

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

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему: «Дослідження впливу використання елементів системи точного землеробства при збиранні сільськогосподарських культур»

Виконав:

(підпис)

Петренко І.В.

(Прізвище, ініціали)

Група:

СТЗ 2302-2м

(Науковий) керівник:

(підпис)

Зубко В. М.

(Прізвище, ініціали)

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

_____ Шуляк М.Л.

“ ____ ” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Петренка Івана Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження впливу використання елементів системи точного землеробства при збиранні сільськогосподарських культур» _____,

керівник роботи: Зубко Владислав Миколайович, д.т.н., професор _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ____ ” _____ 202_ року
№ _____

2. Строк подання здобувачем роботи: “ 1 ” листопада 2024 року.

3. 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). _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ. Розділ 1. Огляд процесів збирання зерна та комбайнів для виконання операції. Розділ 2. Система точного землеробства при збиранні урожаю. Розділ 3. Наукові дослідження та їх результат. Список використаних джерел. Висновки. Додатки. _____

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Презентація у Microsoft Office Power Point (слайд-презентація).

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: “__” __ __ 202 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1	Збір інформації		
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики		
3	Складання плану роботи		
4	Написання вступу		
5	Написання 1 розділу «Аналітична частина»		
6	Написання 2 розділу «Основна частина»		
7	Написання 3 розділу «Досліджувальна частина»		
8	Написання висновків		
9	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету		
10	Подання роботи на рецензування		
11	Подання роботи до попереднього захисту		

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Петренко І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Зубко В.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна (магістерська) робота складається з пояснювальної записки на **47** сторінках друкованого тексту (шрифт Times New Roman), **15** рисунків, **2** таблиць, **26** літературних джерел та **13** слайди презентації Microsoft Power Point.

Метою даної роботи є дослідження впливу елементів системи точного землеробства на збирання зернових культур.

Об'єктом даної роботи є процес збирання сільськогосподарських культур зернозбиральним комбайном з елементами точного землеробства..

Предметом дослідження даної роботи є елементи точного землеробства та їх вплив на ефективність роботи зернозбирального комбайна..

В роботі описано технологію збирання зернових культур та агрегати для виконання операції; способи збирання та вимоги до операції. Наведено огляд зернозбиральних комбайнів як вітчизняного так і зарубіжного виробництва, їх системи обмолоту. Наведено елементи точного землеробства при використанні зернозбиральних комбайнів. Проведені дослідження показали ефективність використання широкозахватних жаток та автопілотів, для ефективного завантаження двигуна зернозбирального комбайна.

ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН, ЖАТКА, ЯКІСТЬ ЗЕРНА, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ВОДІННЯ, КАРТА ПОЛІВ, ПІДБАРАБАННЯ, ВОЛОГІСТЬ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, СПОСОБИ ЗБИРАННЯ, МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ, СЕПАРАЦІЯ, МОДЕЛЬНИЙ РЯД, БАРАБАН, ШВИДКІСТЬ РУХУ, НАВІГАТОР, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....

РОЗДІЛ 1.

ОГЛЯД ПРОЦЕСІВ ЗБИРАННЯ ЗЕРНА ТА КОМБАЙНІВ

ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ

1.1. Збирання зернових культур, тонкощі процесу.

1.2. Огляд комбайнів для виконання операції.

РОЗДІЛ 2.

СИСТЕМА ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ПРИ

ЗБИРАННІ УРОЖАЮ.....

2.1. Огляд елементів точного землеробства при використанні
зернозбиральних комбайнів.

РОЗДІЛ 3.

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТ.....

ВИСНОВКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

ДОДАТКИ.....

ВСТУП

Оптимальний вибір способу збирання забезпечить мінімальні втрати зерна, витрати технічних і людських ресурсів та одержання найвищої якості продукції. Найбільш простою оцінкою вибраної технології є експлуатаційні витрати. Для забезпечення високої якості зерна при збиранні зернових і зернобобових культур необхідно провести відповідну технологічну підготовку комбайнових агрегатів і організувати ефективну їх роботу у господарствах [6].

Вартість сучасного зернозбирального комбайна обрховується сотнями тисяч доларів. Тому не дивно, що в Україні й досі фіксується доволі відчутний дефіцит цієї техніки, що виражається у втратах урожаю. Поряд із тим це означає, що наявні в господарствах комбайни потрібно завантажувати на повну, максимально ефективно використовуючи їх можливості, зокрема, шляхом застосування автоматичних систем, які полегшують роботу оператора. Що відчуває людина в кабіні зернозбирального комбайна, яка розпочала роботу о 8-й ранку й рухається гонами аж до настання темряви? Мало того, що вимотатися туди-сюди цілий день у принципі це дуже стомлює, та ще й потрібно кожні кілька секунд переводити голову в трьох положеннях. Перше — дивитися убік й утримувати жатку в такому положенні, щоб не лишити незібраної смужки та водночас не загібати повітря на вже зібраній ділянці. Друге — дивитися вперед, щоб не наїхати на стовп чи, боронь Боже, на людину або іншу живу істоту, яка будь-якої миті може вигулькнути з рослинної маси. Третє — регулярно спостерігати, що робиться позаду, щоб оцінювати якість зерна на виході з комбайна. До того ж оператор комбайна мусить оперативно щось вирішувати в разі зміни рельєфу ґрунту, знижувати чи підвищувати швидкість роботи, регулювати швидкість обертання мотовила, змінювати режими підбарабання та й взагалі оцінювати якість роботи машини в кожний конкретний момент. Звісно, що людина — це не робот, і рано чи пізно настане неминуча втома, а за нею — зниження

продуктивності праці разом зі зростанням імовірності ухвалення помилкового рішення [1].

Господарства, які користуються системою автоматичного водіння EZ-Pilot Pro (виробник Trimble) від Тайтен Машинері Україна економлять паливе, насіння, добрива, ЗЗР та виключають фактор помилки оператора. Про це повідомили в пресслужбі компанії. Окрім того, що система EZ-Pilot Pro дозволяє повністю виключити людський фактор, вона також має додаткову перевагу — універсальність. Можливе встановлення підрулюючих пристроїв додаткових монтажних комплектів на трактори та комбайни та розумних навігаційних контролерів NAV 900 які є абсолютно мобільними та адаптивними для роботи на будь-якій самохідній одиниці техніки. 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].

РОЗДІЛ 1.

ОГЛЯД ПРОЦЕСІВ ЗБИРАННЯ ЗЕРНА ТА КОМБАЙНІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ

1.1. Збирання зернових культур, тонкощі процесу.

Кінцевим етапом під час вирощування зернових культур є їх збирання. На прикладі збирання озимої пшениці – то дану операцію необхідно робити коли зерно достигло, а саме вологість не менше 14...16%. Згідно способів збирання (рис. 1.1) кожне господарство та керівник вибирає зважаючи на погодні умови. Як показує практика в багатьох господарствах самий кращий спосіб це пряме комбайнування, але і присутні такі господарства де посіви забур'янені тоді використовують роздільний спосіб.



Рис. 1.1. Способи збирання зернових культур.

