температура найхолоднішого місяця року - січня становить - 5...7°C, а найтеплішого - липня +22...+30°C. Безморозний період триває в середньому 170 - 200 днів.

Перші осінні заморозки зазвичай настають у другій декаді жовтня, а останні весняні - наприкінці квітня або на початку травня. Середня тривалість вегетаційного періоду становить близько 200 - 210 днів.

Середньорічна кількість опадів у зоні розташування господарства становить приблизно 400 - 450 мм. Основна їх частина припадає на весняно-літній період. Проте нерівномірність випадання опадів часто призводить до нестачі вологи у ґрунті.

Рельєф території господарства переважно рівнинний з незначними ухилами 1- 3°, що створює сприятливі умови для використання сучасної сільськогосподарської техніки.

Ґрунти представлені переважно чорноземами звичайними та південними, які характеризуються високою природною родючістю. Вміст гумусу в орному шарі становить 3 - 4 %. Родючість ґрунтів оцінюється як висока. В таблиці 1.1. наведена забезпеченість трудовими ресурсами господарства.

Таблиця 1.1

Забезпеченість трудовими ресурсами

Найменування	Кількість, осіб
Чисельність працівників всього	14
у тому числі управлінський персонал	2
працівники рослинництва	8
допоміжний персонал	4

Аналіз структури трудових ресурсів показує, що більшість працівників зайнята у галузі рослинництва, що відповідає спеціалізації господарства.

1.2 Виробництво продукції рослинництва

Галузь рослинництва є основною у фермерському господарстві «Агрокайрон». Ефективність виробництва значною мірою залежить від структури земельних угідь наведеної в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Структура сільськогосподарських угідь

Найменування	2021	2022	2023
Загальна земельна площа, га	2100	2150	2200

Всього с.-г. угідь	2000	2050	2100
у т.ч. рілля	1900	1950	2000
сіножаті	40	40	40
пасовища	35	35	35
інші угіддя	25	25	25

Аналіз таблиці показує, що більшу частину земельних ресурсів займає рілля, частка якої перевищує 90 %.

Таблиця 1.3

Структура посівних площ

Культура	2021	2022	2023
Озима пшениця	720	750	770
Ячмінь	240	230	220
Кукурудза на зерно	310	340	360
Соняшник	420	430	440
Горох	110	90	80
Кормові культури	100	110	130

Переважну частину посівів займають зернові та соняшник, що відображає профіль спеціалізації господарства.

Врожайність культур є ключовим показником продуктивності сільськогосподарського виробництва та ефективності використання земельних ресурсів. Вона відображає кількість продукції, отриманої з одиниці площі, і є основою для планування економічних показників господарства, визначення прибутковості та оцінки ефективності застосованих агротехнологій. Аналіз динаміки врожайності дозволяє виявити вплив погодних умов, застосування добрив, систем обробітку ґрунту та інших факторів на продуктивність окремих культур. Нижче наведено таблицю, що відображає врожайність основних сільськогосподарських культур за 2021-2023 роки.

Таблиця 1.4

Врожайність сільськогосподарських культур

Культура	2021 (ц/га)	2022 (ц/га)	2023 (ц/га)
Озима пшениця	42	38	44
Ячмінь	32	30	35
Кукурудза	55	60	63
Соняшник	22	20	24
Горох	25	23	27

Збільшення врожайності (рис.1) пояснюється використанням сучасних технологій вирощування, високоякісного насіннєвого матеріалу та застосуванням мінеральних добрив.



Рис.1. Графік динаміки врожайності основних сільськогосподарських культур за 2021-2023 роки.

На ньому видно, що: кукурудза демонструє стабільне зростання урожайності. Озима пшениця та ячмінь мають коливання, але у 2023 році показники зросли порівняно з 2021 роком. Соняшник та горох також відновили урожайність у 2023 році після зниження у 2022 році.

Графік наочно відображає тенденції та дозволяє швидко оцінити ефективність вирощування різних культур у різні роки.

1.3 Склад та структура машинно-тракторного парку господарства

Важливу роль у виробничій діяльності господарства відіграє машинно-тракторний парк, який забезпечує виконання основних технологічних операцій при вирощуванні сільськогосподарських культур.

Таблиця 1.5

Склад машинно-тракторного парку

Найменування техніки	Марка / модель	Кількість
Трактори	МТЗ-82.1	4
Трактори	John Deere 6930	2
Комбайни зернозбиральні	John Deere 9670 STS	2
Сівалки зернові	СЗ-5,4	2
Сівалки зернові	Horsch Pronto 6 DC	1
Культиватори	КПС-4	3
Культиватор	Case Tiger Mate	1
Борони дискові	БДТ-7	2
Борони дискові	Lemken Rubin 9	1
Обприскувачі	ОП-2000	1
Обприскувачі	Amazone UX 3200	1
Причепи тракторні	2ПТС-4	2

Наявність сучасної техніки дає можливість господарству виконувати всі польові роботи у встановлені агротехнічні строки.

Наявність сучасної техніки дає можливість господарству виконувати всі польові роботи у встановлені агротехнічні строки.

1.4 Економічні показники діяльності господарства

Економічні показники діяльності сільськогосподарського підприємства є важливими характеристиками ефективності його функціонування та рівня використання виробничих ресурсів. Вони відображають результати виробничо-господарської діяльності, дозволяють оцінити рівень прибутковості, продуктивність виробництва та економічну доцільність застосування сучасних технологій і технічних засобів. Аналіз економічних показників дає змогу визначити тенденції розвитку господарства, ефективність використання матеріально-технічної бази, а також обґрунтувати напрями подальшого підвищення економічної результативності виробництва.

Для оцінки ефективності діяльності фермерського господарства проведемо аналіз основних економічних показників за 2021-2023 роки, які наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

Основні економічні показники

Показник	2021	2022	2023
Валовий збір зерна, т	5200	5400	5750
Виручка від реалізації, тис. грн	28500	30200	33600
Собівартість продукції, тис. грн	21000	22300	24100
Прибуток, тис. грн	7500	7900	9500
Рентабельність, %	35	35,4	39,4

Аналіз економічних показників свідчить про стабільний розвиток фермерського господарства та поступове підвищення ефективності його діяльності. У виробництві зерна відмічається стійка тенденція до зростання. Порівняно з 2021 роком, у 2022 році обсяг валового збору збільшився на 200 т, а в 2023 році приріст становив ще 350 т. Загалом за досліджуваний період приріст становив 550 т, що свідчить про покращення рівня організації виробництва, застосування ефективніших технологій вирощування культур та використання сучасної сільськогосподарської техніки.

Доходи господарства від продажу виробленої продукції щороку збільшуються. Якщо у 2022 році обсяг виручки досяг 30200 тис. грн, що перевищило рівень 2021 року на 1700 тис. грн, то у 2023 році цей показник зріс уже до 33600 тис. грн. Отже, порівняно з попереднім роком приріст становив 3400 тис. грн. Позитивна динаміка виручки пояснюється насамперед розширенням обсягів виробництва, а також підвищенням реалізаційної вартості зернової продукції.

Упродовж аналізованих років витрати на виробництво продукції мали тенденцію до підвищення. Так, у 2021 році собівартість становила 21000 тис. грн, у 2022 році вона зросла до 22300 тис. грн, а у 2023 році досягла 24100 тис. грн. Підвищення цього показника зумовлене подорожчанням основних матеріально-технічних ресурсів, зокрема пального, насінневого матеріалу, мінеральних добрив і засобів захисту рослин, а також загальним збільшенням виробничих витрат у сільському господарстві.

Попри зростання витрат на виробництво, фінансові результати господарства залишаються позитивними та демонструють поступове поліпшення. Якщо у 2021 році розмір прибутку становив 7500 тис. грн, то у 2022 році він збільшився до 7900 тис. грн, а в 2023 році зріс до 9500 тис. грн. Це свідчить про підвищення ефективності господарської діяльності підприємства. Таким чином, за три роки прибуток збільшився на 2000 тис. грн, що свідчить про підвищення ефективності виробництва та раціональне використання ресурсів підприємства.

Показник рентабельності також має тенденцію до зростання. Якщо у 2021 році рівень рентабельності становив 35 %, то у 2022 році він незначно зріс до 35,4 %, а у 2023 році досяг 39,4 %. Збільшення рівня рентабельності свідчить про підвищення економічної ефективності діяльності господарства та більш ефективне співвідношення між витратами і отриманими результатами.

Висновок до розділу

Проведений аналіз господарської діяльності фермерського господарства «Агрокайрон» показав, що підприємство має сприятливі природно-кліматичні умови для ведення сільськогосподарського виробництва. Основною галуззю діяльності є рослинництво, зокрема вирощування зернових і технічних культур.

Структура земельних угідь характеризується високою часткою ріллі, що створює умови для ефективного використання земельних ресурсів. Машинно-тракторний парк господарства забезпечує виконання основних технологічних операцій у рослинництві.

Економічні показники діяльності свідчать про позитивну динаміку розвитку підприємства та достатній рівень рентабельності виробництва.

Отже, фермерське господарство має достатній виробничий потенціал для подальшого підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

2. ОГЛЯД ПАТЕНТІВ ТА ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНООЧИСНИХ ПРИСТРОЇВ КОМБАЙНІВ

Існує технічне рішення, описане в авторському свідоцтві № 2023367 (рис. 2.1), яке спрямоване на підвищення продуктивності очистки зерна та зменшення втрат під час процесу. Це досягається за рахунок спеціального розташування двох транспортних дощок, оснащених пальцевими гребінками. Нижня дошка має решето з регульованими отворами та дводифузорийний вентилятор.

Процес очистки включає транспортну дошку 1, на яку встановлюється решето 3 та пальцеві гребінки 2 і 4. Під транспортною дошкою та решетом розташований вентилятор 5 з незалежним приводом. Корпус вентилятора складається з двох дифузорів: верхнього та нижнього.

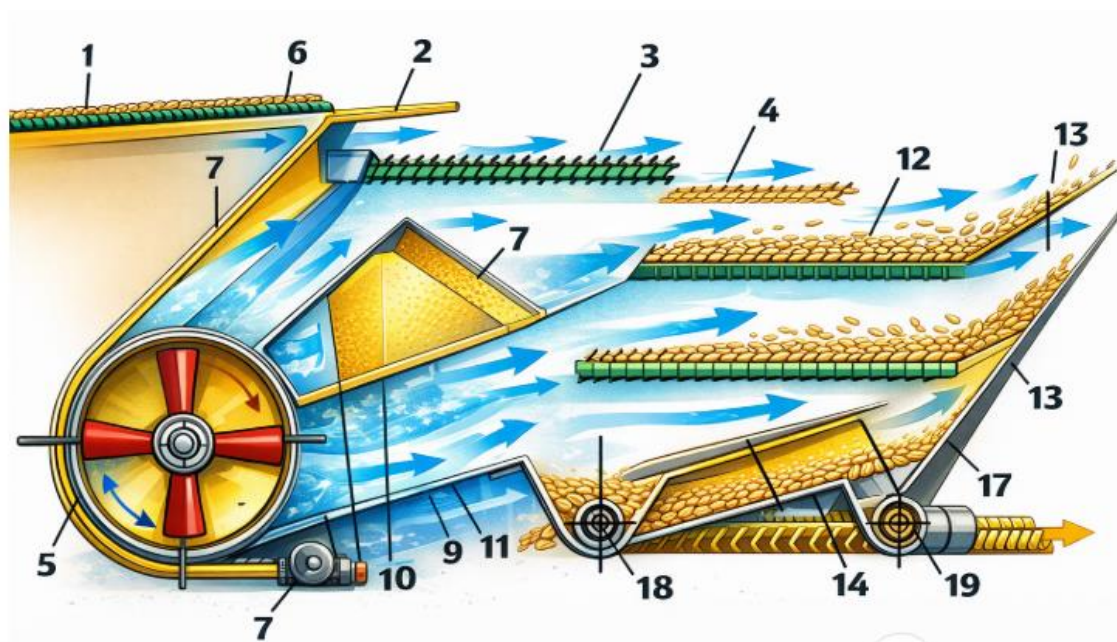


Рис. 2.1. А.С. №2023367 Пристрій для очистки зернозбирального комбайна

Верхній дифузор 6 має прямолінійні стінки 7 і 8, встановлені під оптимальним кутом для ефективного продування решета 3. Нижній дифузор 9 також має прямолінійні стінки 10 і 11, призначені для подачі повітря на

верхнє решето 12, нижнє решето 14 та подовжувач 13. Під нижнім решетом 14 встановлений скатний лист 17, по якому зерно надходить до зернового шнека 18, а недомолочені колоски направляються до колосового шнека 19.

