

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра агроінжинірингу

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

Михайло ШУЛЯК

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за магістерським рівнем вищої освіти

на тему: «Обґрунтування технічного забезпечення збирання зернових культур в умовах ННВК Сумського НАУ»

Виконав:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Ярослав ГОРОБЕЦЬ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Група:

СТЗ 2401-2М

Науковий керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Фаріда ХАРЧЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Михайло ДУМАНЧУК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра агроінжинірингу  
Ступінь вищої освіти «Магістр»  
Спеціальність **208 Агроінженерія**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
агроінжинірингу

**Михайло ШУЛЯК**

“ \_\_\_ ” вересня 2024 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
**Ярослав ГОРОБЕЦЬ**

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Обґрунтування технічного забезпечення збирання зернових культур в умовах ННВК Сумського НАУ».
2. Керівник кваліфікаційної роботи: Фаріда ХАРЧЕНКО, к.т.н., доцент.
3. Строк подання здобувачем роботи: “ 1 ” листопада 2025 року.
4. Вихідні дані до роботи: довідникова література; посібники; наукові журнали з даної тематики; статті з наукових збірників; монографії, тощо за темою наукового дослідження; Інтернет джерела; методичні рекомендації для виконання проекту (роботи).
5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Розділ 1.Стан питання виконання технологічної операції. Розділ 2.Елементи точного землеробства зернозбиральних комбайнів. Розділ 3. Наукові дослідження та їх результат. Розділ 4. Охорона праці при збиранні врожаю зернових. Загальні висновки. Список використаних джерел. Додатки.
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:  
Презентація у Microsoft Office Power Point (слайд-презентація).

Керівник роботи:

(підпис)

Фаріда ХАРЧЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Завдання прийняв до виконання:

(підпис)

Ярослав ГОРОБЕЦЬ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата отримання завдання « \_\_\_ » вересня 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Збір інформації про діяльність господарства	до 02.08.2025 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 16.08.2025 р.	
3.	Складання плану роботи	до 21.08.2025 р.	
4.	Написання вступу	до 24.08.2025 р.	
5.	Підготовка розділу «Розділ 1. Стан питання виконання технологічної операції»	до 30.08.2025 р.	
6.	Підготовка розділу «Розділ 2. Елементи точного землеробства зернозбиральних комбайнів.»	до 14.10.2025 р.	
7.	Підготовка розділу «Розділ 3. Наукові дослідження та їх результат.»	до 3.10.2025 р.	
8.	Підготовка розділу «Розділ 4. Охорона праці при збиранні врожаю зернових»	до 15.10.2025 р.	
9.	Написання висновків	до 25.10.2025 р.	
10.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2025 р.	
11.	Подання роботи на рецензування	до 07.11.2025 р.	
12.	Подання роботи до попереднього захисту	до 14.11.2025 р.	

Керівник роботи:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Фаріда ХАРЧЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Здобувач:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ярослав ГОРОБЕЦЬ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

**Горобець Ярослав Миколайович** «Обґрунтування технічного забезпечення збирання зернових культур в умовах ННВК Сумського НАУ».

Кваліфікаційна (магістерська) робота на здобуття ступеня магістр за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Сумський національний аграрний університет. Суми. 2025, 61 с. Кваліфікаційна (магістерська) робота складається з чотирьох розділів, вступу, загальних висновків, списку використаних джерел із 35 найменувань, додатків та ілюстрованого матеріалу в вигляді презентації Microsoft Office Power Point.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано технологічний процес збирання зернових; описані можливі втрати зерна в залежності від днів які пройшли після досягнення повної стиглості; вплив засобів збирання на якість зерна та характеристику висоти зрізання рослин при конкретному способі збирання. Описано системи точного землеробства які використовуються під час виконання технологічної операції: збирання. Наведено опис та основні елементи технічних засобів, які використовуються при збиранні: наведено класичну технологічну схему комбайна; молотильно-сепаруючі пристрої, які використовуються в зернозбиральних комбайнах, як вітчизняного так і закордонного виробників (їх загальний вигляд та переваги і недоліки); систему очистки комбайнів (його будову та загальний вигляд). Описане технічне забезпечення системи точного землеробства, якими обладнуються комбайни. Елементи описаної системи (авто навігатори, автопілоти, системи паралельного водіння та інше навігаційне обладнання), які встановлені на зернозбиральних комбайнах: їх огляд та загальні характеристики.

Проведені розрахунки техніко-експлуатаційних показників використання зернозбиральних комбайнів дев'ятої серії відомого зарубіжного виробника з використанням різних жаток та на різній площі. Визначали продуктивність, швидкість та інші показники. За результатами розрахунку були побудовані графіки залежностей.

Для запобігання нещасних випадків під час експлуатації зернозбиральної техніки нами було описано питання охорони праці під час збирання врожаю зерна, а саме підготовка до роботи комбайна, запуск та прогрів зернозбирального комбайна, організація роботи на полі, безпека праці під час роботи та завершення роботи. Наведена таблиця дій в аварійних ситуаціях та класифікація надзвичайних ситуацій під час роботи зернозбирального комбайна.

**Ключові слова:** збирання зернових, технологічний процес, стебла, способи збирання, втрати зерна, точне землеробство, супутникові системи, ротор, барабан, молотильно-сепарувальна система, потужність, ефективність, елементи точного землеробства, автоматизація, новітні технології, автопілот, техніко-експлуатаційні показники, надзвичайні ситуації.

## ABSTRACT

**Horobets Yaroslav Mykolayovych** “Substantiation of technical support for harvesting grain crops in the conditions of the NNVK of Sumy NAU”.

Qualification (master's) thesis for the degree of master in specialty 208 Agroengineering. – Sumy National Agrarian University. Sumy. 2025, 61 p. Qualification (master's) thesis consists of four sections, introduction, general conclusions, a list of used sources of 35 names, appendices and illustrated material in the form of a Microsoft Office Power Point presentation.

The qualification thesis analyzes the technological process of harvesting grain; describes possible grain losses depending on the days that have passed after reaching full ripeness; the influence of harvesting equipment on grain quality and the characteristics of the height of cutting plants with a specific harvesting method. The precision farming systems used during the technological operation: harvesting are described. A description and main elements of the technical means used in harvesting are given: a classic technological scheme of a combine is given; threshing and separating devices used in combine harvesters, both domestic and foreign manufacturers (their general appearance and advantages and disadvantages); a combine cleaning system (its structure and general appearance). The technical support of the precision farming system with which the combines are equipped is described. Elements of the described system (auto navigators, autopilots, parallel driving systems and other navigation equipment) installed on combine harvesters: their overview and general characteristics.

Calculations of technical and operational indicators of the use of combine harvesters of the ninth series of a well-known foreign manufacturer using different headers and on different areas were carried out. Productivity, speed and other indicators were determined. Dependency graphs were constructed based on the calculation results.

To prevent accidents during the operation of grain harvesting equipment, we have described the issues of labor protection during grain harvesting, namely, preparation for the combine, starting and warming up the combine, organizing work in the field, labor safety during operation and completion of work. A table of actions in emergency situations and classification of emergency situations during the operation of the combine is provided.

**Keywords:** grain harvesting, technological process, stalks, harvesting methods, grain losses, precision farming, satellite systems, rotor, drum, threshing and separation system, power, efficiency, elements of precision farming, automation, latest technologies, autopilot, technical and operational indicators, emergency situations.

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ</b> .....	<b>10</b>
1.1. Технологічні процеси при збиранні зернових. ....	<b>10</b>
1.2. Системи точного землеробства.....	<b>12</b>
1.3. Технічні засоби для виконання технологічних процесів.....	<b>15</b>
1.4. Актуальність застосування системи точного землеробства в Україні.	<b>36</b>
<b>РОЗДІЛ 2. ЕЛЕМЕНТИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ</b> .....	<b>38</b>
2.1. Огляд елементів точного землеробства при використанні зернозбиральних комбайнів.. ....	<b>38</b>
<b>РОЗДІЛ 3. НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТ</b> .....	<b>46</b>
<b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ ЗЕРНОВИХ.</b> .....	<b>51</b>
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b> .....	<b>55</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	<b>56</b>
<b>ДОДАТКИ</b> .....	<b>61</b>

## ВСТУП

Головною метою в сільському господарстві є швидке та стабільне збільшення виробництва зерна, і вирішення цієї проблеми значною мірою залежить від удосконалення збиральних машин та техніки. Донедавна експлуатація сільськогосподарської техніки під час підготовки ґрунту, сівби та збору врожаю визначалася двома основними факторами: навичками оператора та наявністю чітких напрямних, що вказували шлях руху по полю. Важливими були як рівень підготовки та досвіду оператора, так і якість напрямних, таких як технологічні колії, кілки чи пінопластові маркери. Однак з появою космічних навігаційних систем наприкінці 20 століття технологія керування транспортними засобами, включаючи сільськогосподарські машини, зазнала значних змін.

У сільському господарстві технічна переробка спрямована на повне задоволення потреби у високопродуктивному обладнанні та створення високопродуктивних зернозбиральних комбайнів. Розробка зернозбиральних комбайнів передбачає збільшення їх пропускної здатності шляхом інтенсифікації процесів подрібнення та сепарації, рівномірного завантаження, раціонального розміщення обладнання та збільшення їх габаритних розмірів. Для збільшення потужності класичних зернозбиральних комбайнів були внесені зміни до розмірів різних робочих органів, зокрема розширення молотарки, збільшення діаметра барабана та розширення площі очисного решета. Виникла необхідність створити абсолютно нові робочі органи та обладнання зі збереженням загальних розмірів комбайна, оскільки параметри цих деталей досягли своїх максимальних розмірів. Я бачу тенденції в розробці обладнання для зернозбиральних комбайнів, зосереджуючись на заміні традиційної техніки єдиним агрегатом, який поєднує процеси обмолоту та сепарації. Це нове обладнання використовує спіралеподібну траєкторію вздовж осі ротора для обмолоту та сепарації зерна. В результаті були розроблені нові зернозбиральні комбайни з роторно-молотильним та сепараційним

обладнанням, які відрізняються компактною конструкцією, мінімальними втратами та низьким рівнем пошкодження зерна. Ці сучасні комбайни поєднують ключові науково-технічні досягнення та найраціональніші технології для ефективного обмолоту зерна. Вони включають нові системи, такі як роторні молотильно-сепараційні агрегати, ротаційні сепаратори для крупного зерна, комбіновані системи очищення, гідравлічні трансмісії, механізми автоматичного керування та енергоефективне обладнання.

Всі ці вдосконалення спрямовані на оптимізацію робочих процесів та підвищення продуктивності зернозбиральних комбайнів. Розробка передових технологій збирання зерна вимагає належної уваги до ефективного збору незернових частин врожаю, що вимагає вдвічі-втричі більше роботи та ресурсів, ніж збирання зерна. Комбайни залишаються основним інструментом для збору зерна, і вкрай важливо розробляти високопродуктивні машини з продуктивністю 12 кг/с і більше, враховуючи стабільне зростання врожайності зерна завдяки інтенсивним методам землеробства.

Численні дослідження підтверджують, що ми можемо значно збільшити потужність сільськогосподарських машин, використовуючи нові технологічні та технічні принципи. Ці принципи включають збільшення робочої ширини потоку зерна, використання повної довжини технологічного процесу в машині, застосування механічного впливу на рослинний матеріал, відділення зерна від залишків з урахуванням фізико-механічних властивостей та збереження узгодженості в проектуванні нових машин. Ці принципи призводять до створення унікальних робочих органів, які поєднують переваги кількох конструкцій або перевершують їх завдяки інноваційним рішенням.

Щоб пришвидшити розробку нових високопродуктивних та енергоефективних збиральних комбайнів та інших машин, а також систем автоматичного керування, ми повинні проводити аналітичні розрахунки, що враховують поведінку цих складних машин при статичних та динамічних навантаженнях. Такий підхід є ключовим для проектування та розробки нових машин, оскільки він дозволяє нам зрозуміти, як машина буде поводитися в

різних умовах роботи, та визначити оптимальні параметри її роботи з урахуванням статичних та динамічних навантажень, щоб знайти найкращі конструктивні та технічні характеристики, які вплинуть на її продуктивність та надійність.

# РОЗДІЛ 1.

## СТАН ПИТАННЯ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ

### 1.1. Технологічні процеси при збиранні зернових

Під час збору зернових у більшості розвинених країн широко використовуються зернозбиральні комбайни. Іноді також застосовуються загальногалузеві методи. Комбінований метод поділяється на однофазний та двофазний. При однофазному методі такі операції, як зрізання стебла, обмолот, відділення зерна від полови, очищення від домішок та зберігання соломи в купах на полі або подрібнення та збір, виконуються послідовно. Цей метод корисний для культур з низькими стеблами, близько 50 см, з розрідженими посівами менше 280 рослин на квадратний метр, які не можуть формувати пучки відповідно до сільськогосподарських стандартів. Зернові культури слід збирати в повній стиглості. Збирання в цей час допомагає зменшити втрати, оскільки зерно починає втрачати міцність після повної стиглості. Однофазні методи широко використовуються в районах з вищою вологістю для сільськогосподарських культур. Двофазний або роздільний метод передбачає збирання врожаю та подальшу обробку у дві частини. Він починається з початкового різання на пучки, а через кілька днів проводиться обмолот, відділення зерна від полови та очищення. Початок збору врожаю за цим методом приблизно на 5-10 днів раніше порівняно з однофазним методом дозволяє здійснювати більш підходящий збір, зменшує втрати та забезпечує сприятливі результати для зібраного врожаю, що ще більше зменшує потенційні втрати.