Роздільний спосіб збирання рекомендовано робити в короткі строки, а саме 2...4 дні. Збирання проводять на комбайнах які відрегульовані: втрати

зерна та його пошкодженість (травмованість) повинні становити не більше 1%. На прямому комбайнуванні швидкість комбайна, на прикладі нашого господарства, становить 6...8 км/год, а обмолот валків – 4...5 км/год.

Під час однофазного збирання повинно бути враховано: стиглість зерна (рівномірна) повинна бути вологість від 14 до 16%; полягання стеблостою повинно бути мінімальним та чистим від буряну. Саме головне повинно господарство в достатній мірі повинно бути забезпечено зернозбиральною технікою та автотранспорту для перевезення зібраного врожаю. Якщо більшість з цих вимог неможе забезпечити господарство, та висока забур'яненість полів то вибір способу збирання: двофазний. Який передбачає наступні операції: скошування жатками в валки та після висушування валки підбираються комбайнами, які обладнані підбирачами. Такий спосіб збирання використовується коли вологість зерна становить 40%.

Якщо збирання проводять прямим комбайнуванням і вологість зерна становить 16...20% то таке зерно відразу відправляють на досушування в очисні зерносушильні машини (зерноочисні сушильні комплекси) типу ЗАВ, КЗС, СМ та інші. В даних комплексах воно висушується до вологості 14..16% і придатне для подальшого безпечного зберігання.

Вимоги до таких машин зображено на рис. 1.2.

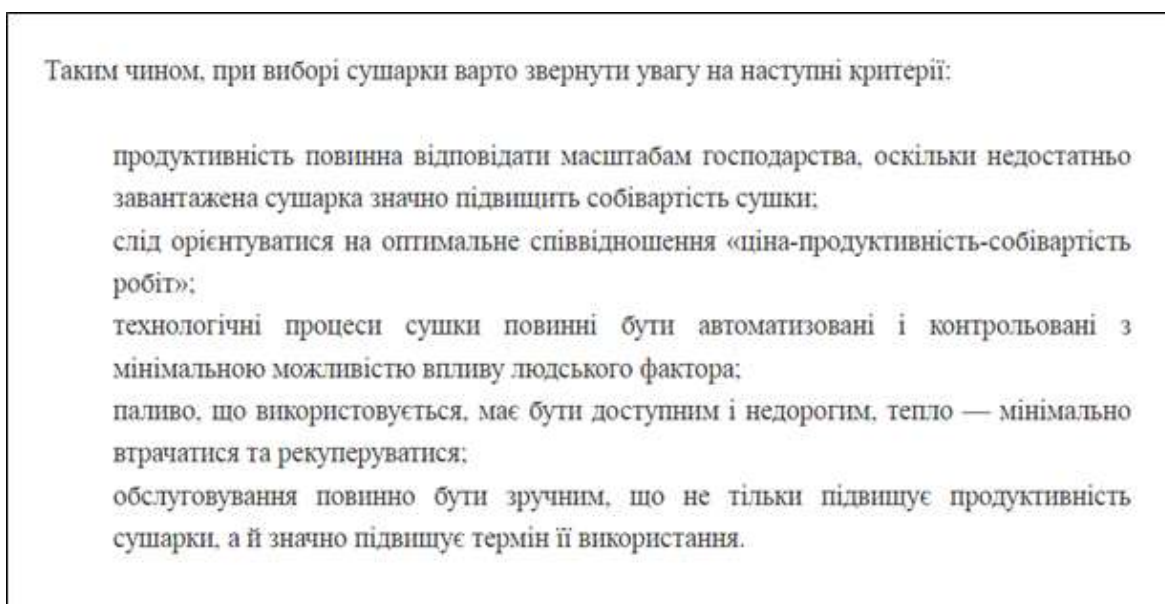


Рис. 1.2. Вимоги до очисних машин [6]

На практиці для сильно забур'ячених полях при неможливості збирати роздільним способом, збирають прямим комбайнування, але перед збиранням за декілька днів проводять десикацію. Для такої операції використовують препарати такі як: Раундам та Реглон. Дані препарати підсушують як вегетаційну рослинну масу так і корінь рослини.

Культура	Кількість днів від настання повної стиглості зерна			
	0-5	6-10	11-15	16-20
За сприятливих умов збирання				
Пшениця озима	1-2	4-5	8-9	14-15
Ячмінь озимий	1-2	7-8	13-14	20-24
Жито озиме	1,5-2	8-9	15-16	30-35
За несприятливих умов збирання				
Пшениця озима	5-6	20-23	30-35	до 60
Ячмінь озимий	7-10	25-30	45-50	до 70
Жито озиме	8-10	25-30	50-55	до 80

Рис. 1.3. Втрати під час збирання при порушенні термінів [13]

Виконання технологічної операції по збиранню складається з наступних елементів (рис. 1.4): зрізання стебла рослини (жатка, різальний апарат); процес обмолочування 1-3 (видалення зерна з колоска при допомозі молотильного барабану); очищення зернової маси від вороху та домі шків 4 (цю роботу виконує сепаруючий пристрій 4).

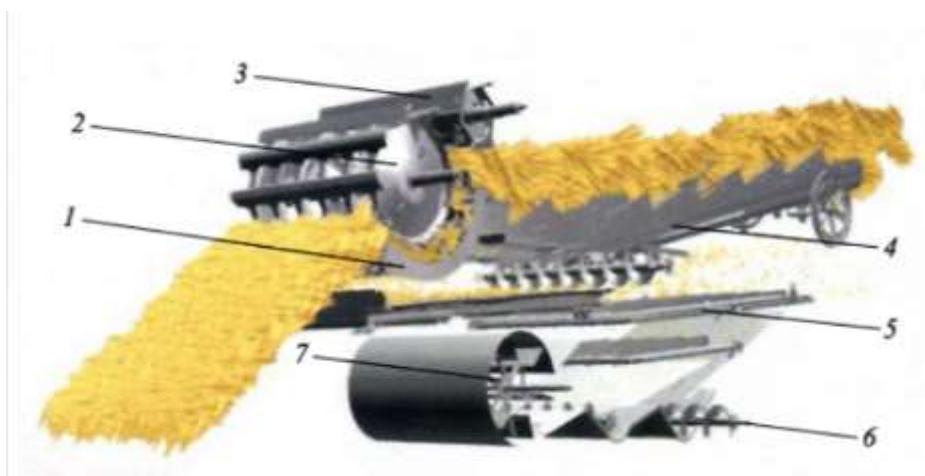


Рис. 1.4. Робочі органи комбайна

Після всіх вищеописаних елементів відбувається укладання соломи, в валках або в копиці, відповідно до агротехнічних вимог.

Роздільний спосіб збирання має основний недолік – це збільшені витрати на збирання, але і має переваги – зменшення затрат праці на майбутню обробку (очищення та досушування).

На практиці доведено що втрата зерна при збиранні до 2 центнер з гектара відбувається через запізнення та розтягування термінів збирання. При поляганні рослини втрати відбуваються зерна близько 10%. При роздільному збиранні також відбуваються втрати за комбайном підбирачем валку. Для зменшення таких втрат валок повинен бути добре підвішений на стерні, тим самим краще продуватись.

В наш час на ринку зернозбиральної техніки присутні комбайни з очісувальними жатками, при допомозі яких в господарствах є можливість збирати зерно з вологість до 25%. Зібране таке зерно відправляють на досушування, як описувалось вище.