Технологічний процес очистки зерна відбувається у наступній послідовності. Спочатку включається вентилятор 5 з незалежним приводом (наприклад, електродвигуном), який подає повітря через дифузори 6 і 9 під пальцеві гребінки 2 і 4, решета 3 та 12 і подовжувач 13.

Після запуску загального приводу молотарки комбайна система очистки починає коливатися. При цьому верхнє решето 12 і нижнє решето 14 рухаються у протифазі. Обмолочена зернова маса, що містить зерно, дрібну соломку та недомолочені колоски, подається транспортною дошкою 1 на пальцеву гребінку 2. Далі зернова суміш просипається на решето 3, де під дією повітряного потоку легкі соломисті частинки відокремлюються та видаляються, а зерно переміщається далі завдяки коливанню решета 3 та пальцевої гребінки 4.

Очищене зерно по скатному листу 17 надходить до зернового шнека 18. Після завершення робочого циклу спочатку вимикається молотарка разом із системою очистки, а після повної зупинки - вентилятор 5.

Існує патент на корисну модель №73546 (рис.2.2). Метою корисної моделі є удосконалення процесу очищення зерна з метою зниження витрат на його виробництво. Вирішення поставленого завдання забезпечується тим, що решето очищення зерна зернозбирального комбайна, яке містить рамку, жалюзі у формі еластомерних трубок і механізм їх осьового розтягнення, відповідно до корисної моделі доповнене двома напрямними. Напрявні розташовані діаметрально відносно одна одної в радіальних

напрямках та виконані за одне ціле з еластомерними трубками з того самого матеріалу.

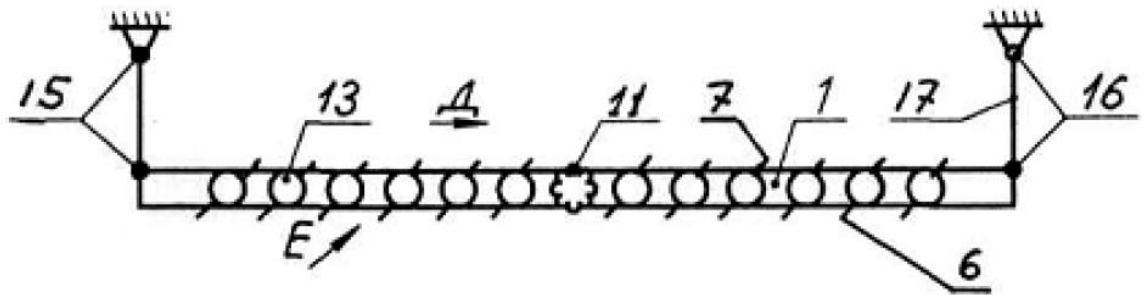


Fig. 1

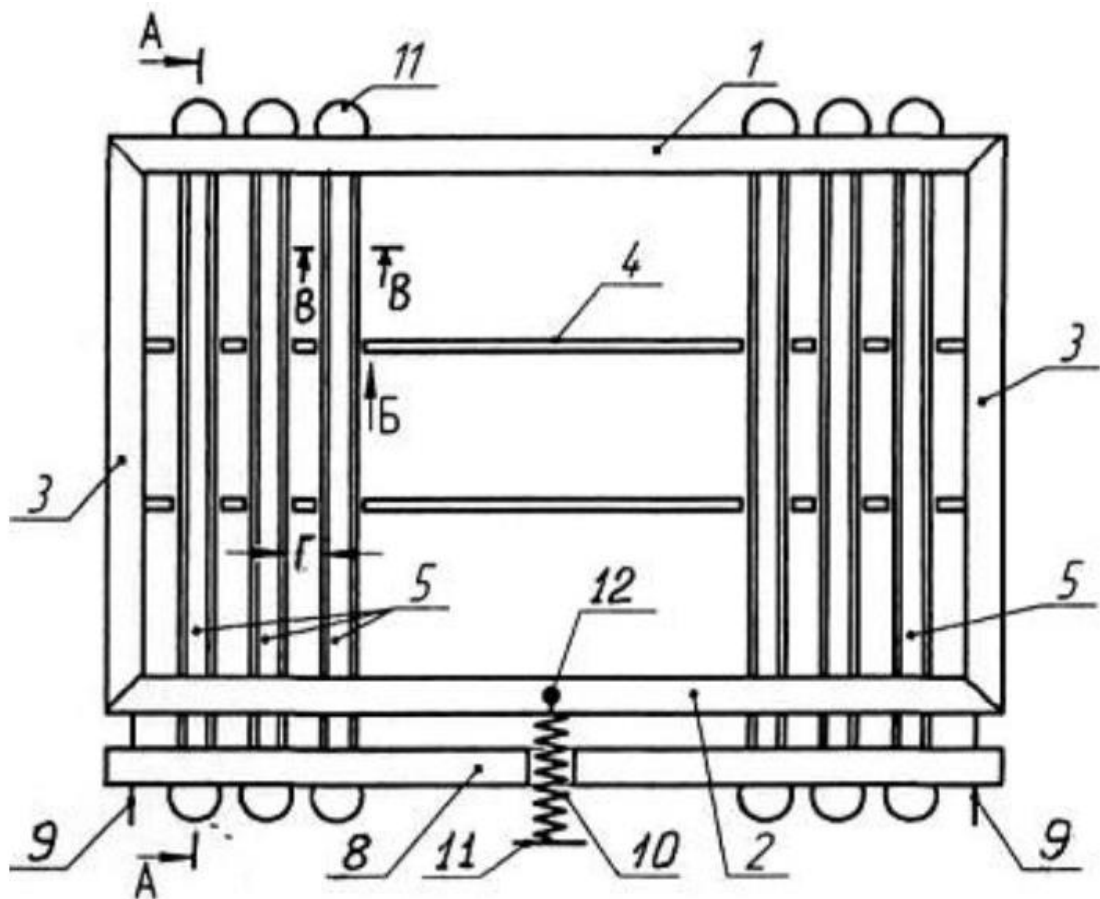


Рис. 2.2. А.С. №73546 Решето очищення зерна зернозбирального комбайна

Решето очищення зерна зернозбирального комбайна з еластичними жалюзі функціонує наступним чином. Зерновий ворох, що надходить із молотильно-сепарувального пристрою комбайна, подається на коливальне решето. У процесі роботи решето здійснює зворотно-поступальні коливання, внаслідок чого зерновий ворох переміщується по його поверхні у напрямку, позначеному стрілкою Д (рис. 2.2.). Під дією коливань відбувається розпушення шару вороху та його часткове розділення за масою і розмірами частинок.

Одночасно знизу на решето та шар зернового вороху подається повітряний потік, який створюється вентилятором системи очищення зернозбирального комбайна. Цей потік спрямований у напрямку стрілки Е і призначений для відокремлення легких домішок, таких як солома, пил, подрібнені рослинні рештки та інші легкі частинки. Під дією повітряного потоку ці домішки піднімаються і виносяться за межі робочої зони решета, тоді як більш важкі зернини проходять крізь отвори решета або переміщуються далі по його поверхні.

Для забезпечення високої якості очищення зерна та мінімізації його втрат важливе значення має правильне регулювання робочого зазору між елементами жалюзі решета. Величина цього зазору визначає інтенсивність проходження зерна та домішок через робочу поверхню решета. Надто великий зазор може призвести до втрат зерна разом із домішками, тоді як надто малий - до зниження продуктивності процесу очищення.

Регулювання зазору здійснюється шляхом зміни геометричних параметрів еластичних порожнистих трубок 5, які виконують функцію жалюзі. Для цього використовується спеціальний механізм переміщення, що дозволяє здійснювати осьове розтягування або стискання зазначених трубок.

Під час обертання маховика 11 за годинниковою стрілкою гвинт 10 вступає у взаємодію з гайкою, закріпленою на планці 8. У результаті цього планка переміщується у напрямку від решета. Таке переміщення призводить

до розтягування еластичних трубок 5 вздовж їх осі. При розтягуванні діаметр трубок зменшується, що спричиняє збільшення робочого зазору Γ між елементами жалюзі. Завдяки цьому змінюється інтенсивність проходження зерна та домішок через решето.

У випадку необхідності зменшення зазору Γ маховик обертають у протилежному напрямку, тобто проти годинникової стрілки. При цьому планка 8 переміщується у напрямку до решета, що призводить до послаблення натягу еластичних трубок 5. Внаслідок цього їх діаметр збільшується, а робочий зазор між жалюзі відповідно зменшується. Така конструкція забезпечує плавне та зручне регулювання параметрів роботи решета залежно від умов збирання та властивостей зернового вороху.

Для забезпечення стабільної та надійної роботи механізму переміщення передбачено використання напрямних 9. Вони забезпечують рівномірний рух планки 8, запобігаючи її перекосу або заклинюванню під час регулювання. Завдяки цьому підвищується точність встановлення необхідного зазору та надійність роботи всієї системи.

Крім того, напрямні 6 і 7 виконують функцію формування та спрямування повітряного потоку, який подається від вентилятора. Вони забезпечують рівномірний розподіл повітря по всій площі решета та спрямовують його безпосередньо на шар зернового вороху. Це сприяє більш ефективному відокремленню легких домішок і покращує загальну якість очищення зерна.

Таким чином, запропонована конструкція решета з еластичними жалюзі забезпечує можливість точного регулювання робочих параметрів процесу очищення, підвищує ефективність відокремлення домішок та сприяє зменшенню втрат зерна під час роботи зернозбирального комбайна.

Відоме технічне рішення, описане в авторському свідоцтві №1579479, метою якого є спрощення конструкції системи очищення зерна зернозбирального комбайна та підвищення ефективності її роботи (рис. 2.3). Запропонована конструкція дозволяє зменшити складність вузлів системи

очищення та забезпечити більш раціональний розподіл зернового вороху перед його подальшим проходженням через решітну систему.

