

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра механіки та інженерії агроєкосистем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КІРИЄНКО МИКОЛА ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 620.92

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Розробка системи зважування тюків
великих квадратних пресів-підбирачів**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Кіриєнко М.О.

Керівник роботи

Грабар І.Г.

Доктор технічних наук, професор

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Кіриєнко Микола Олександрович. Розробка системи зважування тюків великих квадратних пресів-підбирачів. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

Дослідження зосереджене на розробці системи вимірювання маси тюків великого квадратного преса-підбирача для оцінки масового виходу, масової витрати, ваги окремих пластів і тюків.

В системі вимірювання маси використовувалися датчики вимірювання ваги, розташовані в камері попереднього стиснення. Інформація про силу ваги разом з інформацією датчиків преса-підбирача та географічною інформацією були об'єднані для створення оцінки масової витрати і масового виходу. Розроблена система вимірювання маси була оцінена в порівнянні з промисловими системами. Продуктивність розробленої системи вимірювання маси істотно не відрізнялася з рівнем достовірності 95% від відомих виробничих систем ваги для тюків і успішно продемонструвала оцінки виходу маси.

Основною ідеєю дослідження була розробка, аналіз та перевірка системи моніторингу масової врожайності для великих тюкових пресів-підбирачів, які широко поширені серед виробників сіна.

Ключові слова: прес-підбирач, врожайність, тюк, система зважування, маса

ANNOTATION

Kiryienko Mykola Oleksandrovysh. Development of bale weighing system for large square balers. - *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

The study focuses on the development of a bale weight measuring system for a large square baler to estimate mass yield, mass flow, weight of individual layers and bales.

The mass measurement system used weight sensors located in the pre-compression chamber. Weight information along with baler sensors and geographic information were combined to create mass flow and mass output estimates. The developed mass measurement system was evaluated in comparison with industrial systems. The performance of the developed mass measurement system did not differ significantly with a confidence level of 95% from the known production systems of weight for bales and successfully demonstrated estimates of mass yield.

The main idea of the study was to develop, analyze and test a mass yield monitoring system for large bale balers, which are widespread among hay producers.

Key words: baler, yield, bale, weighing system, weight

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1. Обґрунтування необхідності вдосконалення сучасних систем виходу пресів-підбирачів.....	6
Висновки до розділу.....	12
Розділ 2. Розробка удосконаленої системи зважування тюків преса-підбирача.....	13
Висновки до розділу.....	20
Розділ 3. Результати дослідження та їх обговорення.....	22
Висновки до розділу.....	27
Висновки.....	29
Список використаних джерел.....	30
Додаток А.....	33

ВСТУП

Системи врожайності стають все більш важливими для розуміння і підвищення стабільності врожайності сільськогосподарських культур. Бажання керівника сільськогосподарського підприємства отримувати зворотній зв'язок для прийняття обґрунтованих рішень по отриманню високих врожаїв на всьому полі проявляється в швидкості впровадження існуючих систем врожайності.

Системи врожайності великих тюкових пресів-підбирачів є досить новим явищем для сільськогосподарського співтовариства в порівнянні з системами врожайності зерна і в даний час існує дуже мало рішень, які дозволяють оцінити врожайність за допомогою великих квадратних прес-підбирачів. Поточні системи виходу для великих квадратних прес-підбирачів засновані на об'ємних витратах, які передбачають постійну щільність тюка, а також для різних тюків. Необхідні подальші дослідження і розробки для визначення масової витрати, і масового виходу великих тюкових прес-підбирачів, які будуть позбавлені залежності від постійної щільності як у випадку з оцінками об'ємної витрати.

Сіно займає третє місце за обсягами виробництва серед біомас, проте існує дуже мало комерційних систем для оцінки його врожайності.

Основна ідея цього дослідження полягала в розробці, аналізі та перевірці системи моніторингу масової врожайності на основі масового виходу для великих тюкових прес-підбирачів, які широко поширені серед виробників сіна. Моніторинг врожайності на прес-підбирачах представляє безліч проблем через різну динаміку, параметри біомаси і методи пресування.

Мета і задачі дослідження. Мета дослідження – розробити систему зважування квадратних тюків великих прес-підбирачів для оцінки їх масового виходу при заготівлі сіна.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- обґрунтувати необхідність вдосконалення сучасних систем масового виходу пресів-підбирачів;
- визначити ключові параметри, необхідні для оцінки масового виходу;
- проаналізувати основні параметри машини та положення датчиків сили ваги, які використовуються для оцінки маси пластів, масової витрати і масового виходу;
- оцінити ефективність оцінки ваги пластів і тюків за допомогою інтегрованої системи масового виходу і масової витрати для великих квадратних пресів-підбирачів.

Об’єкт дослідження: врожайність сіна на різних ділянках поля.