Коли я збираю зерно роздільним методом, стебла в гронах висихають, а зерно в головках дозріває та сохне швидше, ніж якби воно ще було на рослині. Скошені бур'яни також в'януть та підсихають. Це полегшує роботу комбайна, і в результаті зерно стає чистішим і сухішим. Роздільний метод дозволяє легше збирати сухішу солому та полову.

Таблиця 1.1

Втрати зерна, т/га (%), в залежності від кількості днів, які пройшли після досягнення повної стиглості

Культура	Кількість днів				
	4-7	8-10	11-13	14-16	17-20
Озиме жито	0,10 (3,2)	0,24 (8,4)	0,3 (14,2)	0,38 (15,2)	0,55 (18,4)
Пшениця: озима	0,14 (4,1)	0,30 (9,1)	0,49 (16,2)	0,50 (17,8)	0,85 (27,3)
ярова	0,10 (6,7)	0,21 (10,5)	0,27 (17,1)	0,33 (29,7)	0,54 (32,1)
Ячмінь яровий	0,07 (2,8)	0,08 (3,0)	0,22 (8,7)	0,40 (15,7)	0,56 (24,2)
Овес	0,44 (16,1)	0,59 (21,6)	0,73 (26,8)	0,78 (28,6)	0,84 (30,8)

Таким чином ми отримуємо на 1-4 центнери більше зерна з гектара. Маса в гронах сохне 3-6 днів, тому важливо уникати великої паузи між скошуванням та збиранням грон.

Таблиця 1.2

Вплив засобів збирання на якість зерна (у чисельнику — при роздільному способі збирання, у знаменнику - при прямому комбайнуванні)

Показники	Озиме жито	Ярова пшениця	Овес
Абсолютна маса, г	19,2/18,5	40,7/39,7	34,4/33,4
Схожість, %	94/85	99/96	97/90
Вологість, %	16,0/18,3	16,0/24,0	18,0/25,8
Вміст білка, %	-	9,3/8,9	-
Засміченість зерна, %	1,2/1,5	1,2/2,9	8,0/14,0

Я використовую окремий метод для культур, які дозрівають нерівномірно, легко опадають або вилягають, таких як просо, овес, горох. Цей метод також використовується для пшениці, яка забур'янена або густо посіяна, а також для культур з високою соломою. Важливі параметри комбайна, такі як товщина та ширина валків, висота соломи та розміщення стебел. Висота зрізу встановлюється на основі вільного простору та довжини рослини. Якість

збирання зерна, бобових та рису залежить від правильного поєднання методів. Я вибираю метод на основі стану культури, клімату та наявного обладнання.

Таблиця 1.3

Висота зрізання рослин при роздільному збиранні в залежності від густоти і довжини стеблин

Кількість рослин на 1 м <sup>2</sup>	Довжина стеблини, см					
	71-80	81-90	91-100	101-110	111-120	121-130 і більше
300	15	15	17	18	22	25
400	15	17	18	20	22	25
500	15	18	20	22	23	27
600	18	18	20	22	25	27
700	18	18	22	25	27	27
і більше	–	18	–	–	–	–

Я вважаю, що нам слід удосконалити методи збирання зернових культур, які добре поєднуються з комбайновою технологією, та вирішити її проблеми. У міру вдосконалення комбайнового збирання воно стає більш продуктивним, але проблеми зі збиранням незернових частин культур залишаються, що робить цей процес складним та трудомістким.

## 1.2. Системи точного землеробства

Я вважаю, що точне землеробство – це метод управління фермами, який передбачає більш активне управління сільськогосподарськими роботами, враховуючи різні фактори, такі як кількість врожаю, який може дати поле, структура ґрунту, його вологість чи сухість, а також висоту чи низькість поля. Такий спосіб ведення сільського господарства допомагає зменшити відходи та максимально використати врожаї, що може призвести до збільшення прибутку для фермерів. Це також корисно для навколишнього середовища, оскільки зменшує потребу в добривах та хімікатах. Ми використовуємо програмне забезпечення для управління сільськогосподарською технікою, а деякі системи, такі як Fleet Management, дозволяють нам відстежувати нашу техніку в режимі реального часу, що полегшує планування та контроль роботи. Існують програми, які допомагають обслуговувати обладнання, а такі інновації

спрямовані на те, щоб зробити сільське господарство більш продуктивним та економічно ефективним.

Точне землеробство використовує дані з поля для створення стратегій ведення сільського господарства, що вимагає аналізу інформації за минулі роки. У сільському господарстві ми використовуємо GPS-приймачі для керування тракторами та іншими машинами. Ці пристрої отримують сигнали від супутників і визначають відстань до них, і це допомагає керувати сільськогосподарськими роботами. Понад десять років GPS використовується в сільському господарстві для відстеження робіт та покращення сільськогосподарських процесів, а системи, що використовують GPS для керування тракторами, стали поширеними в сільському господарстві, допомагаючи у виробництві сільськогосподарських культур та управлінні ґрунтом, водою та іншими факторами, що впливають на сільське господарство, дозволяючи нам більш розумно використовувати ресурси.

Я вважаю, що за останні 3-4 роки відбувся значний прогрес у системах, які допомагають керувати тракторами та іншими машинами. Принцип роботи цих систем полягає в тому, що на початку робочого процесу трактор або машина створює та записує в системі базовий шлях. Отримавши інформацію про ширину покриття, система направляє машину для руху паралельно початковому шляху. Різні системи GPS контролюють рух трактора вздовж колій, забезпечуючи постійну паралельність між коліями. Нові навігаційні системи дозволяють створювати не лише прямі, але й криволінійні траєкторії, а також їх комбінації. Технічно системи паралельного руху поділяються на три групи. Перша група включає ручні системи, які лише вказують водієві на відхилення від розрахованої ідеальної колії, слугуючи орієнтиром для тракториста. Друга група складається з систем часткового автопілота, які можуть автоматично утримувати транспортний засіб на шляху, якщо водій правильно спрямовує трактор у задану колію після повороту. Третя група включає автоматичні системи паралельного руху, які можуть не тільки направляти транспортний засіб на правильну колію після повороту, але й

коригувати його шлях під час руху, повертаючи його на правильну колію після відхилення або об'їзду перешкод.

Точність цих систем залежить від використовуваної системи GPS та коригувальних сигналів. У ручних системах також можливі помилки водія. Найкращі автоматичні системи з високоточними коригувальними сигналами можуть досягати точності +/- 1-2 см, тоді як системи з супутниковими коригувальними сигналами можуть мати точність близько 5-10 см. Ручні системи паралельного водіння відображають відхилення від ідеальної колії на дисплеї або за допомогою світлодіодів, іноді супроводжуючись звуковим сигналом при відхиленні. Такі системи зазвичай мають діапазон точності 10-30 см, а деякі виробники стверджують, що їхні системи можуть досягати навіть похибки 5-10 см. Важливим фактором для досягнення точності є водій, який повинен навчатися, та якість використовуваної системи GPS, оскільки це значною мірою впливає на точність можливостей відстеження та корекції цих систем, що робить їх незамінними інструментами в сучасному сільському господарстві та експлуатації машин.

Щоб утримувати машину на заданому шляху, мені доводиться періодично регулювати кермо, і ця система працює краще, коли машина рухається повільно. Точність знижується зі збільшенням швидкості машини, тому на швидкості 6 км/год ці системи працюють добре, але на швидкості 12 км/год вони менш ефективні, а на високих швидкостях майже не працюють. Якщо робота починається після тривалої паузи, точність може впасти до +/- 1 метра, але деякі системи можуть виправити цю помилку лише одним натисканням кнопки. Ручні системи паралельного водіння зазвичай не використовуються під час посіву через обмежену точність, але під час основної обробки ґрунту, внесення добрив і до появи рядів культур ці системи можуть бути корисними, заощаджуючи час і ресурси приблизно на 12%. З іншого боку, деякі виробники пропонують системи часткового автопілота, які можуть утримувати обладнані машини на заданому курсі з точністю 5-30 см. Хоча їхня точність не набагато вища, ніж у ручних систем, вони мають важливу перевагу

– помилки водія не впливають на результат. Також, після входу в ряд, водій може зосередитися на оптимізації роботи навісного обладнання. Мушу зазначити, що для ефективного використання систем часткового автопілота вкрай важливо, щоб транспортний засіб вже перебував на ідеальному шляху, коли система запускається. Ці системи часто використовуються під час основної обробки ґрунту, внесення добрив та захисту рослин. Системи автоматичного паралельного водіння доступні від різних виробників як готові рішення або комплекти модернізації для існуючого обладнання, і вони інтегруються безпосередньо в гідравліку рульового керування, класифікуючись на три основні рівні точності - 10-30 см, 5-10 см та 2 см. Як правило, чим вищий клас точності, тим вища вартість обладнання. Всі ці системи підходять для використання під час основної обробки ґрунту, внесення добрив та захисту рослин, і навіть системи середнього класу точності можуть бути ефективно використані для посіву зернових та кукурудзи. Системи вищого класу точності дозволяють механічно боротися з бур'янами в просапних культурах. Однак перед покупкою важливо враховувати, що не всі виробники пропонують усі класи точності, а також необхідно перевірити місцеві обмеження та правила щодо використання систем автономного водіння та чи відповідає вибране обладнання дорожнім стандартам та вимогам.

### **1.3. Технічні засоби для виконання технологічних процесів**

**Комбайни.** На українських полях активно використовуються різні типи комбайнів від провідних іноземних фірм, таких як Німеччина, США та Канада, а також вітчизняні моделі, такі як КЗС-9-1 «Славутич» та КЗСР-9 «Славутич», які мають традиційну та роторну конструкції. Ці моделі розроблені конструкторським бюро «Південь» та виготовлені на заводі «Херсонські комбайни». Жниварки «Лань» виготовляються на заводі «Автотальний» в Олександрії. Сучасні зернозбиральні комбайни можна розділити на три типи за робочим процесом. Це класичні, роторні та комбіновані. У класичних моделях для розділення зерна використовується молотковий барабан та сепаратор.

Роторні комбайни обробляють все в одному агрегаті. Це означає, що під час збирання врожаю з нього витягується майже все зерно, що зменшує втрати зерна. Роторна модель також має меншу швидкість, що запобігає пошкодженню зерна.

Я вважаю, що роторні зернозбиральні комбайни мають перевагу. Обертіві бити в цих комбайнах рухаються повільніше порівняно з традиційними зернозбиральними комбайнами, що зменшує пошкодження зерна та сприяє отриманню вищої якості зерна для посіву. Більша частина зерна видаляється з колосків за рахунок тертя, а не удару молоток, як у традиційних молотарках.

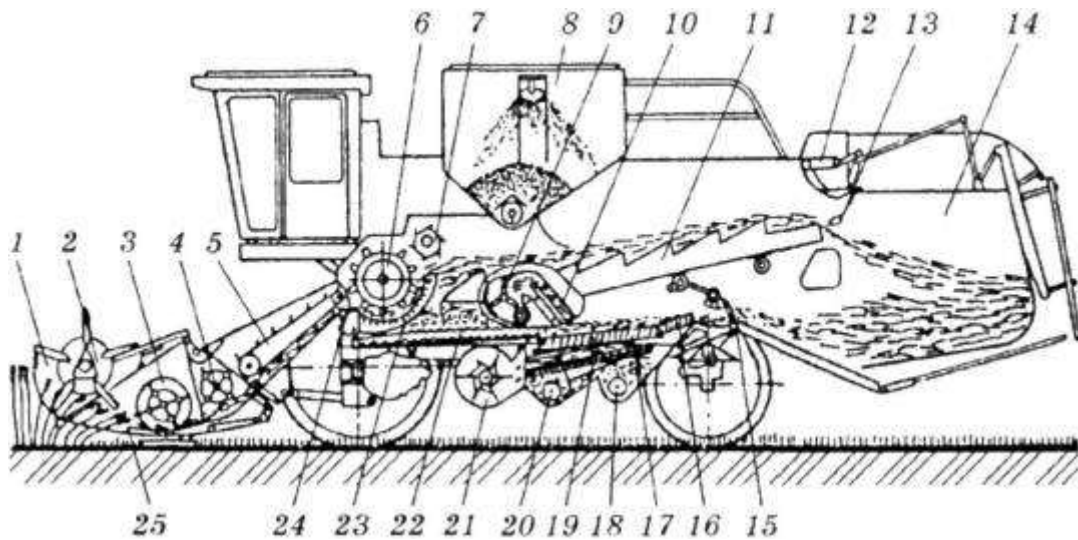


Рис. 1.1 Класична технологічна схема комбайна

Роторні зернозбиральні комбайни розроблені з осьовою або тангенціальною подачею посівної маси. Зернозбиральні комбайни з комбінованою схемою використовують класичну технологічну схему обмолоту та розділення посівної маси. Відділення грубої соломи здійснюється за допомогою роторних солосепараторів з осьовою подачею. Досвід роботи з комбайнами з класичною схемою показує, що основні втрати зерна під час обмолоту відбуваються через те, що зерно не відділяється від соломи. Це особливо помітно під час збирання високоврожайних або високоволого зерна. Удосконалення комбайнів з класичною схемою зосереджено на посиленні процесу обмолоту за допомогою додаткового роторного сепаратора. У

комбайнах посівна маса обмолочується молотильним барабаном, а потім подається на роторний сепаратор. Роторний сепаратор відокремлює частину зерна, яка не була розділена раніше. Барабан видобуває близько 90-92% зерна, а роторний сепаратор – ще 3-4%. В результаті, менше 5% зерна потрапляє на соломку, що призводить до зменшення втрат зерна.

Технологію з роторним сепаратором використовують такі компанії, як NEW HOLLAND та MASSEY FERGUSON, у своїх комбайнах. Подібні моделі інших компаній використовують цю технологію.

