

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

«Допущено до захисту»

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«____» _____ 2024 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Інтенсифікація технології вирощування озимої пшениці із
дослідженням та вдосконаленням зернозбирального комбайна»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи AI-23M-2

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Перешейн Артем Анатолійович

«____» _____ 2024 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«____» _____ 2024 р.

Рецензент

професор, докт. техн. наук

_____ Ельчин АЛІЄВ

«____» _____ 2024 р.

м. Кропивницький

- ## 5. Перелік графічного матеріалу

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Дата видачі завдання
« ____ » _____ 2024 р.

Підпис керівника

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« ____ » _____ 2024 р.

Підпис здобувача _____
(прізвище та ініціали)

Анотація

**Тема: «Інтенсифікація технології вирощування озимої пшениці із дослідженням та вдосконаленням зернозбирального комбайна»
зернозбиральний комбайн, класична схема обмолоту, очистка зібраного врожаю, клинопасовий варіатор, якість виділення домішок**

Під час виконання дипломної роботи проведено аналіз базової технології вирощування озимої пшениці в господарстві, проаналізовано переваги та недоліки існуючих операцій та проведено огляд технічного забезпечення процесів. Встановлено, що проблемним і енергозатратним етапом виконання робіт залишається етап збирання врожаю, що проводиться методом прямого комбайнування. Проведені технологічні розрахунки, що дозволяють обґрунтувати доцільність проводити операції збирання врожаю озимої пшениці в господарстві класичним зернозбиральним комбайном КЗС-950 «Руслан».

В роботі було запропоновано провести деякі вдосконалення конструкції комбайна КЗС-950, а саме змінити серійний привід вентилятора на клинопасовий варіатор із гідравлічним регулюванням та можливістю в більш широкому діапазоні у автоматичному чи ручному режимі (із кабіни агрегату) регулювати частоту обертання, а отже і швидкість потоку повітря у очистці комбайна. Виконані необхідні інженерні розрахунки, що доводять працездатність агрегату та доцільність внесення змін в його конструкцію.

Після проведеного аналізу стану техніки представлена мета, об'єкт, задачі, описана методики багатофакторного експерименту, визначення якісних показників роботи повітряно-решітної очистки комбайна. Згідно з методикою проведення багатофакторного експерименту виконаний розрахунок та побудована модель впливу факторів, що чинять найбільш істотний вплив на якість очищення зібраного врожаю. Встановлено, що при робочій швидкості повітря в очистці комбайна на рівні 10...11 м/с, подачі зібраного вороху на очищення 2,8...3,0 кг/с та довжина граблин пальцевого решета 45...50 см. вдається досягти показників якості очищення зерна озимої пшениці в очистці зернозбирального комбайна на рівні 90...95%.

Abstract

**Topic: «Intensification of winter wheat cultivation technology with research and improvement of the combine harvester»
combine harvester, classic threshing scheme, cleaning of harvested crop, V-belt variator, quality of impurity separation**

During the execution of the thesis, an analysis of the basic technology of growing winter wheat on the farm was carried out, the advantages and disadvantages of existing operations were analyzed and a review of the technical support of the processes was conducted. It was established that the harvesting stage, which is carried out by the direct combining method, remains a problematic and energy-consuming stage of the work. Technological calculations were carried out, which allow justifying the feasibility of carrying out harvesting operations of winter wheat on the farm with a classic combine harvester KZS-950 "Ruslan".

The work proposed to make some improvements to the design of the KZS-950 combine, namely to change the serial fan drive to a V-belt variator with hydraulic adjustment and the ability to adjust the rotation frequency, and therefore the air flow rate in the combine cleaning in a wider range in automatic or manual mode (from the unit cabin). The necessary engineering calculations were performed, proving the operability of the unit and the feasibility of making changes to its design.

After the analysis of the state of the art, the goal, object, tasks are presented, the methods of the multifactor experiment are described, and the qualitative indicators of the air-sieve cleaning of the combine are determined. According to the method of conducting the multifactor experiment, a calculation is made and a model of the influence of factors that have the most significant impact on the quality of cleaning of the harvested crop is built. It was established that with an operating air speed in the combine cleaning at the level of 10...11 m/s, a supply of the collected heap for cleaning of 2.8...3.0 kg/s and a length of the finger sieve rakes of 45...50 cm, it is possible to achieve the quality indicators of cleaning of winter wheat grain in the cleaning of the combine harvester at the level of 90...95%.

Зміст

1. Вступ.....	7
2. Технологічна частина	9
3. Наукова частина	41
4. Охорона праці	67
5. Обґрунтування ефективності вдосконалень.....	69
6. Висновок	70
Список використаної літератури	72
Додатки.....	75

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вступ

Наша держава є аграрною державою, що володіє значними обсягами земельних угідь, має достатню кількість технічного забезпечення та трудових ресурсів, сприятливі кліматичні умови, вдосталь засобів агрохімії та посівних матеріалів, щоб навіть в умовах війни, виробляти і реалізувати широкий спектр продукції рослинництва. Слід наголосити, що саме нарощування обсягів вирощування якісного врожаю є стратегічною ціллю на рівні країни та являється єдиною альтернативою продовольчої безпеки України загалом. Однак, вирішення поставлених завдань щодо інтенсифікації виробництва, вирощування і збирання екологічно чистої продукції, мінімізації втрат врожаю на кожному із етапів вирощування, організація ефективних ринків збуту, оновлення парку техніки та вдосконалення деяких етапів технологій виробництва продукції рослинництва достатньо часто на рівні господарств є проблемним та призводять до загального зниження ефективності агровиробництва.

Варто відмітити, що крім загальнодержавних проблем, руйнування інфраструктури, в тому числі і фермерських господарств, обмеження ринку збуту, проблеми із постачанням паливо-мастильних матеріалів, засобів агрохімії, техніки та запасних частин, достатньо часто в агроформуваннях, насамперед у дрібних і середніх фермерських господарствах, виникають проблеми із наявністю і технічним станом сільськогосподарських машин, агрегатів, зернозбиральних комбайнів тощо. Це ставить нові виклики перед фермером відносно вчасності і якості реалізації кожної із операцій вирощування сільськогосподарської продукції та впливає не тільки на загальний валовий збір і якісні показники зібраного врожаю, але й на можливі пошкодження і втрати вирощеного збіжжя під час реалізації операційних технологій в полі.

					ВПВК 00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Перешеїн				Пояснювальна записка	Літ.	Арк.
Перевір.	Леценко						7
Реценз.						ЦНТУ, гр. АІ-23М-2	
Н. Контр.	Мачок						
Затверд.	Васильковський						

Подібна ситуація має місце і в базовому фермерському господарстві, що спеціалізується на вирощуванні зернових і окремих технічних культур. Однією із найбільш проблемних ланок технологічного процесу вирощування залишається фінальний етап збирання врожаю, а в сучасних умовах проводити збирання врожаю зернових, використовуючи найману працю і технічне забезпечення, що з успіхом реалізувалося у довоєнний період не завжди вдається. Тому сьогодні врожай зернових культур, в тому числі і озимої пшениці, збирають способом прямого комбайнування із використанням зернозбирального комбайна класичної схеми роботи КЗС-950 «Руслан». Враховуючи ряд недоліків і конструктивних особливостей цього зернозбирального комбайна збирання врожаю може привести до втрат і пошкоджень збіжжя, а тому метою даної роботи є інтенсифікація технології вирощування озимої пшениці із дослідженням та вдосконаленням зернозбирального комбайна.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Технологічна частина

2.1. Значення озимої пшениці та сфери використання зібраного врожаю

Озима пшениця є однією із найбільш важливих продуктів агровиробництва у світовому сільському господарстві, що визначається рядом факторів продовольчої безпеки, економічної доцільності її вирощування, кормової та енергетичної цінності, агробіологічного значення як важливої культури сівозміни тощо.

Якщо оцінювати врожай озимої пшениці з точки зору продовольчої безпеки, то доведено, що саме ця сільськогосподарська культура є джерелом вуглеводів для більшості населення нашої планети. Саме з озимої пшениці виготовляють борошно, що використовується для виробництва хліба, більшості макаронних та кондитерських виробів, широкого спектру продуктів харчування.

Економічна складова підтверджується тим фактом, що при вирощуванні озимої пшениці, за умов ефективно організованої технології, забезпечується стабільність прибутку і вже протягом багатьох десятиліть ця культура залишається стабільним джерелом отримання доходів для багатьох фермерів нашої країни та за кордоном. Озима пшениця у необробленому вигляді і продукти її переробки є складовими багатьох експортних товарів, що має в тому числі і значний вплив на економіку нашої країни.

Озима пшениця представляє значну кормову цінність, що підтверджується широкою практикою використання більш низьких сортів зібраного врожаю у якості корму (дєрть, складові комбикормів та концкормів після певної переробки зібраного врожаю). Достатньо ефективно як кормовий ресурс використовуються побічна продукція виробництва озимої пшениці, зокрема солома, висівки та ін, що використовується як корм та підстилка для худоби.

Ця культура знаходить широке використання і в промисловості. Так, із зерна озимої пшениці виготовляють крохмаль, широко використовується у

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

харчовій, текстильній промисловості, виробництві паперу, ліків тощо. Із озимої пшениці виготовляють спирт, який знаходить використання у харчовій, парфумерній, фармацевтичній промисловості та техніці. Білок, що міститься у зерні пшениці часто використовується у косметичі, харчових добавках та ін.

Однак, для отримання стабільних і якісних, за своєю екологічною чистотою врожаїв озимої пшениці, фермерським господарствам доводиться реалізовувати ряд прийомів і заходів та враховувати значну кількість зовнішніх факторів. На потенційно отриманий врожай суттєво впливає сорт озимої пшениці, адже сорти цієї культури мають різні характеристики щодо вмісту білка, клейковини та ін., районування і стійкість конкретного сорту до ґрунтово-кліматичних умов вирощування, якісна складова і загальна можливість використання під час вирощування цієї культури засобів агрохімії, технічна оснащеність господарства та стан наявної техніки, можливість вчасно ремонтувати і ефективно налаштовувати машини і агрегати, кваліфікація механізаторів і агрономів та цілий ряд інших факторів, що впливають не тільки на валовий збір зерна озимої пшениці, а й на собівартість вирощеного збіжжя.

Таким чином, є очевидним, що озима пшениця це одна із найважливіших сільськогосподарських культур, яка є важелем забезпечення продовольчої безпеки для людства, її вирощування має позитивний ефект та стимулює економіку в цілому, до цього ж ця культура є важливою сировиною для великого спектру галузей промисловості та різних виробництв.

2.2. Аналіз існуючої технології вирощування озимої пшениці в базовому фермерському господарстві

В базовому фермерському господарстві вирощування озимої пшениці посідає одне з ключових місць порівняно із іншими культурами, що виробляються підприємством. Щороку озиму пшеницю вирощують в середньому на понад 300 га. орних угідь. На полях фермерського господарства намагаються реалізувати семипільну сівозміну, яка є запорукою збереження родючості ґрунту і саме озима пшениця є цінною культурою цієї сівозміни.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Ефективні агротехнічні строки для кожного етапу вирощування озимої пшениці в господарстві визначають виходячи з чинних агротехнічних вимог для кожного етапу виробництва. Енергоємні енергетичні засоби під час вирощування цієї культури намагаються використовувати для виконання робіт із високими енерговитратами і значним робочими навантаженнями, а під час виконання операцій, які не потребують підвищених енерговитрат потрібно використовувати агрегати невисокого енергоспоживання.

Розрахунок і обґрунтування складу машинно-тракторного агрегату є дуже важливим етапом складання технологічної карти вирощування сільськогосподарських культур у господарстві. При виконанні будь-якої роботи в рослинництві склад машинно-тракторного агрегату має обиратися так, щоб була забезпечена найвища продуктивність, максимальна потужність енергетичного засобу, за умов мінімальних витрат на виконану роботу та досягнення встановленої якості операцій. Перевагу на даному етапі проектування технологічних процесів потрібно надати спеціальним агрегатам, найбільш ефективним з точки зору витрат енергії та продуктивності, які не допускають пошкодження врожаю та виконують роботи із встановленою якістю.

Під час реалізації технологічних процесів вирощування продукції рослинництва в господарстві, в тому числі і при вирощуванні озимої пшениці, максимально створюють можливості щоб були забезпечені принципи потоковості технологічних процесів та комплексно виконувалося співвідношення між продуктивністю агрегатів і швидкістю виконання операцій.

В базовому господарстві реалізується типова технологія вирощування озимої пшениці із незначною адаптацією цієї технології до дійсних умов виробництва і наявних технічних ресурсів. Порядок перебігу всіх ланок технології та особливості її реалізації описані нижче.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Технологія лущення стерні попередньої культури

Лущення стерні попередньої культури на полях базового підприємства здійснюється за допомогою агрегату, що складається з трактора Т-150К та агрегату ЛДГ-10А (лущильник дисковий гідрофікований).

Під час роботи в полі лущильник повинен забезпечувати комплексне виконання ряду агровимог. Так, час між збиранням культури попередника і початком лущення поля повинен бути якомога меншим, але в будь-якому випадку не має бути більшим за 24 год. Відхилення середньої глибини лущення поля можуть знаходитися в діапазоні $\pm 1,5$ см. Бур'ян під час лущення стерні попередника повинен зрізатися повністю. Кількість стерні попередника, що може залишатися на денній поверхні поля, не повинна перевищувати 4 %. Висота гребенів і глибина впадин після лущення не можуть бути більшими за 4 см. Перекриття сусідніх проходів агрегату повинно перебувати на рівні 15 см. Наявність огріхів та необроблених ділянок на полі після лущення є недопустимою. Максимальна швидкість руху агрегату під час лущення дисковими лущильниками не повинна перевищувати 2,8 м/с.

Операції основного обробітку ґрунту при вирощуванні озимої пшениці

Основним обробітком ґрунту у базовому господарстві під вирощування озимої пшениці є класична оранка, яка реалізується трактором Т-150К в агрегаті із полицевим плугом ПЛН-5-35.

Чинні агровимоги для проведення полицевої оранки наведені нижче. Поле після проведення оранки має оброблятися повністю і не містити пропусків та огріхів. Денна поверхня не повинна мати високих гребенів та глибоких борозен, навіть в зонах суміжних проходів агрегатів. Всі наявні на поверхні поля до оранки рослинні рештки, органічні чи мінеральні добрива, рослинність в тому числі і бур'яни повинні бути заробленими в ґрунт повністю. Глибина класичного основного обробітку під посіви озимої пшениці має бути рівномірною та знаходитися в межах 25...27 см із відхиленням по

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ширині захвату агрегату до ± 2 см. Після оранки ґрунту в обробленому горизонті грудок розміром близько 4 см має бути не менше 80 %. На полях, які мають схили більше 3° поле потрібно обробляти перпендикулярно чи під кутом до схилу. Орний агрегат повинен ефективно працювати із швидкістю до 7 км/год, при цьому всі роботи по основному обробітку ґрунту в межах одного поля слід завершити протягом 10...15 діб.

Операції підготовки ґрунту під посів

Підготовка ґрунту під посів озимої пшениці в господарстві відбувається у вигляді культивації, використовуючи при цьому комбіновані ґрунтообробні агрегати, які за один прохід реалізують максимальну кількість операцій. Так, під час виконання робіт практикують комплектування ґрунтообробних агрегатів зубовими боронами БЗСС-1.0, щоб додатково провести боронування поверхні поля.

Передпосівну культивацію на полі під вирощування озимої пшениці проводять комбінованим ґрунтообробним агрегатом до складу якого входять трактор ДТ-75М, зчіпка СП-11, два причіпних культиватори КПС-4 та 8 зубових середніх борін БЗСС-1.0. Швидкість роботи скомплектованого для поверхневого обробітку ґрунту агрегату має становити 5...8 км/год, за умови, що роботи на одному полі повинні бути проведеними протягом 2...3 днів.

Операції посіву озимої пшениці

Для проведення операцій посіву озимої пшениці базове господарство використовує агрегат на базі сівалки СЗ-3,6А разом із енергетичним засобом МТЗ-80. Варто зазначити, що швидкість проведення посіву зазначеним агрегатом має знаходитися в межах 11,5 км/год, адже саме такий швидкісний режим є найбільш раціональним для даної зернової сівалки. Після проведення посіву зазначеним агрегатом практикують вирівнювання поля шлейф-боронами а за потреби (ґрунт не осів після попередніх операцій), практикують прикочування із використанням у більшості випадків кільчасто-шпорових

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

котків. Щоб забезпечити більш якісне вирівнювання поверхні поля після посіву на задню навіску зернової сіялки практикують встановлення борін ОР-0,7. Знову ж для забезпечення сприятливих умов і отримання дружніх сходів всі посівні операції на одному полі повинні проводитися не більше ніж за 5...7 діб.

Операції прикочування посівів озимої пшениці

З метою створення найбільш сприятливих умов на полі для дружнього сходження та подальшого розвитку молодих рослин озимої пшениці достатньо часто в умовах господарства коткують посіви цієї культури. Для коткування посівів озимої пшениці найкраще використовувати агрегат на базі енергозасобу ДТ-75М, гідрофікованої зчіпки СГ-21 та котків кільчасто-шпорових ЗККШ-6. На цих операціях швидкісні режими роботи повинні бути в межах 7...8 км/год а в межах одного поля із посівами озимої пшениці всі роботи мають проводитися не більше ніж за сім діб.

Операції підживлення посівів озимої пшениці

При вирощуванні озимої пшениці останнім часом дуже важливо вчасно і ефективно провести підживлення посівів цієї культури. Саме підживлення посівів дозволяє швидко повернути рослини після зимівлі до активного розвитку, оперативно поповнити ті елементи живлення, що на даний момент є в дефіциті, швидко і продуктивно поборотися з хворобами та провести профілактику від шкідників. Щоб провести операції підживлення посівів озимої пшениці найчастіше в господарстві використовують агрегат до складу якого входить розкидач МВУ-0,5 разом із трактором МТЗ-80.

При проведенні підживлення посівів озимої пшениці проводять ретельний розрахунок норм внесення для конкретних умов із обов'язковим врахуванням стану молодих рослин пшениці, фітосанітарних показників на місці вирощування тощо. При підживленні посівів відхилення норм внесення

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

засобів агрохімії від розрахованих та встановлених на агрегаті не може перевищувати $\pm 5\%$.

Агрегати, якими проводять підживлення посівів повинні забезпечувати сталі норми внесення азотних добрив у твердому вигляді в діапазоні 50...300 кг/га.

Варто зазначити, що під час виконання розкидання засобів агрохімії (азотних добрив) за умови, що ширина розкидання не перевищує 10,8 м, нерівномірність внесення не повинна перевищувати 15% за шириною захвату та 10% за напрямком руху агрегату. Операції підживлення посівів запропонованим агрегатом проводяться зі швидкістю до 4,5 км/год.

Операції весняного боронування посівів озимої пшениці

З метою заробки в ґрунтове середовище засобів агрохімії після підживлення посівів розкидним способом, розпушування поверхневої кірки ґрунту на полі після перезимівлі в господарстві проводять весняне боронування. Цю операцію слід провести якомога раніше весною допоки рослини не відновили активну вегетацію, при цьому найкраще працювати агрегатом у складі енергозасобу ДТ-75М, гідрофікованої зчіпки СГ-21 та середніх зубових борін БЗСС-1,0. Робоча швидкість на етапі весняного боронування посівів озимої пшениці має бути не вищою за 11,5 км/год за умови, що якість виконання робіт перебуває в межах агровимог для означеної операції а пошкодження культурних рослин є мінімальним.