Предмет дослідження: взаємозв’язок робочих параметрів, умов роботи та положення прес-підбирачів і вимірювальних датчиків, а також властивостей рослинного матеріалу в процесі тюкування сіна.

Методи дослідження: дослідження виконано з використанням методів механіки, теорії обробки сигналів та електроніки. Експериментальні дослідження проведено із застосуванням методів теорії імовірності, математичної статистики.

Розділ 1

ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВДОСКОНАЛЕННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ВИХОДУ ПРЕСІВ-ПІДБИРАЧІВ

Точне землеробство стало основним напрямком удосконалення методів ведення сільського господарства з метою максимального збільшення потенціалу сільськогосподарських культур. Такі рішення, як внесення добрив, швидкість і час поливу, тип культури і час збору врожаю, можуть бути прийняті на основі добре поінформованого зворотного зв'язку про поточний і попередній врожаї [1–5]. Бортові системи моніторингу врожаю зазвичай використовуються в зернових, бавовняних та інших областях для забезпечення зворотного зв'язку в режимі реального часу і після збору врожаю про врожайність конкретної культури.

Оскільки світове населення продовжує зростати, існує постійна потреба в скороченні розриву врожайності. Розрив врожайності описується як різниця між отриманим врожаєм і максимальною потенційною врожайністю, яку дана культура може досягти при ідеальних умовах. Було підраховано, що сільськогосподарські культури досягають від 20% до 80% свого повного потенціалу [6, 7]. Щоб зрозуміти різницю у врожайності сільськогосподарських культур, необхідно розробити інструменти і методи для порівняльного аналізу їх поточної врожайності і зробити їх доступними для сільського господарства.

Оцінка врожайності

Оцінка врожайності на рівні поля подібна для більшості культур. Після збору врожаю його зазвичай зважують при доставці на продаж або на переробку. Щоб розрахувати базову врожайність поля, необхідна загальна маса зібраного врожаю і площа поля. Зазвичай це досягається шляхом підсумовування різної ваги вантажу, знятого з поля тракторними причепами або зерновозами.

Хоча описаний вище метод визначення середньої врожайності з поля може використовуватися для великих квадратних тюків, тюки часто доставляють в місця, де відсутні великі автомобільні ваги у тому числі на фермі для годівлі тварин.

Поширеним методом оцінки врожайності сіна і кормів є оцінка середньої ваги тюка. Це досягається шляхом зважування частини тюків на полі або шляхом зважування всіх тюків за допомогою системи ваги, яка встановлена на прес-підбирачі. Загальний розмір поля звичайно відомий або може бути легко визначений за допомогою багатьох широко доступних інструментів географічної інформації [8–12].

Системи контролю врожайності

Системи моніторингу сільськогосподарських комбайнів в реальному часі оцінюють врожайність на основі ряду розрахунків. Врожайність вказується як маса на певній площі.

Масовий компонент виходу оцінюється датчиками масової витрати, які вимірюють витрату або масу матеріалу за певний період часу. Частку врожаю за площею можна оцінити по швидкості руху транспортного засобу, яка зазвичай вимірюється за допомогою GPS (глобальної системи позиціонування) або радара. Швидкість в поєднанні з робочою шириною дозволяє отримати значення площі в часі. У певний момент часу розраховується вихід (зазвичай з частотою 1 Гц). Координати GPS також фіксуються для виведення на карту.

Для розробки системи масового збору врожаю необхідні такі компоненти як GPS-приймач, датчики масової витрати, комп'ютер (електронний блок управління) для обробки та інтеграції сигналів датчиків, а також дисплей для передачі інформації оператору. Інформація GPS, така як широта, довгота і швидкість автомобіля, передається від приймача GPS по шині CAN (мережа контролера) із частотою 1 або 5 Гц. Комп'ютер, розташований на машині підключений до мережі здатної приймати сигнали GPS, а також сигнали

датчиків масової витрати. Електронний блок управління використовує дані від датчиків масової витрати і сигнали GPS для оцінки вихідної маси. Потім розрахунковий масовий урожай передається в CAN на дисплеї, який відображає врожай і зберігає дані врожаю для аналізу після збору.

Системи виходу великих квадратних прес-підбирачів

Системи масового виходу і масової витрати, інтегровані у великі квадратні прес-підбирачі, здатні оцінювати інформацію в реальному часі за допомогою об'ємних вимірів. Зокрема, ця концепція відображається при визначенні швидкості формування тюків. Реєстрація збільшення об'єму тюка з плином часу дозволяє оцінити об'ємні витрати.

В даний час Harvest Tec пропонує комерційне рішення з HayBoss G2. У ньому використовується об'ємна оцінка масової витрати і масового виходу [13–16]. Система складається з декількох датчиків, які вимірюють вологість і зміщення тюка. Оператор повинен ввести середню вагу тюка, довжину тюка і ширину валка на сторінці налаштування. На деяких моделях прес-підбирач обладнаний вагами тюка на задній панелі, які оновлюють вагу тюка для коригування середньої ваги.