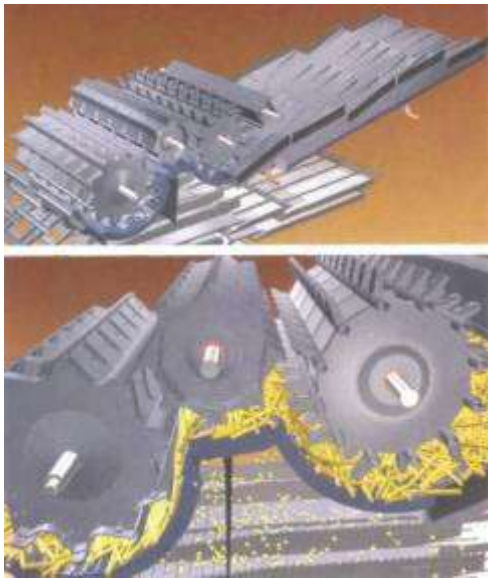


Рис. 1.2 МСП комбайнів NEW HOLLAND CX

Нова серія комбайнів від фірми NEW HOLLAND ґрунтується на технології МСП, яка включає барабан великого діаметра (750 мм), ротаційний сепаратор і два бітера. Один розташований між барабаном і сепаратором, а інший - за цим сепаратором. Збільшений діаметр барабана та обмежений кут обхвату дозволяють ефективно проводити обмолот хлібної маси на "м'яких" режимах. Це сприяє виділенню найбільш повноцінного зерна на початкових етапах підбарабання, запобігаючи при цьому його дроблення та мікропошкодження.



Рис. 1.3. МСП комбайнів MASSEY FERGUSON CEREА

Комбайни нової серії мають великий барабан, що допомагає їм стабільно працювати, коли їм забагато матеріалу для обробки. Це дозволяє їм добре працювати навіть тоді, коли посіви дуже вологі та мають багато бур'янів. Великий барабан також допомагає дбайливо подрібнювати посіви, тому система очищення не перевантажується, оскільки вона не розбиває соломку на дрібні шматочки. Ротатор допомагає відокремити хороші частини від поганих, що покращує роботу комбайна на 20%. Коли комбайн працює на 20% краще, суміш потрапляє у спеціальну зону, яка називається «Потік соломи». Я помітив, що регулювання простору між частиною, яка називається бітером, та її опорним барабаном допомагає комбайну добре працювати в різних умовах. Я розглядаю комбайни, які мають функції для підвищення їхньої ефективності. Комбайни серії SX оснащені п'ятиступінчастими двобарабанными молотильними барабанами. Це інтенсифікація роботи системи обмолоту, що дозволяє зменшити площу молотильного барабана на 12-15% порівняно з іншими аналогічними комбайнами та усуває необхідність додаткових пристроїв для розпушування соломи на молотильному барабані. У новій серії комбайнів LEXION від CLAAS використовується вдосконалений молотильно-сепаруючий агрегат, який вперше з'явився в комбайнах серії MEGA. Цей агрегат прискорює рух зернової маси за допомогою додаткового бітера перед молотильним барабаном.



Рис. 1.4 Система APS комбайнів CLAAS LEXION

Прискорювач бітера покращує рівномірність подачі зерна, збільшуючи швидкість його руху. Це призводить до збільшення відцентрових сил, що впливають на зерно, покращуючи процес сепарації через нижні решета, площа яких майже вдвічі менша порівняно з однобарабанними молотильними агрегатами. Система APS успішно випробувана під час збору врожаю різних сільськогосподарських культур.

Нижні решета роблять систему APS універсальною, її можна швидко замінити за потреби, залежно від умов збирання врожаю або переобладнання комбайна для інших культур, оскільки вони універсальні. Класичні зернозбиральні комбайни використовують інтенсивні молотарки для відділення грубої половини. Вони досягають високої ефективності завдяки системі MSS. Система MSS має активні пальці над клавішами молотарки, що робить відділення грубої половини більш активним, а зерно – легшим.

Нові класичні комбайни Massey Ferguson використовують різні конструкції пристроїв для сепарації зерна. До них належить восьмилопатевий молотильний барабан. Компанія вдосконалила конструкцію молотильного агрегату на комбайнах серії Cerea. Вони збільшили отвори в задній частині для сепарації зерна.

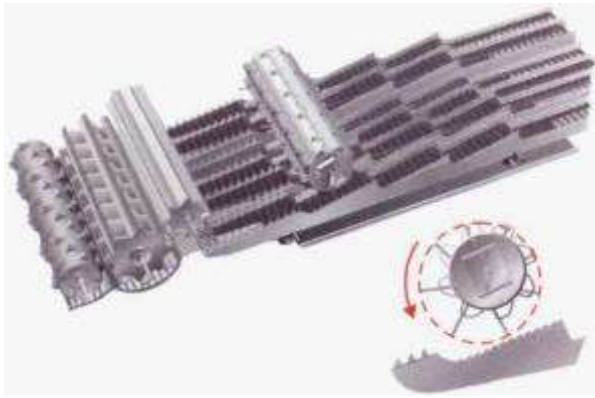


Рис. 1.5 MSS LEXION

Додаткові металеві пластини допомагають, коли машина перевантажена, додаючи вагу до барабана. Ці зміни забезпечують кращий потік зерна. Ротаційний сепаратор і більша загальна поверхня для сепарації зерна покращують загальну продуктивність. Комбайни серії Beta мають додатковий обертовий барабан спереду для легшого та кращого розподілу соломи та ефективності.

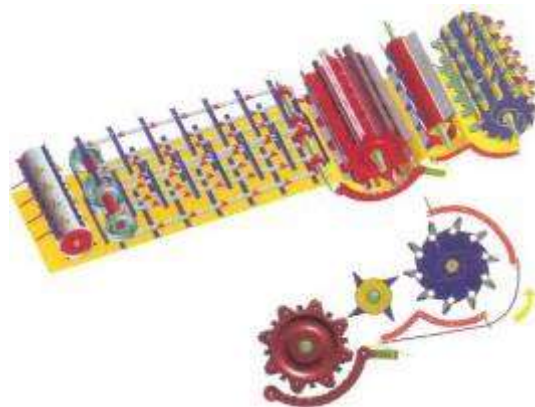


Рис. 1.6 МСП MASSEY FERGUSON BETA

Для підвищення ефективності збору врожаю, зернозбиральні комбайни серії BETA використовують аналогічні компоненти, як і серії CEREAL. Однак ці зернозбиральні комбайни мають унікальну особливість: їхні молотильні барабани можуть знаходитися у двох положеннях: активному або пасивному. Коли інтенсивніший обмолот не потрібен, барабан знаходиться в пасивному положенні. Молотильний барабан можна перемикає між цими положеннями за допомогою електродвигуна без інструментів. Зернозбиральні комбайни серії BETA мають молотильний барабан закритого типу з вертикальними

перфорованими решітками, який розділяє молотильні барабани на різні рівні. Передня частина виготовлена з товстішого металу, оскільки вона зазнає інтенсивного використання. Багато деталей молотильної камери оцинковані та пофарбовані перед складанням. Серія АСТІВА також використовує подібну конструкцію молотильного барабана, молотильного барабана та сепаратора.



Рис. 1.7. МСП MASSEY FERGUSON АСТІВА

В класичних комбайнах серії 9000 WTS від фірми JOHN DEERE використовується один барабан та бітер. Цей бітер має невелике підбарання і виконує функцію транспортування соломистого вороху на соломотряс.



Рис. 1.8 МСП JOHN DEERE WTS

Я працював над зернозбиральними комбайнами серії WTS, щоб забезпечити повне відділення зерна. Було прийнято рішення подовжити соломотряс і додати більше сепараторів для полов. Ці зернозбиральні комбайни мають більший барабан порівняно з попередніми моделями, що збільшує площу обмолоту та дозволяє проводити більш дбайливий процес обмолоту. Цей процес мінімізує пошкодження зерна та запобігає заплутуванню соломи. Для обмолотної частини цих машин було розроблено три типи

молотильних агрегатів, включаючи два універсальні та один спеціальний. Ці агрегати відрізняються розмірами отворів сепаратора.

Універсальний молотильний агрегат використовується для різних культур, що дозволяє легко та швидко перемикатися між різними врожайми. Зрізана солома потрапляє до блочного молотаря, а блочний молот надсилає сиру масу до соломотряса. Соломотряс на цих зернозбиральних комбайнах має спеціальні сходинокки, які спрямовують соломку від обмолотної частини до восьми каскадів, де відбувається відділення зерна. На останніх трьох каскадах використовується розкидач соломи для покращення відділення зерна, розпушуючи соломку для легшого відділення зерна. Ідея використання роторів у зернозбиральних комбайнах стає все більш актуальною, оскільки класичні високопродуктивні комбайни досягають меж розмірів. Масове виробництво роторних комбайнів – моделей, відомих тим, що використовують осьову подачу врожайної маси та оснащених високопродуктивними молотильними агрегатами, що забезпечують ефективне відділення зерна. Технологічний прогрес у системах обмолоту дозволив розділяти зерно під дією високошвидкісних обертових сил. Наша фірма представила серію вдосконалених роторних зернозбиральних комбайнів з двома невеликими високошвидкісними роторами, які значно підвищують ефективність обмолоту.



Рис. 1.9 МСП NEW HOLLAND CR

Конструкція подвійних роторів у комбайнах дозволяє ефективно використовувати ширину камери обмолоту та рівномірно розподіляти зерно на соломотрясі. Зрізана зернова маса подається похилим транспортером під

ротори. Ротори працюють синхронно та завантажують зернову масу в зону обмолоту, надаючи їй необхідної швидкості. Зерно відокремлюється від качанів переважно шляхом тертя, а не ударів, що призводить до меншого пошкодження зерна та меншої кількості мікропошкоджень, що важливо для збирання насінневих культур. Кожен ротор має власну камеру з напрямними пластинами зверху для направлення зернової маси спереду назад. Для розділення зерна та соломи використовується чотиристоронній бітер, який спрямовує зерно до верхнього очисного сита. Важливим є захист від каміння або сторонніх предметів, які можуть пошкодити ротори. Спеціальна система в комбайнах CR запобігає потраплянню таких предметів у молотильно-сепаруючий агрегат. Якщо камінь потрапляє всередину та збільшує тиск, система відкриває кришку, через яку сторонній предмет випадає. Конструкція молотильного агрегату спрощує обслуговування, завдяки секціям, які можна виймати через бічні дверцята.



Рис. 1.10 Проти попадання сторонніх об'єктів в молотильно-сепаруючий пристрій (МСП) комбайнів серії CR.

Ця система запобігає потраплянню навіть дрібних предметів у роторний молотарку. CASE IH випустила перші роторні комбайни в Європі. Зараз вони виробляють моделі AF 2388 та AFX 8010, які використовують один роторний молотарку.

Потужність цих машин збільшується завдяки вдосконаленню роторного механізму та збільшенню потужності двигуна. Основні частини ротора, такі як його довжина та діаметр, залишаються незмінними. Поверхня ротора має

короткі лопаті, які ефективніше, ніж суцільні, обробляють масу врожаю, розпушують соломі та покращують відділення зерна.



Рис. 1.11 МСП комбайнів серії AF 2388 і AFX 8010 від CASE IH.

Близько половини циліндра ротора призначено для обмолоту, де відділення зерна відбувається в кілька етапів. Інша половина має сепараційну сітку з регульованими розмірами отворів. Всередині циліндра напрямні дошки допомагають переміщувати масу врожаю. Після обмолоту зерно потрапляє на шнековий транспортер для очищення. Солома видаляється розвантажувальним валом і може бути складена в купу або розкидана по полю.

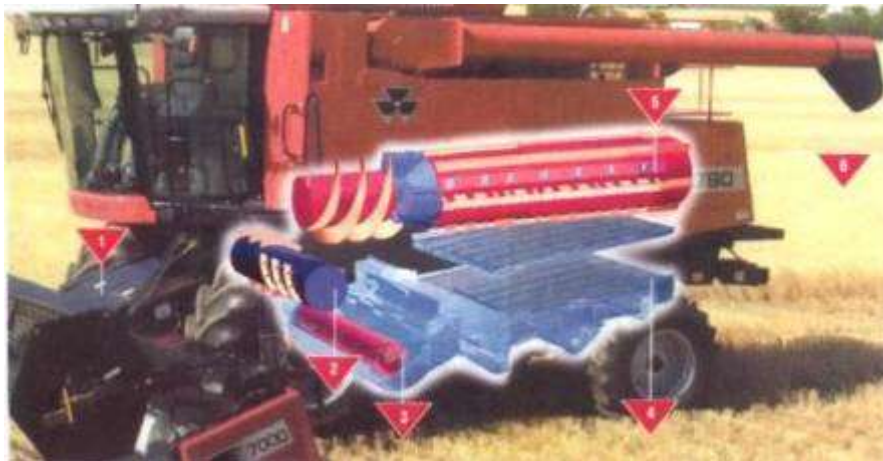


Рис. 1.12 МСП MASSEY FERGUSON 9000.

Машини MASSEY FERGUSON MF 9690 та 9790 прості, надійні та ефективні. Вони використовують передові технології для дбайливого поводження з культурами, підвищення продуктивності та зменшення споживання енергії. Їхній довгий горизонтальний ротор з гідравлічним

приводом сприяє цьому. Живильник зі спіральними лопатями рівномірно розподіляє масу врожаю, зменшуючи споживання енергії. Гідравлічний привід забезпечує постійну швидкість та запобігає засміченню. Ці особливості роблять машини кращими, оскільки засмічення може рухатися назад на повній потужності, що дозволяє безперервну роботу.