Отже можна зоробити наступні висновки: збиральні роботи повинні бути виконані в оптимальні агротехнічні терміни, з мінімальними втратами зерна та якості, щоб забезпечити якісне в подальшому збереження. Якщо технологія збирання порушується, в зв'язку з поляганням зернової маси чи іншими факторами (хвороба, гризуни), то відбувається значні втрати, незалежно від вами впроваджених сучасних технологій вирощування. Тому організація збиральних робіт повинна відбуватись на високому рівні: збирання в стислі терміни (згідно агровимох максимум 12 днів). Збільшення терміну збирання призведе до перестою рослини (тим самим осипання зерна з колосків) та погіршення якісних показників насіння що негативно потім вплине на посівні властивості. Вибір способу яким будите збирати хлібну масу залежить від погодних умов, особливостей в вашому регіоні, якості поля, стану стебел рослини та саме головне наявність та кількість техніки.

1.2. Огляд комбайнів для виконання операції.

Для збирання зернових культур використовуються в Україні як вітчизняні комбайни так і зарубіжні.

До вітчизняних відноситься комбайн КЗС-9-1 «Славутич» (рис. 1.5) обладнаний традиційною роторною системою обмолоту. Якщо проаналізувати технологічні схеми молотильно-сепаруючого обладнання зернозбиральних комбайнів можна розділити на такі типи: класична схема, роторна схема та комбінована. Класична система обмолоту складається з сепарації бильним барабаном та очистки.

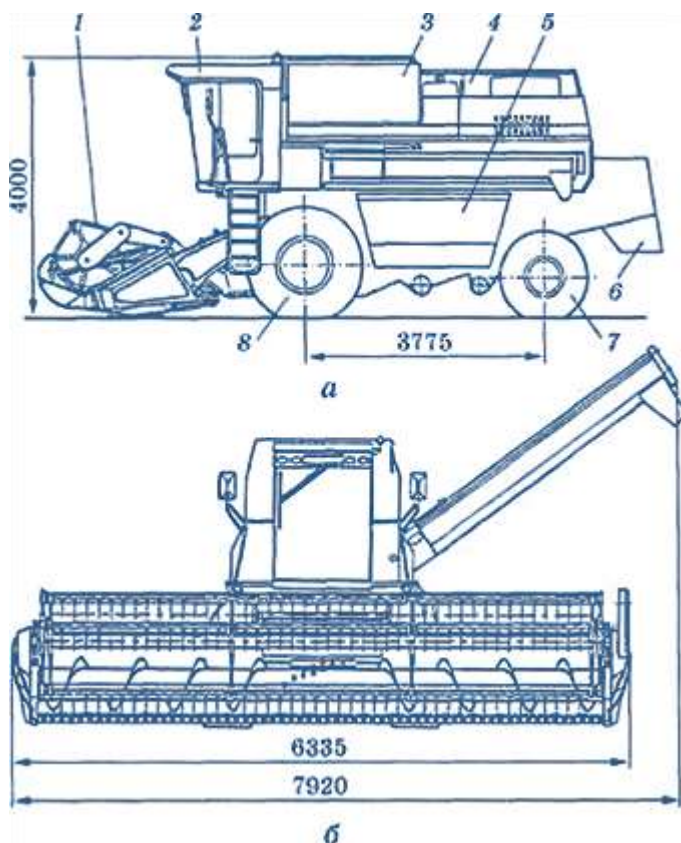


Рис. 1.5. Зернозбиральний комбайн

- 1 – жатка комбайна;
- 2 – кабіна комбайна;
- 3 – бункер для зерна;
- 4 – відсік де розташований двигун;
- 5 – молотально сепаруюча частина комбайна;
- 6 – розкидач соломи;
- 7 та 8 колеса

Всі зернозбиральні комбайни мають молотильно-сепаруючі пристрої, які за конструкцією поділяються на: класичний тип МСП; роторний МСП та комбінований МСП.

В даному комбайні обмолот відбувається класичним способом (рис. 1.6): маса потрапляє через похилу камеру на молотильний апарат, і при допомозі удару билами та переміщуючи між барабаном та підбарабанням вимолочує зерно, яке потрапляє до іншої частини комбайна: так званої страсної дошки. Солома потрапляє на клавішний соломотряс.

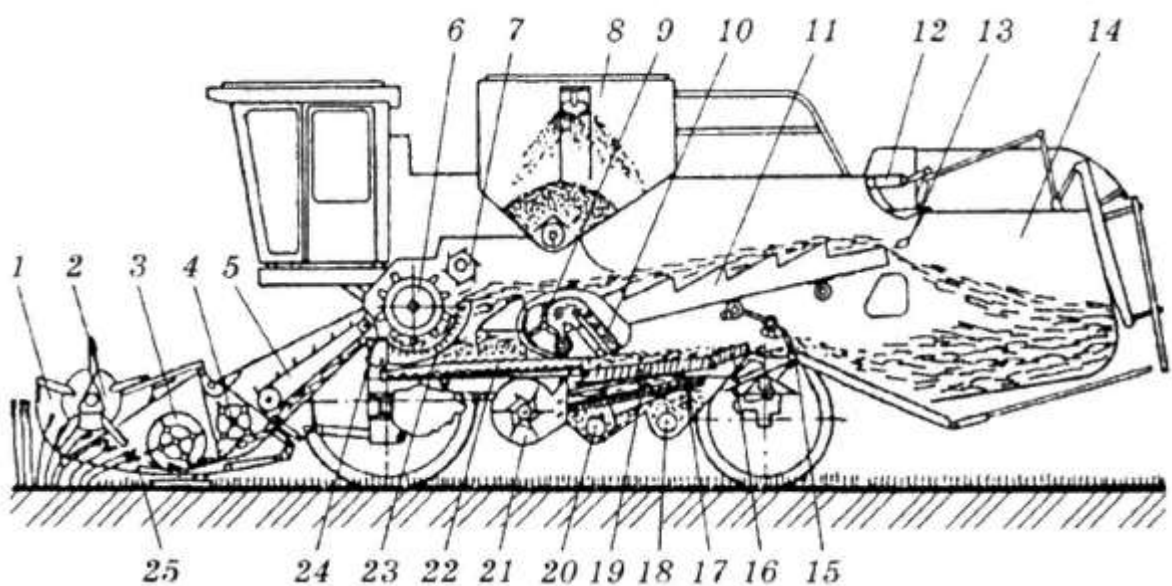


Рис. 1.6. Класична система обмолоту

Якщо розглядати роторну систему обмолоту комбайна то тут один ротор відповідає за обмолот та виділення зерна. Така система обмолоту на даний час саме краще вимолочує зерно з мінімальним пошкодженням та втратами за комбайном. Мале пошкодження пов'язано з меншою швидкістю ротора ніж барабана та переміщенням по ротору а не вибиванням колоска.

Класична система обмолоту не дуже себе зарекомендувала на полях які мають високий показник врожайності та забур'яненості, через малу вимолочуваність і залишок зерна в воросі. Для таких полів краще використовувати комбіновану МСП, який дозволяє невимолочене зерно після молотильного барабану подати на роторний сепаратор де і

відбудеться остаточне відокремлення. Багатьма дослідженнями доведено що на барабані вимолочується близько 90 відстків зерна, використання сепаратора дає можливість ще відокремити з вороху 4...6%, отже в останню частину комбайна, соломотрям, потрапить близько 5%. Тому і втрати під час збирання високоврожайних полів у комбайна з комбінованою системою обмолоту будуть на порядок менше ніж у звичайного комбайна з одним барабаном.