Вологість врожаю

Вологість важлива при аналізі інформації про врожайність в різних умовах. Найчастіше системи масового виходу поєднуються з системами вологості, щоб точно визначити суху масу.

Для таких культур, як люцерна, де рівень вологості може коливатися від 5 до 80%, масова врожайність може бути невірно інтерпретована при порівнянні полів зі значно розрізненою вологістю.

Існують системи вимірювання вологості сіна і кормових культур, які широко використовуються для вимірювання вологості в режимі реального часу на прес-підбирачах. У методах вимірювання вологості використовуються провідність, мікрохвилі, ємнісні і інфрачервоні хвилі.

Принцип роботи і компоненти великогабаритного прес-підбирача

Великі квадратні прес-підбирачі зазвичай мають наступні розміри пресувальної камери: ширина і висота 90х90 см, 120х90 см і 120х120 см, однак зустрічаються і інші. Довжина тюків варіюється в залежності від побажань замовника, але більшість прес-підбирачів здатні виробляти тюки від 60 до 300 см.

Прес-підбирачі для великогабаритних тюків складаються з семи основних частин: підбирач, камера попереднього стиснення, пресувальна камера, плунжер, натяжна панель, зв'язувач і голки, задня панель (рис. 1.1).

Підбирач - це перша система, яка контактує з матеріалом і забезпечує можливість підйому врожаю із землі. Підбирач має декілька рядів зубів, які обертаються навколо центральної осі. Зубці підбирача піднімають матеріал вгору і далі культура взаємодіє зі шнеками, захватними пальцями або роторами, які допомагають перевести врожай в стан попереднього стиснення. Роторна система також може мати ножі для розрізання врожаю під час його руху. Ножі зазвичай задіюються при збиранні культур з більш високою вологістю.

Камера попереднього стиснення - це камера, яка забезпечує накопичення рослинного матеріалу для утворення однорідних пластів і утримує матеріал до певного часу. Матеріал попередньо стискається за допомогою пальців або голок, які упаковують матеріал в камеру - це зазвичай називається циклом упаковки. В заданий моменти часу, якщо камера попереднього стиснення заповнена, відбувається цикл наповнення, при якому матеріал піднімається з камери попереднього стиснення в камеру пресування і матеріал в цей момент називають пластами. Цикл наповнення синхронізується з положенням плунжера, так що, коли плунжер втягується то дозволяє матеріалу потрапляти в пресувальну камеру через отвір в її дні.



Рис. 1.1. Основні частини великого квадратного прес-підбирача John Deere

Пресувальна камера - це місце, де формується тюк і відбувається його додаткове ущільнення. Тюк складається з декількох пластів, які стиснуті разом і надійно упаковані за допомогою шпагату. У пресувальній камері перебувають плунжер і натяжні панелі, які контролюють завантаження, а також забезпечують щільність тюка.

Плунжерна система в прес-підбирачі складається з компонентів, аналогічних поршню в двигуні, де плунжер з'єднаний з набором шатунів, які з'єднуються з кривошипом. Важіль кривошипа обертається круговими рухами за допомогою коробки передач, коробка передач приводиться в рух валом відбору потужності (ВВП).

Панелі натягу управляються гідроциліндрами, які створюють силу між рамою прес-підбирача і панелями натягу. Панелі натягу дотикаються до бічних сторін і верхньої частини тюка.

Після того, як в пресувальній камері буде стиснено достатню кількість пластів і довжина тюка досягне бажаного значення, набір голків відкотиться і перенесе тюк в верхню частину прес-підбирача, де знаходиться зв'язувальний механізм.

Задня панель дозволяє тюку опускатися на землю.

Технологія зважування тюків великого квадратного прес-підбирача

Точність ваги тюка, що розраховується на прес-підбирачах в режимі реального часу, має вирішальне значення, якщо середня вага тюка або загальна вага тюка будуть використовуватися для розрахунку загальної маси і врожайності поля. При пресуванні вага тюка фіксується, а потім середня вага тюка оновлюється до більш свіжої інформації, щоб краще оцінити середню вагу тюка і загальну масу зібраного рослинного матеріалу.

Найбільш поширений метод визначення ваги тюка - установка двох вагових датчиків з диференціальною балкою між пресувальною камерою і задньою панеллю (рис. 1.2). В деяких конструкціях підбирачів встановлюються балкові ваговимірювальні ділянки між задньою панеллю і підрамником на задній панелі, які зазвичай вимірюють силу ваги в 4 точках.