Я можу активувати реверс, натиснувши кнопку в кабіні. Комбайни JOHN DEERE серії STS використовують роторний молотильно-сепаруючий пристрій з осью подачею врожайної маси. Цей пристрій розташований уздовж осі комбайна під кутом до землі. Процес обмолоту та сепарації починається з подачі врожайної маси живильником, який спрямовує її до ротора трьома потоками. Ротор має три секції. Секції - це подача, обмолот та сепарація. Ротор комбайна має діаметр 750 мм зі змінними секціями обмолоту площею 1,1 м<sup>2</sup>, що дозволяє легко адаптувати його до різних культур та умов збирання врожаю. На поверхні ротора розташовані шість рядів зубців, по чотири в кожному ряду. Діаметр ротора в цій частині збільшено до 834 мм, а площа обмолоту становить 1,2 м<sup>2</sup>. Ротор приводиться в рух двоступеневим редуктором та клиноремінним варіатором, що дозволяє швидко адаптуватися до різних культур.



Рис. 1.13 МСП JOHN DEERE STS

Швидкість обертання ротора можна регулювати від 380 до 1000 об/хв на високому діапазоні та від 210 до 550 об/хв на низькому діапазоні. Така конструкція допомагає запобігти злипанню зерна та засміченню ротора. Такі комбайни, як LEXION 600, використовують систему ROTO PLUS, яка в поєднанні з системою обмолоту APS забезпечує високу продуктивність.

Діаметр ротора поступово збільшується, збільшуючись на вході подачі та зменшуючи на виході, що має вирішальне значення для обробки високоврожайних культур. Комбайни CLAAS та JOHN DEERE серій STS, CTS та LEXION 600, 580, 570, 570C використовують комбіновані системи обмолоту, що дозволяє досягти високої продуктивності. Швидкість обертання ротора є гнучкою, а конструкція покращує продуктивність збору врожаю та загальну довговічність машини.

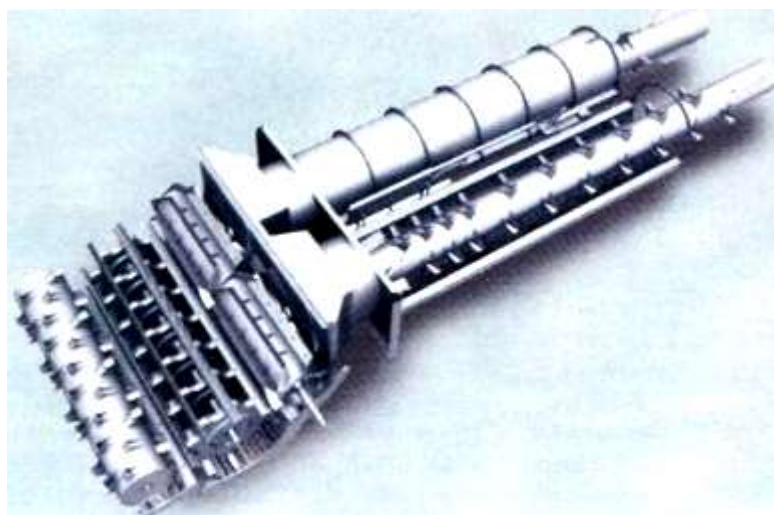


Рис. 1.14 МСП ROTO PLUS CLAAS LEXION 600, 580, 570, 570C

Після того, як роторний сепаратор відокремить зерно, воно потрапляє на транспортувальний гірс, а потім на процес очищення. У комбайнах серії CTS використовується технологія молотильно-сепараційного пристрою, яка також застосовується в комбайнах серії WTS. Зернова маса обмолочується в молотильному апараті. Потім вона надходить на двомоторний сепаратор полови. Ротори в цьому сепараторі обертаються в протилежних напрямках. Обмолочене зерно потрапляє до блоку шнеків під молотильним апаратом. Далі воно потрапляє на гірс під роторним сепаратором полови. Сьогодні вимоги до якості очищення зерна після обмолоту високі. Чисте зерно в бункері повинно становити не менше 98%. Частка побитого зерна не повинна перевищувати 1%.

Сучасні зернозбиральні комбайни повинні виробляти чисте зерно без додаткового очищення. Виробники працюють над удосконаленням систем очищення зерна в нових машинах. У нових машинах використовується

струшувальна дошка або блок шнеків з рухомими решітками для переміщення дрібного сміття та очищення зерна.



Рис. 1.15 Соломосепаратор JOHN DEERE CTS

Повітряний потік, що створюється вентиляторами, розділяється на два потоки: один проходить через зону попереднього очищення, а інший потрапляє на верхнє та нижнє сита. У деяких моделях розділення зерна починається на решеті, де сміття видаляється повітрям і потрапляє до подавальної частини. Потім основний потік зерна потрапляє на нижнє сито, що зменшує навантаження на верхнє.



Рис. 1.16 Очистка комбайнів NEW HOLLAND CX і CR

Для ефективного розвантаження зерна та запобігання його подрібненню, яке потрапляє на необмолочені головки через очисні решета, наші зернозбиральні комбайни серій SX та CR використовують автономний молотильний пристрій роторного типу. Після часткового обмолоту врожаю, він подається безпосередньо на решето, де очищення відбувається в основному потоці зерна. Верхнє та нижнє решета рухаються в протилежних напрямках та мають різний хід, що підвищує ефективність очищення, зменшує вібрації, запобігає засміченню решеток соломкою та зменшує інерційне навантаження на раму решіт. Регулювання верхнього та нижнього решета здійснюється з кабіни за допомогою електроніки, що дозволяє нам швидко адаптуватися до різних культур. Верхнє решето каскадного типу допомагає досягти надзвичайно високої продуктивності очищення. Це підвищує продуктивність процесу очищення та зменшує інерційне навантаження на раму решіт. Наші зернозбиральні комбайни серії SX мають можливість розбирання секцій решіт для їх очищення у разі збирання вологого зерна в умовах високої вологості. Під час роботи на схилах до 25°, для запобігання втратам зерна, ми використовуємо нову запатентовану розробку – систему Smart Sieve, яка постійно утримує решета, вентилятор та решето в горизонтальному положенні, забезпечуючи рівномірний розподіл зерна та максимальну здатність до очищення. Для створення повітряного потоку для очищення у всіх наших зернозбиральних комбайнах використовуються 6-лопаті вентилятори з діапазоном обертання від 210 до 900 обертів за хвилину, які можна регулювати з кабіни за допомогою комп'ютерної системи. Ширина лопатей вентилятора відповідає ширині.

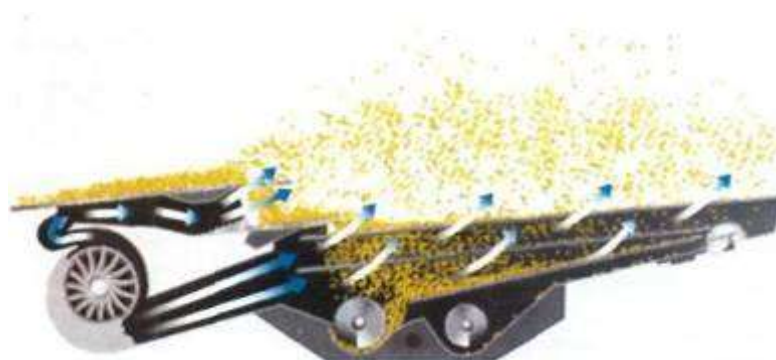


Рис. 1.17 Очистка комбайнів CLAAS LEXION

Я знаю, що комбайни CLAAS мають спеціальні системи для роботи на схилах до 20°. Для схилів до 30° комбайни MONTANA підтримують рівність своїх зернообробних вузлів. У комбайнах CASE, таких як AF 2388 AFX 8019, зерно очищується на двох решітах за допомогою потоку повітря від вентилятора. Вентилятор протягує повітря по всій своїй площі, а не з боків. У комбайнах MASSEY FERGUSON ми використовуємо просту, але ефективну систему. Зерноочисна машина має високі розподільники, щоб мінімізувати рух зерна на схилах. Вентилятор із шістьма лопатями створює повітряний потік, який рівномірно продуває решета, добре очищуючи зерно. Невикористані головки зерна падають через верхній решіт і відправляються на повторний обмолот. Потім очищене зерно видувається до зерноочисної машини.

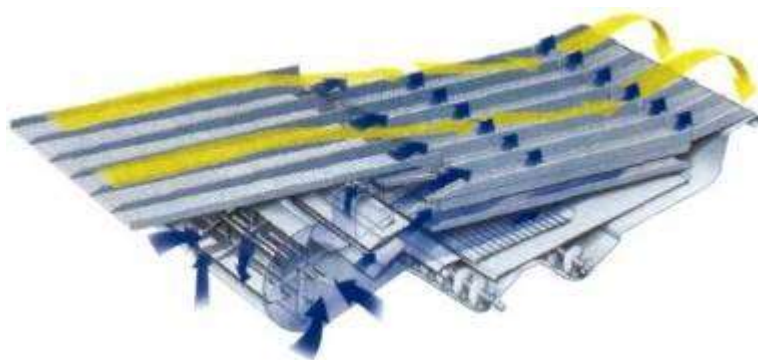


Рис. 1.18 Очистка MASSEY FERGUSON CEREА, ВЕТА, АСТУВІА

Це призводить до зниження тиску на машину, особливо під час збирання сільськогосподарських культур з високою врожайністю зерна або високим рівнем бур'янів. Щоб запобігти втратам продуктивності комбайна на схилах та зменшити втрати зерна, наші моделі комбайнів використовують систему автоматичного вирівнювання. Система працює шляхом переміщення бічних шестерень передачі за допомогою гідравлічних циліндрів, щоб підтримувати молотильну частину в рівному положенні під час роботи поперек схилів до 20 градусів та вздовж схилів до 8 відсотків. У роторних комбайнах система очищення використовує динамічне вирівнювання та турбінний вентилятор, який створює два потоки повітря: один до потоку зерна від роторної молотильної частини, а інший - до всієї верхньої та нижньої поверхні решіт.

Конструкція нашого роторного комбайна та системи очищення також забезпечує широкий діапазон регулювань для різних культур та умов.



Рис. 1.19 AVTOLEVEL система для вирівнювання молотарки

Зернозбиральні комбайни JOHN DEERE серій CWS, WTS, STS та CTS використовують уніфіковану систему транспортування та очищення зерна. Ця система гарантує ефективне очищення зерна за різних умов. Вона включає шнековий блок, який подає зерно на решето для попереднього очищення. Велика кількість легких домішок видаляється та видувається потоком повітря. Верхнє та нижнє решета відокремлюють від зерна інші важкі частини, такі як порожні качани та стебла. Роторний вентилятор забезпечує подачу повітря для очищення.

Головний барабан виконує обмолот зерна. Щоб уникнути втрат зерна під час роботи на схилах, на задній стороні верхнього дільника використовуються квадратні отвори. Ці отвори дозволяють зерновому вороху, що накопичується під час обмолоту на схилах, потрапляти в додаткову систему обмолоту.

Спеціальних систем для вирівнювання решітки або молотарки немає. Більшість сучасних комбайнів оснащені двома типами жаток: стандартними та універсальними, з висувним столом для збільшення площі між різальним агрегатом та шнеком.

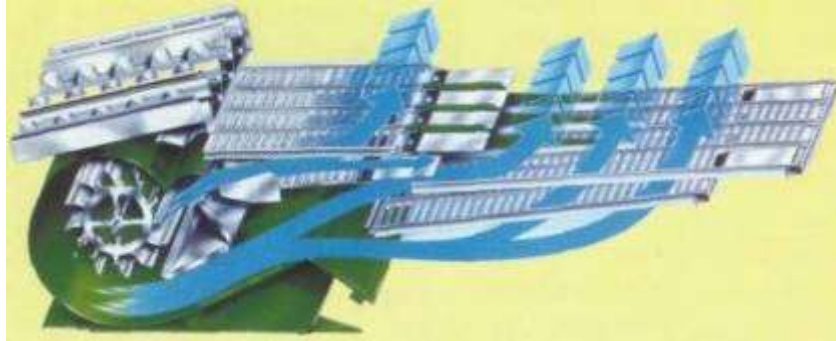


Рис. 1.20 Очистка JOHN DEERE WTS, STS, CTS та CWS

Для різних моделей комбайнів New Holland, таких як серії SX, CR, CS та CSX, доступні різні типи зернових жаток, такі як High Capacity, Extra Capacity та Varifeed, з шириною захоплення від 5,18 до 9,1 метра. Жатки для різних культур мають свої особливості. Регулярна та рівномірна подача сировини залежить від правильного розташування ножів, висоти та густоти посадки культури. Комбайни серій SX та CR спеціально розроблені для ефективної обробки різних культур. Жатки Varifeed допомагають досягти цього, забезпечуючи точне регулювання з самого початку. Положення ножів жатки Varifeed можна регулювати в діапазоні 500 мм вперед і назад за допомогою електрогідравлічних приводів, що керуються з кабіни. Нижня частина жатки завжди залишається закритою в будь-якому положенні ножа, що усуває необхідність додаткового заповнення листів. При зміні відстані між ножами та шнеком косарки жатка відіграє важливу роль у правильній подачі та напрямку сировини. Гідравлічний привід косарки гарантує гнучкість і забезпечує достатній крутний момент. Система Autofloat для керування жаткою є стандартною опцією на комбайнах серій SX та CR. Конструкція цих комбайнів сприяє ефективній обробці врожаю.