Молотильна система з ротаційним сепаратором використовується в комбайнах закордонного виробництва, таких як "Нью Холланд" (New Holland) серії модельного ряду CX8 (рис. 1.7) та «Массей Фергюсон» (Massey Ferguson) серії Cerea (MF 7256; 7272 ; 7274 та 7278)



Рис. 1.7. Система обмолоту комбайна New Holland серії модельного ряду CX8 (два барабана та регульоване підбарабання Opti-Tresh (сайт <https://technotorg.com/>)

Як бачимо комбайни "Нью Холланд" (New Holland) мають молотильний барабан, ротаційний (сепаратор) барабан та два бітеру, один розташований між сепаратором та молотильним барабаном, а другий в кінці виходу зернової маси. Великого розміру (а саме діаметром 750 мм) дозволяє стабільну роботу молотильного пристрою при короткочасних навантаженнях під час подачі хлібної маси. Також даний барабан показав себе добре на збиранні зерна з підвищеною вологістю та забур'яненістю хлібів. Даний великий розмір дозволяє працювати в так званому «мякому» режимі.

Так фірма Claas в зернозбиральному комбайні MEGA 202 – 218 вперше застосувала автоматичне регулювання обмолоту (система APS Hybrid System) потім дане вдосконалення було застосовано на комбайнах Lexion (рис. 1.8). Вдосконалення пов'язане з використанням додаткового прискорювального бітеру, який розташований спереди молотильного барабану. Використання такого барабану дасть можливість використовувати менші оберти, а саме 550 в порівнянні з попереднім, де не було такої системи, 750об/хв.. Також швидкість барабану з новою системою може становити 330..930об/хв., а не 450-1050об/хв., як в попередньому.



Рис. 1.8. Система обмолоту Клас

Завдяки збільшенню відцентрових сил, які впливають на зерно відбувається краща сепарація на під барабанні. Підбарабання складається з декількох секцій які можна спокійно замінювати під час переходу збирання іншої культури (типу рис).

Система очищення в вищезгаданого комбайна КЛАС Lexion має клавішну систему з 6-ма штуками та системою MSS (System Multifinger Separation) (рис. 1.9).

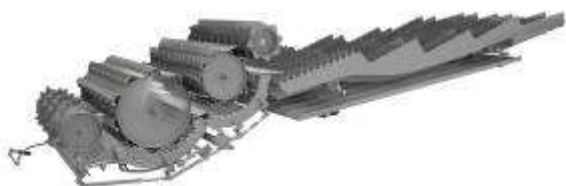


Рис. 1.9. Система очистки зерна комбайна КЛАС Lexion

Зернозбиральні комбайни фірми Джон Дір (John Deere) серії WTS 9640-9680) рис. 1.10 має молотильний пристрій який складається з барабана та бітеру. Роль останнього – транспортування (перекидання) соломистого матеріалу на клавішний соломотряс



Рис. 1.10. Комбайн John Deere 9640 (9660, 9680) WTS та система обмолоту

Даний комбайн обладнаний барабаном великого діаметру, а саме 660 мм, що дозволяє завдяки високій інерційній швидкості проводити обмолот великої кількості маси. Розташування в даному комбайні молотильного пристрою по відношенню до похилої камери дає нам можливість зменшення пошкодження зерна. Ширина похилої камери дає можливість поставляти по всій ширині на барабан молотильного пристрою. Молотильний (МСП) пристрій комбайна та підбарабання настільки універсальне що дає нам можливість обмолочувати любую культуру (зернобобові, зернові, соняшник та навіть кукурудзу). Всі ці зміни під час обмолоту той чи іншої культури відбуваються автоматично при допомозі АСР (автоматичної системи регулювання). Для очищення соломистого матеріалу використовуються клавіші.

Над соломотрясом встановлений пальцевий сепаратор барабанного типу Пауер Сепаратор, який здійснює додаткову сепарацію. Шар матеріалу збільшується і прискорюється за допомогою пальців сепаратора, зерно, що звільнилося, проходить через щілини між витонченим шаром матеріалу і

потрапляє на решітний стан. Три спеціальні сходи за пальцевим сепаратором забезпечують додаткову сепарацію. Датчик над соломотрясом попереджає про виникнення затору маси. Датчики також встановлені на кінцях клавів соломотрясу, забезпечуючи найоптимальніший режим роботи. Конструктивно система очищення складається з шнеків, що транспортують, попереднього очищувача, вирішує тонкого і грубого очищення, роторних вентиляторів. Зносостійкі конвеєрні шнеки поступово подають матеріал на решітний стан. Висока ефективність шнеків особливо помітна при збиранні вологих культур, а також при роботі на схилах.

Попередній очисник видаляє 25% вимолоток. Близько третини зерна після проходження попереднього очищення потрапляє безпосередньо в шнек чистого зерна, що зменшує обсяг зерна та вимолоток, що проходять через ґратний стан. Лазерна система стеження за обсягом незмолоченого зерна забезпечує передачу точної інформації, яка необхідна для правильного налаштування компонентів системи очищення.

Решетний стан з лівого і правого краю обладнаний ґратами з подовженими прутами, завдяки чому при поперечному ухилі до 7-9 градусів багат шарових купа, що накопичується, вимолоток повертається на дообмолот, без збільшення втрат.

Зернозбиральні комбайни фірми "Нью Холланд" (New Holland) почали випускати ще в 1970 році на заводі США, де встановлювали МСП з двома роторами та аксіальною подачею хлібної маси та мали назву TR серія. Наступною серією після TR стали випускати CR. Що перша серія що друга використовує два ротори (рис. 1.11), при допомозі яких відбувається відокремлення зерна від колосків. Малі ротори мають підвищену колову швидкість обертання на яких діють відцентрові сили.



Рис. 1.11 Молотильно-сепаруючі пристрої "Нью Холланд" (New Holland)

Використання таких конструкцій дозволяє максимально завантажувати молотарку, тим самим рівномірно потім розподіляти зернову масу на стрясну дошку.

Подача скошеного матеріалу до МСП відбувається при допомозі похилого транспортера (даний елемент комбайна є у всіх марках зернозбиральних машин). Сонхронна праця шнека, транспортера дають можливість подачі маси на ротори, при відповідній постійній швидкості. В роторних пристроях зерно відділяється від колосків за рахунок витирання, а не удару, тому таке зерно має добре посівні властивості через відсутність мікропошкоджень.

В деяких серіях комбайнів New Holland, а саме CX8.80 використовується на кінці молотильно-сепарувального пристрою бітер Straw-Flow (діаметр якого 315 мм), при допомозі якого відбувається розпущення маси (рис. 1.12).

Головною особливістю решітного стану всіх комбайнів New Holland є наявність додаткового решета попереднього очищення, яке дає відчутну перевагу у відокремленні смітної домішки. Саме завдяки цій особливості

системи очищення комбайна СХ славляться неперевершеною чистотою зерна у бункері.