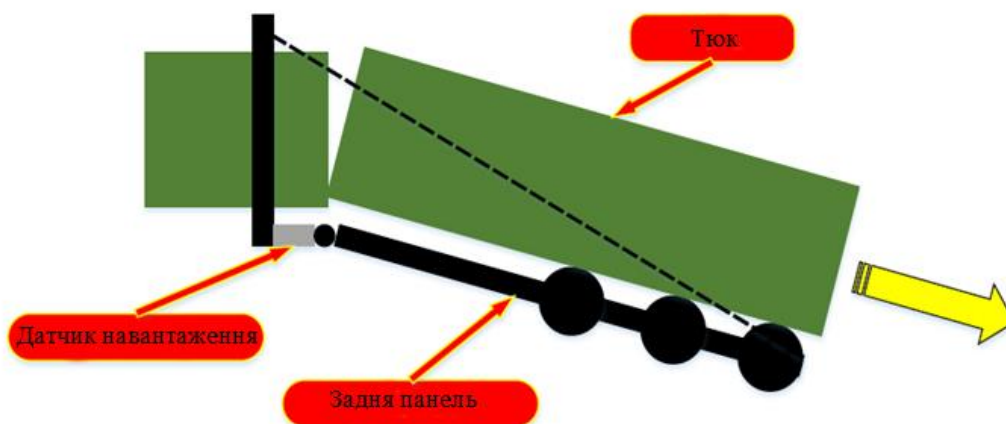


Рис. 1.2. Система зважування тюків великого квадратного прес-підбирача (задня панель нахилена щодо датчика навантаження і утримується під кутом ланцюгом або ремнями (пунктирна лінія))

Доступно дуже мало даних щодо дослідження системи зважування тюків на задній панелі прес-підбирача. Похибки середньої ваги тюка на рівні 1-3% були зареєстровані при зборі кукурудзяної соломи [17–19].

Висновки до розділу

В розділі наведений загальний огляд систем масового моніторингу врожайності. Обговорюються системи контролю врожайності і технологія зважування тюків для великих прес-підбирачів. Описано компоненти і принцип роботи прес-підбирача, а також функції і взаємодію його підсистем.

Розділ 2

РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ЗВАЖУВАННЯ ТЮКІВ ПРЕСА-ПІДБИРАЧА

У відомих системах контролю виходу продукції використовується тільки один датчик для оцінки вхідного потоку матеріалу. Деякі системи, такі як системи масової витрати бавовни, використовують кілька датчиків одного і того ж типу на різних шляхах вхідного потоку, але оцінка масової витрати обмежується однією технологією датчиків.

Матеріали та методи

Сили, що діють на біомасу в камері попереднього стиснення, можна розділити на чотири основні складові: сила, обумовлена масою рослини (вага); сила, що надається рослинному матеріалу для стиснення і підйому; сила, нормальна до стінок камери попереднього стиснення; сила тертя (рис. 2.1).

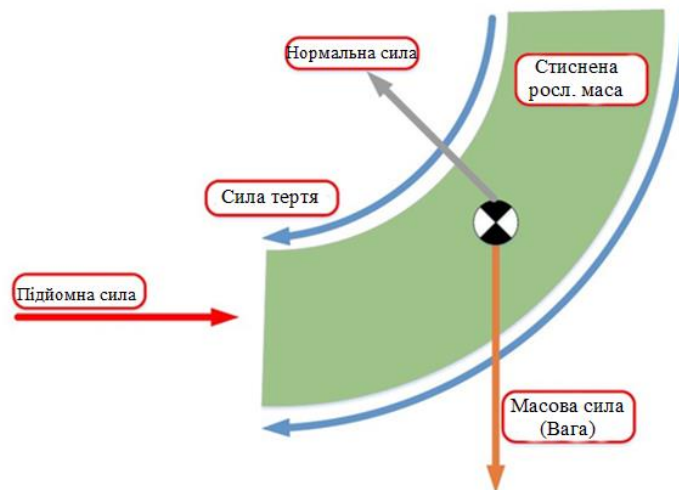


Рис. 2.1. Схема дії сил на вільний рух рослинної маси в камері попереднього стиснення

Коли рослинний матеріал піднімається в пресувальну камеру, ці сили і їх взаємодія змінюються. Сила, створювана для підйому і стиснення врожаю, може бути визначена за допомогою інструментів компонентів системи подачі.

Нормальну силу можна визначити шляхом вимірювання тиску, що чиниться культурою на ділянки стінки камери попереднього стиснення.

Датчики також були встановлені на дні завантажувального лотка, щоб вловлювати нормальні сили рослинної маси, коли матеріал упаковувався в камеру попереднього стиснення, а потім піднімався в камеру пресування.