Спрощення конструкції жаток, використовуючи універсальну косарку, яку можна регулювати по висоті та висоті. Це дозволяє забезпечити високу

швидкість зрізання та низьку висоту зрізання 7,5 мм. Косарка активно зрізає та ефективно копіює поверхню поля, що призводить до високоякісного збору зерна, включаючи вилягаюче або забур'янене. Наші жатки мають мотовило великого діаметра та притягувальні пальці, які запобігають намотуванню високостеблових рослин та сприяють ефективній подачі зерна в похилу камеру. Я досягаю балансу за допомогою гідравлічної системи для підтримки постійної висоти зрізання та запобігання накопиченню бруду. Це дозволяє автоматично копіювати поверхню поля, особливо для плоских зернових культур при низькій висоті зрізання стебел. Наші жатки можна регулювати без додаткового обладнання, що дозволяє комбайну ефективніше збирати олійні культури. Потужний електродвигун у кабіні може усувати засмічення. Ця гнучкість у наших конструкціях дозволяє мені переміщувати жатку на 500 мм вперед або назад без зміни обладнання.



Рис. 1.21 Жатки NEW HOLLAND CX і CR

Конструкція жаток враховує автоматичне налаштування до поверхні поля. Ця функція, у поєднанні з системою автоматичного регулювання висоти, завжди тримає жатку паралельно землі. Я вважаю цю систему особливо корисною під час збирання опалого зерна на низькій висоті стерні та на нерівних полях. Сегменти жатки кріпляться за допомогою шарнірів. Система автоматичного керування оптимізує роботу комбайна. Вона використовує лазерний сканер, який відрізняє скошені рослини від нескошених та керує машиною. Я можу налаштувати її для роботи з будь-якого боку. Багатофункціональний важіль використовується для підйому та опускання жатки, регулювання висоти зрізу та зміни швидкості мотовила, що полегшує

керування машиною. Швидкість комбайна впливає на його продуктивність. Комбайни JOHN DEERE, такі як серії WTS, STS, CWS та CTS, оснащені різцями жатки 600 RIGID Header шириною від 4,30 до 9,15 метрів. Така різноманітність розмірів жаток дозволяє нам вибрати найкращу ширину жатки для кожного комбайна, враховуючи конкретні виробничі та екологічні умови, що підвищує ефективність машини. Нові жатки поєднують у собі всі позитивні риси попередніх конструкцій, включаючи потужний ексцентриковий різак з гідравлічним приводом, який автоматично регулює свою швидкість залежно від робочої швидкості комбайна та стану культури. Ріжучий блок та шнек були вдосконалені додатковими пальцями по всій їх довжині, що забезпечує стабільний та рівномірний потік культури до зернового бункера. Жатки 600R можна регулювати для низького зрізання та мінімального тиску на ґрунт, що дозволяє операторам впевнено працювати на полях з нахиленими культурами або на перезволожених ґрунтах. Для покращення продуктивності комбайна у складних умовах різальний вузол жатки має планетарний привід, що забезпечує вищу швидкість ножа та частіші проходи ножа, а також легший ніж та самоочисні сегменти, які легко замінити. Комбайни серії LEXION мають жатки зі збільшеною швидкістю різання, систему балансування жатки та автоматичне вирівнювання ґрунту. JOHN DEERE також представляє систему LASER PILOT, яка використовує оптичний лазер для керування комбайном під час збирання врожаю, максимально використовуючи ширину різача. Ця система надсилає сигнали на ділянки, які вже зібрані, та на ті, які ще не зібрані, і на основі різниці в часі сигналу система керує комбайном, забезпечуючи ефективне зрізання врожаю. Ми вважаємо, що ця технологія значно покращить продуктивність комбайна та зменшить втрати врожаю.

**Точні системи сільськогосподарського виробництва.** AGCO пропонує автоматичну навігаційну систему під назвою «Autoguide» для тракторів серій Challenger MT 700 та 800, а також для тракторів Fendt Vario. Ця система доступна в Європі з рівнем точності від 15 до 30 см або +/-5 см. Система AGCO дозволяє автоматичне керування. Agrosom, компанія, пов'язана з Claas,

пропонує дві системи керування рухом. Одна з них - ручна система під назвою «Outback S», яка відображає будь-яке відхилення від заданого курсу на дисплеї. Agrosom також пропонує систему часткового автопілота під назвою «e-Drive», яку можна встановити на трактори Claas або машини інших виробників. Крім того, Claas пропонує систему автопілота для своїх зернозбиральних комбайнів серії Lexion на основі технології GPS. Autofarm також пропонує автоматичні системи керування з різними рівнями точності, такими як 10-30 см, 5-10 см та 2 см.



Рис. 1.22 Система автоматичного водіння "Autoguide" від AGCO, розроблена для тракторів Challenger MT 700

Я вважаю, що ця система дозволяє рухатися по прямій лінії та по кривій. Вона доступна майже для всіх транспортних засобів з гідравлічною системою рульового керування та добре працює на низьких швидкостях. Мережа дилерів Autofarm нашої компанії продовжує зростати. Ми пропонуємо ручні та автоматичні системи керування майже для всіх наших тракторів та комбайнів. У Європі приймачі Star-Fire працюють з двома рівнями точності. Ручна система показує відхилення від курсу на моніторі та може видавати звук, якщо зійде з курсу. Цю систему також можна оновити до автоматичної. Я вважаю, що монітор корисний, оскільки він може керувати додатковими інструментами та записувати роботу. Система GreenStar має мобільний процесор, який

зберігає інформацію про поля, культури та положення на карті пам'яті, яка використовується для створення карт. Ми використовуємо програмне забезпечення KeyCard для таких операцій, як паралельне відстеження та картографування врожайності сільськогосподарських культур. Я вважаю, що великою перевагою є те, що процесор можна легко переміщувати з однієї машини на іншу. Дисплей GreenStar простий у використанні та має команди меню для швидкого програмування. Дисплей великий, що дозволяє легко читати інформацію на моніторі. Ці монітори встановлені на всьому обладнанні, включаючи трактори, комбайни та іншу техніку.



Рис. 1.23 Дисплей GreenStar



Рис. 1.24 StarFire receiver

Приймач StarFire, двочастотний пристрій DGPS з 10-канальним двигуном. Він отримує сигнали від супутників GPS та інтернет-мережі John Deere. Приймач показує моє місцезнаходження. Я можу переміщати його з однієї машини на іншу.

Він може зберігати інформацію на картці даних ПК, яка містить до 800 годин та 250 рядків даних, чого достатньо на сезон. Перенести цю інформацію на комп'ютер легко, а на KeyCard вже завантажено програму Parallel Tracking або AutoTrac. Додаток GreenStar Parallel Tracking дозволяє мені проходити полем по прямих паралельних лініях, підвищуючи точність обробки ґрунту та підвищуючи продуктивність. Ця програма дуже корисна для обприскування, удобрення та роботи з великим обладнанням, оскільки допомагає зменшити площі помилок та перекриття, заощаджуючи добрива та скорочуючи витрати.

Я можу встановити необхідний рівень точності, порівнюючи дані з різних режимів. Приймач StarFire SF2 забезпечує високу точність зі статистичною похибкою не більше 25 см. LH Agro пропонує напрямні "LH Swath XL" та "Centerline", які можна підключити до будь-якого GPS-приймача та відображати відхилення від заданого курсу на світлодіодному дисплеї. Вони також мають автопілот під назвою "Fieldpilot". Trimble через своїх дилерів пропонує вдосконалення майже для всіх типів тракторів та самохідних машин, включаючи ручні та автоматичні системи. Система «EZ Guide Plus» відображає відхилення від курсу на світлодіодному дисплеї та моніторі, і може постачатися з GPS або без нього, з різним рівнем точності. Систему «Trimble AgGPS Autopilot» також можна модернізувати до рівня точності 2 см.

#### **1.4. Актуальність застосування системи точного землеробства в Україні**

Я вважаю, що Україна має багато земель для сільського господарства та є однією з провідних країн, які виробляють сільськогосподарську продукцію, але вона стикається з труднощами щодо підвищення ефективності виробництва, збереження безпеки навколишнього середовища та розумного використання ресурсів. Використання методів точного землеробства в Україні – це чудовий крок до покращення сільськогосподарського сектору. Такий підхід допомагає оптимізувати використання ресурсів, що є ключовим для сучасного сільського господарства. Точне землеробство дозволяє фермерам точно визначати, куди вносити добрива на свої поля, що зменшує додаткові витрати та запобігає надмірному або недостатньому надходженню необхідних поживних речовин для рослин. Автоматизовані системи поливу, засновані на точних сільськогосподарських даних, допомагають забезпечити рослини потрібною кількістю води, роблячи полив ефективнішим. Ці системи також допомагають точно визначити, де використовувати пестициди, зменшуючи витрати на хімікати та непотрібне забруднення. Визначаючи ділянки, які потребують догляду, зменшується перекриття та подвійна обробка, що скорочує витрати на

паливо та уповільнює знос обладнання. Автоматизація та точне землеробство оптимізують рух сільськогосподарської техніки, зменшуючи непродуктивний час та споживання палива. Автоматизовані системи зменшують фізичне та часове навантаження на фермерів, дозволяючи їм краще використовувати свій час та ресурси. Точне землеробство має великий позитивний вплив на навколишнє середовище. Воно допомагає уникнути надмірного використання хімікатів, зменшуючи забруднення ґрунту, води та повітря. Автоматизований полив на основі точних сільськогосподарських даних сприяє розумному використанню води, особливо за її обмежених запасів. Визначення місць для внесення добрив та інших хімікатів запобігає їх змиванню у водойми, що зменшує ризик ерозії.

Ефективне використання методів та їх оптимізація допомагає зменшити використання палива, що зменшує викид шкідливих газів. Мінімізація хімікатів та використання правильної кількості добрив допомагає рослинам та ґрунту залишатися здоровими. Точні системи дозволяють нам оптимізувати такі ресурси, як паливо, вода та добрива, знижуючи витрати та шкоду для навколишнього середовища. Це також підвищує врожайність та якість сільськогосподарських культур, надаючи рослинам потрібну кількість ресурсів. Технології допомагають автоматизувати роботу на фермах, полегшуючи життя фермерам та заощаджуючи час. У світі сільське господарство змінюється, і ми повинні адаптуватися, щоб залишатися конкурентоспроможними.

## РОЗДІЛ 2.

### ЕЛЕМЕНТИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

#### 2.1. Огляд елементів точного землеробства при використанні зернозбиральних комбайнів.

Автоматизація комбайнів дозволяє підвищити врожайність, зменшити втрати зернової маси, та запобігти іншим ситуаціям під час виконання сільськогосподарської операції. Тому для полегшення роботи оператора відбувається автоматизація зернозбирального комбайна. Під час виконання зернозбиральної операції людина, а не робот, повинна контролювати безліч факторів: жатка повинна не залишати незібрані смуги зі стеблами, або навпаки заїжати в хлібну масу більше ширини захоплення; контроль руху комбайна, оминаючи стовби та інші перешкоди на полі; спостерігати з усіх сторін за комбайном, особливо за втратами. При необхідності контролювати швидкість комбайна, в залежності від маси що потрапляє на жатку: збільшувати, або зменшувати швидкість. Регулювання швидкості мотовила необхідне для якісної подачі стеблостою до жатки, з подальшим регулюванням режимів роботи підбарання МСП.

Новітні технології автопілоту дозволяють автоматично рухатись з відповідною швидкістю з врахуванням: культури яка збирається, умови роботи та рельєфу поля.

Так в таких комбайнах як Case IH або New Holland: (серії CR 7.90, CR 9.80, CX 6.90, CX 8.80, TC5.90, CR 8.90) оператор має можливість вибрати той режим роботи який необхідний на даному участку, під час виконання даної операції. Збалансований, фіксований та максимальний режими дозволяють вибрати автоматиці комбайна найкращі налаштування які дозволять збирати з максимальною швидкістю та пропускнуою здатністю, а отже максимальна продуктивність. Автоматизація комбайна дозволить «мозку» контролювати

багато параметрів і саме головне ухвалювати доцільні рішення: датчик вологості зерна, датчик врожайності зерна.

На сьогоднішній день немає жодного сучасного зернозбирального комбайна який би не використовував передачу даних чи інформації (телеметрія) до офісу чи керівництва господарства, навіть на телефон. Контроль такого роду дозволяє ухвалювати відповідні рішення при різних обставинах.



Агронавігатор Ag Leader Compass Рис. 2.1. Агронавігація в сільському господарстві

На даний час аеронавігація (система паралельного водіння) в Україні представлена наступними фірмами: ASN agro; Ag Leader; NavJet; Raven; Teejet; Hexagon Ti5; Topcon Precision Agriculture (TPA) моделі Topcon GX-45; System (X5; X14; X25; X30; X35; 110); John Deere Parallel Tracking; John Deere 1800 (4240); AutoTrac Controller 300; AT Universal 200 (300); та американська компанія Trimble (GFX-350; GFX-1060 та GFX-1260) рис. 2.2. Дана агронавігація дозволяє вести агрегати з точністю до 15 см.

На ринку присутні два види автопілоту (рис. 2.2): електромеханічний та гідравлічний, які складаються з монітору, антени та руля, який буде працювати коли необхідно буде. В другому виді автопілоту відбувається підключення не до руля комбайна, а до самої гідравлічної системи (блоку).



Рис. 2.2. Автопілоти комбайна [14]

Так одної із автоматизації комбайна є можливість встановлення автомата водіння (рис. 2.3) EZ-Pilot Pro від відомого виробника Trimble, яка поставляється на ринок від Тайтен Машинері Україна. Унікальність даної системи в її простоті, яка виключає так званий людський фактор.