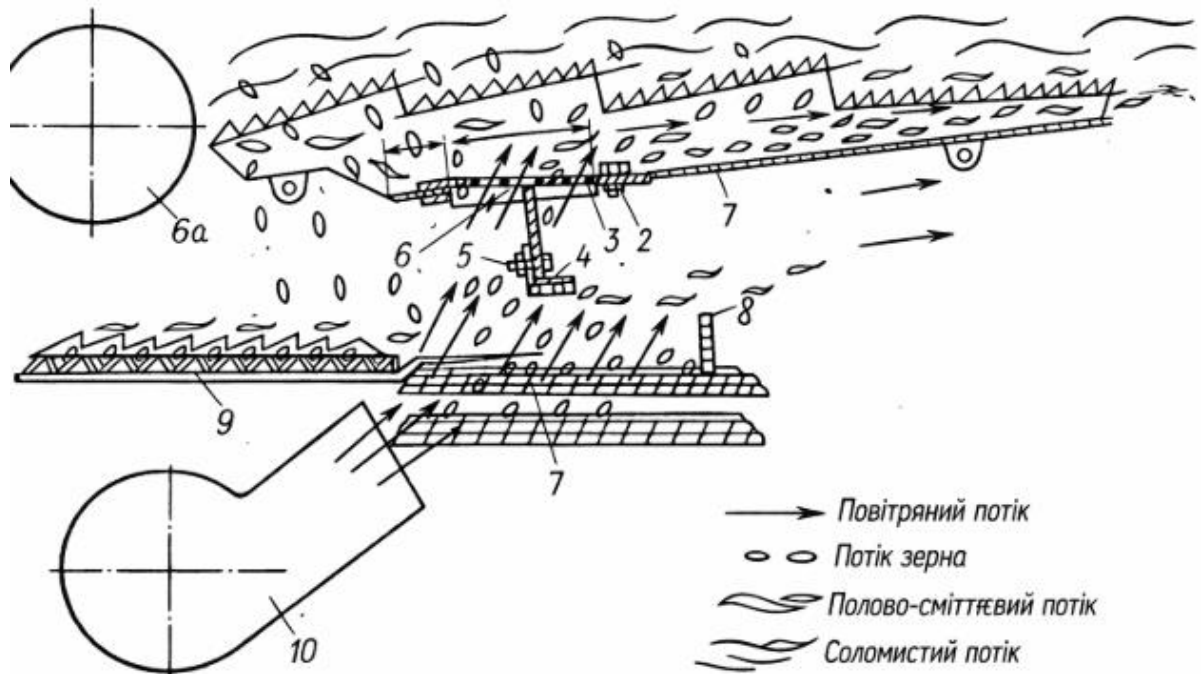


Рис. 2.3. Авторське свідоцтво № 1579479 Очистка зернозбирального комбайна

Досягнення поставленої мети забезпечується особливостями конструктивного виконання елементів системи. Очистка зерна містить піддон 1 соломотряса, у якому передбачено спеціальний виріз або вікно. У цьому вікні встановлюється додаткове решето 3, яке закріплюється за допомогою двох болтів 2. Кріплення здійснюється до спеціального кронштейна 4, що забезпечує надійну фіксацію решета та його стабільне положення під час роботи комбайна.

Додаткове решето розміщується поперек молотарки, що сприяє рівномірнішому розподілу зернового вороху, який надходить із соломотряса. Завдяки такому розташуванню частина зерна та дрібних домішок попередньо відокремлюється ще до потрапляння основної маси матеріалу на основні решета системи очищення. Це дозволяє зменшити

навантаження на основні робочі органи очисної системи та підвищити ефективність їх роботи.

Крім того, встановлення додаткового решета у піддоні соломотряса сприяє покращенню умов сепарації зерна від соломистих решток. Частина зерна, яка осипається з соломотряса, одразу потрапляє на додаткове решето, де відбувається його попереднє очищення. У результаті цього зменшуються втрати зерна разом із соломою та підвищується загальна продуктивність роботи зернозбирального комбайна.

Технологічний процес відбувається таким чином. Частина зерно-соломистої маси, переміщуючись по соломотрясу, потрапляє на піддон 1, а також на додаткове решето 3. На поверхні додаткового решета відбувається попереднє відокремлення зерна від соломистих домішок. Віділене зерно після цього спрямовується на решітний стан 7 для подальшої очистки.

З метою запобігання забиванню отворів додаткового решета під ним встановлюються спеціальні чистики 6, які очищають робочу поверхню решета від накопичених домішок та забезпечують стабільність його роботи.

Подальший процес очищення відбувається на решітному стані 7. Тут під дією повітряного потоку, створюваного вентилятором 10, відбувається відокремлення легких домішок, зокрема полови, від зерна. Повітряний потік піднімає та відносить легкі частинки, тоді як більш важке зерно залишається на решетах і спрямовується до подальших елементів зерноочисної системи комбайна.

Таким чином, запропонована конструкція системи очищення дозволяє спростити її будову, підвищити ефективність попереднього відокремлення зерна та покращити умови роботи основних очисних органів комбайна.

Існує технічне рішення, описане в авторському свідоцтві №2001547 (рис. 2.4), яке спрямоване на підвищення надійності роботи та зниження вартості конструкції системи очищення.

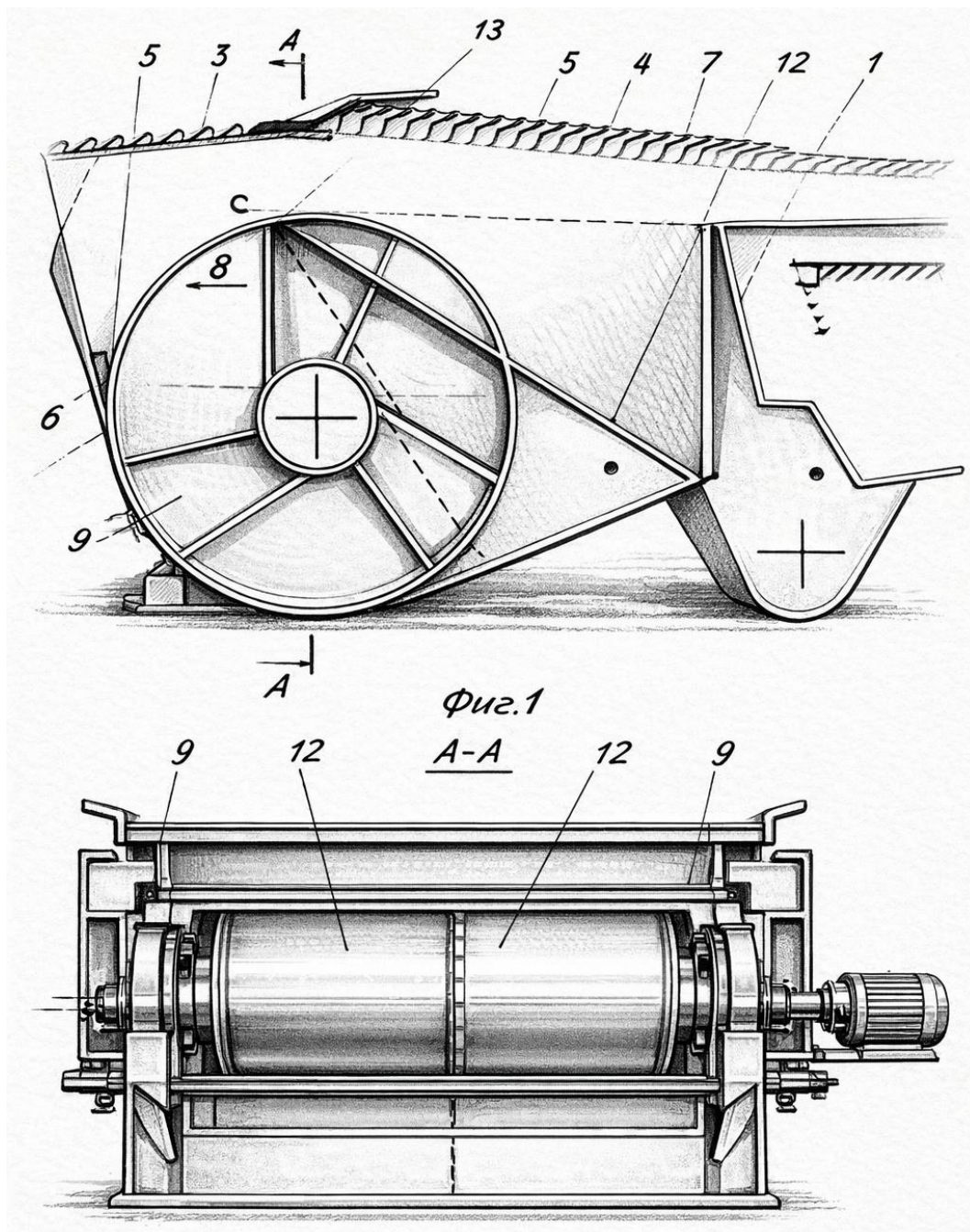


Рис. 2.4. А.С. №2001547 Очистка зернозбирального комбайна

Пристрій для очищення зерна складається з верхнього решета 1 та нижнього решета 2, які забезпечують розділення зернової суміші за розмірами. Подача вороху здійснюється за допомогою струшуючої дошки 3, що з'єднана з решітною надставкою 4 та повітропроникним листом 5, через який проходить повітряний потік. Для створення та регулювання повітряного потоку використовується вентилятор 6, оснащений патрубками 7 і 8, робочими колесами 9 і корпусом 10.

Робота пристрою відбувається таким чином. Під час обертання коліс 9 вентилятор засмоктує повітря та спрямовує його у внутрішню порожнину корпусу 10. Далі за допомогою перегородки 12 повітряний потік розділяється на два окремі потоки. Перший, основний, подається через патрубок 7 у зону очищення, де він відокремлює легкі домішки від зерна. Другий, допоміжний потік, направляється через патрубок 8 для додаткового впливу на ворох і покращення якості очищення. Надлишковий об'єм повітря при цьому регулюється та частково гаситься за допомогою гідравлічного клапана 15, що забезпечує стабільність роботи системи.

Завдяки такому конструктивному виконанню досягається більш рівномірний розподіл повітряних потоків у зоні очищення, підвищується ефективність відділення домішок, а також покращується надійність роботи всієї системи. Крім того, спрощення конструкції та оптимізація роботи вентилятора сприяють зниженню матеріальних витрат і загальному здешевленню пристрою.

Одним із найбільш розповсюджених типів систем відокремлення соломистої маси є клавішний соломотряс. Його конструкція може включати три, чотири, п'ять або шість клавіш (рис.2.5.), що дає змогу підбирати оптимальну конфігурацію залежно від продуктивності комбайна та умов збирання. Зі збільшенням кількості клавіш зростає площа сепарації та тривалість перебування вороху на соломотрясі, що позитивно впливає на повноту виділення зерна.

Принцип роботи клавішного соломотряса базується на пасивній сепарації. Після обмолоту в молотильному апараті соломисто-зернова маса надходить на клавіші, які здійснюють коливальні рухи. У процесі цих рухів шар вороху розпушується та переміщується вздовж соломотряса, при цьому зерно та дрібні домішки просипаються крізь щілини між клавішами на нижчі робочі органи системи очищення. Солома ж, як більш легка і довговолокниста складова, поступово переміщується до виходу та виводиться з машини.



Рис. 2.5. Схема клавішно-каскадного соломотряса та системи очистки компанії CLAAS [4]

Така схема є простою, надійною та добре відпрацьованою в експлуатації, тому її широко застосовують практично всі виробники зернозбиральних комбайнів із класичною барабанною молотаркою. Серед її переваг - невисока вартість, ремонтпридатність і стабільність роботи за різних умов. Водночас ефективність клавішного соломотряса значною мірою залежить від рівномірності подачі маси, вологості соломи та налаштування режимів роботи, що враховується при проектуванні та експлуатації сучасних машин.

Сепарація зерна відбувається на довжині 5,40 м, що забезпечує ефективне відокремлення залишкового зерна від соломи. Потік соломи рівномірно переміщується через відкритий знизу соломотряс такої ж довжини, завдяки чому практично все зерно надійно відділяється. Виділене зерно за допомогою спеціальної скатної дошки спрямовується на стрясну дошку для подальшої обробки. Така конструкція дозволяє швидко та ефективно працювати навіть із великими обсягами соломистої маси.