Навантаження на плунжер і тиск в панелі натягу

Вимірювання навантаження на плунжер і тиску в натяжній панелі - звичайна справа для великих тюкових прес-підбирачів. Комбінація вантажних штифтів і датчиків тиску разом з системою управління керує ущільненням тюка, що призводить до зміни ваги тюка. Система є саморегулюючою з петлею зворотного зв'язку для обмеження навантаження на плунжер.

Навантаження на плунжер може варіюватися в залежності від ряду факторів, пов'язаних з біомасою, таких як вологість, тип культури і отримувана товщина пластів. Оператори також змінюють навантаження на плунжер виходячи із свого досвіду і виробничої задачі. Якщо тюки транспортуються за межі майданчика, оператори збільшують навантаження на плунжер, щоб отримати тюки максимальної щільності. Несприятливі наслідки збільшення навантаження на плунжер для певних культур можуть привести до пошкодження шпагату і розриву тюків.

Датчик зусилля лотка живильника

Завантажувальний лоток на дні камери попереднього стиснення був спеціально обладнаний для аналізу. При нормальній роботі лоток знаходиться в прямому контакті з рослиною, що подається в камеру попереднього стиснення. Нормальна сила лотка подачі вимірювалася двома ваговимірювальними датчиками, встановленими внизу передньої частини лотка. З кожного боку був встановлений датчик з максимальним навантаженням 2200 Н (рис. 2.2). Дно утримувалося на місці за допомогою набору штифтів, які кріпилися через раму попереднього стиснення.



Рис. 2.2. Датчик зусилля лотка встановлений поряд з передньою частиною лотка зі знятими штифтами лотка

Вимірювання потоку врожаю

Для точного запуску оціночних розрахунків за часом і площею була потрібна система вимірювання потоку врожаю. Датчик був установлений безпосередньо над підбирачем для контролю маси, що надходить (рис. 2.3). Це ультразвуковий датчик з діапазоном чутливості 100-900 мм. Вихідна напруга датчика варіювалася від 0,5 до 4,5 В постійного струму.



Рис. 2.3. Ультразвуковий датчик для визначення потоку рослинної маси

Вимірювання потоку врожаю було перевірено і проведено в реальному часі в різних умовах врожаю, система реагувала на різні валки, а також на різну продуктивність.

Оцінка площі, часу і швидкості

Оброблена площа і час визначалися при 100 Гц. Остання відома дійсна швидкість транспортного засобу використовувалася для інтерполяції швидкості між зареєстрованими вимірами швидкості 5 Гц. Для оцінки пройденої відстані використовувалася швидкість транспортного засобу на основі радара.

Збір даних

Вага, довжина і географічне положення тюка реєструвалися за допомогою 3-точкової системи датчиків (рис. 2.4). Система зважування вантажу складалася з трьох ваговимірювальних осередків з диференціальною балкою (Digi-Star PN: 143978), розподільної коробки (Digi-Star PN: 404930) і вагової головки GT400 (Digi-Star PN: 405559). Довжина тюка разом з відносним положенням тюка фіксувалася двома ультразвуковими датчиками в діапазоні від 100 до 900 мм. Аналогові сигнали зчитувалися в комп'ютер через аналогово-USB систему (National Instruments, USB-6003). Нахил і крен шкали реєстрували за допомогою двовісного датчика нахилу (Level Developments, PN: LCH-45). Приймач Garmin GPS WAAS використовувався для визначення місця розташування трактора для зважування на частоті 5 Гц (Garmin International Inc.).

Комп'ютерний графічний інтерфейс користувача (GUI) використовувався для взаємодії оператора з системою, такої як запис інформації, калібрування, а також моніторинг. Інтерфейс складався з декількох ключових компонентів: таблиці тюків, геопросторової карти, обраного номера тюка, маси тюка, довжини тюка, положення тюка зліва, положення тюка справа, нахилу і крену. Просторова карта дозволила отримати двомірне зображення положення

кожного тюка разом з поточним положенням зважувального трактора (рис. 2.5). Файли даних прес-підбирача були завантажені в систему зважування після завершення пресування і містили наступну інформацію: місце падіння тюка (широта і довгота), дата і час скидання тюка, номер тюка, машина, шлях машини (місце розташування машини, записане з частотою 1 Гц).



Рис. 2.4. Трактор для зважування тюків і вимірювальне обладнання



Рис. 2.5. Карта відстеження тюків на полі

(білі точки - незважені тюки, червоні квадрати – зважені тюки, зелений квадрат - поточний стан трактора, синя лінія - шлях прес-підбирача)

Після того, як тюк був обраний і піднятий системою зважування, оператор очікує стабілізації вимірної ваги. Після того, як вага не змінилася на 0,5 кг, вага була записана, якщо нахил і крен знаходилися в межах $\pm 5^\circ$ від горизонталі. Дані тюків були збережені в файл, де вони доступні для аналізу і містять

наступну інформацію: місце зважування тюків (широта і довгота), дата і час зважування тюків, номер тюка, машина, крок (градуси), крен (градуси), виміряна довжина тюка (мм), положення центра тюка відносно його шкали (мм).