При проведенні в полі операцій боронування посівів повинно забезпечуватися перекриття робочих ходів боронувального агрегату на 10...15 см. Не допускається наявність пропусків і огріхів а напрямок руху агрегату під час такого виду робіт має бути максимально прямолінійним і перпендикулярним до розміщених в полі рядків культурних рослин.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Операції збирання врожаю озимої пшениці

Для збирання озимої пшениці, як і в більшості інших господарств нашої держави застосовують спосіб прямого комбайнування. Під час комбайнування озимої пшениці висоту зрізання хлібів на полі обирають в залежності від характеристики достиглої культури, а саме – густини рослин, висоти стебел та розмірів колосків, полеглості рослин тощо і в більшості випадків висота зрізання озимої пшениці при її прямому комбайнуванні перебуває в діапазоні 13...35 см. За умови наявності в господарстві тваринницьких підрозділів всю незернову частину врожаю використовують для її потреб і тоді намагаються забезпечити мінімальну висоту зрізання хлібів, так при висоті стебел пшениці до 70 см висота зрізання на етапі збирання має бути до 10 см, за умови, якщо рослини мають середню висоту стебла до 90 см – висота зрізання не перевищує 15 см та при висоті стебел понад 90 см – відповідно висота зрізання має бути в межах 18 см. Певну складність мають господарства із збиранням методом прямого комбайнування полеглих хлібів, у такому випадку висота зрізання стебел пшениці на полі має бути на рівні 8...12 см.

При прямому комбайнуванні соломі копнують комбайном та розміщують рядками, при цьому це найкраще робити паралельно до самого короткого боку поля із посівами озимої пшениці. Кількість копиць соломи має прямий зв'язок із безпосередньою соломистістю зібраного врожаю та ємністю копнувача зернозбирального комбайна. Варто зазначити, що при розвантаженні копнувача комбайна копиці соломи не мають розтягуватися робочими елементами комбайна по поверхні поля.

Пряме комбайнування озимої пшениці в господарстві проводять зернозбиральним комбайном, що має традиційну схему обмолоту зібраного врожаю КЗС-950 «Руслан».

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Інтенсифікація технології вирощування озимої пшениці в господарських умовах

Вибір засобів механізації

Основними енергетичними засобами які виконують роль тягових чи тягово-приводних механізмів під час проведення технологічних операцій у рослинництві є різні за конструкцією та призначенням трактори. Вибір енергозасобу для виконання кожної конкретної роботи проводять з врахуванням його технічних характеристик, базуючись на даних про наявну у господарстві техніку, що призначена чи може бути використана для запланованих видів робіт.

Під час вибору енергетичного засобу для кожного із етапів технології враховується максимальне завантаження техніки та можливість забезпечення високої ефективності роботи підібраного для цієї операції агрегату. Для оцінки ефективності використання скомплектованих агрегатів у рослинництві із різними енергетичними засобами слід враховувати ряд аспектів:

- для весняних польових робіт максимально рано і обробітку свіже обробленого чи надто розпушеного ґрунту, рекомендується використовувати агрегати, що працюють із універсальними гусеничними тракторами;
- на операціях, які потребують високих енерговитрат, доцільно застосовувати універсальні потужні трактори;
- для проведення в полі операцій із низькими енергозатратами і транспортних робіт краще використовувати колісні трактори, тяговий клас яких є якомога нижчим;
- під час транспортування та внесення розкидним способом добрив мають використовуватися більш потужні та маневрені колісні енергозасоби.

У випадках, коли виконання операцій в полі скомплектованими агрегатами неможливе або є значно ускладненим, тоді використовуються інші, призначені для цього машини, зокрема автомобілі, самохідні комбайни,

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

самохідні оприскувачі тощо.

Сільськогосподарські машини для робіт в полі обираються керуючись їх відповідністю агротехнічним вимогам до конкретної операції, можливості агрегування з тракторами, що є в господарстві а також перспектив оренди або ж придбання необхідної техніки на визначений період.

Способи збирання озимої пшениці

Залежно від стану хлібів на кінцевому етапі вирощування, сорту культури, ґрунтових та кліматичних умов, що склалися в цей період у господарстві зернові-колосові культури, вирощені стандартним рядковим способом, збирають однофазним (пряме комбайнування) чи двофазним (роздільним) методами.

Однофазний методи збирання зернових передбачає, що зернозбиральний комбайн безпосередньо в полі зрізає або очісує колоски, обмолочує зерно, очищає його від домішок і завантажує в бункер або кузов транспортного засобу. Незернова частина врожаю (солома і полова) може бути зібрана у копнувач, укладена у валок, розкидана по поверхні поля або подрібнена і завантажена в причеп. Усі ці перелічені операції виконуються зернозбиральним комбайном одночасно. Пряме комбайнування застосовують для рівномірно дозрілих, малозабур'янених, розріджених (менше 300 рослин на метр квадратний) і низькорослих (менше 50 см довжина стебел колосків) зернових. Збирання методом прямого комбайнування в господарствах починають після повного дозрівання врожаю на полі, за умови, що вологість збіжжя не перевищує 25%.

Двофазний метод передбачає попереднє скошування стебел зернових валковою жаткою з укладанням скошених стебел на поверхні поля у валки. Через 4...6 діб, після їх підсихання валки озимої пшениці підбирають і обмолочують комбайнами. Цей метод дозволяє почати збирання на 4...12 діб раніше, ніж при прямому комбайнуванні, а роботи розпочинаються вже тоді, коли зерно озимої пшениці досягає воскової стиглості, що характеризується

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

вологістю 25–35%. За цей час у валках скошена маса підсихає, а зерно дозріває завдяки поживним речовинам, які містяться у зрізаних стеблах, що підвищує щільність і якість зібраного врожаю. Двофазний спосіб збирання зернових є найкращим для культур, що характеризуються високою нерівномірністю дозрівання, серед яких горох, овес, ячмінь, просо, високостеблових культур, культур схильних до осипання, або надто засмічених бур'янами посівів. Такий метод збирання врожаю також зменшує втрати збіжжя і загальне травмування зерна під час всіх етапів його збирання.

Індустріально-потоківий спосіб збирання передбачає транспортування врожаю або його частини до стаціонарних пунктів для обмолоту, сепарації та очищення зерна. Цей метод застосовується нарівні з комбайновими технологіями для зернових і насінневих культур. Існує кілька варіантів реалізації індустріально-потоківих технологій.

Незалежно від способу збирання врожаю зернових комбайнами, у всіх випадках виникають труднощі із якісним очищенням зібраного зерна від домішок та уникненням чи мінімізацією травмування зернівок на етапі їх обмолоту, що виникає насамперед за умов, коли до молотарки подається надто велика частина незернової частини врожаю.

Агротехнічні вимоги до операцій прямого комбайнування

Зернозбиральні комбайни загального призначення мають ефективно збирати врожай з його мінімальним травмуванням за умови правильного вибору та налаштування всіх робочих органів і систем. При цьому враховуються особливості культури, яка збирається, зокрема її стан дозрівання, густина стеблостою, висота культури, міцність стебла та кріплення колоска, забур'яненість поля, вологість і стан зерна та ін. а також підготовленість збіжжя до механізованого збирання. Придатність культур до машинного збирання визначається їх фізико-механічними властивостями, біологічними характеристиками та фізичним станом у період збирання. Тому при розробці нових збиральних агрегатів враховуються агробіологічні

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

властивості рослин, а при створенні нових сортів культур – їх адаптованість до механізованих способів збирання.

На продуктивність комбайнів і якість збирання врожаю цими агрегатами впливає низка факторів, серед яких будова рослин, довжина та густота стеблостою, полеглість хлібів, вологість, співвідношення зернової та незернової частини, стадія дозрівання, забур'яненість посівів тощо. Наприклад, при збиранні низькорослих або полеглих хлібів необхідно знижувати висоту зрізання стебел, що суттєво ускладнює роботу комбайна в полі. З іншого боку, високорослі рослини різко перевантажують молотарку через великий об'єм незернової маси, яка зазвичай призводить до підвищених втрат врожаю та (або) підвищеного пошкодження зернівок при обмолоті. Оптимальна висота стебел для зернових колосових перебуває в діапазоні значень 55...110 см, а за умови, що варіація їх довжини за шириною захвату жатки не перевищує 15%.

Вирощування в господарствах короткостеблових сортів, в тому числі і озимої пшениці, із середньою висотою стебел на рівні 60...80 см потенційно зменшує вилягання хлібів під час вітрів і загалом дозволяє підвищити продуктивність їх збирання комбайнами. Полеглість хлібів, за чинними агрономогами не повинна перевищувати 55% для довгостеблових і до 20% для короткостеблових сортів. Рослини зернових з міцними (пружними) стеблами краще підходять для збирання методом прямого комбайнування, оскільки менше вилягають і не так сильно подрібнюються під час руху в робочих органах комбайна, а отже і не забивають та не перевантажують молотильно-сепаруючі пристосування.

Співвідношення маси зерна до соломи суттєво впливає на продуктивність і якість комбайнового збирання хлібів. Для ефективного обмолоту із мінімальними втратами і пошкодженнями зерна цей показник має становити 1:1,2...1:0,5. Нерівномірне дозрівання зерна ускладнює обмолот і може призводити до травмування зернин робочими органами. Задля

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зменшення пошкоджень важливо створювати сорти з міцнішою оболонкою зерна та використовувати еластичні матеріали в конструкції зернозбиральних комбайнів.

Оптимальна вологість зерна для зберігання становить 14...15%. Перевищення цього рівня спричиняє псування врожаю, а збирання пересушеного зерна підвищує ризик росту втрат через осипання та подрібнення робочими органами збиральних агрегатів. Засміченість посівів бур'янами також негативно впливає на роботу збиральної техніки, тому боротьба з бур'янами є важливим елементом підвищення врожайності.

Чистота зерна у бункері при прямому комбайнуванні має бути не нижчою 95%, а втрати – не більше 1% для прямостоячих хлібів і 1,5% для полеглих. Максимально допустимі втрати зерна в соломі або від недомолоту можуть становити близько 1,5% для зернових і 2% для рису. Подрібнення зерна не повинно перевищувати 1...5% залежно від призначення зібраного збіжжя.

2.4. Розробка операційної карти на збирання зерна озимої пшениці зернозбиральним комбайном КЗС-950 «Руслан»

Дані для розрахунку операційної карти на пряме комбайнування озимої пшениці такі:

- загальна площа одного поля господарства, на якому відбувається збирання врожаю озимої пшениці $F = 120$ га;
- довжина поля озимої пшениці $L = 1100$ м;
- нахил поверхні поля (середній та максимальний кут нахилу), $\alpha_{cp} = 3^\circ$;
 $\alpha_{max} = 8^\circ$;
- розрахункова середня врожайність по зерну озимої пшениці, $h_3 = 3,7$ т/га;
- коефіцієнт збирання соломистої маси (незернової частини врожаю), $\partial_2 = 0,75$.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Збирання озимої пшениці на розрахунковому полі базового господарства методом прямого комбайнування проводять зернозбиральним комбайном класичної схеми обмолоту КЗС-950 «Руслан» до якого на задню навіску приєднують тракторний самоскидний причіп 2ПТС-8-887А, в який проводять збирання незернової частини врожаю. Якщо збирати незернову частину непотрібно, замість тракторного причепа встановлюється на комбайн подрібнювач рослинних решток, який подрібнює і розподіляє незернову частину по поверхні поля.

Під час вибору швидкості роботи зернозбирального комбайна в полі мають враховуватися наступні показники:

- чинні агроумови, що висуваються до операцій прямого комбайнування зернових колосових культур;
- фактична пропускна здатність жатної частини, молотарки і зерноочистки зернозбирального комбайна;
- встановлена потужність двигуна зернозбирального комбайна (на комбайн КЗС-950 встановлювався двигун ЯМЗ-236ДК5);
- продуктивність роботи подрібнювача незернової частини врожаю.

Зведена технічна характеристика зернозбирального комбайна КЗС-950 «Руслан» представлена у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

Технічні показники роботи зернозбирального комбайна КЗС-950 «Руслан»

Параметри	Одиниці виміру	Значення
1	2	3
Робочі швидкості руху зернозбирального комбайна:		
- I діапазон	км/год.	до 5
- II діапазон	км/год.	до 10
- III діапазон (транспортний)	км/год.	до 25
Об'єм бункера для накопичення зерна	м ³	5
Пропускна здатність молотарки комбайна	кг/с	до 8
Вага агрегату, яка припадає на ведучий міст (розрахункова)	кН.	131

1	2	3
Паспортна потужність двигуна зернозбирального агрегату:		
- експлуатаційна	кВт.	162
- номінальна	кВт.	185

Керуючись умовами якісного обмолоту хлібної маси, робоча швидкість збирального агрегату повинна перебувати в діапазоні значень $V_p = 0,8 \dots 2,8$ м/с. Проведемо визначення максимальної швидкості, що обмежується лише пропускною здатністю молотарки та очистки комбайна, що можна провести за відомою залежністю [7, 9, 12]:

$$V_{p \max}^{\partial} = \frac{10 \cdot g_n}{B_p \cdot H_{\partial}},$$

де g_n – пропускна здатність молотарки комбайна (нормативна), кг/с;

B_p – ширина захвату зернозбирального агрегату, м;

H_{∂} – врожайність пшениці озимої (нормативна), т/га.

За довідниковими даними [10] значення нормативної пропускної здатності комбайна КЗС-950 становить $g_n = 7,8 \dots 8$ кг/с, його слід обирати із врахуванням коефіцієнту завантаження молотарки та очисного пристрою збирального агрегату, що дорівнює $k = 0,97$. Розрахуємо фактичну робочу ширину захвату комбайна, за умови того, що забезпечується перекриття сусідніх проходів, що виражається рівнянням:

$$B_p = 0,99 \cdot B_{\kappa},$$

де B_{κ} – ширина захвату жатки збирального агрегату (конструктивна), для комбайна КЗС-950 – $B_{\kappa} = 8,6$ м).

після підстановки цифрових значень отримаємо:

$$B_p = 0,99 \cdot 8,6 = 8,5 \text{ м.}$$

Проведемо розрахунок біологічного врожаю озимої пшениці в господарстві:

$$H_o = h_3(1 + \partial_2),$$

де h_3 – запланована врожайність зерна озимої пшениці, $h_3 = 3,7$ т/га;

∂_2 – коефіцієнт, який вказує на врожайність незернової частини врожаю, приймаємо для розрахунків, $\partial_2 = 0,75$.

Тоді, після підстановки даних у приведену вище залежність отримаємо:

$$H_o = 3,7(1 + 0,75) = 6,475 \text{ т/га.}$$

Можемо розрахувати і максимальну швидкість збирання озимої пшениці з врахуванням вихідних даних, маємо:

$$V_{p\max}^o = \frac{10 \cdot 7,8}{8,5 \cdot 6,475} = \frac{78}{55,04} = 1,42 \text{ м/с} = 5,1 \text{ км/год.}$$

Таким чином, розрахунки підтверджують, що допустима максимальна швидкість роботи зернозбирального комбайна, враховуючи рельєф поля та ходових і маневрових особливостей агрегату є не більшою за I діапазон швидкостей (табл.1), що фактично становить до 5 км/год.

Перевіримо, чи може зернозбиральний агрегат працювати на максимально допустимій швидкості $V_{p\max}^o$, враховуючи допустиме завантаження агрегату на даному виді робіт та потужності двигуна. Даний розрахунок доцільно провести використовуючи відому залежність [12]:

$$N_{ep} = \frac{R_a \cdot V_{p\max}^o}{\eta_{mp} \cdot \eta_o} + \frac{N_{вом}}{\eta_{вом}},$$

де N_{ep} – витрати потужності комбайна, які припадають на пересування під час робочого ходу в полі і приведення в рух робочих органів, що приведені до узагальненої потужності ВВП агрегату, кВт.;

R_a – опір переміщення зернозбирального агрегату, кН.;

η_{mp} – коефіцієнт, що демонструє ефективність використання трансмісії зернозбирального агрегату;

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$N_{\text{вoм}}$ – загальна потужність, яка потрібна для приводу в дію всіх робочих органів зернозбирального комбайна, кВт.;

$\eta_{\text{вoм}}$ – коефіцієнт корисної дії ВВП комбайна.

Щоб знайти загальний опір зернозбирального комбайна існує розрахункова формула

$$R_a = G_m \cdot (f_{об} + \sin \alpha),$$

де G_m – вага сільськогосподарської машини – в даному випадку комбайна враховуючи всі допоміжні елементи, з якими збиральний агрегат працює під час прямого комбайнування зернових, кН.;

$f_{об}$ – коефіцієнт опору перекочування рушіїв зернозбирального комбайна;

α – кут нахилу поля, на якому збирається врожай.

Враховуючи рекомендації [10...15], сумарна вага збирального агрегату КЗС-950 разом із жаткою, що має конструктивну ширину захвату 8,6 м. дорівнює $G_k = 188$ кН, при роботі разом із причепом для завантаження незернової частини врожаю 2ПТС-8-887А маємо врахувати ще й його вагу, яка становить $G_m = 20$ кН. Враховуючи наведені дані, сумарна зчіпна вага зернозбирального агрегату $G_{\text{сцa}}$ в повному спорядженні із заповненими бункерами може бути знайдена за нерівністю:

$$G_{\text{сцa}} \leq 0,7 \cdot G_k + G_m.$$

Підставивши числові значення у останню нерівність отримаємо:

$$G_{\text{сцa}} = 0,7 \cdot 188 + 20 = 151,6 \text{ кН.}$$

Відомо, що опір зернозбирального комбайну є функцією цілого ряду чинників, із основних можна виділити:

- повнота заповнення технологічних місткостей матеріалом;
- відповідний агрофон на поверхні даного поля, $f_a = 0,08...0,15$;
- нахил місцевості та, відповідно кут підймання поля, $\alpha = 0...3...8^\circ$.

Загальний опір зернозбирального агрегату разом із причепом можна розрахувати використовуючи вираз:

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_a = G_{c_{\kappa}} (f_{\kappa} + \sin \alpha) + (G_T (f_T + \sin \alpha)),$$

де $G_{c_{\kappa}} \cdot G_T = G_{c_{\alpha}}$ – загальна зчіпна вага збирального агрегату, що є функцією відповідно зчіпної ваги зернозбирального комбайну і причепу для збору незернової частини врожаю, кН;

f_{κ} і f_T – відповідно коефіцієнти опору перекочування зернозбирального комбайна і причепу по поверхні поля;

α – значення кута підймання зернозбирального агрегату при виконанні технологічної операції збирання озимої пшениці.

Зазначимо, що за умови коли $\alpha < 0^\circ$, поле має нахил $\alpha \approx 0 \dots 1^\circ$.

Підставивши числові значення отримаємо:

$$R_{a_0} = 131(0,08 + 0) + 20(0,08 + 0) = 10,48 + 1,6 = 12,08 \text{ кН};$$

Розрахуємо і за умови, якщо кут нахилу $\alpha = 3^\circ$ теж враховуючи зчіпну вагу агрегату при його русі на підйом, отримаємо:

$$R_{a_3} = 131(0,08 + 0,13) + 20(0,08 + 0,13) = 27,51 + 4,2 = 31,71 \text{ кН}.$$

Врахуємо, що коефіцієнт використання зчіпної ваги агрегату, є функцією від кута нахилу поля можемо отримати:

$$\varphi_a = \frac{R_{a(\kappa+m)}}{G_{c_{\alpha(a)}}} = \frac{P_{f_{\kappa}}}{G_{c_{\kappa}}} + \frac{P_{a_{\kappa}}}{G_{c_{\kappa}}} + \frac{P_{f_T}}{G_{c_T}} + \frac{P_{a_T}}{G_{c_T}},$$

Останній вираз можемо записати в функціях кутів таким чином:

$$\varphi_a = f_{\kappa} + \varphi_{a_{\kappa}} + f_m + \varphi_{a_m}.$$

Оскільки відомо, що $f_a = 0,08 \dots 0,15$, та знаючи, що кут підймання дорівнює $\varphi_{a_0} = 0,03 \dots 0,14$, маємо змогу знайти коефіцієнт використання зчіпної ваги агрегату для різних кутів α його підйому в полі. Отримаємо наступні рівняння:

$$\alpha = 0^\circ, \varphi_{a_0} = 0,08 + 0,03 = 0,11 \text{ – за умови, що } f_a = 0,08;$$

$$\alpha = 3^\circ, \varphi_{a_3} = 0,08 + 0,07 = 0,15 \text{ – за умови, що } f_a = 0,08;$$

$$\alpha = 8^\circ, \varphi_{a_8} = 0,08 + 0,14 = 0,22 \text{ – за умови, що } f_a = 0,08.$$

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$\alpha = 0^\circ, \varphi_{a_0} = 0,15 + 0,03 = 0,18 \text{ – за умови, що } f_a = 0,15;$$

$$\alpha = 3^\circ, \varphi_{a_3} = 0,15 + 0,07 = 0,22 \text{ – за умови, що } f_a = 0,15;$$

$$\alpha = 8^\circ, \varphi_{a_8} = 0,15 + 0,14 = 0,29 \text{ – за умови, що } f_a = 0,15.$$

Відомо, що на опір зернозбирального агрегату впливає і просідання в ґрунт рушіїв, на яке впливає ступінь заповнення бункерів і ємностей та загальний режим його руху (усталеність руху). За довідниковими даними [11], можемо прийняти $\Delta P = 104 \text{ кг/см}^2 \approx 10,2 \text{ МПа}$; $\tau = 91 \text{ кг/см}^2$.