Використання системи автоматичного водіння Trimble EZ-Pilot Pro, досягають таких показників: до 15% економія пального та до 10% підвищення продуктивності комбайну робота без перекриттів; зменшення втоми оператора та корекція помилок; можливість продуктивної роботи за умов поганої видимості і вночі [2].



Рис. 2.3. Система автоматичного водіння від виробника Trimble

На ринку України представлений елемент для точного землеробства – агронавігатор Novator 10G (рис. 2.4). Дане обладнання розроблене українськими фермерами і використовується для паралельного водіння.



Рис. 2.4. Автонавігатор Novator 10G

Використання даного обладнання дозволяє з високою точністю управляти комбайном під час виконання операції. Використання даного обладнання Novator 10G дозволяє з точністю виконувати не тільки збиральні роботи, а і обприскування та внесення добрив. Точність даного обладнання: 2 сантиметри, при умові якісного сигналу. Даний монітор зручний для

використання в полі, на якому вже встановлено програмне забезпечення з курсовказівником.

Так на полях України використовується двох роторний комбайн New Holland серії CR Revelation, який обладнаний автоматизованою системою збирання IntelliSense (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Комбайн New Holland CR Revelation з автоматизованою системою збирання IntelliSense та камерою Grain Cam.

Даний комбайн обладнаний спеціальними навантажувальними датчиками зерноочистки комбайна та камерою Grain Cam (рис. 2.5) які можуть автоматично встановлювати декілька режимів роботи. Перший режим – мінімум втрат (в даному режимі контроль відбувається кожної одиниці насіння (зерна)); другий – дозволяє виділити найкращі зерна; для швидкого прибирання хлібостою на полі, тобто максимальна пропускна спроможність – використовуємо третій режим. І останній режим дозволяє оператору самому визначати і контролювати всі параметри. Дана технологія добре себе зарекомендувала під час виконання збиральних робіт, незалежно на професіоналізм механізатора (комбайнера чи оператора). Для кращого проходу по комбайну врожаю відбувається автоматичне регулювання швидкості бвохроторного барабану, механізму сепарації (завдяки зміні кута повороту лопатей ротора); також відбувається регулювання автоматичне швидкості вентилятора та налагодження решет для покращення виділення полови. Дана технологія дозволяє майже на 20% підвищувати продуктивність зернозбирального комбайна та зменшити витрату палива.

Системи паралельного водіння, незалежно яка фірма, можна використовувати як окремі елементи так і в комплекті з цілою системою, так поєднання декількох елементів в системі дасть нам можливість отримувати дані про виконану роботу на всій площі (норма висіву, витрата палива та інші окремі елементи). На практиці доведено що встановлення такого елемента як підрулюю чого пристрою дасть нам можливість зменшити витрати. Окупність системи точного землеробства може становити від одного сезону до двох, це також залежить і від площі. Деякі елементи точного землеробства, а саме елементів паралельного водіння, в нашому господарстві окупилися за 11 місяців.

На даний час в господарствах використовуються навігаційне обладнання для ведення сільського господарства наступних виробників:

- Trimble (EZ-Guide 250; CFX-750; TMX-2050; AgGPS 542; CFX-750 Lite) (рис. 2.6);



Рис. 2.6. Курсовказівник (монітор) Trimble

- Leica - Швейцарська якість (Моjo mini та Моjo 3D) рис. 2.7.;



Рис. 2.7. Автопілот Leica та курсовказівник Leica mojoMINI

- Hexagon (модель Ti5) рис. 2.8;



Рис. 2.8. Система авто навігатор  
Hexagon (модель Ti5).



Рис. 2.8. Автопілоти TOPCON SYSTEM (сайт <https://store.frendt.com.ua/> )

- TOPCON; модельний ряд SYSTEM X14 (X25; X30; X35) AG
- John Deere (випускає широкий спектр обладнання, а саме: Монітор GreenStar 1800 та інші курсовказівники 2630; 4240 та 4640; курсовказівник Command Centre в комплектації з ІТС фірми John Deere; антени Starfire 3000 та новітня антена більш потужна Starfire 6000; автоматичне (AUTOTRAC) електричне кермо Universal модель 200 та 300) рис. 2.9.
- Raven (модельний ряд Envizio Pro, CR7 та 12, Viper 4, Cruizer II та систему VSN, яка використовується тільки для обприскувачів).

Так виробник автопілотів для сільського господарства Topcon випускає обладнання яке складається з: монітор (сенсорний розміром 12,1), антени та електроруля (контроль рульового керування). System X30 AG цього ж виробника має більший за розмірами монітор (сенсорний екран) 12,1 дюймів, має можливість посекційного автоматичного контролю для сівалок, чи то для розкидачів. System X14 AG автопілот обладнаний монітором, антеною та електрорулем; SYSTEM X25 AG - обладнання має таку ж саму комплектацію як і попередник, обладнане монітором 8,3 та новітнім програмним забезпеченням яке має сполучення з супутниками GNSS; SYSTEM X30 AG - новітній автопілот про переваги якого описано вище. SYSTEM X35 AG останній в модельному ряді має красивий екран сенсорний 12,1 з програмним забезпеченням Topcon

Horizon (яке дозволяє дистанційно керувати агрегатом та при необхідності коригувати помилки) та саме головне має можливість підключити до 6 камер для огляду.

Фірма Trimble має навігаційне обладнання для зернозбирального комбайна РЖ (RG-100). Переваги такого обладнання в використанні його на збиранні комбайном кукурудзу на зерно. Дане обладнання підключене до компютера комбайна зчитує інформацію з датчиків що встановлені на жаткі комбайна та веде жатку по рядках кукурудзи. Водіння по рядку відбувається при допомозі Autopilot коли навіть на полі нерівність рядків стебел кукурудзи.

Фірма Raven має в своєму доступі базову станцію SlingShot, яка дає точність від 2 см (сигнал RTK) до 20 см максимум – сигнал E-DIF. Має можливість водіння агрегату по контуру, паралельно та навіть по колу; можливе поєднання всіх цих режимів. Використання SMARTRAX MD дозволить автоматично керувати рулем як трактора так і комбайна, даний пристрій сумісний з курсовказівниками Cruiser II, CR7 та навіть Viper 4(плюс); дозволяє автоматично налаштовувати систему. Завдяки тому що унеможливується проковзування по рулю є можливість використання більшої швидкості агрегату, при цьому точність обробки становить на 12% більше, а отже продуктивність збільшиться на 20%.

Германська фірма John Deere представлена на ринку систем точного землеробства таким обладнанням як автотопілот (тобто електрорулі); монітори (курсказівники) та GPS-антени. Використання автоматичного (AUTOTRAC) електричного кермо Universal (модель 200 чи 300) дозволяє дотримуватись руху згідно рядків (тобто заданої нам лінії) тим самим зменшувати витрати експлуатаційні під час роботи комбайна. Завдяки системі ATU (AutoTrac Universal) має можливість економити паливо за рахунок зменшення перекриттів та пропусків.

Технологія точного землеробства від John Deere така як MachineSync [17], [18] дозволяє підвищити продуктивність розвантаження комбайна, координуючи роботу між оператором трактора та комбайна, що немало

важливо для зменшення навантаження на операторів обох машин та логістику перевезення під час завантаження комбайна. Програма рекомендує який комбайн розвантажити першим який другим і оператор баче на моніторі куди під'їхати. Монітори GreenStar 1800, або 2630, 4240 чи 4640 призначені для використання з системою рульового керування John Deere. Система GreenStar 2 (скорочено називається GS2) має можливість використовувати функцію паралельного водіння з автопілотом AutoTrac та PivotPro. Монітор серії 4240 має екран розміром 8,4 дюйма. Встановлена на даному моніторі підтримка RDA так звана Remote Display Access дозволяє дистанційно допомогати оператору робити налаштування та інші операції при допомозі Wireless Data Transfer та записувати карти врожайності. Найбільший серед моніторів має дисплей курсовказівника 4640, який обладнаний 10 дюймовим екраном з 4-ма відеовиходами та можливістю модернізації програмного забезпечення.

Проаналізувавши системи які використовуються для паралельного водіння енергетичних машин бачимо що вони дозволяють зменшити навантаження на оператора цієї машини (коли оператор працює вночі, під час туману тощо), зробити економію ресурсів (палива, насіння, добрив та ЗЗР) та саме головне накопичувати, зберігати інформацію про поле для подальшого прийняття рішень по внесенню добрив чи обробітку поля.

### РОЗДІЛ 3.

## НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТ

Дослідження були проведені на прикладі використання комбайнами фірми John Deere (Джон Дир) різних жаток (6,7; 7,6 та 9,15 метрів) під час збирання озимої пшениці з урожайністю 40 ц/га.

Модельний ряд комбайнів, виробництва США був випущений 9 серії, а саме STS наступних модифікацій John Deere 9560 (9660; 9760; 9860 та 9880)STS, всі вони обладнані аксіально-роторною системою обмолоту (рис. 3.1)



Рис. 3.1. Комбайн John Deere 9-тої серії STS

Дані комбайни обладнані системою автоматичного водіння AutoTrac, при допомозі якої відбувається автоматичне водіння при якому забезпечується точність від 30 сантиметрів до 2. Використання систем StarFire iTC та StarFire RTK дає можливість працювати на максимальній продуктивності, при автоматичному веденні комбайна та спостерігати всі показники на дисплеї GreenStar 2.

Технічні характеристики комбайнів фірми John Deere 9-тої серії зображенні в таблиці 3.1. ДОДАТОК А.

На збиранні з комбайнами агрегувались наступні зернові жатки: 622R; 625R та 630R. Робоча ширина який складає: 6,7 метрів; 7,6 метрів та 9,15 метрів відповідно. Робоча швидкість для даних жаток становить 4,5...7 метрів (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Жнивarki фірми John Deere 622 R; 625 та 630 R

Для визначення достовірних, якісних показників роботи молотарки та се парувального пристрою комбайн повинен рухатись з рекомендованою швидкістю, не перевищувати максимальну.

Для дослідження нами було використано програму Майкрософт Ексель для роботи з таблицями, побудови графіків згідно отриманих результатів. Формули для визначення основних показників досліджень нами було завантажено, написано програму, в Microsoft Office Excel.

Розрахунки проводили за наступним показниками:

- визначення продуктивності зернозбирального агрегату (формула 3.1);
- визначення швидкості руху при максимальному завантаженні жатки та пропускній її здатності (формула 3.2);
- продуктивність нашого зернозбирального комбайну (як годинна так і змінна) формула 3.3;
- витрату палива на операції нами було розраховано за формулою 3.4; та інші показники за стандартною методикою визначення даних роботи комбайна.

Досліджувальних поля було три: 100 га; 200 га та 300 га.

Результати розрахунку нами наведено нижче на рисунках 3.3...3

	A	B	C	D	E
1			John Deere 9560 STS	John Deere 9660 STS	John Deere 9880 STS
2	Пропускна здатність (кг/с)		12	14	16
3	Швидкість руху (км/год)		6,9	7,1	6,9
4	Коефіцієнт використання часу зміни	100 га	0,77	0,75	0,73
5		200 га	0,8	0,77	0,75
6		300 га	0,83	0,79	0,77
7	Продуктивність за 1 годину змінного часу	100 га	13,31	15,12	16,8
8	(намолот зерна) т/год	200 га	13,82	15,52	17,2
9		300 га	14,34	15,92	17,7
10	Продуктивність за 1 годину змінного часу	100 га	3,33	3,78	4,2
11	(зібрана площа) га / год	200 га	3,46	3,88	4,3
12		300 га	3,59	3,98	4,4
13	Витрата палива, кг/год		41,4	47,44	62,8
14	Витрата палива на одиницю зібраної площі, кг/год	100 га	9,95	10,04	11,9
15		200 га	9,57	9,78	11,6
16		300 га	9,22	9,54	11,3

Рис. 3.3. Результуюча таблиця Microsoft Office Excel.