Інтенсивна система соломотряса CLAAS має додаткові елементи для покращення процесу сепарації. Над кожною клавішею встановлено по дві

граблини з важільним приводом, які активно розпушують солому зверху. Це сприяє рівномірному розподілу маси тонким шаром і покращує її проходження через соломотряс. У результаті зерно легше відокремлюється від соломи, проходить крізь решітчасту поверхню і потрапляє на скатну дошку.

Контроль процесу сепарації та очищення здійснюється безпосередньо з кабіни комбайна за допомогою системи контролю пропускної здатності CLAAS. Вона забезпечує точне відображення параметрів роботи та автоматично підлаштовується під різні умови збирання і типи культур. Це дає змогу оператору оперативно регулювати процес і досягати максимальної ефективності.

До основних переваг системи належить можливість одночасного контролю і швидкого налаштування параметрів очищення та сепарації, а також визначення оптимальної швидкості руху комбайна під час обмолоту, що сприяє підвищенню продуктивності роботи.

Також існують зхеми очистки з подвійним вентилятором очистки зернового матеріалу (рис.2.6.). Ця система передбачає використання двох повітряних потоків, що створюються переднім і заднім вентиляторами або двозонною подачею повітря. Основні елементи: верхнє та нижнє решета; передній вентилятор; задній вентилятор; система регулювання повітряних потоків.



Рис. 2.6. Система очистки комбайна з подвійним вентилятором

На першому етапі один повітряний потік здійснює попереднє очищення зернової суміші. На другому етапі інший потік забезпечує доочищення. Така двоступенева схема підвищує ефективність сепарації, особливо при збиранні вологих або засмічених культур.

Система характеризується високою якістю очищення та стабільністю роботи при великих навантаженнях. Водночас вона є конструктивно складною та потребує більших енергетичних витрат.

Також набирають уваги конструкції системи 4D-очистки зернозбирального комбайна New Holland (рис.2.7.). На рисунку показано принцип роботи системи 4D-очистки зернозбирального комбайна, яка застосовується для стабілізації процесу очищення зернового вороху під час роботи машини на схилах і нерівних ділянках поля. Основне призначення такої системи полягає у збереженні рівномірного завантаження решітного стану, підтриманні сталого повітряного потоку та зменшенні втрат зерна за складних умов збирання.

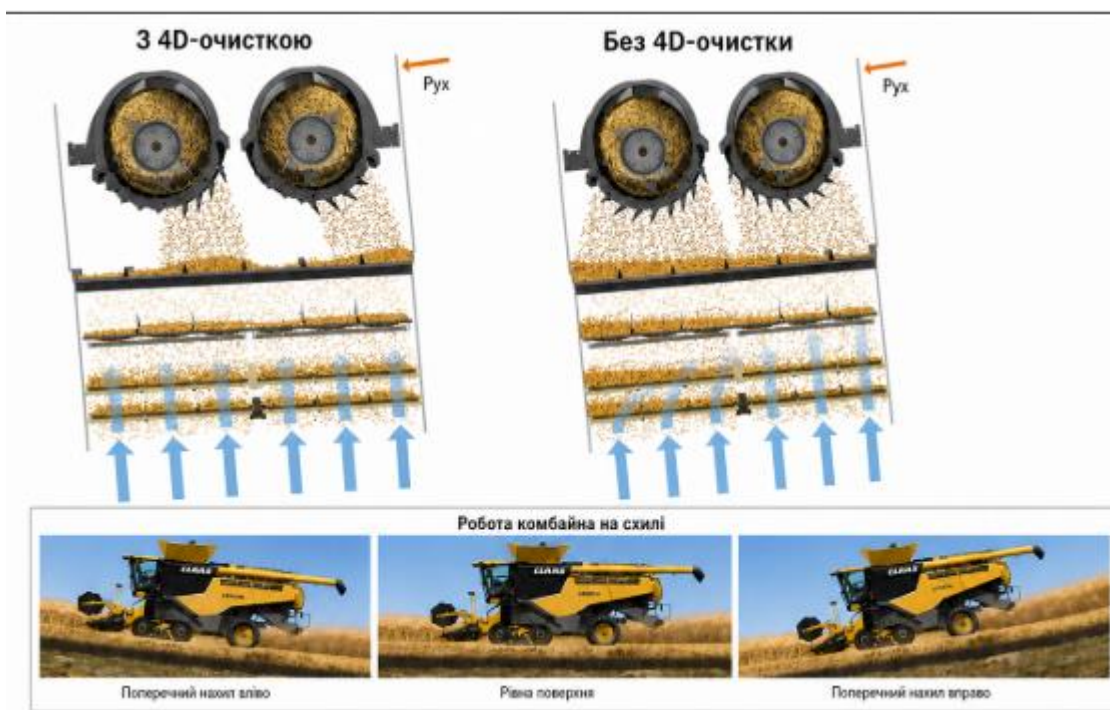


Рис.2.7. Принцип роботи системи 4D-очистки зернозбирального комбайна New Holland

У звичайній системі очистки під час руху комбайна по схилу зерновий ворох зміщується до нижнього боку решіт. Унаслідок цього одна частина решітного стану перевантажується, а інша використовується неповністю. Це погіршує проходження зерна крізь решета, збільшує кількість домішок у бункерному зерні та може призводити до винесення частини повноцінного зерна разом із половиною за межі комбайна. Саме таку ситуацію зображено на правій частині схеми - без 4D-очистки.

Система 4D-очистки працює за іншим принципом. Вона враховує поперечний і поздовжній нахил комбайна та автоматично коригує роботу елементів сепарації й очистки. За даними CLAAS, система 4D cleaning керує положенням роторних заслінок залежно від нахилу, щоб ефективніше використовувати пропускну здатність очистки, а система AUTO SLOPE може змінювати налаштування вентилятора відповідно до ухилу поля.

Під час поперечного нахилу машини система не допускає надмірного накопичення вороху на одному боці решіт. Завдяки цьому зерносоломиста маса розподіляється по всій ширині решітного стану більш рівномірно. Повітряний потік від вентилятора проходить через решета стабільніше, легкі домішки краще виносяться з комбайна, а зерно рівномірно просівається до зернового шнека. Це показано на лівій частині рисунка - з 4D-очисткою, де шар вороху розміщений більш рівномірно по ширині решіт.

Важливою особливістю системи є те, що вона працює автоматично і не потребує постійного ручного втручання оператора. Датчики визначають положення комбайна відносно схилу, після чого електронна система змінює положення заслінок, а в окремих режимах - параметри роботи вентилятора та решіт. У технічних матеріалах CLAAS зазначено, що під час руху комбайна вгору або вниз по схилу система може автоматично змінювати швидкість вентилятора: під час руху вгору швидкість повітряного потоку зменшується, а під час руху вниз - збільшується, що допомагає уникнути скупчення матеріалу в передній або задній частині очистки.

Конструктивно така система поєднує кілька елементів: решітний стан, вентилятор очистки, датчики нахилу, електронний блок керування та виконавчі механізми для зміни положення заслінок і параметрів повітряного потоку. У результаті ворох не концентрується лише з одного боку, а подається на решета рівномірніше. Це дає змогу краще використовувати всю робочу площу решіт і зменшує ймовірність перевантаження окремих зон.

Перевагою 4D-очистки є підвищення стабільності роботи комбайна на полях зі складним рельєфом. Якщо класична система очистки найбільш ефективно працює на рівній поверхні, то 4D-система дозволяє зберігати якість очистки навіть під час руху по схилах. Це особливо важливо під час збирання високоврожайних культур, коли на решітний стан надходить значна кількість зернового вороху, а будь-яке нерівномірне його розміщення швидко призводить до втрат.

Висновки по розділу

1. Проведений аналіз науково-технічних джерел, а також патентний огляд існуючих конструкцій систем очищення зерна показали наявність суттєвих недоліків і невирішених питань у цій галузі. Зокрема, встановлено, що сучасні системи очищення не завжди забезпечують достатню ефективність сепарації, особливо за складних умов збирання, що зумовлює втрати зерна та зниження продуктивності. Це свідчить про актуальність подальшого вдосконалення конструкцій і пошуку нових технічних рішень.

2. На основі отриманих результатів аналізу та узагальнення існуючих рішень було прийнято обґрунтоване рішення щодо модернізації системи очищення зернозбирального комбайна КЗС-9. Основною метою такого вдосконалення є підвищення ефективності очищення зернової маси, зменшення втрат, покращення якості кінцевого продукту, а також підвищення надійності та економічності роботи машини в цілому.

3. РОЗРОБКА ВДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ КОМБАЙНА

3.1. Конструкція та робочий процес вдосконаленого комбайна

Головними шляхами підвищення ефективності роботи зернозбиральних комбайнів є збільшення продуктивності за рахунок створення і використання широкозахватних машин, підвищення їх робочих швидкостей, вантажопідйомності та пропускної здатності, а також підвищення універсальності і рівня автоматизації. Крім того, важливим є поліпшення умов праці операторів комбайнів і вдосконалення організації робочих процесів.

Зернозбиральні машини здатні забезпечити високу якість збирання лише за умови правильного підбору та налаштування їх робочих органів відповідно до характеристик культури, яка обробляється, а також за умови, що рослини підходять для механізованого збирання.

Придатність тієї чи іншої культури для машинної обробки визначається фізико-механічними властивостями та біологічними особливостями рослин, а також їх станом під час збору врожаю. Тому при розробці нових комбайнів враховують агробіологічні характеристики культур, а при створенні нових сортів - їх здатність ефективно піддаватися механізованому збиранню.

Виходячи з наведеного та з урахуванням того, що ефективність роботи комбайна на схилах залежить від його бокових і поздовжніх кренів, доцільною є розробка пристрою, який би додатково вирівнював зерновий ворох на транспортній дошці системи очищення (рис.3.1). Нині провідні виробники пропонують різні технічні рішення для цієї задачі, проте вони значно ускладнюють конструкцію комбайна та потребують складних налаштувань.

Тому пропонується встановити над транспортною дошкою додатковий шнековий вирівнювальний пристрій (рис.3.2.), що забезпечує рівномірний розподіл технологічної маси на поверхні дошки.

Вирівнювальний пристрій складається з одинарного та подвійного комбінованого шнеків, розташованих над транспортною дошкою. Подвійний шнек включає центральний та два бокових консольних шнеки, при цьому вісь центрального шнека зміщена відносно осей бокових у напрямку, протилежному руху зернового вороху. Привід пристрою формують ведучий вал із зірочками та ведучі зірочки, змонтовані на напіввалах, що забезпечує синхронну роботу всіх шнеків та ефективне вирівнювання маси.