Проведемо розрахунок опору R_a , за різних умов $\alpha = 0 \dots 8^\circ$ та $f_a = 0,08 \dots 0,15$:

за умови, якщо $f_a = 0,08$ маємо:

$$R_{a_0} = 131(0,08 + 0,03) + 20(0,08 + 0,03) = 16,61 \text{ кН.};$$

$$R_{a_3} = 131(0,08 + 0,07) + 20(0,08 + 0,07) = 22,65 \text{ кН.};$$

$$R_{a_8} = 131(0,08 + 0,14) + 20(0,08 + 0,14) = 33,22 \text{ кН.}$$

за умови, якщо $f_a = 0,15$ маємо:

$$R_{a_0} = 131(0,15 + 0,03) + 20(0,15 + 0,03) = 27,18 \text{ кН.};$$

$$R_{a_3} = 131(0,15 + 0,07) + 20(0,15 + 0,07) = 33,22 \text{ кН.};$$

$$R_{a_8} = 131(0,15 + 0,14) + 20(0,15 + 0,14) = 43,79 \text{ кН.}$$

Визначимо опір R_a зернозбирального агрегату, що працює із завантаженими ємностями, при цьому не враховуючи просідання рушіїв.

Маємо:

$$R_{a_0} = 131(0,15 + 0) + 20(0,15 + 0) = 22,65 \text{ кН.};$$

$$R_{a_3} = 131(0,15 + 0,05) + 20(0,15 + 0,05) = 30,20 \text{ кН.};$$

$$R_{a_8} = 131(0,15 + 0,13) + 20(0,15 + 0,13) = 42,28 \text{ кН.}$$

Розрахункові значення $\eta_{тр}$, $\eta_{б}$, $\eta_{вом}$ прийmemo використовуючи наведені дані [28, 29, 31]:

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$\eta_{mp} = 0,70; \eta_{\delta} = 0,965; 0,931; 0,860; \eta_{вом} = 0,93,$$

де $\eta_{\delta} = 1 - \frac{\delta}{100\%}$, при $\alpha = 0 \sim \delta = 3,5\%$; при $\alpha = 3 \sim \delta = 7\%$;

при $\alpha = 8 \sim \delta = 14\%$; відповідно $\eta_{\delta_0} = 0,965$; $\eta_{\delta_3} = 0,930$; $\eta_{\delta_8} = 0,860$.

Наступний етап роботи це розрахунок сумарної потужності, що потрібна для роботи контрприводу комбайна, приведену до ВВП:

$$N_{вом} = N_{пв_6} \cdot g_{\delta} + N_{пв_{п0}} \cdot g_c + N_{вом_{\delta}} + N_{вом_x},$$

де $N_{пв_6}$ – значення питомих енерговитрат на процес зрізання, обмолоту, очистки зерна озимої пшениці, кВт·с/кг;

$N_{пв_{п0}}$ – значення питомих витрати енергії, що витрачається комбайном на подрібнення незернової частини врожаю, проведення розсіювання соломи по поверхні поля та здійснення транспортування подрібненої незернової частини врожаю до причепа, кВт·с/кг;

$N_{вом_{\delta}}$ – значення затрат потужності, що потрібна для обертання ВВП зернозбирального комбайна в холостому режимі, кВт.;

g_{δ} – пропускна здатність молотильно-сепаруючого механізму зернозбирального комбайна, кг/с.

g_c – пропускна здатність подрібнювача рослинних решток, що працює в комбайні, кг/с;

Якщо скористатися даними довідників [3, 5, 7], можна прийняти:

$N_{y\delta_6} = 7$ кВт·с/кг; $g_{\delta} = 7,8$ кг/с; $N_{y\delta_{из}} = 7$ кВт·с/кг; $g_c = 2,6$ кг/с; $N_{вом_x} = 10$ кВт;

$N_{вом_{\delta}} = 3,5$ кВт.

Враховуючи наведені вище дані, розрахункове значення сумарної потужності становить:

$$N_{вом} = 7 \cdot 7,8 + 7 \cdot 2,6 + 10 + 3,5 = 86,3 \text{ кВт.}$$

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Це значить, що загальні витрати потужності, які мають місце під час технологічного процесу прямого комбайнування зернозбиральним агрегатом КЗС-950 під час його роботи в полі із різними умовами становлять:

$$\text{якщо нахил рельєфу поля } \alpha = 0^\circ, \text{ тоді } N_{ep} = \frac{12,08 \cdot 1,35}{0,7 \cdot 0,965} + \frac{86,3}{0,930} = 116,8 \text{ кВт};$$

$$\text{якщо нахил рельєфу поля } \alpha = 3^\circ, \text{ тоді } N_{ep} = \frac{19,63 \cdot 1,27}{0,7 \cdot 0,93} + \frac{86,3}{0,930} = 131,0 \text{ кВт};$$

$$\text{якщо нахил рельєфу поля } \alpha = 8^\circ, \text{ тоді } N_{ep} = \frac{31,71 \cdot 1,19}{0,7 \cdot 0,86} + \frac{86,3}{0,930} = 154,8 \text{ кВт}.$$

Всі розрахунки були проведені виходячи із забезпечення стабільного завантаження молотарки та зерноочистки комбайна та змінному (регульованому) швидкісному режимі, що частково забезпечує стабілізацію режиму роботи всіх робочих органів агрегату.

При збиранні озимої пшениці в господарстві зернозбиральний агрегат витрачає потужність, яка перебуває в діапазоні експлуатаційної потужності двигуна цього комбайну. Так, для двигуна ЯМЗ-236ДК5 можна отримати наступні вирази:

$$\text{за умови, що } \alpha = 0^\circ, \text{ отримаємо } N_{ep} \leq N_{\text{э}} \text{ або } 116,8 \leq 162 \text{ кВт};$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 3^\circ, \text{ отримаємо } N_{ep} \leq N_{\text{э}} \text{ або } 131,0 \leq 162 \text{ кВт};$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 8^\circ, \text{ отримаємо } N_{ep} \leq N_{\text{э}} \text{ або } 154,8 \leq 162 \text{ кВт}.$$

Як вже було зазначено вище, робоча швидкість зернозбирального комбайна відповідає I діапазону швидкостей, що фактично складає 5 км/год. = 1,39 м/с.

Скористаємося формулою для визначення фактичної швидкості комбайна, яка має вигляд:

$$V_{\phi} = \eta_m \cdot V_p,$$

враховуючи це отримаємо:

$$\text{за умови, що } \alpha = 0^\circ, \text{ швидкість } V_{\phi} = 0,97 \cdot 1,39 \approx 1,35 \text{ м/с};$$

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

за умови, що $\alpha = 3^\circ$, швидкість $V_\phi = 0,91 \cdot 1,39 \approx 1,27$ м/с;

за умови, що $\alpha = 8^\circ$, швидкість $V_\phi = 0,86 \cdot 1,39 \approx 1,19$ м/с;

Проведемо визначення експлуатаційних показників роботи зернозбирального агрегату при збиранні врожаю озимої пшениці. Максимальна продуктивність агрегату, яка пов'язана із максимально допустимою швидкістю роботи агрегату можна визначити за формулою:

$$W_{\text{мех}} = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p^g \cdot \tau,$$

де τ – значення коефіцієнту, який демонструє ступінь використання часу зміни, що можна визначити так:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{\text{змін}}},$$

T_p – чистий час роботи зернозбирального агрегату в полі, год.;

$T_{\text{змін}}$ – тривалість часу зміни, відомо, що під час жнив к господарстві тривалість зміни становить $T_{\text{змін}} = 8,5$ год.

Щоб знайти чистий час роботи зернозбирального агрегату можна скористатися відомою залежністю:

$$T_p = \frac{2 \cdot L_p}{60 \cdot V_p} \cdot n_\phi,$$

де L_p – середня довжина робочої ділянки на полі, де збирається пшениця, м

$$L_p = L_y - 2E,$$

L_y – довжина гонів на полі із посівами озимої пшениці, м;

$2E$ – подвійна поворотна полоса збирального агрегату, м.

Ширину поворотної полоси на полі можна знайти за рівнянням:

$$E = 1,1 \cdot R_{\text{мін}} + 0,5 \cdot d_k + l_k,$$

де $R_{\text{мін}}$ – значення мінімального радіусу повороту зернозбирального комбайна

КЗС-950, $R_{\text{мін}} = 4,81$ м;

d_k – фактична кінематична ширина комбайна, $d_k = 4,5$ м;

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

l_k – кінематична довжина комбайна, $l_k = 6$ м.

Проведемо визначення величини поворотної смуги

$$E = 1,1 \cdot 4,81 + 0,5 \cdot 4,5 + 6,0 = 13,55 \text{ м.}$$

Враховуючи приведені вище значення розрахункові значення довжини гонів на полі дорівнюють:

$$L_p = 1100 - 2 \cdot 13,55 = 1100 - 27,1 = 1072,9 \approx 1073 \text{ м.}$$

Таким чином, за результатами розрахунку обираємо довжину гону на полі із посівами озимої пшениці $L_p = 1073$ м.

Сумарну кількість циклів за одну зміну роботи зернозбирального агрегату під час збирання озимої пшениці можна знайти використовуючи наступну залежність:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{зм}} - T_{\text{пз}} - T_{\text{обс}} - T_{\text{отл}}}{t_{\text{ц}}},$$

де $T_{\text{пз}}$ – час роботи зернозбирального комбайна на підготовчо-заключних роботах, хв;

$T_{\text{обс}}$ – час проведення організаційно-технологічного обслуговування агрегату під час його роботи, хв.;

$T_{\text{отл}}$ – тривалість відпочинку та перерв на власні потреби механізатора під час збирання хлібів, хв.

Тривалість підготовчо-заключних робіт зернозбирального агрегату дорівнює:

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{ето}} + T_{\text{пп}} + T_{\text{пн}} + T_{\text{зк}},$$

де $T_{\text{ето}}$ – час, що витрачається на проведення щоденного технічного обслуговування зернозбирального агрегату, хв;

$T_{\text{пп}}$ – час, що витрачається збиральним агрегатом на підготовку до його переїзду, хв.;

$T_{\text{пн}}$ – час, що витрачається комбайнером на отримання наряду на роботу та здачі роботи після завершення збирання, хв.;

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{зк}$ – час, що потрібен для обслуговування зернозбирального комбайна після проведення збирання врожаю, хв.

За довідниковими даними [5], можемо прийняти $T_{ето} = 60$ хв.; $T_{пн} = 3$ хв.; $T_{пн} = 4$ хв.; $T_{зк} = 16$ хв.

Враховуючи наведені вище числові значення і після підстановки їх у формулу для визначення тривалості підготовчо-заключних робіт маємо:

$$T_{пз} = 60 + 3 + 4 + 16 = 83 \text{ хв.}$$

Прийmemo за [5], що час, який потрібен для організаційно-технічного обслуговування зернозбирального комбайна дорівнює $T_{обс} = 25$ хв.

Розрахуємо фактичну тривалість циклу роботи збирального агрегату на етапі прямого комбайнування озимої пшениці за наступною залежністю:

$$t_y = \frac{2 \cdot L_p}{60 \cdot V_p^g} + \frac{2 \cdot L_x}{60 \cdot V_{xx}} + t_{оц},$$

де t_y – тривалість циклу роботи зернозбирального агрегату, хв.;

L_x – довжина шляху, що проходить зернозбиральний агрегат під час здійснення повороту, холостого ходу та під час переїздів, м;

V_{xx} – швидкість збирального агрегату під час його холостого ходу, $V_{xx} = 1,35$ м/с.;

$t_{оц}$ – час, що потрібен для здійснення зупинок на технологічне обслуговування зернозбирального агрегату, протягом одного циклу виконання операції прямого комбайнування, хв.

Щоб розрахувати середню довжину холостого ходу збирального агрегату під час переїздів і розворотів можемо використати наступну формулу:

$$L_x = 2 \cdot R_{\min} \cdot \frac{c}{2} \cdot 2 \cdot l_k,$$

де c – фактична ширина загінки в полі, на якому у господарстві вирощують озиму пшеницею, м

$$c = 8 \cdot R_{\min},$$

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$c = 8 \cdot 4,81 = 38,4 \text{ м.}$$

Отже, шлях який проїздить зернозбиральний агрегат під час переїздів і розворотів становить:

$$L_x = 2 \cdot 4,81 \cdot \frac{38,4}{2} \cdot 2 \cdot 6 = 48,8 \text{ м.}$$

Розрахуємо час, який витрачається на зупинки агрегату для проведення технічного обслуговування зернозбирального агрегату протягом одного циклу роботи:

$$t_{oc} = \frac{2 \cdot L_p}{L_{техн}} \cdot t_{oc},$$

де $L_{техн}$ – довжина робочого руху збирального агрегату до моменту заповнення бункерів комбайна зерном, м;

t_{oc} – тривалість технологічної зупинки зернозбирального агрегату, хв.

Запас робочого ходу зернозбирального комбайна можна розрахувати наступним чином:

$$L_{техн.} = \frac{V \cdot \gamma \cdot \lambda \cdot 10^4}{g \cdot B_p},$$

де V – загальний об'єм бункера зернозбирального агрегату, м³;

γ – насипна вага зібраного збіжжя у бункер збирального агрегату, т/м³;

λ – коефіцієнт використання бункера зернозбирального комбайна;

g – запланована на полі врожайність пшениці озимої, т/га.

Використовуючи відомі дані приймемо для розрахунків такі значення [7...12]:

$$V = 6 \text{ м}^3; \gamma = 0,85 \text{ т/м}^3; g = 3,7 \text{ т/га}; \lambda = 0,91$$

Розрахуємо значення запасу руху зернозбирального агрегату під час комбайнування озимої пшениці:

$$L_{техн} = \frac{6 \cdot 0,85 \cdot 0,91 \cdot 10^4}{3,7 \cdot 8,5} = \frac{46410}{31,45} = 1476 \text{ м.}$$

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Проведемо розрахунок запасу ходу збирального агрегату з врахуванням заповнення незерновою частиною врожаю причепа 2ПТС-4-887А:

$$L_{техн_n} = \frac{V_T \cdot \gamma_e \cdot \lambda \cdot 10^4}{0,191 \cdot g_c \cdot B_p},$$

де V_T – загальний об’єм причепа для незернової частини врожаю, $V_T = 45 \text{ м}^3$;

γ_e – розрахункове значення насипної ваги подрібненої соломи і полови,

$$\gamma_e = 0,04 \text{ т/м}^3;$$

λ – коефіцієнт, що демонструє використання всього корисного об’єму причепа для незернової частини врожаю, $\lambda = 0,804$;

g_c – розрахункове значення врожайності незернової частини врожаю озимої пшениці, $g_c = 2,69 \text{ т/га}$;

$0,191g_c$ – доля полови у загальному об’ємі незерновій частині врожаю озимої пшениці.

$$L_{техн_n} = \frac{45 \cdot 0,04 \cdot 0,804 \cdot 10^4}{0,191 \cdot 2,69 \cdot 8,5} = \frac{14472}{4,37} = 3312 \text{ м.}$$

Під час роботи зернозбирального комбайна заміна причепа для збирання незернової частини врожаю відбувається автозчіпкою під час переїзду агрегатом поворотної полоси.

$$L_{техн_n} = L_p = 3312 / 1073 = 3,09 \text{ робочих хода збирального агрегату.}$$

Враховуючи проведені розрахунки та коефіцієнт використання ємності для незернової частини врожаю, обираємо 3 робочих ходи агрегату.

Для визначення часу на проведення однієї технологічної зупинки збирального агрегату маємо використати залежність:

$$t_{oc} = \frac{V \cdot \gamma \cdot \lambda}{0,06 \cdot W_{шн}},$$

де $W_{шн}$ – технічна продуктивність шнека агрегату, яким відвантажується зібраний врожай зерна, за [12] $W_{шн} = 25 \text{ кг/с}$.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{oc} = \frac{6 \cdot 0,6 \cdot 0,79}{0,06 \cdot 25} = 1,58 \text{ хв.}$$

Розрахуємо час, що потрібно затратити для зупинок зернозбирального агрегату для проведення його технологічного обслуговування протягом одного циклу:

$$t_{oc} = \frac{2 \cdot 1073 \cdot 1,58}{2394} = 1,4 \text{ хв.}$$

де $2394 \text{ м} = \frac{(1476 + 3312)}{2}$ – усереднена довжина ходу агрегату між проведенням розвантаження зібраного зерна і незернової частини врожаю.

Тривалість циклу роботи комбайна на етапі збирання озимої пшениці:

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot 972,9}{60 \cdot 1,35} + \frac{2 \cdot 40,8}{60 \cdot 1,35} + 1,2 = 26,2 \text{ хв.}$$

Розрахуємо загальну кількість циклів за одну зміну роботи збирального агрегату, враховуючи, що зміна триває $T_{\text{зм}} = 8,5$ год.:

$$n_{\text{ц}} = \frac{510 - (83 + 25 + 25)}{26,2} = 14,3 \text{ цикли;}$$

Отже, тривалість чистого робочого часу зернозбирального агрегату становить:

$$T_p = \frac{2 \cdot 972,9 \cdot 14,3}{60 \cdot 1,27} = 365,1 \text{ хв.}$$

Це значить, що коефіцієнт використання часу зміни на етапі прямого комбайнування озимої пшениці дорівнює:

$$\tau = \frac{365,1}{510} = 0,72.$$

Знайдемо продуктивність зернозбирального комбайна КЗС-950 в залежності від кута нахилу поля під час робочого ходу агрегату:

за умови, що $\alpha = 0^\circ$, маємо $W_{\text{mex}} = 0,36 \cdot 8,5 \cdot 1,35 \cdot 0,72 = 3,14$ га/год.;

за умови, що $\alpha = 3^\circ$, маємо $W_{\text{mex}} = 0,36 \cdot 8,5 \cdot 1,27 \cdot 0,72 = 2,96$ га/год.;

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за умови, що $\alpha = 8^\circ$, маємо $W_{tex} = 0,36 \cdot 8,5 \cdot 1,19 \cdot 0,72 = 2,77$ га/год.

Розрахуємо змінну продуктивність зернозбирального агрегату залежно від рельєфу поля. Маємо:

$$W_{cm} = W_{tex} \cdot T_{cm},$$

за умови $\alpha = 0^\circ$, отримаємо $W_{cm} = 3,14 \cdot 8,5 = 26,69$ га/зміну;

за умови $\alpha = 3^\circ$, отримаємо $W_{cm} = 2,96 \cdot 8,5 = 25,16$ га/зміну;

за умови $\alpha = 8^\circ$, отримаємо $W_{cm} = 2,77 \cdot 8,5 = 23,54$ га/зміну.