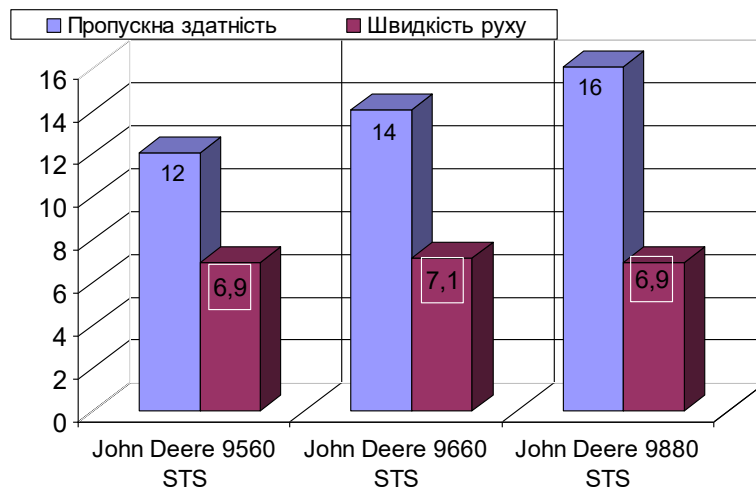


Рис. 3.4. Показник продуктивності та швидкості руху зернозбиральних комбайнів

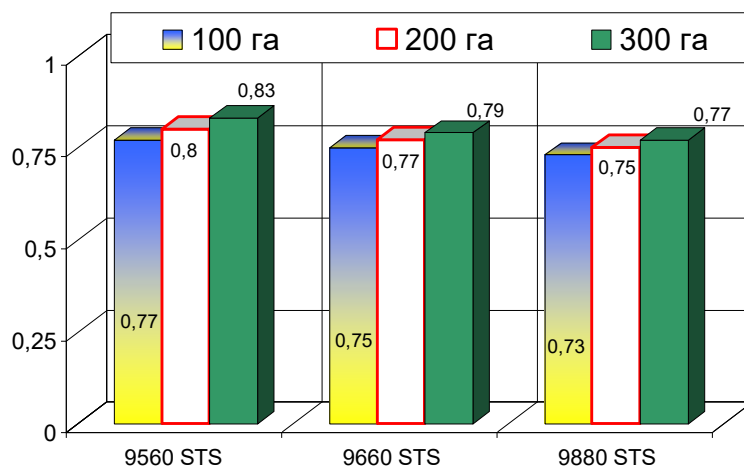


Рис. 3.5. Залежність коефіцієнту від площі поля

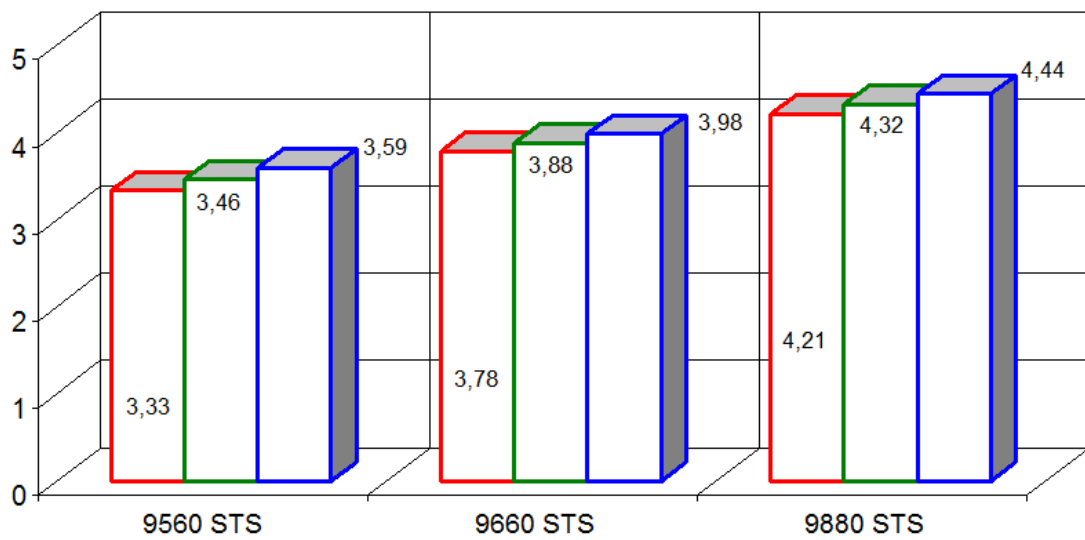
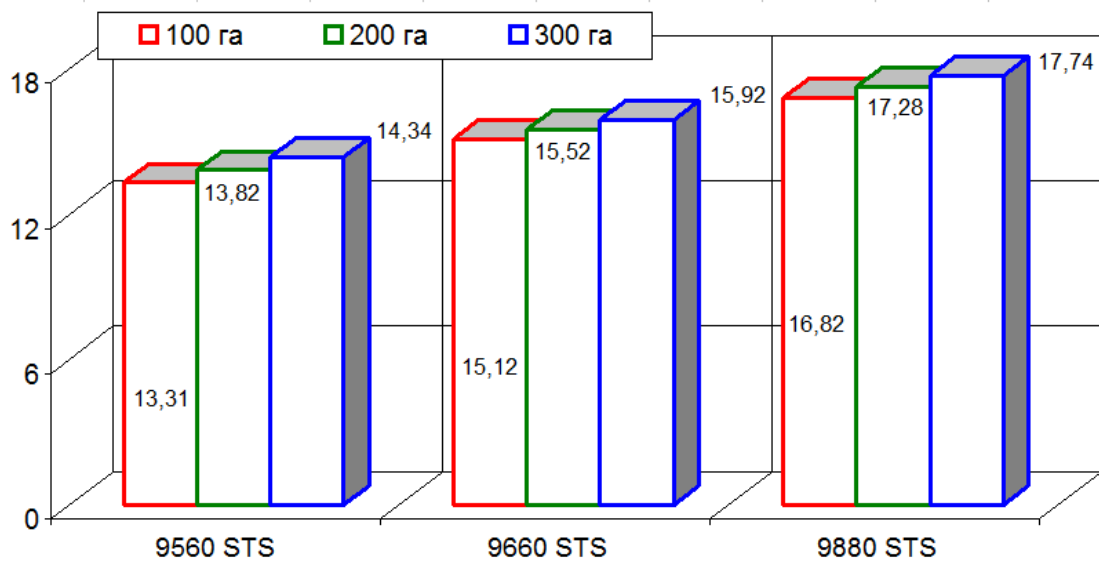


Рис. 3.6. Залежність продуктивності від площі поля

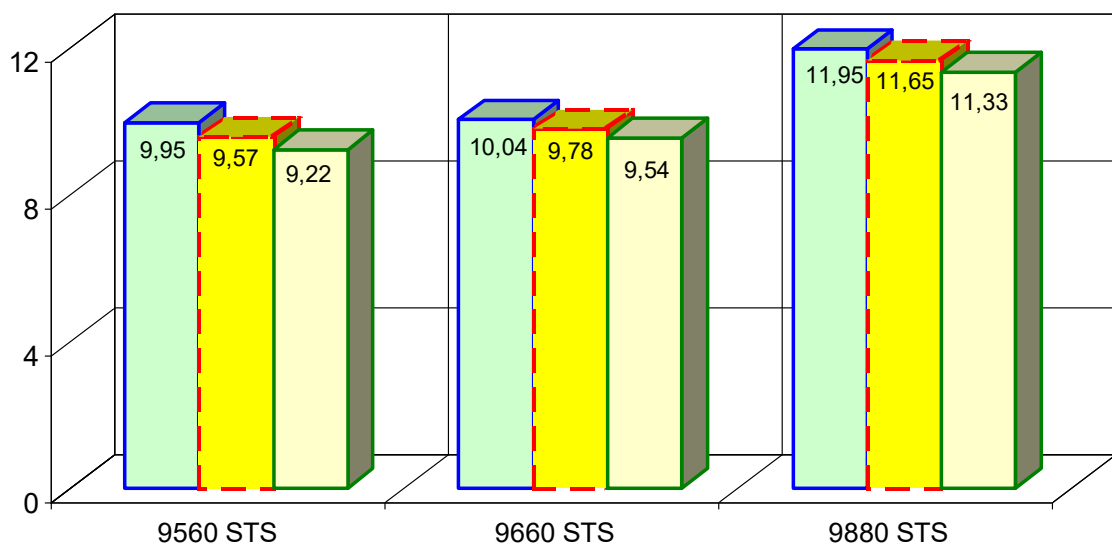


Рис. 3.7. Залежність витрати палива від площі поля

Отже, нами було проведено дослідження на прикладі комбайнів John Deere 9-тої серії STS на якому було встановлено систему автоматичного водіння GreenStar (рис. 2.9) яка складалась з монітора та антени приймача сигналу StarFire 6000 (рис. 3.7).



Рис. 3.8. Система автоматичного водіння фірми John Deere.

Використання даного обладнання показало високу точність керування зернозбиральним комбайном, та максимальну завантаженість по пропускній здатності та ширині захвату жатки. Отже дана система дозволила нам збільшити продуктивність зернозбирального комбайна. При максимальній ширині захвату жатки наші розрахунки показали що коефіцієнт завантаження становив 0,98.

Якщо говорити про холостий рух комбайна, а саме розвороти, то їх було мінімально мало, так як вищеописана система автоматично контролювала всією шириною поля і розбиттям його на загонки. Проведені дослідження на полі під час збиральних робіт, систем автоматичного водіння, показали ефективність саме систем навігації від фірми Джон Дір. Точність такого обладнання на комбайні становила 5...7 сантиметрів при збиранні жатками.

Довіряючи даній системі автоматичного водіння, оператор може відпочивати, а вона повністю контролює місце знаходження комбайна, точку на полі, та контролює його маршрут якщо необхідно корегує кермо комбайна.

Дослідження показали, що використання автоматичної системи водіння "GreenStar Autotrac" призвело до підвищення продуктивності і ефективності. Середня ширина захвату становила 6,56 м, що вказує на майже повне використання ширини захвату (коефіцієнт використання був майже 0,98). Це свідчить про рівномірне завантаження жатки і подачу хлібної маси. Кількість холостих розворотів була мінімальною, оскільки система автоматично розділяє поле на загінки.

## РОЗДІЛ 4.

### ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ ЗЕРНОВИХ

Ми повинні забезпечити безпеку працівників під час збирання зерна, дотримуючись певних правил. Перед початком роботи всі працівники повинні знати, як працює збиральна техніка. Машини та обладнання повинні бути в справному стані, а це означає, що їх потрібно регулярно перевіряти. Працівники повинні носити належне захисне спорядження, таке як каски, захисні окуляри, а також відповідний одяг і взуття. Вони також повинні використовувати запобіжні пристрої для запобігання нещасним випадкам. Їхній робочий одяг повинен відповідати стандартам безпеки, щоб захистити їх від нещасних випадків з обладнанням та природними стихіями. Усі працівники повинні носити захисні головні убори, окуляри та чистий одяг. Ми повинні навчити працівників з техніки безпеки та правильного використання обладнання. Їх також слід навчити користуватися засобами пожежної безпеки. Перед використанням комбайна слід ретельно перевірити його стан. Ми повинні дотримуватися правил безпеки виробника під час експлуатації обладнання та не повинні ремонтувати його під час роботи. Під час ремонту живлення слід вимкнути та заблокувати. Ми повинні встановити знаки та бар'єри для позначення безпечних робочих зон. Щоб уникнути нещасних випадків, небезпечні зони повинні бути чітко позначені. Щоб запобігти виснаженню працівників, їхній робочий час має бути встановлений з регулярними перервами. Під час встановлення робочого часу слід враховувати погодні умови, щоб уникати роботи в екстремальних умовах, таких як густий туман або сильний вітер. Аптечки першої допомоги повинні бути доступні, а працівники повинні знати основи першої допомоги. Ми повинні регулярно перевіряти наявність зношених деталей на наших машинах, щоб забезпечити безпеку на робочих місцях. Завдяки всім цим запобіжним заходам збирання зерна буде безпечним та безперебійним процесом, оскільки ризик для працівників мінімізований. Це призводить до ефективного збору врожаю. Наша мета — дотримуватися цих правил. Ми зосереджені на тому, щоб процес

збирання врожаю не травмував працівників та не призвів до нещасних випадків, шляхом належного поводження з технікою. Ми приймаємо рішення для підтримки таких процесів та їхніх працівників, оскільки ці правила є частиною забезпечення того, щоб працівники на цих збиральних роботах почувалися безпечно під час роботи та щоб менше траплялося нещасних випадків на виробництві. Я вважаю, що наші кроки щодо належного догляду є критично важливими у вирощуванні зерна, оскільки вони запобігають травмам на таких робочих місцях під час критичного етапу – збору врожаю – де ми дійсно хочемо, щоб усе завершилося безпечно, аби ніхто не постраждав від будь-якої шкоди для здоров'я від такої події, як падіння обладнання, забезпечуючи безпеку людей на певній ділянці операцій, коли зернові роботи починають виконуватися за графіком, з дуже низьким ризиком раптового виникнення травми в нашому оточенні, де люди виконують завдання, пов'язані з зерном, щоб уникнути ризику серйозних наслідків для людей, та пам'ятаючи про загальне благополуччя, щоб допомогти забезпечити безпечні результати роботи з вирощування зерна, яка потребує уваги до правил захисту, які допомагають запобігти болю, пов'язаному з роботою, для цих працівників, які виконують важливу роль. Роблячи це, ми забезпечуємо безпеку людей за допомогою всіх цих методів, наша кінцева мета полягає в тому, щоб ці методи не спричиняли їм проблем зі здоров'ям, а наші дії сприяють зменшенню кількості нещасних випадків на виробництві в місцях збору врожаю, де люди мають дуже важку роботу, і я думаю, що нам потрібен більший захист і безпека на цій дуже важкій роботі, в області, про яку ми говоримо, в полі з великою кількістю обладнання, яке потребує догляду, з урахуванням наших знань про безпеку.

### **Підготовка до роботи**

Перевірка оператора. Оператор повинен пройти медичний огляд (якщо це вимагається правилами підприємства). Працювати можуть лише особи з відповідною кваліфікацією (посвідчення тракториста-машиніста категорії «А»). Заборонено працювати у стані втоми, сп'яніння або під впливом ліків (ст.

17 Закону "Про охорону праці"). Він ознайомлюється з прогнозом погоди, щоб уникнути роботи під час несприятливих умов (грози, сильного вітру, туману). Перед початком роботи оператор обов'язково надягає спеціальний одяг: міцні чоботи, рукавички, захисні окуляри та каску (за необхідності).

Огляд комбайна перед запуском. Оператор перевіряє рівень палива та при необхідності заправляє бак (якщо рівень нижче 30%). Він також оглядає паливні фільтри на наявність забруднень. Масла та рідини: Переконається, що рівень двигунної оливи знаходиться між позначками MIN/MAX. Далі він перевіряє гідравлічну систему на витіки та рівень охолоджуючої рідини в розширювальному бачку. Оператор оглядає різальний апарат, переконуючись у гостроті ножів та відсутності тріщин. Він також змашує ланцюги та підшипники. Молотарка та система очищення: Перевіряється зазор у барабані (рекомендовано 10–15 мм для пшениці). Решета та вентилятор очищаються від залишків попередньої роботи - відповідно до п. 4.5 ДНАОП 0.00-1.20-98.