Вміст вологи в тюках

Зразки вологості були зібрані під час тюкування, щоб оцінити вологість врожаю. Зразок було взято з тюка за допомогою корончатого свердла діаметром 6,35 см і довжиною 75 см. Місце відбору проби знаходилося в центрі тюка.

Зібрані польові дані

Дані були зібрані з березня по грудень з двох окремих прес-підбирачів для тюкування люцерни і трави однієї моделі, яка виробляє тюки розміром 120x90 см. Всього в цьому аналізі було використано 1584 тюка, з них 817 тюків від машини А і 767 тюків від машини В (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

Вага і вологість тюків, зібраних кожною машиною

Машина	Кількість тюків	Середня вологість, %	Відхилення вологості %
Машина-А	817	14,6	6.3
Машина-В	767	11	4.5

Фактори дослідження та рівні їх варіювання

Декілька факторів обробки були націлені на те, щоб зібрані дані були репрезентативними для типових польових умов, які змінюються, а не націлені на однакові умови (таблиця 2.2). Фактори складаються як з контрольованих, так і спостережуваних. Керовані фактори знаходяться під впливом оператора за допомогою різних методів реалізації і не контролюються безпосередньо. Наприклад, масова витрата може бути змінена за рахунок зміни швидкості

руху транспортного засобу, проте він також залежить від фактичних умов поля і врожайності сільськогосподарських культур.

Таблиця 2.2

Умови дослідження

Фактор	Рівні	Реалізація	Ціль реалізації	Примітки
Масова витрата		Зміна швидкості транспортного засобу.	3-18 км/год	Обмежена польовими умовами та подачею матеріалу
Вологість	5-45%	Дослідження протягом року. Багаторазове дослідження на різних полях та врожаях.		Залежно від поля
Вага тюка		Задане значення навантаження поршня. Тиск напруги. Багаторазове дослідження на різних полях та врожаях.	60-100% 30-180 бар	Оператор регулює навантаження машини. Залежно від поля
Кількість пластів	20-100	Зміна швидкості автомобіля. Багаторазове дослідження на різних полях та врожаях.	3-18 км/год	Залежно від поля
Нерівномірний потік матеріалу	Коефіцієнт навантаження поршня 0.75-1.25	Рух машини вздовж валка. Багаторазове дослідження на різних полях та врожаях.		Під впливом оператора. Рівномірність валка.
Співвідношення рухів плунжера і подачі пластів	1:1, 2:1, 3:1	Зміна швидкості автомобіля. Багаторазове дослідження на різних полях та врожаях.	3-18 км/год	
Машина		Використання декількох машин		Дві машини

Щоб машина працювала з максимальною продуктивністю, бажано мати співвідношення рухів плунжера до подачі пластів 1:1. Цим співвідношенням можна управляти шляхом зміни швидкості транспортного засобу, при тих же умовах врожаю. Якщо машина була сповільнена, співвідношення збільшилося б і навпаки.

Запис сигналів датчиків

Для збору даних для цього проекту було записано кілька форм передачі сигналів. Основною платформою збору даних була National Instruments CompactRIO. CRIO-9082 використовувався для збору даних з частотою 500 Гц від цифрових, аналогових, деформаційних каналів і каналів мережі контролера (CAN). Прес-підбирач, використаний в цьому дослідженні, мав стандартну швидкість 45 ходів поршня в хвилину при номінальній швидкості ВВП 1000 об/хв, в результаті чого один цикл поршня відбувався кожні 1,33 секунди. При 500 Гц це призвело до роздільної здатності 0,54 градуса положення плунжера. Цифрові і аналогові сигнали захоплюють інформацію виробничих датчиків, яка зазвичай транслюється по CAN, проте в CAN існує затримка і частота даних занадто висока для захоплення по CAN. Цей підхід дозволив при аналізі даних імітувати динамічну синхронізацію сигналу електронного блоку управління (ЕБУ), який в підсумку реалізував би цей алгоритм. Сигнали деформації відповідали чотирьом унікальним експериментальним датчикам. Некритична інформація про машину була записана через CAN, включаючи кількість пластів і тюків. GPS також був записаний з CAN-шини агрегату для визначення поточного місцезнаходження машини.

Мета-дані були захоплені через графічний інтерфейс користувача (GUI) LabVIEW в реальному часі і записані з кожним файлом журналу даних. Мета-дані включали таку інформацію, як машина, тип культури, ферма, поле, зрізка, примітки до врожаю і дата.

Висновки до розділу

Система датчиків була розроблена для оцінки масової витрати і врожайності для великого тюкового преса-підбирача з використанням комбінації датчиків для кількісної оцінки основних параметрів алгоритму і поточного стану прес-підбирача.