Отже, середня продуктивність збирального агрегату є функцією від сумарного завантаження на етапі робочого ходу, кутів підйому та спуску і практично може контролюватися дійсним тиском, що створюється в магістралі ГСТ-90, відповідно до ΔP_{zl} . Отже, можемо прийняти середню продуктивність зернозбирального комбайна $W_{cm,cp} = 25,1$ га/зміну.

Проведемо розрахунок витрати пального на кожен гектар площі під час збирання врожаю озимої пшениці за наступною формулою:

$$g_{za} = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_o \cdot T_o}{W_{cm_a}},$$

де G_p , G_x , G_o – розрахункові витрати пального, що витрачається на годину під час робочого ходу комбайну, його холостого ходу і при зупинках агрегату із працюючим двигуном. За довідниками [5], маємо $G_p = 48,6$ кг/год.; $G_x = 25,5$ кг/год.; $G_o = 12,5$ кг/год.

T_p , T_x , T_o – час чистої роботи комбайна в полі, час холостого ходу агрегату та час, що витрачається на зупинки агрегату із працюючим двигуном, год.

Для розрахунку часу холостого ходу комбайна, що витрачається на повороти і переїзди можна використати залежність

$$T_x = \frac{2 \cdot L_{x_{обц}}}{3600 \cdot V_x} \cdot n_{\eta},$$

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після підстановки значень отримаємо:

$$T_x = \frac{2 \cdot (40 + 70)}{3600 \cdot 1,35} \cdot 14,3 = 0,64 \text{ год.}$$

Розрахуємо час, який потрібно затратити на спорожнення бункера для зерна комбайна та інші технологічні зупинки збирального агрегату за формулою:

$$T_o = 0,5T_{ето} + T_{обс} + T_{отл} + T_{то},$$

де $T_{то}$ – час, потрібний для розвантаження бункера збирального агрегату, год.

$$T_{то} = \frac{t_{оц} \cdot n_{ц}}{60},$$

$$T_{то} = \frac{1,2 \cdot 14,3}{60} = 0,3 \text{ год.}$$

Тоді сумарна тривалість зупинок зернозбирального комбайна

$$T_o = 0,5 \cdot 1 + 0,42 + 0,42 + 0,30 = 1,64 \text{ год.}$$

Маємо можливість розрахувати витрати пального враховуючи змінну продуктивність збирального агрегату і рельєф місцевості, отримаємо:

за умови, якщо $\alpha = 0^\circ$, маємо

$$g_{\alpha} = \frac{48,6 \cdot 6,1 + 25,5 \cdot 0,64 + 12,5 \cdot 1,64}{26,69} = 12,4 \text{ кг/га;}$$

за умови, якщо $\alpha = 3^\circ$, маємо

$$g_{\alpha} = \frac{48,6 \cdot 6,1 + 25,5 \cdot 0,64 + 12,5 \cdot 1,64}{25,16} = 13,3 \text{ кг/га;}$$

за умови, якщо $\alpha = 8^\circ$, маємо

$$g_{\alpha} = \frac{48,6 \cdot 6,1 + 25,5 \cdot 0,64 + 12,5 \cdot 1,64}{23,54} = 14,1 \text{ кг/га.}$$

Визначимо витрати праці на технологічний процес прямого комбайнування озимої пшениці за рівнянням

$$Z_{mn} = \frac{m + m_g}{W_{mex_a}},$$

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де m – число механізаторів, які задіяні під час роботи зернозбирального комбайна, осіб;

$m_{\text{г}}$ – число допоміжного персоналу при роботі зернозбирального комбайна, осіб.

за умови, якщо $\alpha = 0^\circ$, отримаємо $z_{mn} = \frac{1+1}{3,14} = 0,63$ люд·год/га.;

за умови, якщо $\alpha = 3^\circ$, отримаємо $z_{mn} = \frac{1+1}{2,96} = 0,67$ люд·год/га.;

за умови, якщо $\alpha = 8^\circ$, отримаємо $z_{mn} = \frac{1+1}{2,77} = 0,72$ люд·год/га.

Визначимо питомі витрати енергії на збирання врожаю пшениці

$$\alpha = \frac{N_{ep_a}}{W_{mex_a}},$$

при $\alpha = 0^\circ$, маємо $\alpha_{\text{м}} = \frac{124,7}{3,14} = 39,7$ кВт·год/га.;

при $\alpha = 3^\circ$, маємо $\alpha_{\text{м}} = \frac{125,8}{2,96} = 42,5$ кВт·год/га.;

при $\alpha = 8^\circ$, маємо $\alpha_{\text{м}} = \frac{154,8}{2,77} = 55,9$ кВт·год/га.

Знайдемо продуктивність праці обслуговуючого персоналу під час роботи комбайна

$$\Pi = \frac{W_{mex_a}}{m + m_{\text{г}}},$$

якщо $\alpha = 0^\circ$, отримаємо $\Pi = \frac{3,14}{2} = 1,57$ га/люд·год.;

якщо $\alpha = 3^\circ$, отримаємо $\Pi = \frac{2,97}{2} = 1,48$ га/люд·год.;

якщо $\alpha = 8^\circ$, отримаємо $\Pi = \frac{2,77}{2} = 1,38$ га/люд·год.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Отримані технологічні розрахунки ефективності роботи зернозбирального комбайну представимо у вигляді таблиці 2.

Таблиця 2

Розраховані показники роботи зернозбирального комбайна
КЗС-950 «Руслан»

Показники	Одиниці виміру	Умовні позначки	Значення показників при α°		
			0°	3°	8°
Зернозбиральний агрегат: Снісей-950	шт.	-			
Тяговий опір комбайна	кН	R_{a_a}	22,65	30,20	42,28
Фактична швидкість збирального агрегату	м/с	V_{ϕ_a}	1,35	1,27	1,19
Затрати потужності	$\frac{\text{кВт}}{\text{год га}}$	N_{ep_a}	116,8	131,0	154,8
Продуктивність агрегату - годинна	га/год.	W_{tex_a}	3,14	2,96	2,77
- змінна	га/змін	W_{cm_a}	26,69	25,16	23,54
Витрати пального на гектар збирання пшениці	кг/га	g_{za_a}	12,4	13,3	14,1
Питомі прямі витрати праці обслуговуючого персоналу агрегату	$\frac{\text{люд} \cdot \text{год}}{\text{га}}$	z_{ma}	0,63	0,67	0,72
Питомі енерговитрати на процес збирання врожаю	$\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{га}}$	α_{ma}	39,7	42,5	55,9
Продуктивність праці персоналу зернозбирального агрегату	$\frac{\text{га}}{\text{люд} \cdot \text{год}}$	P_a	1,57	1,48	1,38

2.5. Оцінка якості проведення прямого комбайнування озимої пшениці

Якість роботи зернозбирального агрегату визначається за кількістю втрат зерна після його збору. Допустимий рівень втрат встановлюється залежно від умов роботи агрегату, але при цьому варто забезпечувати мінімально можливі втрати врожаю як від осипання зернівок на корені, так і під час скошування і обмолоту зернозбиральним комбайном.

Контрольну врожайність на полі визначають методом контрольних обмолотів. Перед початком роботи зернозбиральний агрегат якісно налаштовують, роблять перевірку якості обмолоту збіжжя, ступінь його пошкодження та, за потреби, проводять додаткові регулювання відповідно до виявлених проблем.

Пробний обмолот на полі повинен виконувати досвідчений комбайнер, відбираючи під час цього зразки як з краю загінки та із її середини. Під час першого пробного проходу вибирають раціональний швидкісний режим роботи, який забезпечить мінімальні втрати зерна при максимально можливій швидкості. Якщо втрати зерна за комбайном перевищують чинні нормативи, робочу швидкість агрегату зменшують. За оптимальних налаштувань комбайна та раціонального режиму роботи, врожайність за комбайном протягом перших восьми днів збирання має відповідати біологічній із допустимим відхиленням до 3%.

Втрати зерна за жаткою при врожайності до 3,5 т/га мають становити не більше 74 зернівок, що вкладається в 1%. Після платформи-підбирача допустимі втрати зерна до 88 зернівок, що теж складає до 1%. У соломі має залишатися не більше 100 повноцінних зернівок, що не перевищує 1%. Для зменшення втрат повноцінного зерна регулюють зазори підбарабання та частоту обертання молотильного барабана. Збільшення його швидкості покращує інтенсивність обмолоту й сепарації, особливо у випадку з вологим зерном. Чистоту зерна в бункері регулюють ступенем відкриття жалюзей решіт, подовжувача верхнього решета та швидкістю обертання вентилятора зерноочистки.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Наукова частина

3.1. Будова та робота зернозбирального комбайна

Зернозбиральний комбайн КЗС-950 «Руслан» (рис. 1) є зернозбиральним агрегатом класичної схеми обмолоту, що призначено для прямого і роздільного збирання всіх зернових, круп'яних, зернобобових культур, соняшнику, насінників трав тощо. Залежно від того, яка технологія збирання врожаю реалізується у господарстві комбайн відповідно комплектується або ж платформою-підбирачем, для підбирання валку, а бо ж жаткою для скошування і оперативної подачі збіжжя на обмолот. Для роботи із незерновою частиною врожаю зернозбиральний агрегат обладнують подрібнювачем-розподільником рослинних решток або ж копнувачем для збирання соломи та полови. Агрегат є класичним та має традиційну для комбайнів будову «кабіна-бункер для зерна – двигун», а його компонування є симетричним.



Рис. 1. Зернозбиральний комбайн КЗС-950 «Руслан»

Комбайн КЗС-950 є оновленою версією зернозбирального агрегату «Єнісей-1200-М», хоч основні механізми і вузли не були кардинально змінені, та й продуктивність комбайна майже не змінилася, були внесені окремі зміни,

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

що поліпшили якість збирання, спростило налаштування та умови роботи комбайнера. Зернозбиральний комбайн КЗС-950 «Руслан» випускався промисловістю з 2003 року, останній комбайн цієї серії зійшов з конвеєра у 2012 році.

Безпосередньо робота в полі зернозбирального комбайна КЗС-950 є типовою для подібних агрегатів і майже не відрізняється від роботи більш масових зернозбиральних агрегатів, таких як «Дон-1500» чи «Єнісей-1200-М», поряд із тим є і деякі відмінності в будові деяких конструктивних елементів, налаштуванні агрегату та його обслуговуванні. Функціональна схема зернозбирального агрегату КЗС-950 «Руслан» представлена на рис. 2 а його основні характеристики зведені до таблиці 3

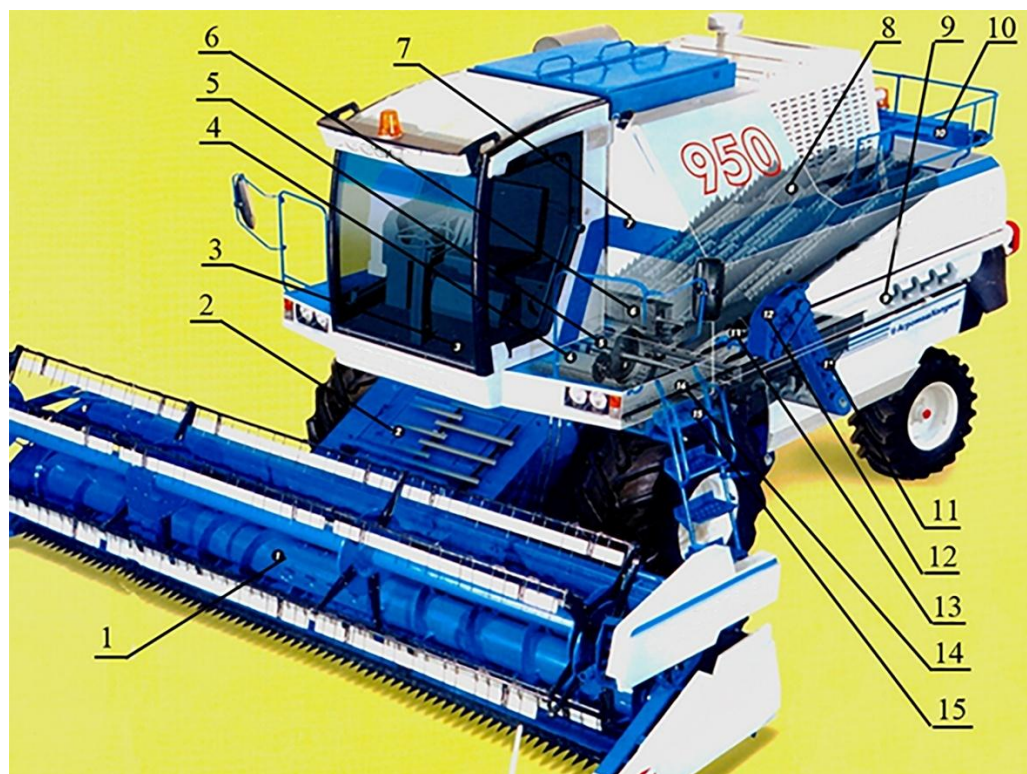


Рис. 2. Функціональна схема зернозбирального агрегату КЗС-950:

- 1 – жатка комбайна; 2 – похила транспортерна камера; 3 – кабіна керування;
- 4 – бітер приймальний; 5 – барабан молотильний; 6 – бітер відбійний;
- 7 – бункер зерновий; 8 – соломотряс; 9 – шнек відвантажувальний;
- 10 – подрібнювач-розкидач незернової частини врожаю; 11 – елеватор колосовий; 12 – домолочуюче пристосування автономне; 13 – шнек розподільчий домолочуючого пристосування; 14 – дошка транспортна; 15 – вентилятор

Молотарка зернозбирального комбайна КЗС-950 (рис. 3) має ряд відмінностей від аналогічного вузла агрегату «Єнісей-1200-М», основні серед таких відмінностей наступні:

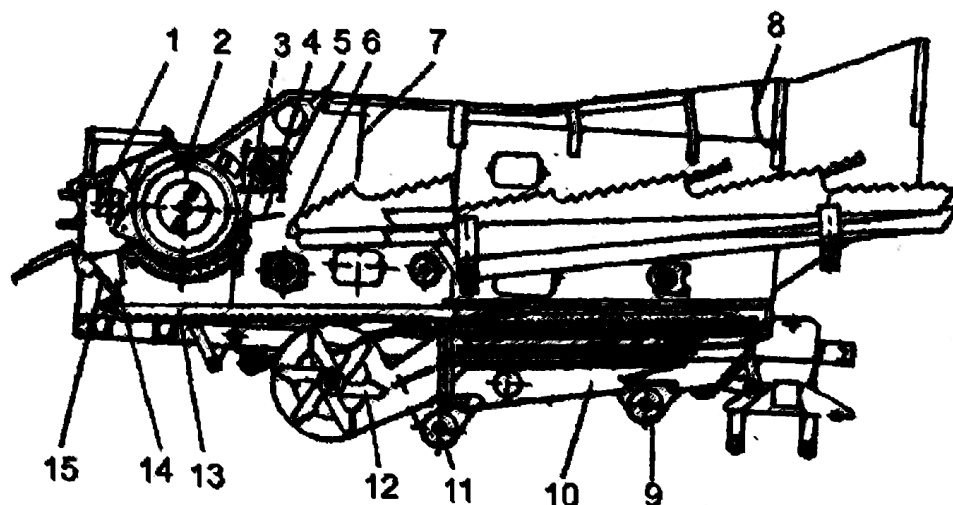


Рис. 3. Молотарка зернозбирального комбайна КЗС-950

1 – приймальний бітер; 2 – молотильний барабан; 3 – підбарабання; 4 – наставка підбарабання з решіткою; 5 – відбійний бітер; 6 – клавішний соломотряс; 7 – фартух молотарки; 8 – фартух-ворушилка; 9 – колосовий шнек; 10 – решітний стан; 11 – зерновий шнек; 12 – вентилятор зерноочистки; 13 – грохот; 14 – каменевловлювач; 15 – люк

Таблиця 3

Основні характеристики зернозбирального комбайна КЗС-950 «Руслан»

Показник	Значення
Продуктивність при збиранні зернових за умови, що врожайність є не нижчою за 20 центнер на гектар, т/год	7,5-9,5
Ширина молотильного механізму, мм.	1200
Ширина захвату жатки комбайна, м.	4; 5; 6; 7
Діаметр молотильного барабана агрегату, мм	550
Частота обертання молотильного барабана комбайна, хв ⁻¹ .	500-1250
Площе очистки грубого вороху (соломотрясу), м ²	4,22
Площа решіт (верхнє + нижнє) зерноочистки комбайна, м ²	3,50
Робоча швидкість зернозбирального агрегату, км/год.	0-10
Швидкість зернозбирального агрегату транспортна, км/год	до 25
Місткість бункера для зерна, м ³ .	5,0
Двигун, що встановлено на агрегат	ЯМЗ-236ДК-5
Потужність двигуна комбайна, кВт. (к.с.)	136 (185)
Маса зернозбирального агрегату з жаткою 5,0, кг.	11254

- з ціллю спрощення доступу механізатора до очистки підбарабання комбайна а також для легкого доступу під час усунення забивань молотильного апарату в молотарці виготовляється люк 15 (рис. 3), який одночасно виконує функцію каменевловлювача і закривається заслінкою (кришкою) 14;
- вдосконалено схему та механізм опускання та підймання підбарабання молотарки;
- змінено конструкцію грохота 13 зерноочистки, нижнього решітного стану 10, вентилятора 12, колосового 9 і зернового 11 шнеків (рис. 3).

Крім переліченого зазнали зміни механізми приводу робочих органів агрегату та замінені ряд підшипникових вузлів на більш надійні.

Повітряно-решітна очистка зернозбирального агрегату виконує функцію виділення із повноцінного зерна полови та збоїни і виведення незернової частини врожаю за межі агрегату. Очистка комбайна КЗС-950 складається із грохота, решітного стану нижнього, джерела потоку повітря (вентилятора), передніх підвісок, важелів очистки, коливального валу, шатунів коливального валу, задніх підвісок і варіатора вентилятора (рис. 4).

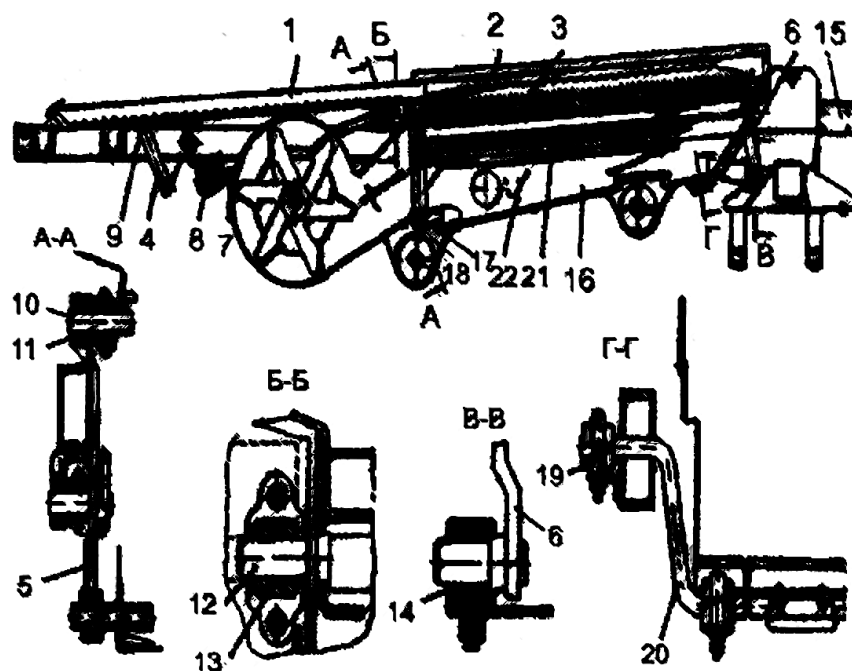


Рис. 4. Повітряно-решітна очистка зернозбирального комбайна КЗС-950:

1 – дошка струсна; 2 – решітний стан верхній; 3 – решето верхнє; 4 – підвіска

передня; 5 – двоплечий важіль; 6 – підвіска задня; 7 – шатун; 8 – коливальний вал; 9, 10, 17 – вісь трубчаста; 11, 13, 14, 18, 19 – гумова втулка; 12 – вісь; 15 – рама молотилки; 16 – решітний стан нижній; 20 – підвіска; 21 – решето жалюзійне; 22 – розподільник

Грохот зернозбирального комбайна (рис. 4) складається із дошки струсної 1, двох решітних станів 2 та 3. Попереду грохот з'єднано із рамою молотарки, що виконано передньою підвіскою 4, в задній частині виконані підвіски 6, а посередині його встановлено на голівках важелів 5. Під час роботи агрегату грохот рухається зворотньо-поступально, що досягається за рахунок шатунів 7, які в свою чергу обертаються за рахунок валу коливального 8.