#### **Запуск та прогрів комбайна.**

Оператор сідає у кабіну, перевіряє наявність усіх показників на панелі приладів. Він запускає двигун на холостих обертах, дозволяючи йому прогрітися протягом 3–5 хвилин. Під час прогріву він перевіряє роботу всіх гідравлічних систем, керування та освітлення.

#### **Організація роботи на полі.**

Планування руху. Оператор вивчає схему поля, визначаючи оптимальний маршрут руху для мінімізації холостих проходів. Він враховує напрямок вітру, щоб уникнути забивання системи очищення пилом. Перед початком роботи оператор подає звуковий сигнал, щоб попередити присутніх на полі людей. Він опускає жатку на потрібну висоту (залежно від висоти рослин) і поступово збільшує швидкість руху до оптимальної (4–8 км/год).

#### **Безпека під час роботи.**

Оператор постійно стежить за показниками на панелі приладів (температура, тиск оливи, оберти барабана). Він уникає різких маневрів,

особливо на поворотах. При виявленні перешкод (каміння, металеві предмети) оператор зупиняє комбайн і усуває проблему.

Безпека під час вивантаження зерна та взаємодія з транспортом. Транспортний засіб повинен стояти: На рівній поверхні. На безпечній відстані (не ближче 2 м від комбайна). Заборонено: Вивантажувати зерно на рухомий причіп. Залишати кабіну під час вивантаження.

### **Завершення роботи.**

Оператор зупиняє комбайн, опускає жатку на ґрунт або спеціальну підставку. Він вимикає двигун і застосовує стояночний гальмів. Після цього очищає робочі органи від залишків рослин. Якщо необхідно, проводить технічне обслуговування (додаткове змащення, перевірка фільтрів).

Таблиця 4.1

Дії в аварійних ситуаціях та класифікація надзвичайних ситуацій під час роботи комбайна

Ситуація	Дії оператора	Тип НС	Основні ризики
Загоряння двигуна	1. Зупинити комбайн. 2. Вжити заходів гасіння (вогнегасник, пісок). 3. Викликати пожежних (101).	Пожежа	Загоряння палива, оливи, соломи або електропроводки
Пошкодження гідравліки	1. Зупинити роботу. 2. Не намагатися ремонтувати під тиском. 3. Викликати механіка.	Механічні поломки	Обрив ременів, вихід з ладу гідравліки, заклинання роторів
Травмування людей	1. Надати першу допомогу. 2. Викликати швидку (103). 3. Повідомити керівництво.	Травмування людей	Падіння з комбайна, попадання в робочі органи, ДТП при транспортуванні
		Природні небезпеки	Удар блискавки, сильний вітер, зсув ґрунту

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основна мета наукових досліджень та вимога до подальшого вдосконалення процесу збирання хлібів полягає в досягненні високого рівня раціональної уніфікації та адаптивності зернозбиральної техніки до різних умов жнивування, при мінімізації використання основних технологій і механізаційних засобів для збиральних робіт.

З розвитком продуктивних сил суспільства вирішальну роль у збільшенні виробництва сільськогосподарської продукції відіграють досягнення науково-технічного прогресу. Це передбачає розробку та впровадження ефективних науково-обґрунтованих систем ведення сільського господарства, а також раціональне використання матеріальних, фінансових і трудових ресурсів.

Збирання врожаю зернових культур є найбільш складним і трудомістким етапом при вирощуванні. Для цього залучається значна кількість мобільних і стаціонарних агрегатів, транспортних засобів і працівників.

Система комп'ютерного моніторингу урожайності комбайну є ефективним засобом визначення змін рівня врожайності на полях господарства. Вона надає поточні значення урожайності під час жнив без необхідності зберігання даних у комп'ютерній карті пам'яті.

Технологія точного землеробства дозволяє оптимізувати роботу на основі інформації, зібраної в полі, сприяючи ефективнішому веденню господарства.

Використання систем StarFire iTC та StarFire RTK дає можливість працювати на максимальній продуктивності, при автоматичному веденні комбайна та спостерігати всі показники на дисплеї GreenStar 2..

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Черкас В. Урожайний інтелект: автоматизація зернозбиральних комбайнів [Електронний ресурс] / В. Черкас // Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК.. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/18762-urozhainyi-intelekt-avtomatyzatsiia-zernozybalnykh-kombainiv.html>.
2. Басанець О. Автопілот комбайна дозволяє економити до 15% пального [Електронний ресурс] / О. Басанець // Головний сайт агронома. SuperAgronom.com. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://superagronom.com/news/19055-avtopilot-kombayna-dozvolyaie-ekonomiti-do-15-palnogo>.
3. Кондратьєв Є. Мониторинг урожайности. [Електронний ресурс] / Є. Кондратьєв // Журнала АстраLand № 2 (стор. 38-39). – 2019. – Режим доступу до ресурсу: [https://astra-group.ua/uploadfiles/admin/AstraLand\\_2\\_2019.pdf](https://astra-group.ua/uploadfiles/admin/AstraLand_2_2019.pdf).
4. Артьомов М. П. Технологічні системи збирання зернових культур [Електронний ресурс] / М. П. Артьомов. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/2536/1/materialy-MNPK\\_SIAHV\\_2021-256-257.pdf](https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/2536/1/materialy-MNPK_SIAHV_2021-256-257.pdf).
5. Кирпа М. Збирання і збереження врожаю зерна [Електронний ресурс] / М. Кирпа // Головний журнал з питань Агробізнесу \"Пропозиція\". – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/zbirannya-i-zberezhennya-vrozhayu-zerna>.
6. Рекомендації до збирання ранніх зернових та зернобобових [Електронний ресурс] / В.ТИМЧУК, В. КИРИЧЕНКО, В. ПЕТРЕНКОВА, Є. БОНДАРЕНКО // Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК.. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/582-rekomendatsii-do-zbyrannia-rannikh-zernovykh-ta-zernobobovykh.html>.

7. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підручн. для студент. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладн. с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 2: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Сало; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2002. – С.83-173.

8. Сисоліна І. П. Напрями удосконалення молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів / І. П. Сисоліна // Аграрний вісник причорномор'я. – 2013. – Вип. 67. – С. 121–129.

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.: іл.;

10. Rudoy, Dmitriy & Egyan, M & Kulikova, N & Chigvintsev, V. (2021). Review and analysis of technologies for harvesting perennial grain crops. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 937. 022112. 10.1088/1755-1315/937/2/022112.

[https://www.researchgate.net/publication/357231021\\_Review\\_and\\_analysis\\_of\\_technologies\\_for\\_harvesting\\_perennial\\_grain\\_crops](https://www.researchgate.net/publication/357231021_Review_and_analysis_of_technologies_for_harvesting_perennial_grain_crops)

11. Rudoy, Dmitriy & V.I., Pakhomov & Maltseva, Tatyana & M.A., Yegyan & N.A., Kulikova. (2021). Review and analysis of technologies for harvesting grain crops. 120-125. 10.23947/itno.2021.120-125.

[https://www.researchgate.net/publication/358572835\\_Review\\_and\\_analysis\\_of\\_technologies\\_for\\_harvesting\\_grain\\_crops](https://www.researchgate.net/publication/358572835_Review_and_analysis_of_technologies_for_harvesting_grain_crops)

12. Wen, Jingqian & Yin, Yanxin & Zhang, Yawei & Pan, Zhenglin & Fan, Yindong. (2022). Detection of Wheat Lodging by Binocular Cameras during Harvesting Operation. Agriculture. 13. 120. 10.3390/agriculture13010120.

[https://www.researchgate.net/publication/366832324\\_Detection\\_of\\_Wheat\\_Lodging\\_by\\_Binocular\\_Cameras\\_during\\_Harvesting\\_Operation](https://www.researchgate.net/publication/366832324_Detection_of_Wheat_Lodging_by_Binocular_Cameras_during_Harvesting_Operation)

13. Ярошенко С. Раціональні способи збирання озимих зернових культур. [Електронний ресурс] / С.Ярошенко, А.Черенков, М.Солодушко // Журнал «Агробізнес Сьогодні». Механізація АПК. – 2017. – Режим доступу до ресурсу:

<https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/8913-ratsionalni-sposoby-zbyrannia-ozymykh-zernovykh-kultur.html>.

14. Як підняти продуктивність комбайна? [Електронний ресурс] // ТОВ «ФРЕНДТ» Центр точного землеробства. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.frendt.ua/yak-pidnyaty-produktyvnist-kombajna/>.

15. Система автоматизації процесу збирання культур New Holland IntelliSense [Електронний ресурс] // сайт Traktorist.ua. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://traktorist.ua/technologies/857-sistema-avtomatizatsiyi-protse-su-zbirannya-kultur-new-holland-intellisense>.

16. Несмачна М. Огляд систем паралельного водіння сільгосптехніки [Електронний ресурс] / Несмачна Меланія // сайт Traktorist.ua. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://traktorist.ua/articles/oglyad-sistem-paralelnogo-vodinnya-silgosptehniki>.

17. Технологія точного землеробства [Електронний ресурс] // Сайт Deere & Company. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.deere.ua/uk/%D/machine-sync/>.

18. Технологія точного землеробства [Електронний ресурс] // Сайт Deere & Company. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.deere.ua/assets/publications/index.html?id=c021f66e#26/>.

19. Машини для збирання зернових колосових культур: монографія / [Колектив авторів]; за ред. В. І. Кравчука; Міністерство аграрної політики та продовольства України; УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2020. – 224 с. – (Серія «Сільськогосподарська техніка XXI: моніторинг, випробування, прогнозування»). [https://www.ndipvt.com.ua/TiTAPK/Books/fragment\\_kombayny.pdf](https://www.ndipvt.com.ua/TiTAPK/Books/fragment_kombayny.pdf)

20. Claas готується презентувати новий комбайн Lexion Hybrid [Електронний ресурс] // Головний сайт агронома. SuperAgronom.com. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://superagronom.com/news/8065-claas-gotuyetsya-prezentuvati-noviy-kombayn-lexion-hybrid>.

21. Макаренко М. Комбайни зернозбиральні : навч. посібн. для здобувач. проф. (проф.-тех.) освіти / Микола Макаренко, Ольга Мельник. — Київ : Грамота, 2023. — 256 с. : іл.

[https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/posibnyku-prof-tech/Cramota\\_Kombayn\\_compressed.pdf](https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/posibnyku-prof-tech/Cramota_Kombayn_compressed.pdf)

22. Експлуатація машин і обладнання. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти аграрних технікумів і коледжів денної і заочної форми навчання зі спеціальності 208 Агроінженерія. [Електронний ресурс] // Вінницький НАУ. — 2019. — Режим доступу до ресурсу: [https://lad.vnau.com.ua/storage/metod\\_vkazivkb.pdf](https://lad.vnau.com.ua/storage/metod_vkazivkb.pdf).

23. Практикум з машиновикористання в рослинництві / А.С. Лімонт, І.І. Мельник, та ін. За ред. І.І. Мельник. К.: Кондор, 2014. 282 с.

24. Експлуатація машин і обладнання: навч. посіб. / М.А. Ружицький, В.І. Рябець, В.М. Кіяшко та ін. — Київ : Аграрна освіта, 2018

25. Лімонт А. С. та ін. Практикум з машиновикористання в рослинництві. — Київ: Кондор, 2004.

26. Основні рекомендації зі збирання озимих зернових [Електронний ресурс] // LNZ Group. Agroportal.ua. — 2022. — Режим доступу до ресурсу: <https://www.lnz.com.ua/news/osnovni-rekomendacii-zi-zbiranna-ozimih-zernovih>.

27. Смакота Я. ТОП-5 кращих зернозбиральних комбайнів [Електронний ресурс] / Я. Смакота // AgroApp.Безкоштовний сервіс для фермерів. — 2023. — Режим доступу до ресурсу: <https://agroapp.com.ua/uk/blog/top-5-krashhix-zernozbiralnix-kombajniv/>.

28. Занько М. Зернозбиральні комбайни — фаворити ринку [Електронний ресурс] / М. Занько // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. — 2021. — Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/zernozbiralni-kombayni-favoriti-rinku>.

29. Експлуатація машин і обладнання: навчально-методичний комплекс за ред. І.М. Бендери / [І.М. Бендера, В.П. Грубий, П.І. Роздорожнюк та ін.]. — Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2013. — 576 с.

30. Машина для сівби, садіння, догляду за посівами та збирання врожаю : метод. вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Сучасні машини для сівби, садіння, догляду за посівами та збирання врожаю»: для студент. спец. : 201 «Агрономія», 208 «Агроінженерія», 133 «Галузеве машинобудування» / [уклад. : В. М. Сало, С. М. Лещенко, Ю. В. Мачок, Д. В. Богатирьов] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 76 с. <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/13286>

31. Особливості охорони праці в сільськогосподарському виробництві [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://bashtechki.gr.org.ua/osoblyvosti-ohorony-pratsi-v-silskogospodarskomu>

32. Особливості охорони праці в галузях сільського господарства [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <http://mego.info/%D0%BC%D0%B>

33. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.fssu.gov.ua/fse/control/pol/uk/publish/article/97305;jsessionid=2C4C6C514DC6A1F0E3172F45C3D9FF16>.

34. Горобець Я.М., Саржанов Б.О., Харченко Ф.М., Калнагуз О.М. Технологічний процес збирання зернових // Інноваційні технології в Індустрії 5.0: Збірник тез за матеріалами 31-ої міжнародної науково-практичної конференції (21-23 жовтня 2025 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2025 - с 76-77.

35. Горобець Я.М. Система очистки зернозбиральних комбайнів // Матеріали ХХVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–18 жовтня 2025 року) / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2025. с .....

## **ДОДАТКИ**