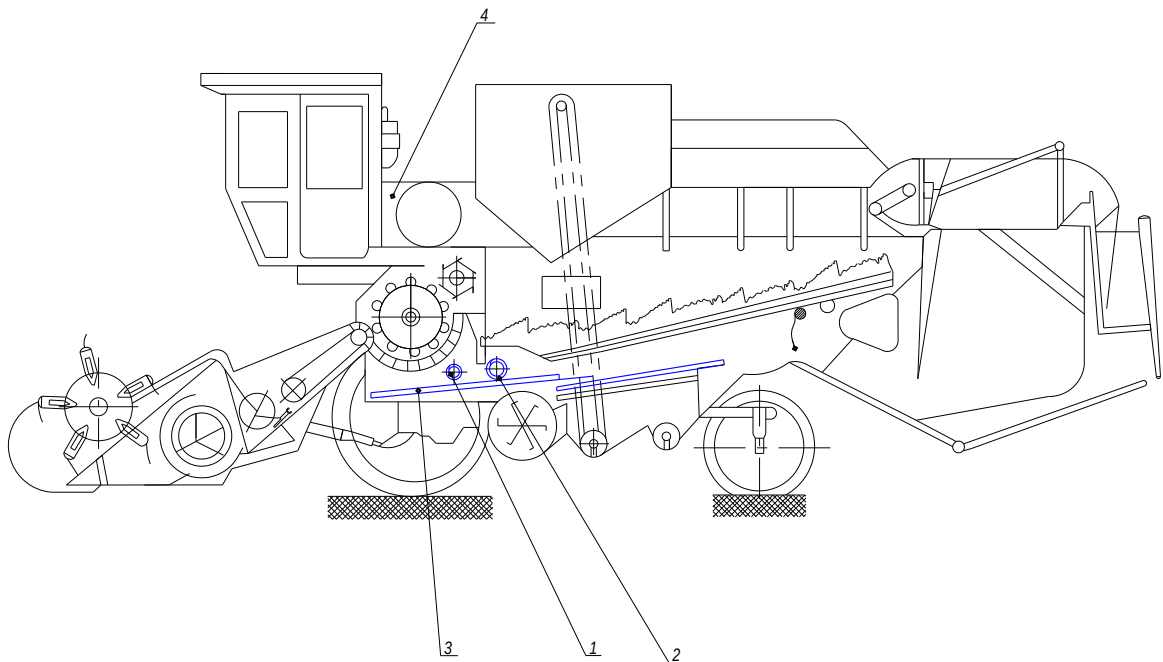


Рис. 3.1. Схема установки запропонованого вирівнювального пристрою: 1 - шнек одинарний; 2 - шнек подвійний; 3 - транспортна дошка; 4 - комбайн.

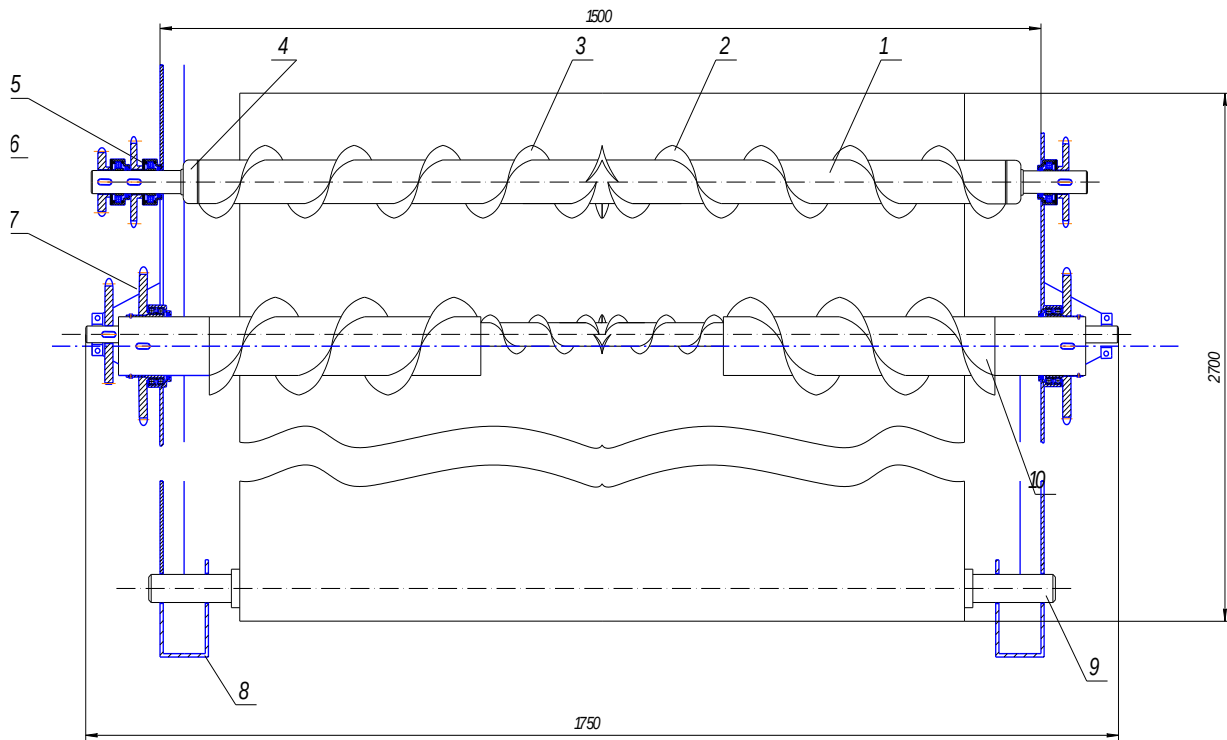


Рис. 3.2. Схема вирівнювального пристрою

1 - вал шнека одинарного; 2 - навивка ліва; 3 - навивка права; 4 - опора шнека; 5, 6, 7 - зірочки приводу шнеків; 8 - кронштейн підвіски; 8 - вісь підвіски; 9 - шнек консольний.

Принцип роботи вирівнювача полягає в наступному: зрізана маса через похилу камеру подається в молотарку. Після обмолоту зернова суміш потрапляє на транспортну дошку, де відбувається її розшарування: важке зерно опускається вниз, а легкі соломисті рештки лишаються зверху. Головне завдання пристрою - боротьба з нахилами комбайна. Коли через рельєф поля маса збивається на один бік, система шнеків (центрального та бокові) примусово розтягує її по всій ширині дошки. Такий рівномірний розподіл гарантує високу якість очищення зерна за будь-яких умов роботи.

3.2. Обґрунтування параметрів працездатності вирівнювального пристрою

Ефективність роботи розробленого пристрою залежить від низки ключових характеристик. Насамперед це геометричні параметри: розміри центрального та бокових шнеків, кути нахилу їхньої навивки та взаємне розташування елементів. Також критичне значення мають кінематичні показники: частота обертання шнеків, а також швидкість і прискорення зернового потоку на вході та виході з системи. Важливим фактором є проміжок між шнековим механізмом та транспортером, який ми розраховуємо за такою залежністю:

$$b = \sqrt{2r_1^2} + 2r_1r_2 + r_2^2 + r_1 + r_2, \quad (3.1)$$

де r_1 - радіус шнека по кінцях навивок, м;

r_2 - умовний радіус барабанів транспортера, м.

Кут нахилу лінії, що з'єднує центри шнеків та вісі транспортера визначається залежністю

$$\beta = \arccos \frac{r_1}{\sqrt{2r_1^2 + 2r_1r_2 + r_2^2}} - \frac{\pi}{4}. \quad (3.2)$$

Кут нахилу дотичної, що з'єднує поверхні шнеків та транспортеру розраховується за формулою:

$$y = \arccos \frac{r_1}{\sqrt{2 \cdot r_1^2 + 2 \cdot r_1 \cdot r_2 + r_2^2}} + \arcsin \frac{r_1 - r_2}{\sqrt{2 \cdot r_1^2 + 2 \cdot r_1 \cdot r_2 + r_2^2}} - \frac{\pi}{4}. \quad (3.3)$$

Важливим для ефективної роботи вирівнювального пристрою є положення центрального та бокових шнеків відносно подавального

транспортера, яке характеризується кутом відхилення від вертикальної осі g_1 .

$$g_1 = \frac{\pi}{4} - \arccos \frac{r_4}{\sqrt{2 \cdot r_1^2 + 2 \cdot r_1 \cdot r_2 + r_2^2}} + \arcsin \frac{r_1}{\sqrt{2 \cdot r_1^2 + 2 \cdot r_1 \cdot r_2 + r_2^2}}. \quad (3.4)$$

Відповідно кут g_2 , що характеризує положення навивки шнека, буде становити

$$g_2 = \frac{3\pi}{4} - \arccos \frac{r_2 - h}{r_1 + r_2} - \arccos \frac{r_2 - h}{r_4}, \quad (3.5)$$

де h - висота навивки шнеків, м.

Щоб зрозуміти, як краще налаштувати шнеки, ми провели серію тестів. Ми пробували змінювати кут нахилу шнека (від до градусів) та те, наскільки глибоко він "заривається" в зерно (від 5 до 15 см). Товщину самого шару зерна ми взяли стандартну - 30 см. З'ясувалося, що розмір самого шнека чи те, під яким кутом він стоїть, майже не впливають на результат. Найважливіше - це те, на яку глибину навивка шнека заходить у зерно. Оптимально це має бути від 5 до 7,5 см. Якщо дотримуватися цього діапазону, вирівнювання відбувається найефективніше.

При роботі запропонованого пристрою мають місце дві зони впливу елементів пристрою на переміщення вороху зерна. Це пасивна, пов'язана зі стаціонарним розміщенням на подавальному транспортері і активна при взаємодії з активними шнеками.

Важливим етапом технологічного процесу вирівнювання є транспортування вороху зерна на транспортну дошку. Швидкість обертання центрального та бокових шнеків необхідно підбирати так, щоб зерновий ворох отримував достатній запас кінетичної енергії для надійного переміщення, рівномірного розподілу по поверхні подавального транспортера та подальшого надходження на транспортну дошку. Якщо ця

умова не буде виконана, це може призвести до зростання втрат зерна і виникнення заклинювань у роботі механізму.

Щоб встановити швидкість, за якої зернова маса здатна пройти необхідну відстань по подавальному транспортеру, було складено рівняння руху окремої частинки зерна у природній формі. Одне з цих рівнянь описувало характер її переміщення, а друге давало змогу визначити реакцію зв'язку частинки з поверхнею подавального транспортера.

Застосувавши метод послідовної підстановки та виконавши необхідні математичні перетворення, було одержано аналітичну залежність, яка дає змогу визначити початкову швидкість частинки, достатню для її переміщення по поверхні подавального транспортера без відриву від неї:

$$V_0 = \sqrt{g \cdot \rho \cdot (3 + f \cdot \pi)} . \quad (3.6)$$

Далі визначаємо подачу зернового вороху на вирівнювальні шнеки:

$$g_s = \frac{m}{m_3} \cdot g_m ; \quad (3.7)$$

де m - коефіцієнт, який характеризує вміст зерна у воросі, який поступає до вирівнювальних шнеків, $m = 0,35$;

m_3 - коефіцієнт, який характеризує загальний вміст транспортуємого зерна в зерновому воросі, $m_3 = 0,8$;

g_m - подача зернового вороху на вирівнювальний пристрій, $кг/с$.

$$g_m = \frac{B_m \cdot v_m \cdot Q}{360 \cdot t} ; \quad (3.8)$$

де B_m - ширина подавального транспортера, $м$;

v_m - робоча швидкість транспортера, $м/с$;

Q - погонна вага зернового вороху на транспортері, $кг/м$;

m - відношення маси зерна до загальної маси , яка поступає на вирівнювальний пристрій;

$$g_m = \frac{6 \cdot 5,4 \cdot 25}{360 \cdot 0,35} = 4,39 \text{ кг/с}.$$

Визначаємо показник кінематичного режиму роботи запропонованого вирівнювального пристрою:

$$K = \frac{\omega^2 \cdot r}{g}, \quad (3.9)$$

де ω - кутова швидкість шнеків, c^{-1} ;

r - радіус центрального шнека, m .