Вся струсна дошка 1 комбайна характеризується тим, що вона має ступінчасту поверхню, ще й розділена вздовж планками гребінчастими. Попереду каркасу струсної дошки комбайна встановлюється вісь 9 кріплення підвіски передньої 4. Задня ж частина дошки 1 теж за допомогою осі трубчастої 10 з'єднується з голівками важелів 5 за рахунок втулок гумових 11.

На решітному стані 2 встановлено верхнє решето 3. В передній частині верхнього стану решітного 2 за рахунок гумових втулок 13 через осі 12 виконано з'єднання із задньою частиною струсної дошки. В свою чергу задня частина верхнього решітного стану 2 за рахунок задньої підвіски 6 через втулки гумові 14 приєднана до рами молотарки зернозбирального комбайна 15.

Верхні 3 і нижні 21 решета зерноочистки комбайна можуть регулюватися жалюзійно. Варто зазначити, що ступінь відкриття жалюзей робочих решіт очистки регулюється важелями, які встановлюються на задніх планках кожного із решіт. Робоча поверхня верхнього решета 3 є складною із двох частин – передня частина є безпосередньо самим решетом та задня частина, яка виконує функцію подовжувача. Регулюють жалюзі решіт відбувається кожного окремо, а ступінь їх відкриття залежить від конкретних умов роботи зернозбирального агрегату і стану зібраного врожаю.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Привід очистки зернозбирального комбайна складається із шатунів 7 та коливального валу 8, до шатунів закріплюються важелі двоплечі 5. Коливальний вал 8 комбайна має колінчасту будову а в рух він приводиться з правої сторони молотарки агрегату. Так, під час роботи в полі через важелі двоплечі 5 та шатуни 7 приводиться в рух решітні стани зерноочистки комбайна.

Для створення повітряного потоку, що відіграє важливу роль в процесі очищення зібраного зерна від аеродинамічно легких домішок призначено вентилятор, який за будовою складається із крилача шестилопатевого та спеціального корпусу-спрямовувача.

Для регулювання швидкості потоку повітря в зерноочистці комбайна передбачено змінювати частоту обертання цього вентилятора, що виконується в агрегаті за рахунок гідравлічного клинопасового варіатора. Така конструкція механізму привода вентилятора дозволяє легко контролювати і регулювати частоту його обертання безпосередньо із робочого місця комбайнера (на панелі приладів комбайна).

В решітному стані комбайна під самим нижнім решетом монтується повітряний розподільник 22 (рис. 4), який регулює потік повітря, а зміна його положення відбувається шляхом установки спеціальних гвинтів в боковинах решітного стану.

Операції по регулюванню очистки зернозбирального комбайна КЗС-950. Під час проведення налаштування зерноочисного механізму комбайна враховують властивості культури, яку в даний час збирає агрегат, стан агрофону, вологість збіжжя, відсотковий вміст зерна до незернової частини врожаю тощо. Перед першим проходом агрегату всі регулювання встановлюють по середньому значенні із подальшим внесенням коректив.

Якщо під час збирання і обмолоту встановлено, що очищення зібраного збіжжя відбувається неякісно, то проводять роботи по налаштуванню агрегату із врахуванням наступних положень:

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- за умови, що відбувається збирання культур із низькою врожайністю, тоді спостерігається порівняно низьке навантаження на зерноочистку агрегату а потужності повітряного потоку достатньо для винесення більшості домішок, тоді жалюзі верхнього решета слід відкрити більше для того, щоб не спостерігалось втрат повноцінного зерна у відходи;
- якщо збирається із поля культура із нормальним врожаєм а зібраний ворох є достатньо сухим, жалюзі верхнього решета мають бути відкритими приблизно на половину;
- за умови, що в бункер для зерна потрапляє щупле і пошкоджене зерно а втрати у відходи повноцінного зерна є мінімальними при цьому і схід з колосового шнеку є порівняно малим потрібно зменшити ступінь відкриття жалюзей на обох решетах, причому цю операцію продовжувати до тих пір, поки не отримаємо задану чистоту збіжжя;
- якщо спостерігаються втрати зерна за рахунок недомолоту збіжжя, тоді маємо збільшити ступінь відкриття жалюзей на верхньому решеті очистки;
- за умови, що до колосового шнеку потрапляє значна кількість повноцінного зерна, при цьому у бункері зерно теж є достатньо чистим потрібно більше відкрити жалюзі нижнього решета очистки;
- якщо має місце підвищена кількість втрат повноцінного зерна із незерновою частиною врожаю (разом із половиною), тоді маємо більше відкрити жалюзі обох частин верхнього решета крім цього потрібно підвищити частоту обертання вентилятора але контролювати щоб щупле зерно не виносилось разом із половиною;
- якщо зростає кількість колосків, що є необмолочені і збільшується кількість відходів у бункері потрібно прикрити на нижньому решеті жалюзі разом із цим підвищити швидкість потоку повітря.

Під час роботи із певною періодичністю потрібно проводити очистку поверхні решіт та струсної дошки від часток, що їх забивають, зокрема бур'яну

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

полови тощо.

3.2. Пропозиції по вдосконалення зерноочистки комбайна КЗС-950

Система повітряно-решітної очистки зернозбирального комбайна КЗС-950 за принципом своєї роботи є традиційною для подібних агрегатів та складається із пари плоских жалюзійних решіт, що рухаються у зворотньо-поступальному напрямку, а ці решета скомплектовані у один чи два решітних стани до цього виконано ще й уловлювач для додаткового домолоту колосків, що пройшли крізь систему очистки. Під час роботи очистки зернозбирального комбайна зібране збіжжя сепарується із його динамічним підкиданням та обдуванням потоком повітря послідовно на першому та другому жалюзійному решеті із розподіленням зерна за розмірами та під час цього процесу обдуванням похилим потоком повітря. Варто зазначити, що джерелом повітряного потоку у різних за конструкціях комбайнах є різноманітні вентилятори, зокрема діаметральні, відцентрові, аксіальні. На вентиляторах достатньо часто монтуються різні дефлектори, направляючі щитки із регулюваннями в різних зонах виходу чи входу потоку повітря.

Доведено, що з ціллю поліпшення роботи зерноочистки комбайна, особливо коли комбайн працює на максимальних завантаженнях а пропускна здатність очистки є підвищеною, ефективно себе зарекомендували різні дефлектори і засувки, що додають до повітряно-решітного блоку. Поряд із тим, на наш погляд більш доцільно було б розширити діапазон регулювання частоти обертання вентилятора, що має позитивно вплинути на повітряне виділення домішок та дозволить провести розпушення повітряним потоком збіжжя відразу при його надходженні на очистку. До цього, за аналогією із закордонними зернозбиральними агрегатами запропоновано регулювати роботу варіатора за рахунок гідравлічного циліндру.

На серійному комбайні КЗС-950 встановлюється осьовий вентилятор (рис. 5), який має пару осьових робочих коліс (крилачів) 1, які проводять нагнітання повітря до центру кожуха 2, яке після дотику до перегородки 3

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

розвертається на 90° і спрямовується до системи зерноочистки комбайна. Використання такого вентилятора пояснюється вищим показником корисної дії порівняно із відцентровими аналогами, проте суттєвим його недоліком є підвищені вимоги до будови і зазорів корпусу, адже лише при належному його виготовленні і точності встановлення в зазори забезпечуються задані показники продуктивності і структури потоку повітря.

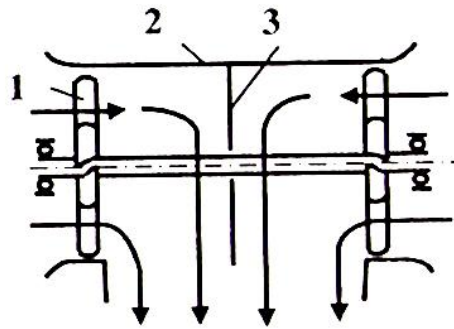


Рис. 5. Принципова схема осевого вентилятора зернозбирального комбайна:

1 – колесо вентилятора (крила); 2 – кожух; 3 –перегородка поперечна

Незалежно від того яку конструкцію має вентилятор зерноочистки комбайна швидкість повітряного потоку регулюють за рахунок зміни частоти його обертання. Для зміни частоти обертання вентилятора у більшості зернозбиральних агрегатів використовується клинопасовий варіатор а у закордонній техніки цей клинопасовий варіатор керується через гідросистему. В свою чергу в базового агрегату КЗС-950 механізм регулювання варіатора виконано механічним, у якого зміна міжосьової відстані шківів і передаточних відношень відбувається за рахунок механічного обертання гвинтового механізму, який в деяких конструкціях приводиться в дію звичайним електромотором. Як у випадку гідравлічного регулювання механізму приводу вентилятора так і гідромотора процес регулювання у зернозбиральних агрегатах відбувається із кабіни комбайна.

Поряд із тим значним недоліком серійного зернозбирального комбайна КЗС-950 «Руслан» є те, що в ньому швидкість повітря в зерноочистці регулюється вручну, а це значить, що комбайнер чи його помічник має

зупинити контрпривід і після проведення якості роботи очистки, вручну шляхом обертання гвинта збільшити чи зменшити частоту обертання вентилятора. Тому процес регулювання є достатньо складним і тривалим, вимагає додаткової зупинки агрегату, що достатньо часто приводить до того, що під час виконання збирання комбайнер просто відмовляється проводити більш точні регулювання швидкості повітряного потоку, що впливає на якість зібраного збіжжя або ж втрати повноцінного зерна. В ході аналізу існуючих конструкцій подібних вузлів, їх переваг і недоліків за аналогією із закордонними зернозбиральними агрегатами в конструкцію агрегату КЗС-950 «Руслан» пропонуємо додати датчик втрат, показники якого будуть виводитися на комп'ютер комбайна та вдосконалити конструкцію і регулювання контрприводу вентилятора зерноочистки.

Порядок роботи зміненого механізму приводу вентилятора зернозбирального комбайна такий: зерно, що сходить із очистки (соломотрясу) потрапляє в зону дії п'єзоелектричних датчиків, які подають сигнал на модуль втрат. Цей модуль втрат передає інформацію на бортовий комп'ютер, що за рахунок програмного забезпечення обробляє інформацію, яка надходить із усіх п'єзоелектричних датчиків та керуючись прописаними алгоритмами подає відповідний сигнал на виконавчий механізм, а саме – на розподільник електрогідравлічний та керуючий гідроциліндри, що виконує регулювання механізму приводу вентилятора. Такий порядок дій дозволяє програмно в автоматичному режимі забезпечити збільшити чи зменшити частоту обертання веденого шківа вентилятора клинопасового варіатора.

Загальний принцип дії клинопасового варіатора із режимом його дистанційного керування є теж добре відомим і полягає в синхронній зміні діаметрів веденого і ведучого шківів під час їх обертання через натиснення пасом і притисканням боковини регульованого шківа, що відбувається за рахунок надання переміщення керуючим гідроциліндром. Будова гідроциліндру керування вентилятором комбайна наведена на рис. 6

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

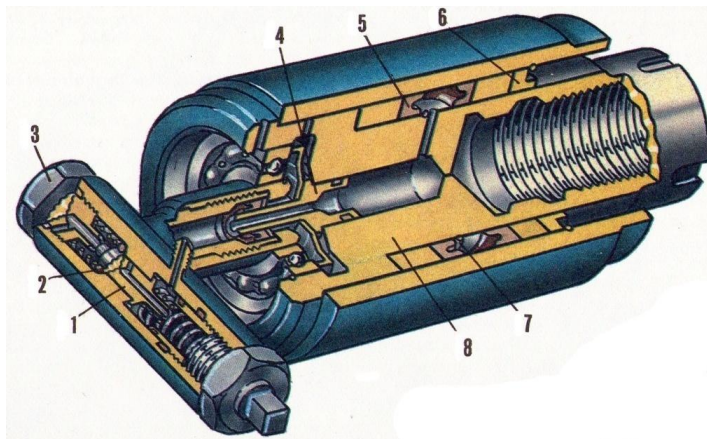


Рис. 6. Будова гідроциліндра управління контрприводом зерноочистки комбайна:

1 – шток клапану запірного; 2 – ущільнювач; 3 – кришка; 4 – втулка;
5 – манжета; 6 – шайба замкова; 7 – кільце упорне; 8 – робочий шток гідроциліндра

Рухомі боковини шківів механізму приводу встановлюються із протилежних сторін цього вузла, що робиться з тією метою, що за умов зміни площини руху приводного пасу осі обертання залишатимуться перпендикулярними до напрямку обертання цих шківів. Загальна схема роботи приводу вентилятора представлена на рис. 7.

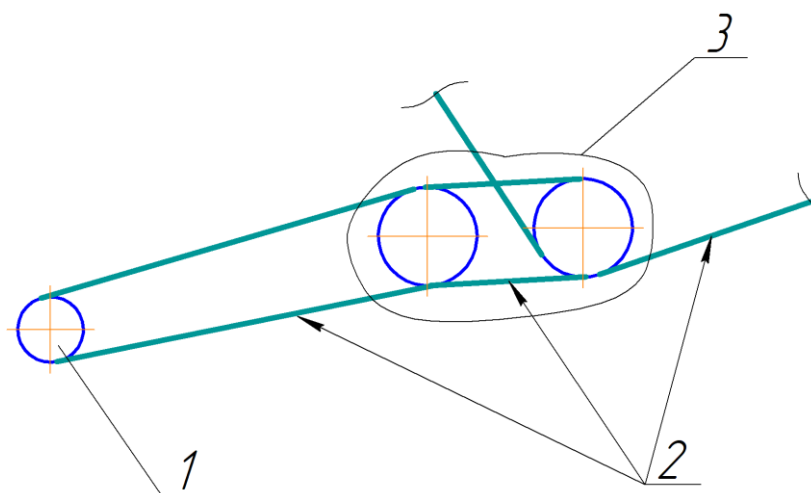


Рис. 7. Загальна схема механізму приводу вентилятора комбайна:

1 – шків вентилятора приводний; 2 – паси клинові; 3 – вузол варіаторний

Весь розрахунок продуктивності вентилятора очистки заключається в необхідності обґрунтування збільшення діапазону його регулювань із наступним розрахунком параметрів самого вентилятора, що і зробимо нижче.

3.3. Розрахунок системи очищення зернозбирального комбайна

Починати розрахунок роботи зерноочистки комбайна слід із обґрунтування параметрів соломотрясу. Для цього слід вибрати радіус кривошипу та частоту обертання колінчастого валу механізму його приводу, розміри соломотрясу, фактичну кількість клавій при відомих параметрах продуктивності молотарки та допустимих втратах зерна.

Тривала експлуатація подібних зерноочисток комбайнів [2, 7, 8, 9, 10, 11, 12] дозволяє виділити, що колінчастий вал повинен мати радіус $r_k = 50$ мм а його раціональні значення обертання перебувають в діапазоні $n_k = 195 \dots 215$ хв⁻¹. За таких конструктивних параметрів механізму приводу соломотрясу середня швидкість руху зернового матеріалу по ньому (грубого вороху) під час роботи комбайна повинна становити $V_c = 0,33 \dots 0,4$ м/с.

Традиційно для подібних розрахунків, приймаємо, що ширина соломотрясу B_c є ідентичною із шириною молотарки комбайна (молотильного апарату). Прийmemo, що при ширині соломотрясу $B_c = 1500$ для ефективної його роботи достатньо чотири клавії. Отже, для молотильного апарату, що має пропускну здатність $q = 10$ кг/с хлібної маси із геометричними розмірами молотильного барабана (ширина) 1500 мм, прийmemo чотирьоклавійний соломотрус, який має такі параметри: $B_c = 1500$ мм, $n_k = 200$ хв⁻¹, $r_k = 50$ мм. З метою розрахунку необхідної довжини соломотрясу L варто скористатися відомою емпіричною залежністю [7, 10]:

$$q_6 = q_{з.п.} \cdot e^{-\mu \cdot L},$$

де $q_{з.п.}$ – сумарна кількість зерна, що потрапляє під час роботи комбайна на соломотряс, кг/с;

q_6 – встановлені допустимі втрати повноцінного зерна основної культури після проходження соломотрясу, кг/с;

μ – коефіцієнт очищення матеріалу (сепарації), м⁻¹.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Використовуючи співвідношення, яке встановлює вміст зерна у зібраному збіжжі до незернової частини врожаю (соломи), яке для розрахунку приймемо $3:C=1:1,5$, та знаючи, що пропускна здатність молотильного барабану складає $q=10$ кг/с, можна розрахувати яка кількість повноцінного зерна основної культури потрапляє на обмолот. Це виконаємо за наступною формулою:

$$q_z = \frac{q}{3+C} \cdot 3;$$

$$q_z = \frac{10}{1+1,5} \cdot 1 = 4 \text{ кг/с.}$$

Знайдемо і кількість зерна, що пройшло крізь отвори деки молотарки:

$$q_d \approx 0,8 \cdot q_z = 0,8 \cdot 4 = 3,2 \text{ кг/с.}$$

Це значить, що кількість зерна, яке поступає на очищення до соломотрясу становить:

$$q_{z.n.} = q_z - q_d = 4 - 3,2 = 0,8 \text{ кг/с.}$$

Тоді за відомим регламентованим відсотком втрат повноцінного зерна після проходження соломотрясу комбайна, що повинно знаходитися в діапазоні 0,5...1,0% від всього зібраного зерна основної культури, що проходить крізь молотарку, маємо розрахувати допустиму вагу втрат, прийнявши що вони складають 0,5%. Виходячи із наведеної інформації отримаємо:

$$q_g = 0,005 \cdot q_z = 0,005 \cdot 4 = 0,02 \text{ кг/с.}$$

Значення коефіцієнту сепарації μ має прямий зв'язок із товщиною того шару збіжжя, який перебуває на соломотрясі комбайна. За [9], якщо товщина матеріалу на соломотрясі дорівнює $H_0 = 0,17$ м, а зерно до незернової частини співвідноситься як $3:C=1:1,5$, м коефіцієнт сепарації рівний $\mu_0 = 1,8 \text{ м}^{-1}$. Якщо товщина шару матеріалу на соломотрясі буде змінною, то коефіцієнт сепарації μ можна розрахувати використовуючи відому формулу:

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\mu = \mu_0 \cdot \left(\frac{H_0}{H} \right)^m,$$

де $m = 0,8 \dots 1,2$

Проведемо розрахунок товщини шару зібраного збіжжя на соломотрясі так:

$$H = \frac{q \cdot \left(1 - \frac{3}{3+C} \right)}{B \cdot \gamma \cdot V_c};$$

$$H = \frac{10 \cdot \left(1 - \frac{1}{1+1,5} \right)}{6 \cdot 15 \cdot 0,4} = 0,16 \text{ м.}$$

де γ – прийнята для розрахунку об'ємна вага вороха, $\gamma = 10 \dots 20 \text{ кг/м}^3$;

V_c – швидкість переміщення вороху на соломотрясі під час роботи комбайна, $V_c = 0,4 \text{ м/с}$.