Цей напрямок досліджень трохи відрізняється від відомих підходів. Зокрема, розроблена система являє собою алгоритм прямого розрахунку маси, а не об'ємний розрахунок, який перетворюється в масу за допомогою врахування щільності. Розроблена система розраховує масовий вихід окремих пластів на початку процесу, коли прес-підбирач вперше взаємодіє з врожаєм. Завдяки прямому вимірюванню сили, що виникає при підйомі врожаю в пресувальну камеру, залежність від щільності тюка з вимірами об'ємного потоку більше не є необхідною.

Запропонований підхід передбачає об'єднання кількох вбудованих датчиків, які мають прямий контакт з культурою, щоб забезпечити надійність і точність в різних умовах.

Розділ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Параметри оцінки ваги тюка

Було виявлено кілька факторів, які можуть потенційно вплинути на характеристики розробленої системи мас: кількість пластів в тюкові, довжина і вологість тюка.

Довжина тюка була визначена як потенційне джерело, що впливає на продуктивність системи. На вагу тюка можна вплинути, просто створивши більш короткі або більш довгі тюки.

Вологість тюків, виміряна при відборі проб, також була певним показником, який був потенційним джерелом мінливості похибок. Вологість матеріалу була визначена з двох причин: 1) вологість безпосередньо впливає на масу врожаю, 2) властивості матеріалу, такі як тертя, могли змінитися, що прямо впливає значення сил. Як показав регресійний аналіз, очевидного зв'язку між вологістю і помилкою ваги тюка не було.

Оцінка ваги пластів

Всього 84 733 пласти були використані в дослідженні (46700 для машини А та 38033 для машини В).

Масовий вихід і оцінка масової витрати

Розрахунковий вихід вологої маси варіювався від 0 до 0,7 кг/м² із середнім значенням 0,24 кг/м² (рис. 3.1).

Одне конкретне поле (13,3 га) було тричі тюковане для масового збору даних. Для цього поля були проаналізовані квітневі, червневі і липневі врожаї, щоб кількісно оцінити сталість масового виходу за кілька збирань (рис. 2.16). У квітні середній вологий урожай склав 0,20 кг/м², у червні - 0,21 кг/м², а у липні - 0,23 кг/м². Вологість вимірювалася в квітні і липні, середня вологість при цьому становила 13,1 і 7,9% відповідно.

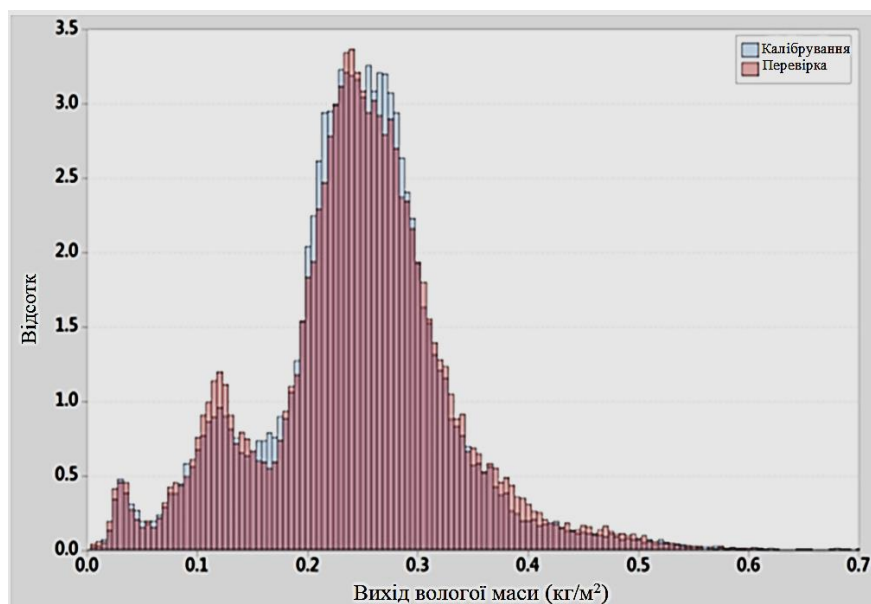


Рис. 3.1. Розрахунковий вихід сирі маси

Застосовувалося коригування відстані між GPS-приймачем і підбирачем. Різниця їх положень була найбільш помітною на краю поля, де прес-підбирач вийшов з валка і повернувся, щоб перейти на інший валок (рис. 3.2).