Для запобігання попаданню пошкодження молотильно-сепарувального пристрою в комбайнах використовують спеціальних захист, який запобігає потраплянню каміння та інших предметів до роторів. Так в вищеописаній моделі комбайна на похилій камерів є люк, який розташований знизу та відкривається в випадку збільшення навантаження руху зернової маси.

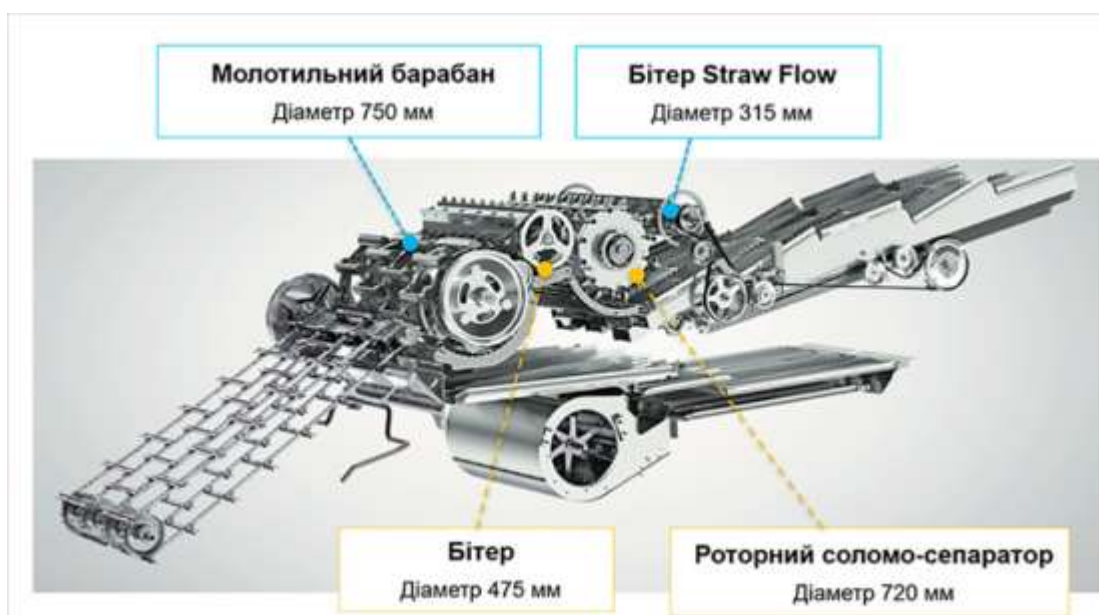


Рис. 1.12. Молотильно-сепарувальний пристрій комбайна серії СХ8.80

(сайт <https://agrotimes.ua/>)

У New Holland не забули й про автоматизацію процесів. Сучасний СХ8.80 уже в базовій комплектації має такі автоматизовані системи, як Opti-Speed та Opti-Fan, що автоматично змінюють, відповідно, частоту руху клавів соломотряса та потік повітря від вентилятора, залежно від повздовжнього кута нахилу комбайна. Функція Intelli-Cruise контролює кількість зрізаної маси, яка надходить до комбайна, та навантаження на двигун і самостійно регулює швидкість руху. З тим ураховується рівень втрат за клавішами, решетами та кількістю маси в системі домолоту.

Однією з перших фірм яка випустила роторний комбайн була CASE IH, ця серія називалась AF. В 2024 році компанія Case IH випустила однороторні комбайни для збирання зернових серії АФ9 (AF9) та 10. Відрізняється від

попередньої 11 серії (на яких стоїть так званий подвійний ротор AFXL2), в новій серії установлений один ротор AFXL, але він має більшу довжину на 20%, тим самим площа сепарації в ньому збільшена на 50%.

Завершальним етапом роботи комбайна є отримання в бункері якісного зерна без домішок. Загальною вимогою до сучасного зернозбирального комбайна є забезпечення в бункері комбайна зерна, яке не буде підлягати додатковому очищенню. Ці вимоги ставляться перед виробниками зернозбиральних комбайнів, а саме вдосконалення системи очищення зерна. Очищення зерна в комбайнах відбувається завдяки створенню вентилятором повітряного потоку, з можливістю регулювання швидкості потоку, на повітряно-решітний елемент комбайна. На новітніх комбайнах присутня можливість вирівнювання решіт, коли зернозбиральний комбайн працює на склоні. Так на зернозбиральному комбайні «New Holland» серії CR використовується решета з системою Opti-Clean (рис. 1.13).



Рис. 1.13. Решітний стан «Opti-Clean» комбайна «New Holland» з системою «Opti-Fan»

Новітній решітний стан комбайна «New Holland» серії CR має можливість в автоматичному режимі регулювати вентилятор, його частоту обертання. Така система дозволяє якісніше очистити зерно на 25%, незалежно від виду культури тим самим підвищуючи його ціннову складову. Також в даній серії встановлені системи «Opti-Fan»; «Opti-Speed» та «Multi-Thresh», а саме регулювання швидкістю соломотряса, точніше його клавішами та розкидання за комбайном по всій ширині подрібненої соломи. Так дана система в автоматичному режимі регулює оберти вентилятора від 200 до 1050 обертів за хвилину. В даній серії комбайнів «New Holland» та серії CX відокремлення зерна від колосу відбувається ще на грохоті, потім потрапляє на решета (нижні) тим самим розвантажуючи верхнє решето. Рух

даних решет відбувається в протилежних напрямках, один відносно одного; все це дає можливість зменшення навантаження в цілому на решітний стан. Вищеописаний рух решет дозволяє якісно очищувати зерна, перезавантаження сит соломистим матеріалом.

Серія СХ має мод живість використання зернозбирального комбайна на вологих полях, все це відбувається за рахунок очищення секцій грохоту.

Також вищеописаний виробник зернозбиральних комбайнів запатентував власний винахід, який дозволяє під час роботи комбайна на полях з великим схилом (максимум 25°) в автоматичному режимі вирівнювати решета комбайна.



КОМПЕНСАЦІЯ БОКОВОГО НАХИЛУ ДО 17%

Решітний стан з системою автоматичного вирівнювання компенсує боковий нахил комбайна до 17%, а також запобігає скученню зернової маси під час розворотів у кінці поля, що забезпечує її рівномірний розподіл і неперервне очищення зерна.

Рис. 1.14. Решітний стан комбайна. (сайт <https://agriculture.newholland.com/>)

Технологія «Smart Sieve» рівномірного розподілу маси по решетам від New Holland дозволяє рух решетам в боковому переміщенні, спрямовуючи тим самим зерновий потік вгору з боку нахилу, що в свою чергу призводить до рівномірного розподілення по решетам (решітному стану). Отже рівномірне розподілення по решітному стану зерна призводить до кращого обдуву повітрям, тим самим відбувається якісне очищення.

В зернозбиральному комбайні «Массей Фергюсон» (Massey Ferguson) використовується високопродуктивна очисна система для зерна. Високопродуктивний вентилятор з 6-ма лопатями ефективно подає повітря на решета, тим самим ефективно очіщуючи зерно. Якщо комбайн має роторну систему обмолоту то використовується на таких машинах турбінний вентилятор, який має два потоки повітря: спочатку подається повітря на молотильну частину ротору, а потім на решета.