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.10)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 270}{30} = 28,26 \text{ c}^{-1}.$$

$$K = \frac{0,022 \cdot 798,63}{9,8} = 1,79.$$

Для розрахунку середньої швидкості, з якою навивка шнека переміщує зерно, необхідно провести аналітичне дослідження декількох показників. Зокрема, потрібно визначити переносну швидкість та прискорення окремих точок механізму, а також встановити критичне прискорення, за якого зерно починає рух. Окрім цього, розраховуються фактичні величини зміщення зернової маси та визначається оптимальний період обертання центрального шнека:

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega} . \quad (3.11)$$

Тоді масштаб часу буде дорівнювати:

$$\mu_t = \frac{2 \cdot \pi}{\omega \cdot L} , \quad (3.12)$$

$$\mu_t = \frac{3,14}{28,26 \cdot 180} = 0,00123 \text{ с/мм.}$$

Найбільше значення швидкості центрального шнека $V_{max} = r \cdot \omega$. Тоді масштаб швидкості:

$$\mu_v = \frac{\omega \cdot r}{L_1} . \quad (3.13)$$

$$\mu_v = \frac{28,26 \cdot 0,022}{50} = 0,0124 \text{ м/с} \cdot \text{мм.}$$

Масштаб прискорення руху буде дорівнювати:

$$\mu_a = \frac{\omega^2 \cdot r}{L_2} . \quad (3.14)$$

$$\mu_a = \frac{28,26^2 \cdot 0,22}{50} = 0,351 \text{ м/с}^2 \cdot \text{мм.}$$

Знаходимо час відповідно кожному куту повороту центрального шнека:

$$t_x = \frac{2 \cdot \pi}{n \cdot \omega} , \quad (3.15)$$

$$t_1 = 0;$$

$$t_2 = 3,14 / (6 \cdot 28,26) = 0,0185 \text{ с};$$

$$t_3 = 3,14 / (4 \cdot 28,26) = 0,0278 \text{ с};$$

$$t_4 = 3,14 / (3 \cdot 28,26) = 0,037 \text{ с} \dots\dots\dots .$$

Отримані результати заносимо в табл. 3.1.

Знаходимо швидкості зміни траєкторії руху зерна для кожного кута повороту центрального шнека:

$$v_x = \omega \cdot r \cdot \sin (\omega \cdot t) \quad (3.16)$$

$$v_{x1} = 28,26 \cdot 0,022 \cdot \sin 0 = 0 \text{ м/с};$$

$$v_{x2} = 28,26 \cdot 0,022 \cdot \sin 30 = 0,31 \text{ м/с};$$

$$v_{x3} = 28,26 \cdot 0,022 \cdot \sin 45 = 0,44 \text{ м/с};$$

$$v_{x4} = 28,26 \cdot 0,022 \cdot \sin 60 = 0,54 \text{ м/с}$$

Отримані результати заносимо в табл. 3.1.

Довжина відрізків отриманих траєкторій для швидкостей:

$$L_1 = \frac{v_{xi}}{\mu_v}, \quad (3.17)$$

$$L_1 = 0 / 0,0124 = 0 \text{ мм};$$

$$L_2 = 0,31 / 0,0124 = 25 \text{ мм};$$

$$L_3 = 0,44 / 0,0124 = 35 \text{ мм};$$

$$L_4 = 0,54 / 0,0124 = 43 \text{ мм};$$

Отримані результати заносимо в табл. 3.1.

Прискорення зерна для кожного кута повороту центрального шнека:

$$a_x = \omega \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t); \quad (3.18)$$

$$a_{x1} = 28,26 \cdot 0,022 \cdot \cos 0 = 17,57 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{x2} = 17,67 \cdot \cos 30 = 15,21 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{x3} = 17,67 \cdot \cos 45 = 12,42 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{x4} = 17,67 \cdot \cos 60 = 8,78 \text{ м/с}^2$$

Отримані результати заносимо в табл. 3.1.

Знаходимо довжину відрізків прискорення:

$$L_2 = \frac{a_{xi}}{\mu_a}, \quad (3.19)$$

$$L_1 = 17,57 / 0,351 = 50;$$

$$L_2 = 15,21 / 0,351 = 43;$$

$$L_3 = 12,42 / 0,351 = 35;$$

$$L_4 = 8,78 / 0,351 = 25 \dots\dots\dots$$

Отримані дані зводимо в табл. 5.1. кінематичних режимів роботи вирівнювального пристрою.

Таблица 3.1.

Кінематичні режими роботи вирівнювального пристрою

Кут повороту центрального шнека ($\omega \cdot t$), град.	Час повороту, t, с.	Швидкість рухомої зернини v_x , м/с.	Довжина відрізка L_1 , мм.	Прискорення рухомої зернини, a_x , м/с ² .	Довжина відрізка, L_2 , мм.
1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	17,57	50
30	0,0185	0,31	25	15,21	43
45	0,0278	0,44	35	12,42	35
60	0,037	0,54	43	8,78	25
75	0,046	0,6	48	4,55	13

90	0,0556	0,62	50	0	0
105	0,0648	0,6	48	- 4,55	- 13
120	0,074	0,54	43	- 8,78	- 25
135	0,083	0,44	35	- 12,42	- 35
150	0,0926	0,31	25	- 15,21	- 43
165	0,102	0,16	13	- 16,97	- 48
180	0,1111	0	0	- 17,57	- 50
195	0,1204	- 0,16	- 13	- 16,97	- 48
210	0,13	- 0,31	- 25	- 15,21	- 43
225	0,13892	- 0,44	- 35	- 12,42	- 35
240	0,1489	- 0,54	- 43	- 8,78	- 25
255	0,1574	- 0,6	- 48	- 4,55	- 13
270	0,1667	- 0,62	- 50	0	0
285	0,1759	- 0,6	- 48	4,55	13
300	0,1852	- 0,54	- 43	8,78	25
315	0,2037	- 0,44	- 35	12,42	35
330	0,1944	- 0,31	- 25	15,21	43
345	0,213	- 0,16	- 13	16,97	48
360	0,2222	0	0	17,57	50

Аналіз отриманих результатів демонструє пряму залежність між габаритами шнеків та інтенсивністю переміщення маси. Зокрема, при збільшенні радіуса центрального й бокових шнеків у межах 0,15-0,45 м, швидкість руху зерна пропорційно зростає від 0,16 до 0,6 м/с. Враховуючи конструктивні ліміти пристрою, за граничну початкову швидкість прийнято значення $v_o = 0,6 \text{ м/с}$.

Спираючись на ці динамічні показники, ми можемо розрахувати потужність, необхідну для ефективного розподілу та вирівнювання зернового шару по всій площині транспортера [12]:

$$W_p = P \cdot l \cdot B_m \cdot \gamma \cdot v_o, \quad (3.20)$$

де P - зусилля, необхідне для розподілення зернового вороху, H ;

l - висота навивки центрального та бокових шнеків, $м$;

B_m - ширина транспортуючого пристрою, $м$;

γ - щільність зернового вороха, $\text{кг}/\text{м}^3$.

$$W_p = 0,44 \cdot 0,125 \cdot 6 \cdot 48 \cdot 5,6 = 88,7 \text{ Вт}$$

3.3. Розрахунок ланцюгової передачі приводу центрального та бокових шнеків

Привід шнеків здійснюється через ланцюгову передачу від варіатора. Проведемо розрахунок ланцюга і виберемо із наведених стандартних ланцюгів за розрахунковими параметрами ланцюг для приводу шнеків запропонованого вирівнювального пристрою зернозбирального комбайна КЗС-9 “Славутич”.

Розраховуємо передатне відношення приводу за формулою:

$$i = n_1/n_2, \quad (3.21)$$

де n_1 - частота обертання вихідного вала (ведучої зірочки) $n_1 = 30 \text{ об/хв}$;
 n_2 - частота обертання вала приводу бокових шнеків (веденої зірочки)
 $n_2 = 60 \text{ об/хв}$.

$$i = 30/60 = 0,5.$$

Ланцюгова передача складається з привідної зірочки, ведених зірочок та натяжної зірочки , які пов’язані між собою привідним ланцюгом.

Число зубів на привідній та веденій зірочках відповідно становитимуть

$$Z_1 = 29 - 2 \cdot i, \quad (3.22)$$

$$Z_1 = 29 - 2 \cdot 0,5 = 28;$$

$$Z_2 = Z_1 \cdot i, \quad (3.23)$$

$$Z_2 = 28 \cdot 0,5 = 14.$$

Враховуючи допустимий за стійкістю до зношення тиск в шарнірах ланцюга $[p_u]=34 \text{ МПа}$ і коефіцієнти $K_d = K_m = 1$, які представляють собою обмеження експлуатаційного та конструктивного характеру розраховуємо крок ланцюга за формулою:

$$t = 60 \cdot \sqrt{\frac{P \cdot K_d}{n_1 \cdot Z_1 \cdot [p_u] \cdot K_m}}, \quad (3.24)$$

де P - потужність, яка передається ланцюговою передачею, $P = 8 \text{ кВт}$.

$$t = 60 \cdot \sqrt{\frac{8 \cdot 10^3 \cdot 1}{430 \cdot 28 \cdot 34 \cdot 1}} = 16,2 \text{ мм}$$

По ГОСТ 13568-95 приймаємо ланцюг з кроком $t=15,875 \text{ мм}$ з діаметром вісі ролика $d_o = 5,08 \text{ мм}$ і довжиною втулки $b_n = 6,48 \text{ мм}$ ланцюг марки ПР -15,875 - 2300-1.

Проекцію опірної поверхні шарніра розраховуємо за формулою:

$$A_{on} = 0,28 \cdot t^2, \quad (3.25)$$

$$A_{on} = 0,28 \cdot 16,2^2 = 73,5 \text{ мм}^2.$$

Швидкість ланцюга розраховуємо за формулою:

$$U_{\text{л}} = \frac{n_1 \cdot Z_1 \cdot t}{60 \cdot 10^3}, \quad (3.26)$$

Підставивши дані отримані в результаті розрахунків отримаємо:

$$U_{\text{л}} = \frac{430 \cdot 28 \cdot 15,875}{60 \cdot 10^3} = 3,3 \text{ м / с}.$$

Кругове зусилля розраховуємо за формулою

$$F_t = P/U_{\text{л}}. \quad (3.27)$$

$$F_t = 8 \cdot 10^3 / 3,3 = 2424 \text{ Н}.$$

Тиск в шарнірі ланцюга розраховується за формулою:

$$p = \frac{F_t \cdot K_d}{A_{\text{он}} \cdot K_m}. \quad (3.28)$$

$$p = \frac{2424 \cdot 1}{73,5 \cdot 1} = 32,9 \text{ МПа}.$$

Порівнявши тиск в шарнірі ланцюга отриманий в результаті розрахунків з допустимим значенням тиску в шарнірі $P = 32,9 \text{ МПа} < [P] = 34 \text{ МПа}$, видно що роликовий ланцюг вибраний раніше задовольняє умовам стійкості до зношення та опору втомленості.