Враховуючи раніше наведену формулу, розрахуємо:

$$\mu = 1,8 \cdot \left(\frac{0,17}{0,16} \right)^{0,8} = 1,89 \text{ м}^{-1}$$

Якщо провести підстановку знайдених цифрових значень у наведені рівняння можемо отримати:

$$0,02 = 0,8 \cdot e^{-1,89L},$$

$$\text{Це значить, що довжина соломотрясу } L = \frac{\ln(0,025)}{-1,89} = 1,95 \text{ м.}$$

Розрахунок системи очистки зерна комбайном

Для розрахунку розміру очистки зернозбирального комбайна слід виходити із загальної кількості дрібного вороха, що подається на обробку за певний проміжок часу:

$$Q_B = q \cdot (1 - \nu \cdot \alpha),$$

де q – значення подачі матеріалу в молотарку комбайна, кг/с ;

ν – коефіцієнт вмісту повноцінного зерна в загальній масі;

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

α – коефіцієнт, що має зв'язок із режимом роботи молотарки та сумарною вологістю збіжжя.

Відомо, що за умови, якщо подача матеріалу в молотарку складає $q = 10$ кг/с, вологості збіжжя на рівні $W = 15\%$ та обраному співвідношенні $3 : C = 1 : 1,5$ – $\alpha = 0,9$. Розрахуємо за наведених умов навантаження на очистку таким чином:

$$Q_B = 10 \cdot (1 - 0,4 \cdot 0,9) = 6,4 \text{ кг/с.}$$

Розрахункове значення площі робочих решіт може бути визначена керуючись питомим робочим навантаженням на решето, що складає $q_F = 1,5 \dots 2,5$ кг/с·м². Тоді можемо записати:

$$F = \frac{q_B}{q_F};$$

Після підстановки маємо:

$$F = \frac{4,48}{2} = 2,24 \text{ м}^2.$$

Як вже зазначалося вище, робоча ширина решета зерноочистки узгоджується із шириною молотарки зернозбирального агрегату B_m і складає:

$$B_p = (0,9 \dots 0,95) \cdot B_m;$$

$$B_p = 0,9 \cdot 1,5 = 1,35 \text{ м.}$$

За умови, що $B_m = 1,5$ м можемо розрахувати довжину решета очистки комбайна:

$$L = \frac{F}{B_p};$$

Що складає

$$L = \frac{2,24}{1,35} = 1,66 \text{ м.}$$

Традиційно для подібних випадків геометричний розмір нижнього решета приймаємо близьким до розміру верхнього решета.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З метою отримання максимально високої чистоти зібраного врожаю, на рівні 98% і вище, навантаження на очистку не має перевищувати $q_B = 1,5...1,7$ кг/с·м. За умови, що в господарстві проводиться попереднє очищення зібраного врожаю є допустимим збирання врожаю комбайном із чистотою зібраного зерна на рівні 96%, що дозволяє підвищити навантаження на очистку комбайна до рівня $q_B = 2,5...3,8$ кг/с·м. Тоді, у конкретному випадку для базового господарства приймемо:

$$q_B = \frac{Q_B}{B} = \frac{4,4}{1,35} = 3,26 \text{ кг/с·м},$$

це цілком знаходиться в межах допустимих навантажень.

Виходячи із розрахунків, оберемо наступні розміри решіт очистки зернозбирального комбайна:

$$B_p \times L = 1350 \times 1660 \text{ мм.}$$

Знайдемо довжину пальців подовжувача решета зернозбирального агрегату за формулою:

$$l_y = (0,15...0,2) \cdot L = 0,25 \cdot 1,66 = 0,249 \text{ м.}$$

Таким чином, приймемо значення відстані між пальцями подовжувача решета – 12...15 мм; кут нахилу решіт до лінії горизонту 0...2°; діапазон коливань верхнього решета – 60...80 мм; діапазон коливань нижнього решета – 30...40 мм та частота коливань решіт – 260...300 хв⁻¹.

Щодо швидкісних параметрів повітряного потоку, то швидкість повітря над передньою частиною очистки має бути на рівні 5,8...6 м/с; над середньою і задньою частинами очистки не менше 3,8...4 м/с; та в районі каскадної очистки дорівнює 5...6 м/с. При цьому нахил повітряного потоку до горизонту в очистці комбайна має становити 25...30°.

У більшості зернозбиральних комбайнів стрясні дошки виконуються ступінчастими, що робиться з метою виключення ймовірності зсування вороху назад під час коливання дошки разом із верхнім решетом очистки комбайна. В задній частині стрясної дошки виготовляється пальцева решітка, яка

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

призначена для відведення соломистих крупних домішок на середину решета і тим самим забезпечується поліпшення просіювання основного зерна під час проходження решета.

Для пошуку розмірів вихідного вікна вентилятора зернозбирального комбайна виходять із того, що його ширина співставна із робочою шереною решета очистки:

$$B_B = B_p = 1,35 \text{ м.}$$

Для розрахунку висоти вихідного вікна джерела повітряного потоку використаємо рівняння:

$$H_B = \frac{Q}{V_B \cdot B_B};$$

де V_B – значення швидкості потоку повітря в районі вихідного вікна вентилятора, $V_B = 8 \dots 12$ м/с;

Q – розрахункові витрати повітря вентилятора,

$$Q = 1,04 \cdot Q_B = 1,04 \cdot 6,4 = 6,656 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Після підстановки маємо:

$$H_B = \frac{6,656}{12 \cdot 1,35} = 0,41 \text{ м.}$$

Відомо, що для якісного очищення зерна повітря має максимально рівномірно обдувати решето на протязі всієї його довжини. Варто врахувати, що висота вихідного вікна вентилятора становить:

$$H_B = \frac{L + a}{\frac{\cos \beta}{\sin(\delta - \beta)} - K_0},$$

де K_0 – коефіцієнт, що враховує відхилення повітряного потоку решетом під час роботи, $K_0 = 0,5 \dots 0,6$;

β – розрахункове значення кут розширення струменя повітря,

$$\beta = 12 \dots 16^\circ;$$

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

δ – розрахункове значення кута нахилу повітря до площини решета

$$\delta = 25 \dots 30^\circ;$$

$a \approx 100$ мм – прийнятий конструктивний розмір.

Після підстановки наведених величин, маємо:

$$H_B = \frac{1,66 + 0,1}{\frac{\cos 16}{\sin(26 - 16)} - 0,55} = 0,3529 \text{ м.}$$

За умови, що розраховане значення H_B (рис. 8) буде перевищувати попередньо обґрунтоване, слід обрати іншу величину конструктивного розміру a .

Знайдемо динамічний тиск, що створює вентилятор:

$$H_\partial = \frac{\rho \cdot V_B^2}{2},$$

де ρ – розрахункове значення густини повітря в очистці, приймаємо

$$\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3;$$

$$H_\partial = \frac{1,25 \cdot 12^2}{2} = 90 \text{ Па.}$$

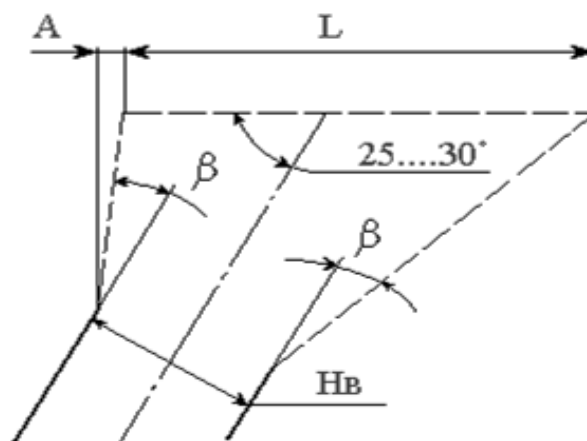


Рис. 8. Розрахункова схема вихідного вікна вентилятора зерноочистки комбайна

Визначимо статичний тиск у зерноочистці:

$$H_{cm} = \frac{1 - K^2}{K^2} \cdot H_\partial,$$

де $K = 0,35 \dots 0,4$.

$$H_{cm} = \frac{1 - 0,35^2}{0,35^2} \cdot 90 = 644,7 \text{ Па.}$$

Враховуючи проведені розрахунки, визначимо повний тиск в системі:

$$H = H_{cm} + H_o = 644,7 + 90 = 734,7 \text{ Па.}$$

Для розрахунку теоретичного тиску, прийmemo, що коефіцієнт корисної дії вентилятора комбайна дорівнює $\eta = 0,5$.

$$H_T = \frac{H}{\eta};$$

$$H_T = \frac{734,7}{0,5} = 1469,4 \text{ Па.}$$

Знайдемо діаметр вхідного отвору вентилятора комбайна:

$$D_0 = 2,78 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{n}},$$

де n – розрахункова частота обертання джерела повітряного потоку, що знаходиться у діапазоні значень $n = 450 \dots 1000$ об/хв, для розрахунків приймаємо $n = 725$ об/хв.

$$D_0 = 2,78 \cdot \sqrt[3]{\frac{6,656}{725}} = 0,582 \text{ м.}$$

Визначимо значення зовнішнього діаметру колеса вентилятора комбайна:

$$D_2 = \frac{2}{n} \cdot \sqrt{\frac{H_T}{0,01 \cdot \rho}};$$

$$D_2 = \frac{2}{725} \cdot \sqrt{\frac{1469,4}{0,01 \cdot 1,25}} = 0,9458 \text{ м.}$$

Отже, внутрішній діаметр колеса вентилятора дорівнює:

$$D_1 = 0,4 \cdot D_2 = 0,4 \cdot 0,9458 = 0,378 \text{ м.}$$

Зрештою, визначимо розрахункове значення потужності, що витрачає вентилятор під час створення повітряного потоку:

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{Q \cdot H_T}{\eta_n},$$

де η_n – коефіцієнт корисної дії приводу вентилятора, $\eta_n = 0,95 \dots 0,98$.

$$N = \frac{6,656 \cdot 1469,4}{0,95} = 10295,1 \text{ Вт} \approx 10,29 \text{ кВт}$$

Враховуючи те, що робоча швидкість повітря в зерноочистці комбайна напряму пов'язана із властивостями збіжжя, збирання якого відбувається, для більшої універсалізації і розширення роботи збирального агрегату встановлюють контрпривід, що здатен забезпечувати регулювання швидкостей потоку повітря в широких межах. Це найбільш просто реалізувати за рахунок зміни частоти обертання вентилятора, яка корелює із швидкістю потоку повітря, яке цей робочий орган генерує.

3.4. Мета і задачі експериментальних досліджень

Науковці нашої держави і зарубіжжя досліджуючи технологічні процеси очищення зібраного врожаю зернозбиральними комбайнами провели обґрунтування ряду конструктивних параметрів і режимів роботи, що дозволило отримати базову конструкцію для зернозбирального комбайна класичної схеми обмолоту. Однак, в господарських умовах роботи зернозбиральних агрегатів залишається відкритим питання параметрів і режимів роботи зерноочистки комбайна, та умов регулювання показників її роботи, адже зміна стану і фізико-механічних властивостей вирощеного врожаю мають безпосередній прямий вплив на якість комбайнового очищення збіжжя. З врахуванням цього лише проведення експериментальних досліджень використовуючи пені напрацювання попередників дають змогу вдосконалити повітряно-решітну очистку зернозбирального агрегату та забезпечить можливість адаптації робочих органів і режимів роботи очистки до дійсних умов роботи.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, **метою досліджень** є підвищення ефективності роботи зерноочистки комбайна класичної схеми обмолоту шляхом вдосконалення її конструктивно-технологічних параметрів і обґрунтування режимів роботи.

Об'єкт дослідження: процес повітряно-решітного очищення зерна озимої пшениці зерноочисним комбайном класичної схеми роботи.

Предметом дослідження є закономірності, які характеризують процес очищення зерна озимої пшениці в зерноочистці комбайна із врахуванням конструктивних особливостей та режимів роботи агрегату.

Враховуючи проведений огляду існуючих конструкцій та систем для означених цілей в роботі поставлено такі **задачі досліджень**:

- на основі аналізу існуючих технічних рішень провести інтенсифікацію роботи повітряно-решітної системи комбайна та запропонувати вдосконалення, які покращать надійність виділення домішок і спростять регулювання всіх механізмів зерноочистки;
- експериментально знайти область раціональних значень конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи запропонованої зерноочистки комбайна класичної схеми обмолоту КЗС-950 «Руслан».

3.5. Організація і проведення експериментальних досліджень очистки комбайна

Експериментальні дослідження зернозбирального агрегату проводилися в польових умовах базового господарства. Так, безпосередньо в полі відбувався збір озимої пшениці серійним зернозбиральним агрегатом КЗС-950 «Руслан» зі встановленим механізмом контрприводу у вигляді безступінчастого клинопасового варіатора, що дозволяє змінювати частоту обертання вентилятора, а отже і швидкість повітряного потоку в широких межах. Крім цього в серійному комбайні виготовлено пальцеву решітку, яка дозволяє під час досліджень змінювати довжину її граблин.

До початку проведення дослідів, і, відповідно, роботи агрегату було проведено наступне:

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

1. Провели запуск на холостому ході всіх систем і механізмів зернозбирального агрегату;
2. Провели базові регулювання всіх механізмів і систем із врахуванням фізико-механічних властивостей збіжжя;
3. Провели пробний прохід зернозбирального агрегату в загінці та внесли за потреби зміни роботи систем провівши додаткові налаштування;
4. Провели встановлення на зернозбиральний комбайн розробленого вдосконаленого безступінчастого варіатора та змонтували на решето пальцеву решітку із можливістю зміни довжини граблин.

3.6. Результати проведених експериментальних досліджень

Базуючись на стандартній методиці планування факторного експерименту [20, 21] було обрано фактори, які є найбільш впливовими на якість очищення врожаю зерноочисткою комбайна класичної схеми обмолоту. При цьому, під час експериментів оцінювали вплив наступних факторів:

- 1) робоча швидкість повітря в очистці зернозбирального комбайна, V , м/с;
- 2) подача зібраного вороху на очищення Q , кг/с;
- 3) довжина граблин пальцевого решета h , мм.

В таблицю 4 зведені рівні факторів та інтервали їх змін під час проведення експериментальних досліджень.

Таблиця 4

Фактори, що мають найбільший вплив на якість роботи очистки комбайна

№	Фактори		Рівні варіювання		Інтервал варіювання
	Найменування	Позначення	Верхній (+)	Нижній (-)	
1	Робоча швидкість повітря в очистці, V , м/с	x_1	12,0	6,0	3
2	Подача зібраного вороху на очищення, Q , кг/с	x_2	3,5	1,5	1
3	Довжина граблин пальцевого решета, h , мм.	x_3	60	10	25

Порядок складання матриці експериментальних досліджень

Для проведення експериментальних досліджень у системі пакету прикладних програм STATISTICA 12 реалізували план Бокса-Хантера. Для виконання даних дій в зазначеному програмному забезпеченні виконували такі команди (загальний вигляд вікон програми наведено на рис. нижче):

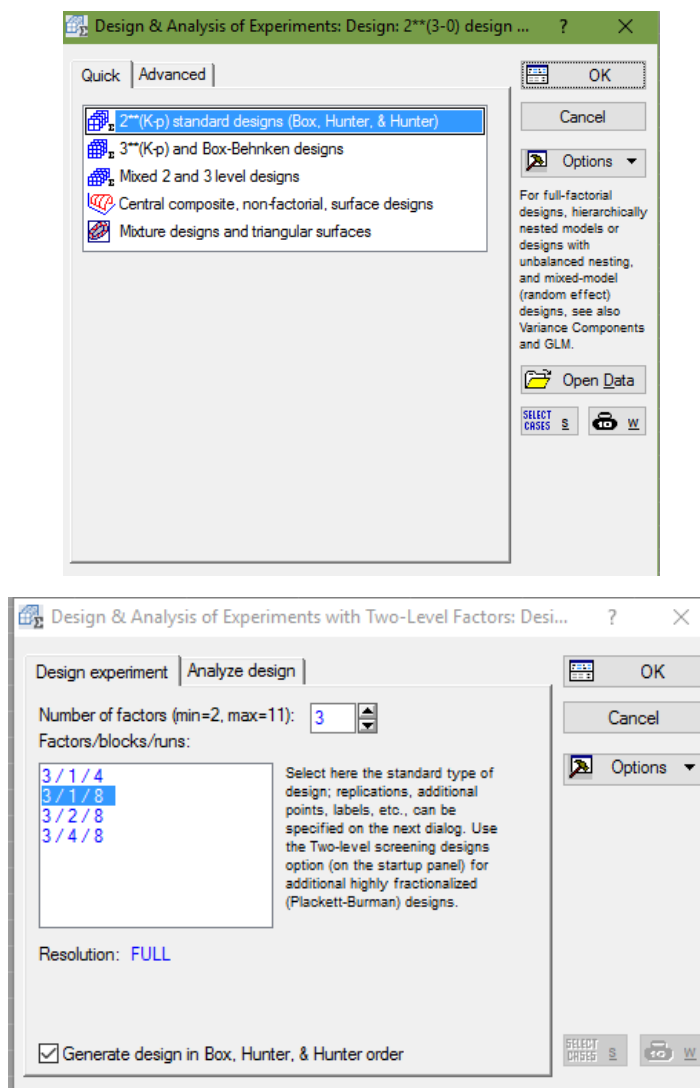


Рис. 8. Загальний вигляд вікон побудови план-матриці експериментальних досліджень в пакеті програм STATISTICA 12

Після вибору необхідного плану експерименту та кількості впливових факторів, потрібно задати рівні їх варіювання із таблиці 4.

Проведені операції дозволили отримати матрицю експериментальних досліджень із послідовністю проведення відповідних дослідів на кожному із рівнів. Зазначимо, що всі досліді проводилися у трьохкратній повторюваності

а середнє значення показника якості очищення Y заносили в четверту колонку матриці експерименту. Обробка в даному пакеті програм зазначеного плану із результатами (рис. 9) дозволили отримати результати досліджень у табличному вигляді (рис. 10).

	1	2	3	4
	V, м/с	Q, кг/с	h, мм	Y
1	6	1,5	10	72
2	12	1,5	10	79
3	6	3,5	10	78
4	12	3,5	10	88
5	6	1,5	60	92
6	12	1,5	60	98
7	6	3,5	60	86
8	12	3,5	60	90

Рис. 9. Матриця планування із результатами проведених досліджень

Effect Estimates; Var.:Y; R-sqr=.99382; Adj.:.95676 (Spreadsheet2.sta) 2**(3-0) design; MS Residual=3,125 DV: Y										
Factor	Effect	Std.Err.	t(1)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	85,37500	0,625000	136,6000	0,004660	77,4336	93,31638	85,37500	0,625000	77,4336	93,31638
(1)V, м/с	6,75000	1,250000	5,4000	0,116572	-9,1328	22,63276	3,37500	0,625000	-4,5664	11,31638
(2)Q, кг/с	0,25000	1,250000	0,2000	0,874334	-15,6328	16,13276	0,12500	0,625000	-7,8164	8,06638
(3)h, мм	12,25000	1,250000	9,8000	0,064737	-3,6328	28,13276	6,12500	0,625000	-1,8164	14,06638
1 by 2	0,25000	1,250000	0,2000	0,874334	-15,6328	16,13276	0,12500	0,625000	-7,8164	8,06638
1 by 3	-1,75000	1,250000	-1,4000	0,394863	-17,6328	14,13276	-0,87500	0,625000	-8,8164	7,06638
2 by 3	-7,25000	1,250000	-5,8000	0,108693	-23,1328	8,63276	-3,62500	0,625000	-11,5664	4,31638

Рис. 10. Табличний результат експериментальних досліджень, отриманий в пакеті програм STATISTICA 12

Таким чином, використовуючи табличний результат (рис. 10), можемо отримати статистичну модель впливу обраних факторів на якість роботи зерноочистки комбайна. Ця статистична модель у зручному для сприйняття вигляді наступна:

$$Y = 85,375 + 3,375x_1 + 0,125x_2 + 6,125x_3 + 0,125x_1x_2 - 0,875x_1x_3 - 3,625x_2x_3$$

Дане рівняння регресії оцінки впливу факторів x_1 , x_2 , x_3 на критерій оптимізацію дозволяють побудувати графіки поверхонь, що демонструють попарний вплив факторів на якість роботи зерноочистки зернозбирального комбайна (рис. 11, 12, 13).