В комбайнах Джон Дір використання спеціальна система очищення та транспортування зерна, яка дозволяє агрегату працювати при різних умовах збирання.

Система очистки Джон Дир має блок спеціальних шнеків при допомозі яких відбувається подача зерна до решата. Потім потрапляє зерно на два решета інших (верхнє та нижнє) при допомозі яких відокремлюється стебельна маса разом з вимолоченими колосками. Подача повітря на решета відбувається при допомозі великого 500 міліметрового роторного вентилятора.

РОЗДІЛ 2.

СИСТЕМА ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ПРИ ЗБИРАННІ УРОЖАЮ

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 підбарабання МСП.

Можна безліч наводити факторів які впливають на стомленість роботи оператора, який працює з восьмої години ранку до повної темряви. Тому виникла об'єктивна необхідність впровадження на зернозбиральних комбайнах АСК (автоматичної системи контролю) та елементарного встановлення автопілоту, при допомозі якого комбайн буде слідувати згідно свого курсу об'їдаючи перешкоди. Дані автопілоти ведуть комбайн по краю рядка скошеної культури. Все це виконує камера та блок керування, так званий «мозок» машини.

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 вибирати той режим роботи який необхідний на даному участку, під час виконання даної операції. Збалансований, фіксований та максимальний режими дозволяють вибирати автоматичі 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 Trimble GFX 350

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).

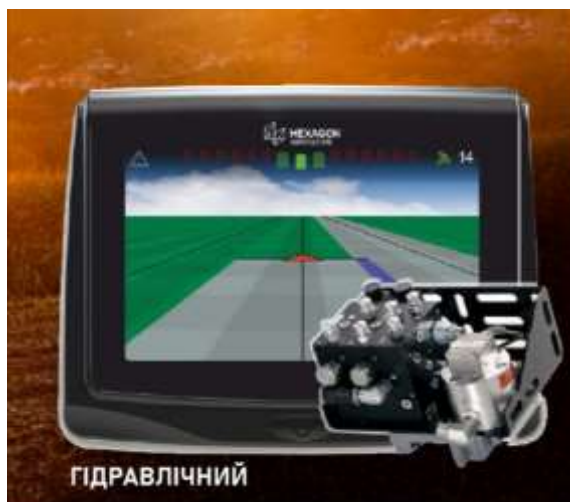


Рис. 2.2. Автопілоти комбайна [14]

Так однією із автоматизацій комбайна є можливість встановлення автомата водіння (рис. 2.3) EZ-Pilot Pro від відомого виробника Trimble, яка поставляється на ринок від Тайтен Машинері Україна. Використання вищеприписаної системи паралельного (автоматизованого) водіння дозволяє в господарстві економити не тільки паливо-мастильні матеріали, а і посівний матеріал. Дана система також виключає помилку механізатора чи комбайнера через усталість. Використання даної системи дозволить також зменшити витрату добрив та засобів захисту рослин під час виконання конкретних сільськогосподарських операцій.

Унікальність даної системи в її простоті, яка виключає так званий людський фактор.

Можливе встановлення підрулюючих пристроїв додаткових монтажних комплектів на трактори та комбайни та розумних навігаційних контролерів NAV 900 які є абсолютно мобільними та адаптивними для роботи на будь-якій самохідній одиниці техніки. 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 проходження 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 половини. 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 підрую 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 міні 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).

frendt.ua



Автопілот TOPCON
System X14 AG
(комплект)

Автопілот TOPCON
System X25 AG

Автопілот TOPCON
System X30 AG

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

- TOPCON; модельний ряд SYSTEM X14 (X25; X30; X35) AG (рис. 2.8)

- 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.



Рис. 2.9. Курсовказівник John Deere (сайт <https://store.frendt.com.ua/>)

- Raven (модельний ряд Envizio Pro, CR7 та 12, Viper 4, Cruiser II та систему VSN, яка використовується тільки для обприскувачів) рис. 2.10.



Рис. 2.10. Курсовказівник Raven (сайт <https://store.frendt.com.ua/>)

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.

Швейцарська фірма (компанія) Leica випускає системи паралельного водіння Mojo mini та Mojo 3D які обладнані 4,3 дюймовими екранами, програмним забезпеченням Leica Geosystems яке ефективно себе зарекомендувало як під час виконання сільськогосподарської операції так і під час руху по рівній дорозі. Крім того в компанії Leica's розроблена новітня технологія «steer-to-the-line» яка дозволяє вести точнісінько по лінії рядка.

Одним із найкращих систем для паралельного водіння є агронавігатор Hexagon (модель Ti5). Перевага даного супутнику у використанні 14 спутників, які забезпечують стабільну роботу обладнання тим самим точність виконання операції. Дане обладнання має можливість приєднання датчиків для керування не тільки комбайном а і обприскувачами та сівалками (можливість на останньому встановлення від 8 до 28 датчиків). Даний агронавігатор використовує підрулюючий пристрій HexDrive.

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 автотопілотом 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 курсказівника 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.

На збиранні з комбайнами агрегатовались 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).

Таблиця 3.1

**Технічна характеристика зернозбиральних комбайнів 9 покоління
серії STS**

№	Показники	John Deere 9560 STS	John Deere 9660 STS	John Deere 9880 STS
1.	Ємність зернового бункеру (час за який звільняється від зерна), літрів; (літрів за хвилину)	7800 (77)	8800 (77)	11000 (110)
2.	Маса, кілограм	12450	13523	14900
3.	Тип барабану	аксіально-ротаторний		
4.	Діаметр ротора (обмолот/сепарація)	600мм/ 678мм	750мм/ 826мм	750мм/ 826мм
5.	Довжина ротора.	3130 мм	3130 мм	3130 мм
6.	Похила камера (ширина та довжина)	1118 мм / 1727 мм		
7.	Кутова швидкість (обмолот/сепарація)	8,5...39,3 / 9,7...43,7	8,2...39,3 / 9,2...43,7	
8.	Зазор підбаранбня	0...50 мм		
9.	Потужність двигуна (номінальна, кВт/к.с)	198/265	227/305	347/465
10.	Площа обмолоту та сепарації	0,9 м ² (1,6 м ²)	1,1 м ² (1,9 м ²)	1,1 м ² (1,9 м ²)
11.	Площа решіт	3,61 м ²	4,55 м ²	4,55 м ²