Міжосьова відстань розраховується за формулою:

$$a = 40 \cdot t. \quad (3.29)$$

$$a = 40 \cdot 16,2 = 648 \text{ мм}.$$

Число ланок ланцюга розраховуємо за формулою:

$$N = \frac{2 \cdot a}{t} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \left(\frac{Z_1 - Z_2}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{a}. \quad (3.30)$$

Підставивши отримані вище дані отримаємо:

$$N = \frac{2 \cdot 648}{15,875} + \frac{28 + 15}{2} + \left(\frac{28 - 15}{2 \cdot 3,14} \right)^2 \cdot \frac{15,875}{648} = 101,61.$$

Отримане значення округлюємо до парного значення $N = 102 \text{ шт.}$

Остаточна міжосьова відстань розраховується за формулою:

$$a = \frac{t}{4} \cdot \left[N - \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \left(N - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - 8 \cdot \left(\frac{Z_1 - Z_2}{2 \cdot \pi} \right)^2 \right]. \quad (3.31)$$

$$a = \frac{15,875}{4} \cdot \left[102 - \frac{28 + 15}{2} + \left(102 - \frac{28 + 15}{2} \right)^2 - 8 \cdot \left(\frac{28 - 15}{2 \cdot 3,14} \right)^2 \right] = 651,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо міжосьову відстань $a = 650 \text{ мм.}$

Стрілу прогинання ланца розраховуємо за формулою

$$f_{\text{л}} = 0,02 \cdot a. \quad (3.32)$$

$$f_{\text{л}} = 0,02 \cdot 650 = 13 \text{ мм.}$$

Зусилля яке діє на вал розраховуємо за формулою

$$F_r = 1,15 \cdot F_b, \quad (3.33)$$

$$F_r = 1,15 \cdot 2424 = 2787,6 \text{ Н.}$$

Приймаємо $F_r = 2800 \text{ Н.}$

3.4. Обґрунтування міцності вісі центрального шнека

Найбільш навантаженими елементами вирівнювального пристрою є осі центрального та бокових шнеків. Оскільки вони жорстко з'єднані зі стійками робочих органів, під час роботи на них діють значні динамічні коливання. При виконанні конструктивних розрахунків важливо врахувати сукупність усіх діючих навантажень. Зокрема, перевірка міцності осей на дію дотичних напружень здійснюється за наступною залежністю:

$$\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2 \cdot m} \leq [\tau], \quad (3.34)$$

На основі отриманої залежності надалі визначають необхідний діаметр вісі

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P \cdot K_3}{[\tau] \cdot \pi \cdot m}}, \quad (3.35)$$

де P - діюча сила, $P = 5,7 \text{ кН}$;

K_3 - коефіцієнт надійності, $K_3 = 1,4$;

$[\tau]$ - гранично допустиме напруження на зріз для сталі 45 $[\tau] = 100 \text{ МПа}$;

m - число поверхонь зрізу, $m = 2$.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 5700 \cdot 1,4}{100 \cdot 10^{-2} \cdot 3,14 \cdot 2}} \geq 0,008 \text{ м.}$$

Обґрунтування діаметра вісі за напруженнями змінання

$$\frac{P}{\delta \cdot d} \leq [\tau_{зм}], \quad (3.36)$$

$$d = \frac{P \cdot K_3}{\delta \cdot [\tau_{зм}]}, \quad (3.37)$$

де δ - конструктивна товщина вилки, $\delta = 15 \text{ мм}$;

$[\tau_{зм}]$ - гранично допустиме напруження на змінання для сталі 45 $[\tau_{зм}] = 250 \text{ МПа}$,

$$d = \frac{5700 \cdot 1,4}{0,015 \cdot 250 \cdot 10^6} = 0,0458 \text{ м.}$$

За результатами розрахунків для центрального шнека обираємо вісь діаметром $d = 46 \text{ мм}$. Після цього виконуємо перевірку працездатності

кронштейна стояка. Наступним етапом є визначення міцності кронштейна стояка за умовою розтягу:

$$\frac{P}{F} \leq [\sigma_p], \quad (3.38)$$

де P - силовий вплив, $P = 5,7 \text{ кН}$;

F - робоча площа перерізу, $F = b \cdot h$;

b - ширина опорної частини кронштейна, $a = 15 \text{ мм}$;

h - конструктивна товщина стояка, $b = 30 \text{ мм}$.

$$F = 0,015 \cdot 0,030 = 0,00045 \text{ м}^2,$$

$[\sigma_p]$ - допустимі напруження на розтяг, для сталі 45 $[\sigma_p] = 125 \text{ МПа}$.

$$\frac{57000}{45 \cdot 10^{-3}} = 12666666 < 125 \cdot 10^6.$$

3.5. Продуктивність агрегату та витрати палива

$$W = 0,1 \cdot B_p \cdot V \cdot U \cdot \tau = 0,1 \cdot 6 \cdot 3,5 \cdot 4 \cdot 0,77 = 10,2 \text{ м} / \text{год}$$

де: B_p - ширина захвату комбайна, 6 м;

τ - коефіцієнт використання часу зміни;

V - швидкість агрегату, 3,5 км/год

U - урожайність пшениці 40 ц/га

$$\tau = \frac{T_p}{T_{pv}} = \frac{7}{8} = 0,77 \quad (5.39)$$

де:

$$T_p = T_{зм} - T_1 - T_2 - T_4 - T_5 - T_3 = 8 - 0,2 - 0,005 - 0,1 - 0,3 - 0,3 = 7,05 \quad (5.40)$$

де

T_1 - підготовчо заключний час

T_2 - час втрачаних технічних відмов

T_4 - технічний час комбайнера

T_5 - час обіда

T_3 - час усунення механічних несподобів

Витрата палива мастильних матеріалів.

$$Q = \frac{q_p \cdot T_p + q_{пер} \cdot T_{пер} + q_{ост} \cdot T_{ост}}{W_{год}} \cdot \frac{26 \cdot 7,05 + 8 \cdot 0,3 + 3,5 \cdot 0,1}{10,2} = 18,6 \text{ кг / год}$$

де:

q_p - витрата палива у номінальному режимі роботи двигуна

$q_{пер}$ - витрата палива у режимі переїзду, 8 кг/год

$q_{ост}$ - витрата палива з увімкненим двигуном при зупинці, 3,5 кг/год.

Висновок по розділу

Оновлення комбайна дало змогу вирішити одразу кілька важливих завдань. Головний результат - це не лише чистіше зерно на виході, а й вища швидкість роботи загалом. Ми позбулися проблеми частих зупинок, адже модернізовані вузли менше забиваються і їх легше чистити. Це дозволяє техніці довше залишатися в полі, а не стояти на краю загонки. Крім того, інженерні розрахунки показують, що нова система краще «відфільтровує» зерно від соломи, тому ми втрачаємо значно менше врожаю, який раніше міг просто вилітати на землю разом зі сміттям.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

4.1. Рекомендації по охороні праці при роботі на удосконаленому комбайні

Безпечна експлуатація удосконаленого зернозбирального комбайна повинна базуватися на дотриманні загальних правил охорони праці, а також враховувати особливості встановлених модернізованих вузлів і механізмів.

Перед початком роботи оператор зобов'язаний провести зовнішній огляд комбайна, перевірити справність усіх систем, зокрема робочих органів очистки, додаткового шнекового вирівнювального пристрою, привідних механізмів, гідравлічної та електричної систем. Особливу увагу слід приділити надійності кріплення рухомих елементів, наявності захисних кожухів і відсутності сторонніх предметів у робочих зонах.

Під час роботи комбайна забороняється:

- перебувати поблизу рухомих частин (шнеків, решіт, вентиляторів);
- виконувати очищення, регулювання або ремонт при працюючому двигуні;
- знімати захисні огороження;
- допускати сторонніх осіб у зону роботи машини.

Оператор повинен працювати у справному спецодязі, який не має вільних елементів, що можуть бути захоплені рухомими частинами, а також використовувати засоби індивідуального захисту (рукавиці, захисні окуляри, при необхідності - протишумові навушники).

При роботі на схилах необхідно суворо дотримуватись допустимих кутів нахилу, щоб уникнути перекидання машини. Удосконалена система вирівнювання вороху зменшує вплив кренів, однак не усуває повністю ризики, тому оператор має контролювати стійкість комбайна та обирати безпечний режим руху.

Технічне обслуговування та регулювання удосконалених вузлів (зокрема шнекового пристрою) слід проводити тільки після повної зупинки

двигуна та відключення приводу. При цьому необхідно використовувати справний інструмент і дотримуватись інструкцій виробника.

У випадку виникнення сторонніх шумів, вібрацій або збоїв у роботі системи очистки комбайн потрібно негайно зупинити, встановити причину несправності та усунути її.

Дотримання цих рекомендацій забезпечує безпечну роботу оператора, знижує ризик травматизму та сприяє надійній і ефективній експлуатації удосконаленого зернозбирального комбайна [18].

4.2. Захист навколишнього середовища під час збирання зернових культур

Збирання зернових культур є важливою складовою аграрного виробництва, однак при цьому можуть виникати негативні впливи на навколишнє середовище. Тому сучасні технології збору врожаю передбачають заходи, спрямовані на збереження природних ресурсів, зниження шкідливого впливу на екосистеми та раціональне використання енергії.

Зменшення втрат зерна та залишків рослинності. Ефективна робота зернозбирального комбайна, включаючи модернізовані системи очистки та вирівнювання вороху, дозволяє мінімізувати втрати зерна під час обмолоту та транспортування. Це не лише підвищує продуктивність, але й зменшує забруднення ґрунту і навколишнього середовища залишками продукції. Використання правильно налаштованих робочих органів і контроль швидкості руху техніки дозволяє уникати надмірного руйнування рослинної маси.

Контроль пилових та аерозольних викидів. При роботі комбайна виділяється пил, який може потрапляти в атмосферу та забруднювати повітря. Використання сучасних систем вентиляції, повітряного потоку та шнекових вирівнювачів вороху зменшує розсіювання

пилу і легких домішок. Окрім цього, рекомендується застосовувати зволоження робочих зон або спеціальні фільтри для вентиляційних систем.

Зниження шумового та вібраційного навантаження. Рухомі механізми комбайна генерують шум і вібрацію, які можуть негативно впливати на тварин, людей і екосистему. Використання сучасних конструктивних рішень, шумоізоляційних кожухів, амортизуючих елементів та балансування робочих органів дозволяє зменшити рівень шуму і вібрацій до допустимих норм.

Раціональне використання палива та енергії. Енергоефективні двигуни та автоматизовані системи регулювання роботи комбайна сприяють економії палива та зменшенню викидів шкідливих речовин у атмосферу. Оптимізація режимів роботи дозволяє скоротити витрати енергії при збиранні великих площ.

Захист ґрунту та водних ресурсів. Щоб уникнути ерозії та ущільнення ґрунту, важливо дотримуватись допустимого навантаження на ґрунт, особливо на схилах та вологих ділянках. Використання широкозахватних машин з регульованим тиском на ґрунт і контроль швидкості руху знижує механічний вплив на ґрунт і запобігає забрудненню водних ресурсів частинками ґрунту та рослинних залишків.

Використання біо та агроекологічних заходів. Після збирання врожаю рекомендується залишати частину соломи та органічних залишків на полі для природного збагачення ґрунту органічними речовинами. Це сприяє відновленню структури ґрунту, зменшенню ерозії та покращенню водного балансу.

Висновок по розділу

Сучасне зернозбиральне обладнання, оснащене удосконаленими системами очистки, шнековими вирівнювачами та автоматизованими регулювальними вузлами, дозволяє ефективно збирати зерно та одночасно

мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Дотримання заходів охорони природи під час збирання зернових культур сприяє раціональному використанню ресурсів, збереженню ґрунтів, води і повітря та підвищенню стійкості агроєкосистем.

5. ОСНОВНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЄКТУ

У даному проєкті проведено модернізацію серійного зернозбирального комбайна КЗС-9 з метою покращення якості очищення зерна. Удосконалена система очистки відзначається підвищеною технологічною надійністю, що зменшує тривалість підготовки машини до роботи та скорочує кількість вимушених зупинок з технологічних причин. У результаті цього продуктивність агрегату зросла з 8,6 т/год у базовому варіанті до 10,2 т/год у проєктному.