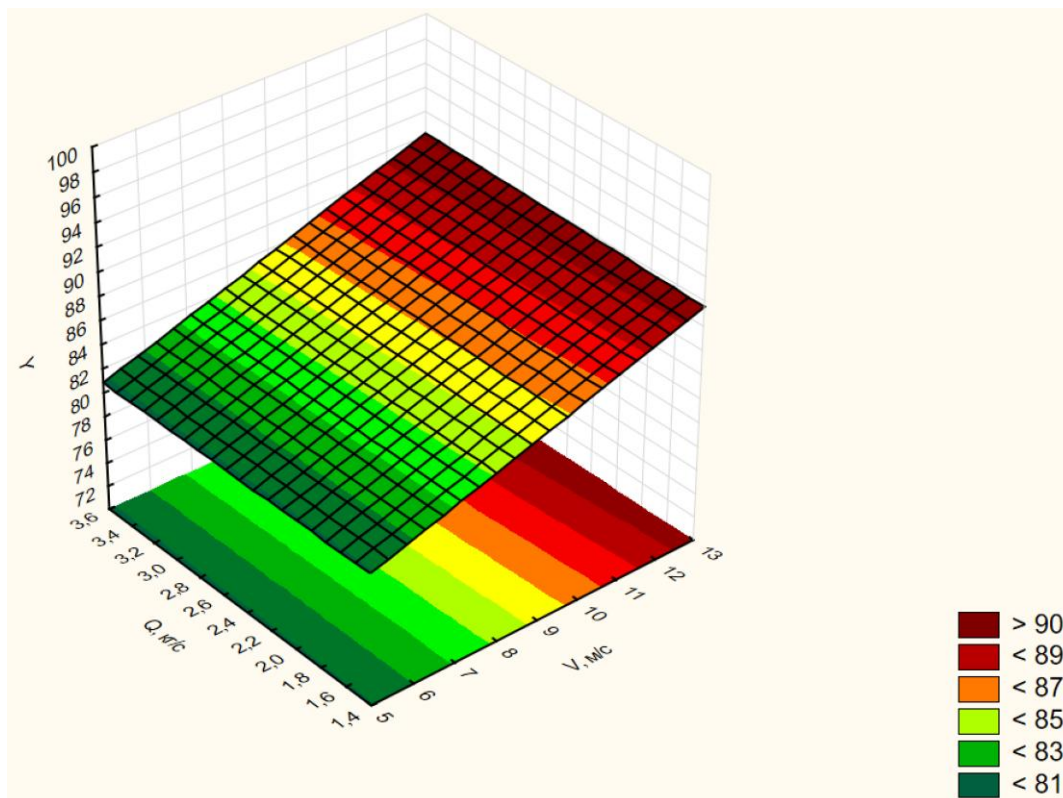


Рис. 11. Графік попарного впливу робочої швидкості повітря в очистці (V) та подачі зібраного вороху на очищення (Q) на критерій оптимізації (Y) (якість очистки) $Y=f(x_1x_2)$

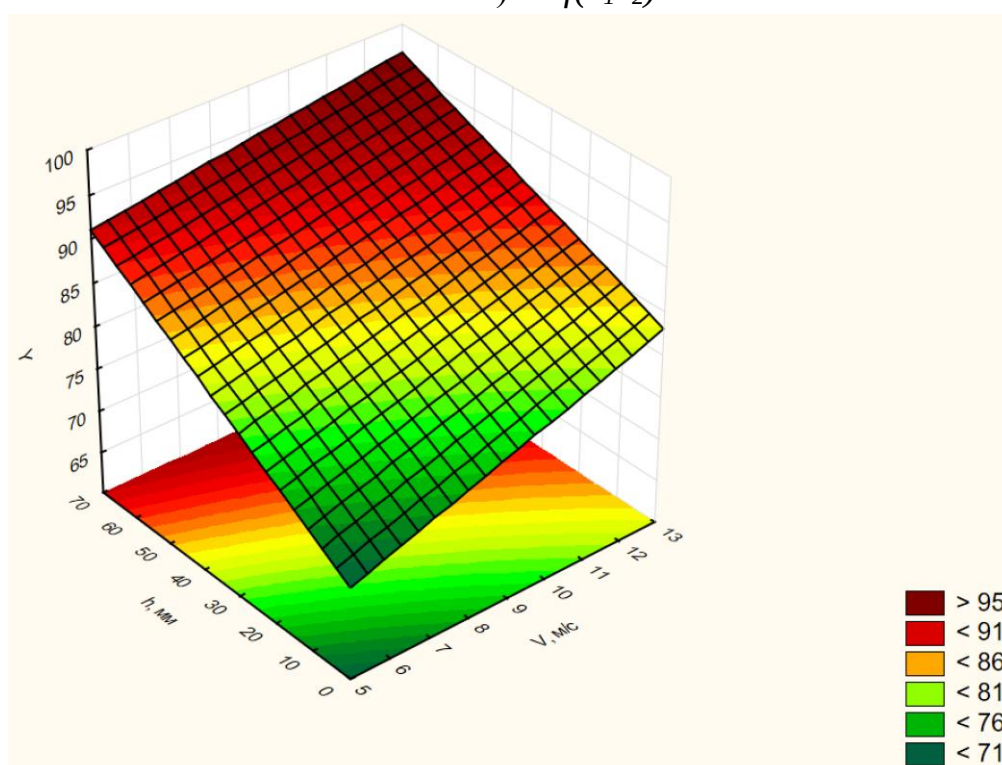


Рис. 12. Графік попарного впливу робочої швидкості повітря в очистці (V) та довжини граблин пальцевого решета (h) на критерій оптимізації (Y) (якість очистки) $Y=f(x_1x_3)$

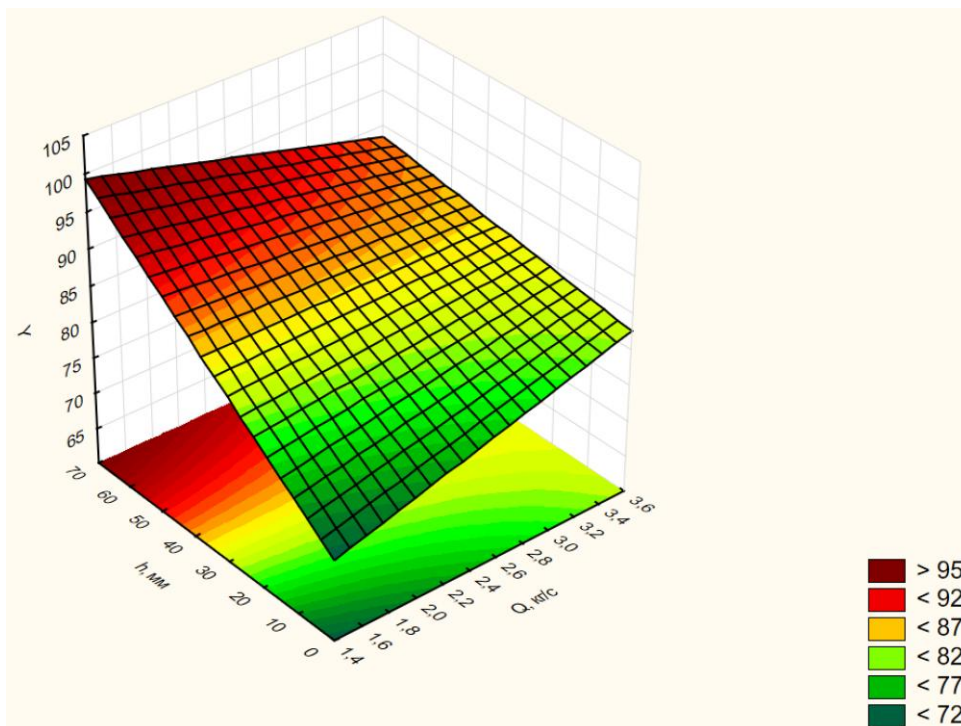


Рис. 13. Графік попарного впливу подачі зібраного вороху на очищення (Q) та довжини граблин пальцевого решета (h) на критерій оптимізації (Y) (якість очистки) $Y=f(x_2x_3)$

Аналіз попарного впливу факторів на якість очищення дозволяє зробити висновок, що найбільший вплив на критерій оптимізації мають довжина граблин пальцевого решета та робоча швидкість повітря в очистці, при цьому максимальну якість очищення можна досягти, коли наведені фактори дорівнюють $V = 10,0 \dots 11,0$ м/с; $h = 45 \dots 50$ см.

Подача зібраного вороху на очищення теж є впливовим фактором і цілком логічно, що підвищення подачі призводить до погіршення якості виділення зерна, однак в обраному діапазоні значень цього фактора більш впливовою є попарна взаємодія подачі зібраного вороху на очищення та довжини граблин пальцевого решета. Враховуючи той факт, що подача зібраного вороху на очищення є тим фактором, що задає загальну продуктивність очистки і має прямий взаємозв'язок із продуктивністю зернозбирального агрегату, що дозволяє визначити доцільну подачу на рівні $Q = 2,8 \dots 3,0$ кг/с. Отже, при перелічених значеннях факторів можна досягти

загальну якість очищення зерна озимої пшениці в очистці зернозбирального комбайна на рівні $Y = 90...95\%$. Такі показники якості відповідають чинним агро вимогам до подібних операцій і є співставними із аналогічними показниками роботи закордонних зернозбиральних агрегатів.

4. Охорона праці

Під час роботи зернозбирального агрегату та реалізації прямого комбайнування озимої пшениці на полі господарства мають місце деякі шкідливі і небезпечні виробничі фактори [27, 28]. Серед найбільш загрозливих можна виділити такі:

- швидко рухомі елементи конструкції комбайна, зокрема мотовило, ріжучий апарат, транспортери, молотарка, соломотряс, вентилятор, механізми приводу тощо;
- наявність механізмів, що обертаються із великою частотою обертання, наприклад окремі елементи очистки комбайна, транспортери та відвантажувачі, ходова частина комбайна, його двигун;
- наявність шуму під час роботи, що перевищує встановлені нормативи, джерелами якого є двигун комбайна, транспортери, вентилятор, інші швидко рухомі та обертаючі механізми;
- підвищений рівень вібрації при роботі зернозбирального комбайна, наприклад під час роботи двигуна, механізмів приводу комбайна, транспортерів та ін.;
- високий рівень запилення повітря в зоні роботи механізатора чи помічника під час проведення агрегатом прямого комбайнування врожаю;
- наявність і використання в процесі роботи агрегату шкідливих речовин, наприклад паливно-мастильних матеріалів, засобів агрохімії тощо;
- підвищена пожежонебезпека, що може мати місце в результаті підтікання паливно-мастильних матеріалів на окремі конструктивні

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

елементи зернозбирального комбайна чи врожай, перегрівання деяких вузлів через тертя, ймовірність короткого замикання в проводці і виникнення іскріння, робота двигуна та ін.;

- підвищена електробезпека, що може мати місце під час роботи комбайна під лініями електропередач, в безпосередній близькості до електроопор, висока ймовірність виникнення статичного струму та ін.;
- розміщення робочої зони помічника та комбайнера на значній висоті відносно поверхні поля;
- велика кількість гострих країв зернозбирального комбайна та допоміжних систем;
- великий перепад температур, швидкозмінні параметри мікроклімату під час виконання збирання врожаю, залежно від кліматичних умов та часу (добі) проведення технологічних операцій;
- наявність робочих поверхонь зернозбирального комбайна, що мають підвищені температури, серед яких двигун, система охолодження двигуна, гідравліка тощо;
- необхідність проведення робіт за умов недостатнього природнього освітлення.

Варто розуміти, що загальний рівень шуму в кабіні зернозбирального агрегату не повинен перевищувати 75 дБ за умови, що частота коливання становить 1000 Гц. Такі показники регламентуються згідно з санітарно-гігієнічними вимогам ССБТ ГОСТ 12.1.003-76 і ГОСТ 12.2.009-76. Щоб ефективно боротися із надлишковим шумом і вібрацією передбачені наступні заходи:

- передбачено використовувати різні глушники та полум'єуловлювачів при виході вихлопних газів комбайну
- на сидіннях комбайнера встановлюються функціональні амортизатори;

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- всередині кабіна зернозбирального комбайна обладнана щільними звукопоглинаючими матеріалами, переважно пористими і вогнетривкими;
- на полу комбайна встановлено спеціальні коврики, які володіють вібропоглинаючими властивостями, до того ж ці коврики служать ізоляторами у випадку потрапляння електричного струму на масу машини, наприклад під час обривання і падіння на комбайн електродротів;
- з метою мащення деталей і вузлів, віддають перевагу в'язким мастилам.

Під час проведення збирання врожаю в кабіні зернозбирального комбайна температура повітря повинна бути в межах 13-22° С, за умов вологості повітря на рівні 40...60%, швидкість переміщення повітряних мас в робочій зоні не повинна перевищувати 0,2-0,5 м/с, за умови, що інтенсивність тепловипромінювань є не більшою за 174 Вт/м². Параметри мікроклімату в кабіні агрегату мають відповідати чинним вимогам та повинні досягатися за рахунок того, що виробник встановлює кондиціонер, що здатен забезпечити наведені режими.

5. Обґрунтування ефективності вдосконалень

Запропоновані вдосконалення під час збирання врожаю озимої пшениці в господарстві та в конструкції зернозбирального комбайну КЗС-950 «Руслан» дозволяють інтенсифікувати процес прямого комбайнування врожаю. При цьому, доведено що модернізований комбайн здатний підвищити норми збирання врожаю на 31,8% за умови зменшення собівартості збирання врожаю озимої пшениці в межах одного поля на 24,5%. Варто зазначити, що під час аналізу ефективності запропонованих вдосконалень не враховано підвищення універсальності комбайна за рахунок розширення діапазону робочих швидкостей повітря у зерноочистці комбайна, поліпшення якості

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

очищення збіжжя шляхом поліпшення умов руху матеріалу по решету за рахунок встановлення пальцевих граблин та скорочення часу на переналаштування механізму привода вентилятора за рахунок використання клинопасового варіатора вдосконаленої конструкції. Запропоновані зміни забезпечують не лише підвищення продуктивності агрегатів і спрощують його налаштування, в тому числі і під час експлуатації, а й дозволяють досягти вищих показників якості очищення зернового матеріалу із мінімальними втратами, так показники якості очищення досягаються на рівні 90...95%. Отже, запропоновані зміни як у технологію так і до конструкції комбайна є обґрунтованими і є доцільними для впровадження в господарствах під час збирання озимої пшениці.

6. Висновок

За результатами виконання даної роботи проаналізовано специфіку вирощування озимої пшениці в господарських умовах, наголошено на перевагах і недоліках існуючої технології виробництва цієї культури. Обґрунтовані основні операції та їх технічне забезпечення під час виробництва озимої пшениці та доведено що зниження собівартості вирощування врожаю зазначеної культури та підвищення якості зібраного збіжжя із мінімалізацією втрат є пріоритетними завданнями інтенсифікації виробництва пшениці. Під час виконання технологічної частини було запропоновано операцію збирання врожаю пшениці проводити способом прямого комбайнування зернозбиральним агрегатом КЗС-950 «Руслан».

В роботі було запропоновано внести деякі зміни в конструкцію комбайна КЗС-950, а саме змінити серійний контрпривід приводу вентилятора на клинопасовий варіатор із гідравлічним регулюванням та можливістю в більш широкому діапазоні у автоматичному чи ручному режимі (із кабіни агрегату) регулювати частоту обертання, а отже і швидкість потоку повітря у повітряно-решітній очистці комбайна. Виконані необхідні технологічні,

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

енергетичні та інші інженерні розрахунки, що доводять працездатність агрегату та доцільність внесення змін в його конструкцію.

З наукової точки зору в роботі проаналізовано будову, перевагу і недоліки зерноочисного механізму зернозбирального комбайна та запропоновані заходи по його вдосконаленню. Керуючись класичною методикою планування факторного експерименту отримані математичні моделі, що відображають вплив обраних факторів на якість очистки зібраного врожаю комбайном. Встановлено, що при робочій швидкості повітря в очистці комбайна на рівні $V = 10,0 \dots 11,0$ м/с, подачі зібраного вороху на очищення $Q = 2,8 \dots 3,0$ кг/с та довжина граблин пальцевого решета $h = 45 \dots 50$ см. вдається досягти показників якості очищення зерна озимої пшениці в очистці зернозбирального комбайна на рівні $Y = 90 \dots 95$ %.

В розділі «Охорона праці» проведено аналіз небезпечних факторів, що можуть супроводжувати процес збирання врожаю агрегатом КЗС-950 та запропоновані деякі заходи щодо усунення цих загроз. Доцільність внесених змін обґрунтована під час аналізу ефективності вдосконалень.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Методичні рекомендації до оформлення випускної кваліфікаційної роботи здобувачів другого (магістерського) освітнього рівня спеціальності 208 «Агроінженерія» / Васильковський О.М., Петренко Д.І., Васильковська К.В., Лещенко С.М., Мороз С.М. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 38 с.
2. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007. – 334 с.
3. Бондаренко М.Г. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві / Бондаренко М.Г., Демещук В.А. – К.: Вища школа, 1995. – 237 с.
4. Довідник з машиновикористання в землеробстві / За ред. В.І. Пастухова – Харків: Веста, 2001. – 347 с.
5. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2009. – 284 с.
6. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: підручник / [Войтюк Д. Г. та ін.]; за ред. С. С. Яцуна. – [2-ге вид., перероб. і допов.]. – Суми: Сумський нац. аграр. ун-т, 2011. – 444 с.
7. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. Машини для рільництва / Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. За ред. Черновола М.І. – К.: Урожай, 2002. – 364 с.
8. Сільськогосподарські машини / В.Ю. Комаристов, М.М. Петренко, М.М. Косінов. – К.: Урожай, 1996. – 240 с.
9. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
10. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: Підручник. – К.: Каравела, 2004. – 552 с.

					ВПК 00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

11. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
12. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. / [Бендера І. М. та ін.] ; за ред. І. М. Бендери, А. В. Рудя, Я. В. Козія. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2011. – 640 с.
13. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В. В. Адамчука, М. І. Грицишина. – Київ : Аграрна наука, 2012. – 416 с.
14. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: підручник / [Войтюк Д. Г. та ін.]; за ред. С. С. Яцуна. – [2-ге вид., перероб. і допов.]. – Суми: Сумський нац. аграр. ун-т, 2011. – 444 с.
15. Бабенко Д.В. Механіка матеріалів і конструкцій: практикум: навчальний посібник / Д.В. Бабенко, О.А. Горбенко, Н.А. Доценко. – Миколаїв: МНАУ, 2017. – 384 с.
16. Іванчук А.В. Деталі машин: Навч. посібник [для студ. вищ. пед. навч. закл.] / А.В. Іванчук. – Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2010. – 336 с.
17. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
18. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування / Під ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 382 с.
19. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / за ред. В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Коваля. – Київ: Аграрна наука, 2004. – 396 с.
20. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. – Кіровоград, Х.: Мачулін, 2016. – 204 с.

					ВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

21. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки: Навч. посіб. для студ. агротехн. спец. / О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, К.В. Васильковська, Д.І. Петренко. – Харків: Мачулін, 2019. – 164 с. Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10486>
22. Приводи сільськогосподарської техніки : метод. рекомендації до викон. практ. робіт / [уклад.: В. А. Дейкун, С. М. Лещенко, Д.І. Петренко, Р.В. Кісільов]; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 67 с. <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9359>.
23. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва – Тернопіль:, 2005. – 228 с.
24. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник – К.: Вища освіта, 2013. – 535 с.
25. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу: підручник / В. Г. Андрійчук. – К. : КНЕУ, 2013. – 779 с.
26. Шелюк Л.Ю. Організація і планування діяльності аграрних формувань: Підручник. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 324 с.
27. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003.– 408 с.
28. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Презентація графічної частини дипломної роботи
за другим рівнем вищої освіти на тему:

Інтенсифікація технології вирощування озимої пшениці із дослідженням та вдосконаленням зернозбирального комбайна

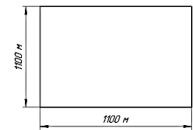
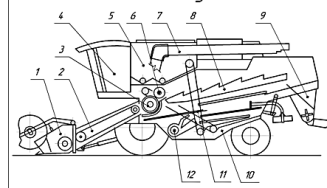
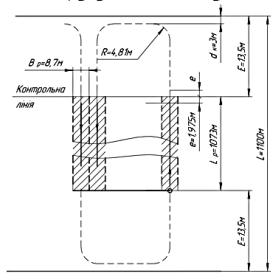
Виконав: ст. гр. АІ-23М-2 Перешеїн Артем Анатолійович

Керівник роботи: доц. Сергій ЛЕЩЕНКО

Кропивницький, 2024 р.

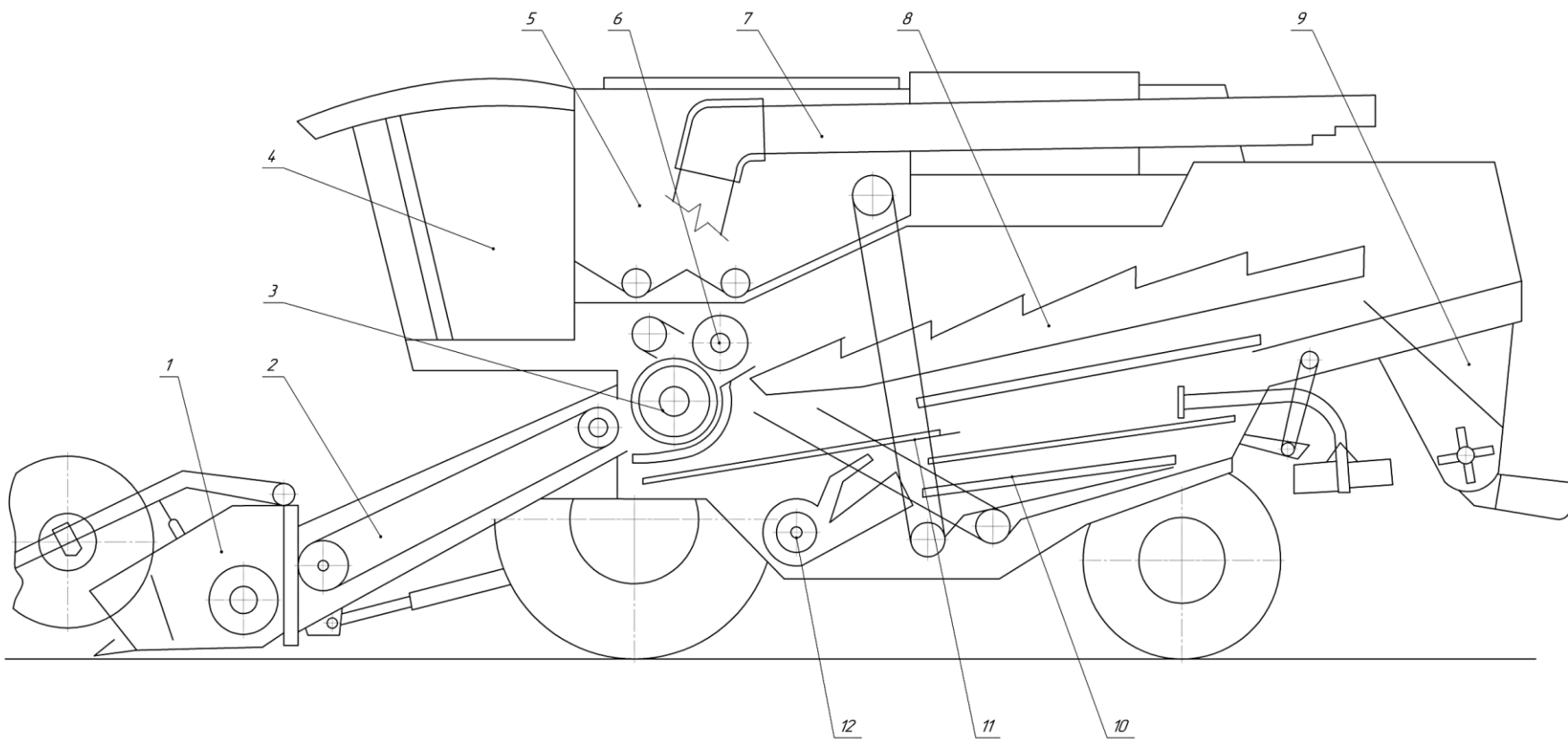
Оперечно-технологічна карта на збирання зерна озимої пшениці

ВРБК 00.001 Т4

Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
Умови роботи	Площа поля – 120 га; довжина гонів – 1100 м; величина підйому – 3°.	Схема поля 
Агротехнічні вимоги	1. Висота стерні в залежності від густини і висоти стеблостоя в межах – 15–25 см. 2. Втрати зерна за жаткою: до 1% для прямоствячих хлібів, до 1,5% для полеглих. 3. Втрати зерна через недомалот не більше 1,5%. 4. Дроблення зерна – не більше 1%.	
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Комбайн КЗС-950, робоча ширина захвату – 8,5 м робоча швидкість агрегату – 5,1 км/год, мінімальний радіус повороту – 4,81 м; кінематична довжина агрегату – 6 м. Підготовка агрегату: 1. Провести щозмінний технічний огляд комбайна і жатки. 2. Перевірити поверхні робочих органів жатки, загострення лез, кріплення вузлів. 3. Відрегулювати зазори між сегментами та вкадишами.	Принципова схема комбайна КЗС-950 "Руслан" 
Підготовка поля	Перед початком обробітку оглянути поле, виявлені перешкоди усунути. Ширина поворотної смуги – 13,55 м; оптимальна ширина загінки – 38,4 м; кількість загінки – 29 (28 шириною по 38,4 м; 1 – шириною 24,8 м).	Схема руху одного циклу 
Спосіб руху	Спосіб руху – загінковий з безплетевими поворотами	
Швидкість руху	Робоча швидкість – $V_p=5,1$ км/год.	L – довжина гонів L_p – робоча довжина загінки E – ширина поворотної смуги e – довжина візду агрегату, B_p – ширина захвату агрегату, dk – кінематична ширина агрегату
Показники організації процесу	1. Трибальність циклу – 29,14 хв. 2. Технічна продуктивність за цикл – 1,18 га/цикл. 3. Змінна продуктивність агрегату – 15,97 га/зм. 4. Кількість циклів за зміну – 13,53 цикл/зм. 5. Витрати палива на 1 га – 15,92 кг/га. 6. Витрати палива за зміну – 254,17 кг/зм.	
Контроль за якістю	1. На поверхні поля не допускається наявність незрізаних стебел рослин 2. Виконати 15–25 замірів витрат зерна по діагоналі загінки. Втрати повинні перевищувати 2% 3. Чистота зерна в бункері повинна бути не менше 25% 4. Подрібнення зерна не повинне перевищувати 1%.	

ВРБК 00.001 Т4									
Лист	№ докум.	Дата	Вид	Відом.	Оперечно-технологічна карта на збирання зерна озимої пшениці				
Розроб.	Виконав.	Перевір.	Затверд.	Затверд.	Лист	№	Всього	Лист	Всього
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	ЦНТН				
Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	до А1-234-2				
Комп'ютер					Формат А1				

ВЛБК 00.000 С2



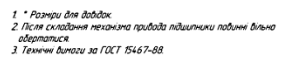
ВЛБК 00.000 С2					
Изм.	Лист	№ докум.	Лист	Дата	
Разработ.	Пересмотр.	Лист	Дата	Масса	Масштаб
Деталь	Изменен.	Лист	Дата	-	-
Изменен.	Меню	Лист	Дата	Листов	1
Меню	Вспомогат.	Лист	Дата	Листов	1
-				ЛНТУ, гр. АТ-23М-2	
-				Формат А1	

Копировать

—————> - повітряний потік
 - - - - -> - очищене зерно
 - · - · - -> - зерновий ворох

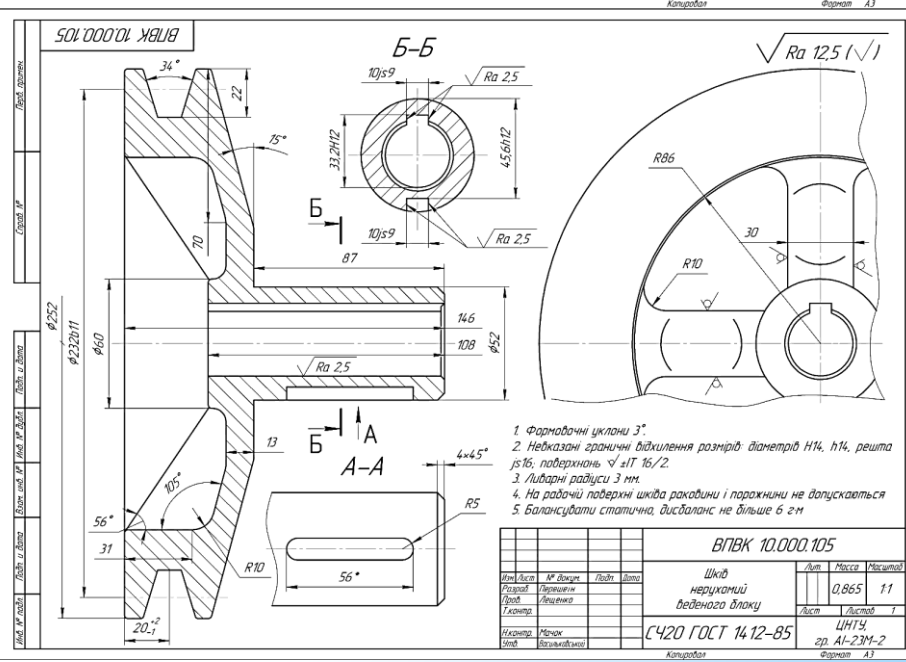
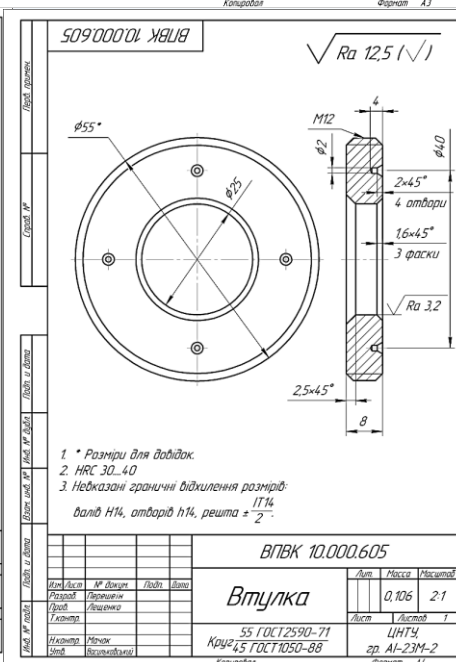
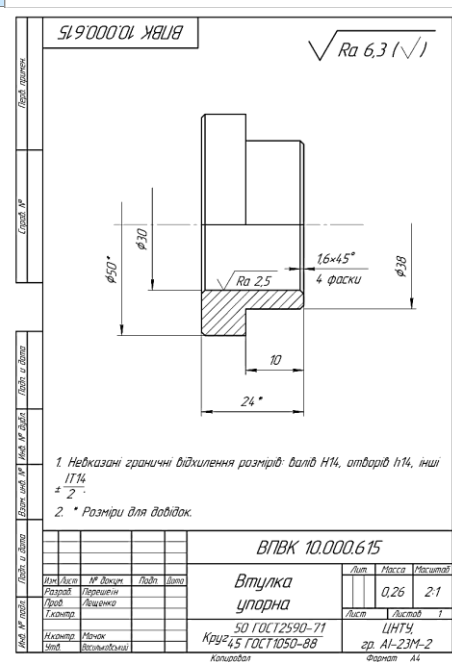
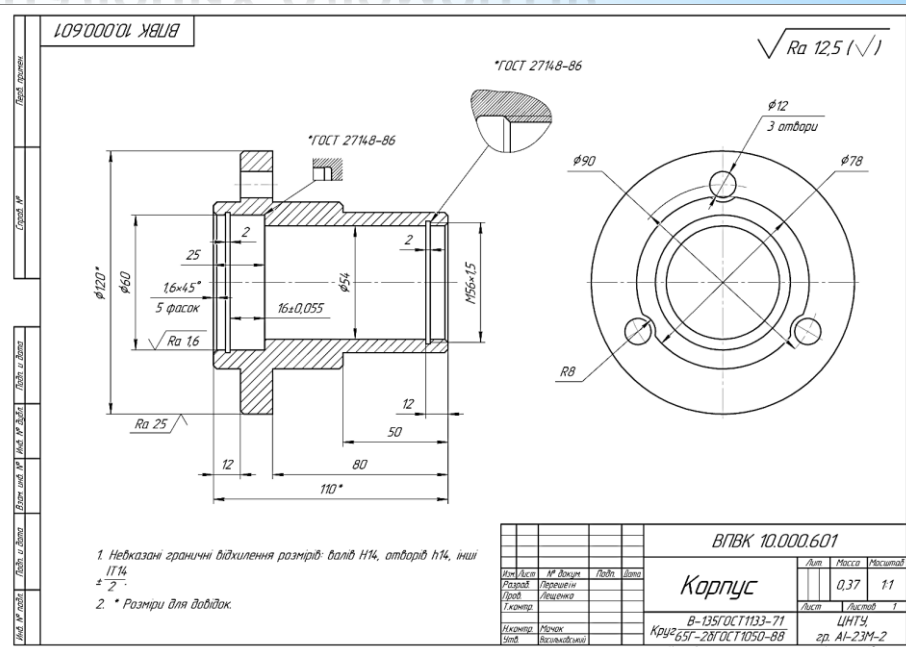
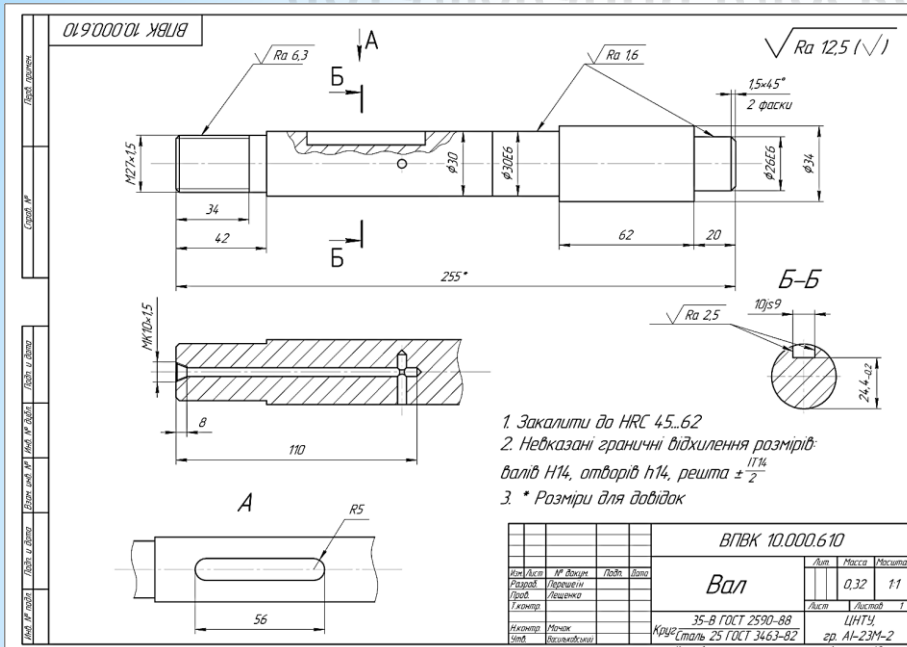
1 – Транспортна дошка; 2 – пальцевий подавжувач; 3 – надставка жалюзіюна; 4 – верхній решітний стан;
5 – решето верхнє; 6 – подавжувач верхнього решета; 7 – решето нижнє; 8 – шнек колосовий;
9 – шнек зерновий; 10 – нерухомий дефлектор; 11 – крильчатка вентилятора;
12 – перегородка подавжня; 13 – похила скатна площина

						ВНБК 00.001 С2			
Статус документа	№ документа	Листы	Листы	Конструктивно-функциональная схема очистки комбоина ЕНЦЕУ-950			Лист	Масса	Масштаб
Средний	Экземпляр							-	-
Экземпляр							Лист	Листов	1
Наименование	Материал	-			ЦНТУ,			ар. АБ-23М-2	
Сделано	Изготовлено				Копировано			Всего 1	



ВПК 10.000 СБ			
Вариатор вентилятора	Авт	Мощн	Матери
		726	11
-	Авт	Авт	ЦНТУ
			20 А-23М-2
Колонна	Длина	А1	

Деталювання вдосконалених елементів



Наукова частина роботи

Фактори та рівні їх варіювання під час експериментального вивчення якості роботи очистки зернозбирального комбайна

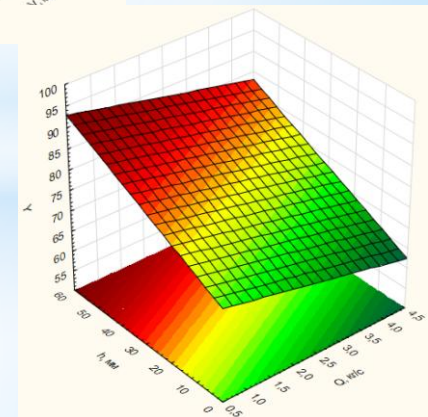
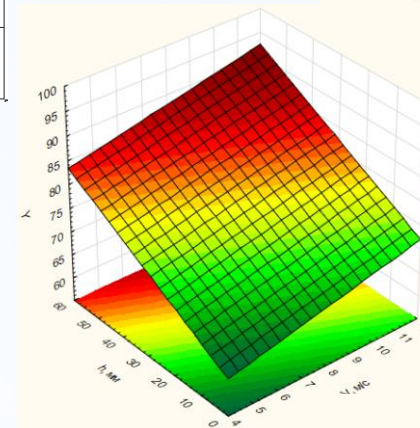
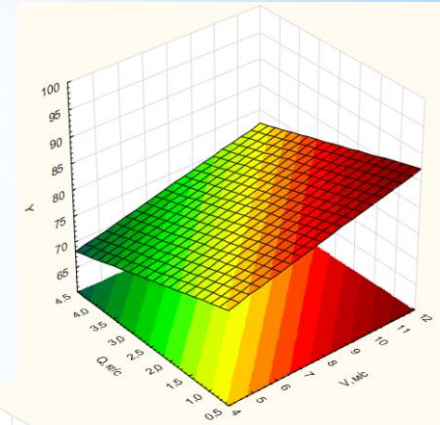
№	Фактори		Рівні варіювання		Інтервал варіювання
	Найменування	Позначення	Верхній (+)	Нижній (-)	
1	Робоча швидкість повітря в очистці, V , м/с	x_1	12,0	6,0	3
2	Подача зібраного вороху на очищення, Q , кг/с	x_2	3,5	1,5	1
3	Довжина граблин пальцевого решета, h , мм.	x_3	60	10	25

Скомпільована системою STATISTICA 12 матриця експериментальних досліджень

	1 V , м/с	2 Q , кг/с	3 h , мм	4 Y
1	6	1,5	10	72
2	12	1,5	10	79
3	6	3,5	10	78
4	12	3,5	10	88
5	6	1,5	60	92
6	12	1,5	60	98
7	6	3,5	60	86
8	12	3,5	60	90

Статистична математична модель впливу обраних факторів на критерій оптимізації

$$Y = 85,375 + 3,375x_1 + 0,125x_2 + 6,125x_3 + 0,125x_1x_2 - 0,875x_1x_3 - 3,625x_2x_3$$



Дякую за увагу!