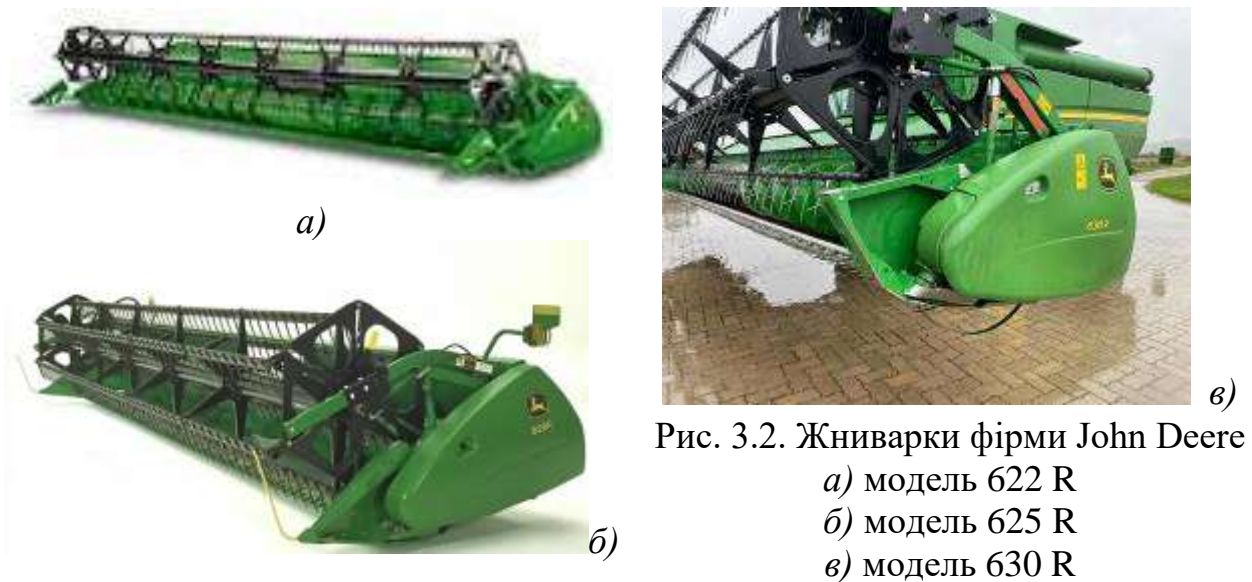


Рис. 3.2. Жнивварки фірми John Deere
 а) модель 622 R
 б) модель 625 R
 в) модель 630 R

Під час роботи зернозбирального комбайна проводять оцінку роботи жаток, а саме висота зрізу стебел (та чистота); ширина валка; втрати зерна які залишилися у колосках та соломі, яка знаходиться в валку. Якість очистки се парувального пристрою зернозбирального комбайну можна спостерігати по чистоті зерна в бункері.

Для визначення втрат у колосках нами було використано дерев'яну рамку для збору всередині неї невимолочених колосків; зібрані колоски власноруч ми витирали та зерно зважували. Для розрахунків нами бралось середнє значення отримане з квадратного метра.

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

			John Deere 9560 STS	John Deere 9660 STS	John Deere 9880 STS
1					
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	16,82
8	(намолот зерна) т/год	200 га	13,82	15,52	17,28
9		300 га	14,34	15,92	17,74
10	Продуктивність за 1 годину змінного часу	100 га	3,33	3,78	4,21
11	(зібрана площа) га / год	200 га	3,46	3,88	4,32
12		300 га	3,59	3,98	4,44
13	Витрата палива, кг/год		41,4	47,44	62,89
14	Витрата палива на одиницю зібраної площі, кг/год	100 га	9,95	10,04	11,95
15		200 га	9,57	9,78	11,65
16		300 га	9,22	9,54	11,33

Рис. 3.3. Результуюча таблиця Microsoft Office Excel.