Вихідні данні для техніко-економічної оцінки наведені в таблиці 5.1

Таблица 5.1

Основні показники діяльності

Показник	Од. вим.	Серійний Комбайн	Модернізований Комбайн
Річний обсяг роюїт	га	330	330
Продуктивність	т/год	8,6	10,2
Витрати ПММ	кг/га	21,4	18,6
Вартість машин	Грн	470000	490000
Кількість персоналу	чол	1	1

Для розрахунків приймаємо середню вартість паливно-мастильних матеріалів:

$$C_{ПММ} = 55 \text{ грн} / \text{кг}$$

Розрахунок річних витрат ПММ

Річні витрати визначаються за формулою:

$$G = A \cdot g$$

де: A - річний обсяг робіт, га;

g - питомі витрати ПММ, кг/га.

Для серійної машини:

$$G_1 = 330 \cdot 21,4 = 7062 \text{ кг}$$

Для модернізованої машини:

$$G_2 = 330 \cdot 18,6 = 6138 \text{ кг}$$

Розрахунок вартості ПММ

Вартість ПММ визначається за формулою:

$$C = G \cdot C_{\text{ПММ}}$$

Серійна машина:

$$C_1 = 7062 \cdot 55 = 388410 \text{ грн}$$

Модернізована машина:

$$C_2 = 6138 \cdot 55 = 337590 \text{ грн}$$

Річна економія експлуатаційних витрат

Річна економія визначається як різниця витрат:

$$E = C_1 - C_2$$

Додаткові капітальні вкладення

Додаткові інвестиції на модернізацію:

$$K = K_2 - K_1$$

$$K = 490000 - 470000 = 20000 \text{ грн}$$

Термін окупності визначається за формулою:

$$T = \frac{K}{E}$$

$$T = \frac{20000}{50820} = 0,39 \text{ року}$$

Що становить приблизно 4,7 місяця.

Відносне зростання продуктивності визначається за формулою:

$$\Delta P = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \cdot 100\%$$

$$\Delta P = \frac{10,2 - 8,6}{8,6} \cdot 100 = 18,6\%$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Економічна ефективність роботи

№	Показники	Базовий (серійна)	Проект (модернізована)
1	Види роботи	Збирання зернових культур	Збирання зернових культур
2	Об'єм роботи, га	330	330
3	Продуктивність, т/год	8,6	10,2
4	Витрати палива на 1 га, кг	21,4	18,6
5	Річні витрати ПММ, кг	7062	6138
6	Балансова вартість, грн	470000	490000
7	Кількість персоналу, чол	1	1
8	Ціна ПММ, грн/к	55	55

9	Витрати на ПММ за рік, грн	388410	337590
10	Експлуатаційні витрати, грн	388410	337590
11	Капітальні вкладення, грн	470000	490000
12	Річна економія, грн		50820
13	Термін окупності, років.		0,39

Висновок по розділу

В результаті проведення розрахунків встановлено, що модернізована машина має суттєві економічні переваги у порівнянні з серійною.

Зокрема:

- річні витрати палива зменшується на 924 кг;
- економія експлуатаційних витрат становить 50820 грн/рік;
- термін окупності додаткових вкладень становить менше 1 року (0,39 року);
- продуктивність машини зростає на 18,6%.

Отже, впровадження модернізованої машини є економічно доцільним і забезпечує швидку окупність інвестицій та підвищення ефективності виробництва.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Основну частку в структурі товарної продукції становить продукція рослинництва, зокрема зернові культури. Тому для збільшення обсягів виробництва та підвищення його ефективності необхідно вдосконалювати агротехніку вирощування зернових, підбирати більш продуктивні та сучасні сорти, а також підвищувати рівень механізації виробничих процесів. Крім того, важливо приділити увагу обґрунтуванню технологій збирання та післязбиральної обробки зерна. Це пов'язано з тим, що під час цих процесів спостерігаються значні втрати врожаю, а також досі витрачається значна кількість ручної праці, що знижує загальну ефективність виробництва.

2. Проведений аналіз сучасних засобів механізації та практики їх використання свідчить про те, що існуючі зернозбиральні комбайни ще не повністю відповідають встановленим вимогам, особливо в частині забезпечення високої якості очищення зерна під час роботи на схилах. У таких умовах погіршується рівномірність розподілу зернової маси, що призводить до втрат і зниження якості очищення.

3. Запропоноване удосконалення комбайна КЗС-9 шляхом встановлення вирівнювального пристрою в системі очистки дозволяє стабілізувати технологічний процес, покращити рівномірність подачі матеріалу на решета та, як наслідок, підвищити якісні та експлуатаційні показники роботи збирального агрегату. Це сприяє зменшенню втрат зерна, підвищенню продуктивності та більш ефективному використанню техніки в складних умовах.

4. У ході виконання конструктивних розрахунків було визначено, що необхідна потужність для здійснення процесів розподілення та вирівнювання зернової маси становить 88,7 Вт, що підтверджує енергоефективність запропонованого рішення. Також було проведено розрахунок приводу шнеків, зокрема ланцюгової передачі. За результатами

розрахунків обґрунтовано вибір ланцюга з кроком $t = 15,875$ мм і діаметром осі ролика 5,08 мм. У якості оптимального варіанту прийнято ланцюг марки ПР-15,875-2300-1, який забезпечує надійну та стабільну роботу механізму, відповідає необхідним навантаженням і умовам експлуатації, а також гарантує довговічність і безвідмовність роботи приводу.

5. Сучасні зернозбиральні машини, обладнані вдосконаленими системами очищення, шнековими вирівнювачами та автоматизованими механізмами регулювання, забезпечують ефективне збирання врожаю і водночас зменшують негативний вплив на довкілля. Виконання природоохоронних вимог під час збирання зернових культур дає можливість раціонально використовувати ресурси, зберігати родючість ґрунтів, чистоту води й повітря, а також підвищувати екологічну стійкість аграрних систем.

6. Проведені розрахунки показали, що модернізована машина має вагомі економічні переваги порівняно із серійним варіантом. Зокрема, річне споживання палива скорочується на 924 кг, а економія експлуатаційних витрат досягає 50 820 грн на рік. Додаткові інвестиції окуповуються менш ніж за один рік — приблизно за 0,39 року. Крім того, продуктивність машини підвищується на 18,6%.

Таким чином, використання модернізованої машини є економічно обґрунтованим, оскільки забезпечує швидке повернення вкладених коштів і сприяє зростанню ефективності виробничих процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко М.Ф., Лебедєв А.Т. Трактори та комбайни: модернізація та енергоефективність. - К.: Вища школа, 2019. - 360 с.
2. Войтюг Д.Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко. - К.: Вища освіта, 2004. - 544 с.
3. Саблук П.Т. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур / П. Т. Саблук, Д. І. Мазоренко, Г. Є. Мазнев. - К. : ННЦ ІАЕ, 2005. - 402 с.
4. www.claas.com.ua.
5. Погорілець О.М., Пришляк В.М. Інноваційні системи збору зернових культур: навчальний посібник. - Вінниця: ВНАУ, 2022. - 420 с.
6. Дубровін В.О., Войтюк Д.Г., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини: сучасні технології та експлуатація. - К.: Вища освіта, 2020. - 520 с.
7. Танчик С.П., Дмитришак М.Я., Алімов Д.М. Технології виробництва продукції рослинництва: сучасний підхід. - К.: Слово, 2018. - 1024 с.
8. Ружицький М.А. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. - К.: Аграрна освіта, 2010. - 617 С.
9. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль, 2001. 314 с.
10. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера.- К.: Урожай, 1991.- 397 с.
11. Гаєва Л. І. Використання експлуатаційних матеріалів та економія паливно-енергетичних ресурсів : навч. Посіб. / Л. І. Гаєва, Ф. В. Козак, В. М. Мельник. - Івано-Франківськ ІФНТУНГ, 2014.222 с.

12. Пастухов В.І. Довідник з машиновикористання в землеробстві /За ред..В.І Пастухова. - Харків: «Веста» - 2001, 347 с.
13. Журнал «Садівництво та овочівництво Т.І.» № 4-5 (32-33), листопад - грудень 2022 / «Горішник» № 4-5 (19) 2022.
14. Головчук А.Ф., Орлов В.Ф., Строков О.П. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн./ За ред. проф. А.Ф. Головчука. Книга 1 - Трактори. . - К.: Грамота, 2003 р.- 336 с.
15. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. у 2 т: Т 1/ А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. - К.: Агроосвіта, 2012. - 584 с.
16. Кузьмич А. Я. Дослідження процесу сепарації дрібного зерносомомистого вороху в повітряно-решітних очистках // Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 83. Глеваха, 2000. С. 196–199.
17. Безпека людини у життєвому середовищі: Навч. посібник / В.І.Голінько, М.В.Шибка, О.В.Безщасний. - 4-е вид., перероб. і доп. - Д.: Національний гірничий університет, 2008. - 191 с.
18. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников А.В. Основи охорони праці: Навч. посібник. - Львів: Афіша, 2000. - 350 с.
19. Узаров А., Саух І., Вікарчук О. Основи економічної теорії. К.: Центр навчальної літератури, 2019, 312 с.
20. Бойчик І.М Економіка підприємства. Київ: Кондор -Видавництво, 2016. 378 с.
21. Малік М.Й., Зіновчук В.В., Луценко Ю.О. Основи аграрного підприємництва К.: ІАЕ, 2001. 582 с.
22. Скрипник В.І., Бондаренко О.В. Сільськогосподарські машини: конструкція, експлуатація та інноваційні технології. - Харків: ХНАУ, 2021. - 480 с.

23. Самарін О. Є. Дослідження роботи системи очищення зерна у зернозбиральному комбайні // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. 2013. № 1(8). С. 185–189.

24. Бажан І. М., Лещенко С. М., Васильковський О. М. Оцінка ефективності роботи решіт зерноочисних машин із зигзагоподібним розташуванням отворів // Центральнотукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2026. Вип. 13(44). С. 151–166.

25. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія» - Дніпро: ДДАЕУ, 2022.- 45с.

26. Богуславський В. П., Кузьмич А. Я. До питання обґрунтування параметрів уніфікованих сепаруючих поверхонь очисток зернозбиральних комбайнів // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. 2001. № 5. С. 74–79.

27. Харченко С. О., Гаєк Є. А. Енергоємність і металоємність процесу очищення запиленого повітряного потоку модернізованим сепаратором СВС-25М // Вісник ХНТУСГ. Механізація сільськогосподарського виробництва. 2019. Вип. 199.

ДОДАТКИ

Форм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Документація		
A1			52.ДП.076.000.002.СХ	Вид загальний		
				Складові одиниці		
		1	52.ДП. 076.001.002.	Мотовило	1	
		2	52.ДП. 076.002.002.	Бітер	1	
		3	52.ДП. 076.003.002.	Похила камера	1	
		4	52.ДП.076.004.002.	Кабіна	1	
		5	52.ДП. 076.005.002.	Бункер	1	
		6	52.ДП. 076.006.002.	Шнек завантажувальний	1	
		7	52.ДП. 076.007.002.	Барабан	1	
		8	52.ДП. 076.008.002.	Шнек одинарний	1	
		9	52.ДП. 076.009.002.	Транспортна дошка	1	
		10	52.ДП.076.010.002.	Шнек подвійний	1	
		11	52.ДП.076.011.002.	Відбійний бітер	1	
		12	52.ДП.076.012.002.	Соломотряс	1	
		13	52.ДП.076..013.002.	Соломонабивач	1	
		14	52.ДП.076.014.002.	Копнувач	1	
				52.ДП.076.000.000.СК		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Трип'я А.А.				Кобайн зернозбиральний модернізований	
Перевір.	Тесляк Г.В.					
Реценз.						
Н. Контр.	Золотовська					
Затверд.	Тесляк Г.В.					
					Літ.	Арк.
					Аркуші	
					ДДАЕУ	