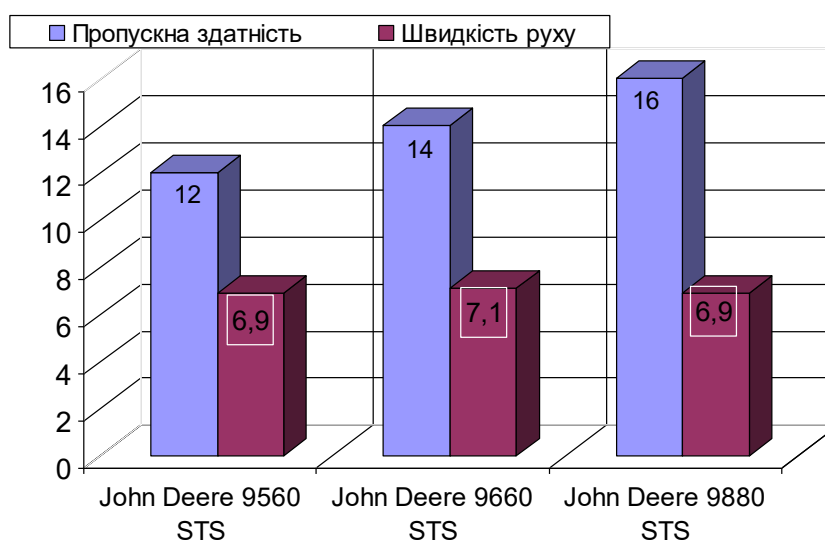


Рис. 3.4. Показник продуктивності та швидкості руху зернозбиральних комбайнів

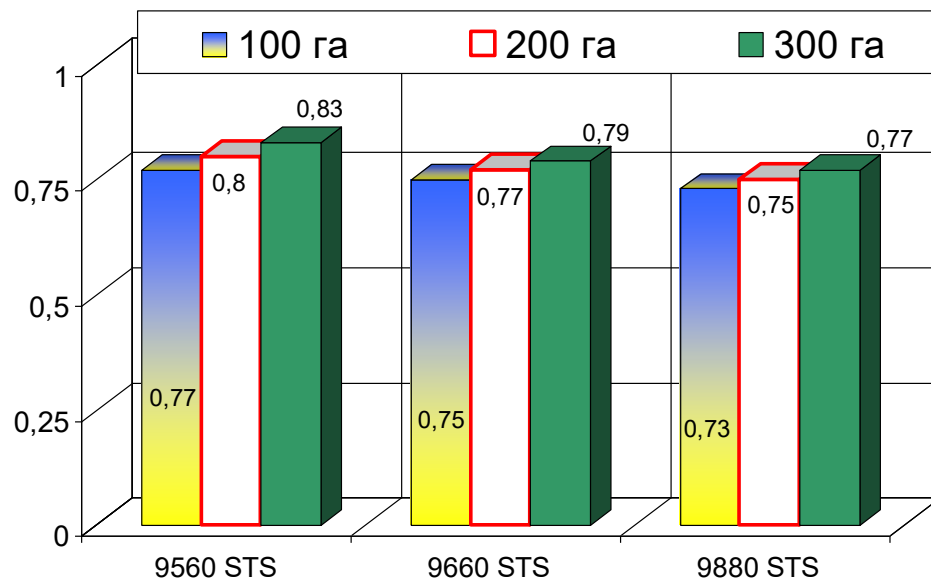


Рис. 3.5. Залежність коефіцієнту від площі поля

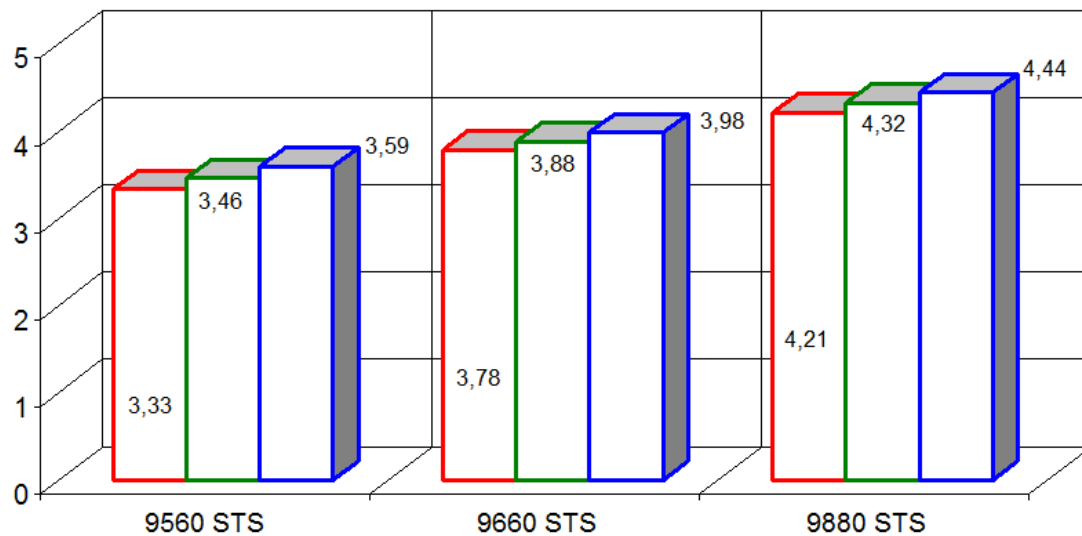
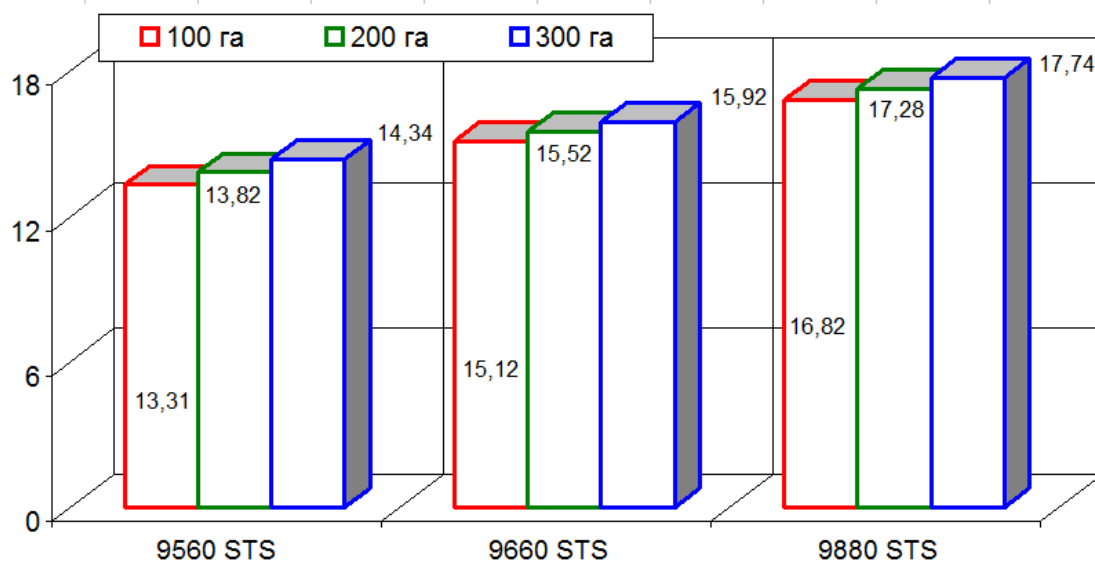


Рис. 3.6. Залежність продуктивності від площі поля

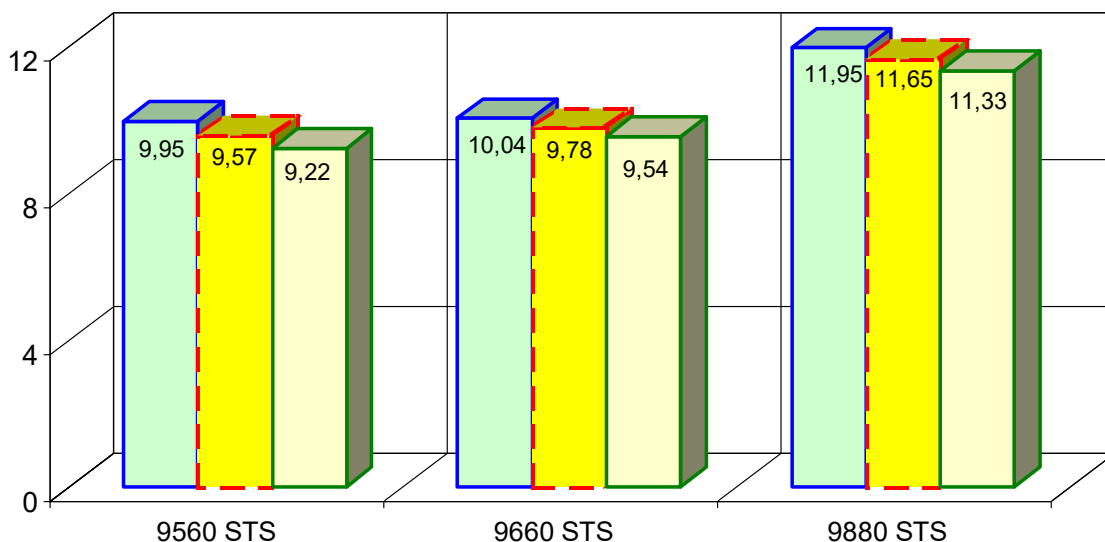


Рис. 3.7. Залежність витрати палива від площі поля

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 дозволи нам збільшити продуктивність зернозбирального комбайна. При максимальні 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.

Під час тестування різних систем точного землеробства було виявлено, що навігатор від John Deere виявився найточнішим. У всіх проїздах відхилення від заданої колії становило менше 20 см, і погрішності в керуванні були мінімізовані. Інші системи працювали менш точно і не так безперебійно.

Причинами відмінностей у точності були якість самих систем керування, так і якість коригувальних сигналів. Крім того, водій може впливати на реакцію системи, оптимізуючи її функції. Наприклад, на Trimble встановлене програмне забезпечення, яке автоматично налаштовується в залежності від зміни робочої швидкості. Якість реакції системи керування проявляється особливо при в'їзді на наступний слід. Після того, як автомат бере на себе керування, система порівнює заданий маршрут з фактичним

розташуванням комбайна і відповідно виправляє положення кермового колеса. Плавними короткими рухами комбайн вирівнюється в новій колії. Автомати від John Deere та Trimble значно полегшують роботу механізатора, взявши на себе значну частину робочих операцій.

ВИСНОВКИ

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. Одним з основних недоліків традиційних комбайнових технологій збирання зернових є те, що обмолот і вивезення урожаю може починатися не в оптимальний період для найкращої якості зерна, що впливає на якість урожаю та може призводити до його втрат.

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-zernozybralnykh-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-dozvolyaye-ekonomiti-do-15-palnogo>.
3. Кондратьєв Є. Мониторинг урожайності. [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.
4. Артёмов М. П. Технологічні системи збирання зернових культур [Електронний ресурс] / М. П. Артёмов. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: 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

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

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

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-protsesu-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; УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2020. – 224 с. – (Серія «Сільськогосподарська техніка XXI: моніторинг, випробування, прогнозування»).
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/posibnyky-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.

23. Практикум з машиновикористання в рослинництві / А.С. Лімонт, І.І. Мельник, А.С. Малиновський 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. 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.

ДОДАТКИ