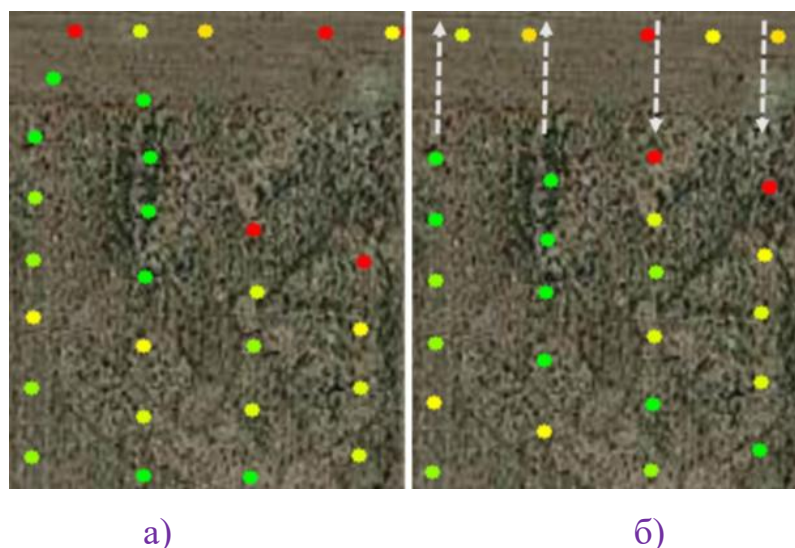


Рис. 3.2. Точки GPS без (а) та з корекцією (б) на відстань зсуву від приймача до підбирача (білі стрілки вказують напрямок руху)

Прес-підбирачі, використані в цьому дослідженні, працювали зі швидкістю 45 ходів поршня в хвилину, це означає, що новий цикл

відщеплення відбувається кожні 1,33 секунди. Це означає, що при зміні швидкості транспортного засобу розподільча здатність або відстань між точками врожайності також буде змінюватися. Якщо швидкість транспортного засобу залишається незмінною, проте врожайність знижується, відстань між точками врожайності збільшується. Це спостерігалось в північно-західному куті поля (угорі ліворуч), де відстань між червоними крапками збільшилася (рис. 3.3).

Таким чином, розподільча здатність є пов'язаною з фактичним урожаєм, так як в умовах високої врожайності швидкість транспортного засобу зазвичай обмежується масовою витратою, на яку здатний прес-підбирач.

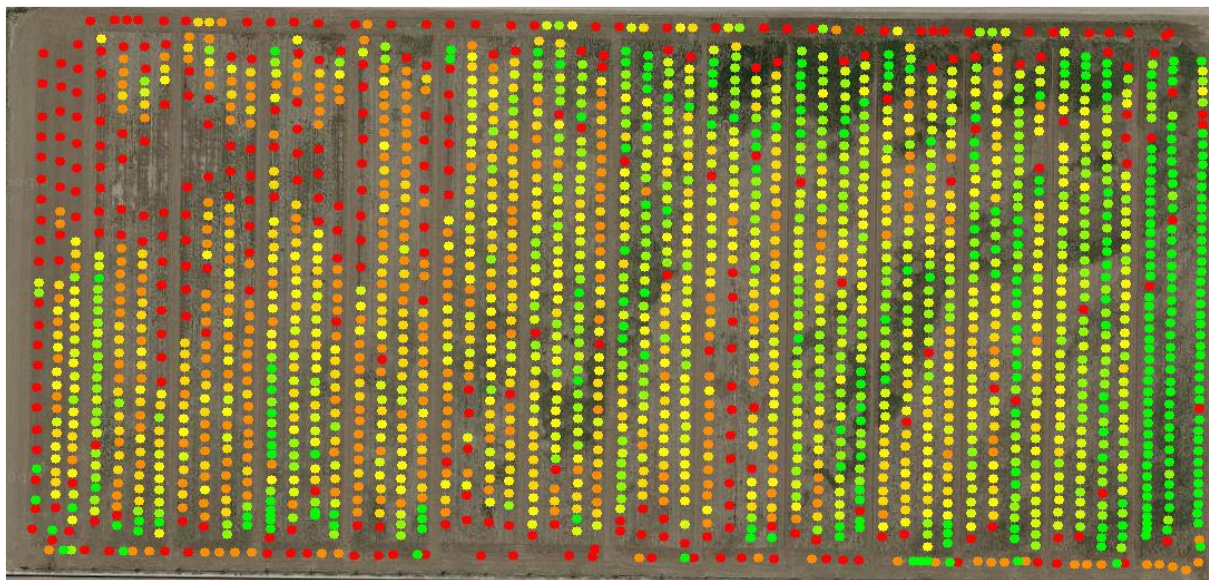


Рис. 3.3. Карта врожайності поля

Щоб впевнитися, що розроблена система масової врожайності є достовірною отримані результати визначалися для трьох врожаїв (рис. 3.4). Було відмічено, що на трьох картах врожайності були виявлені аналогічні ділянки поля з більш низькими показниками врожайності (Зони А та В).

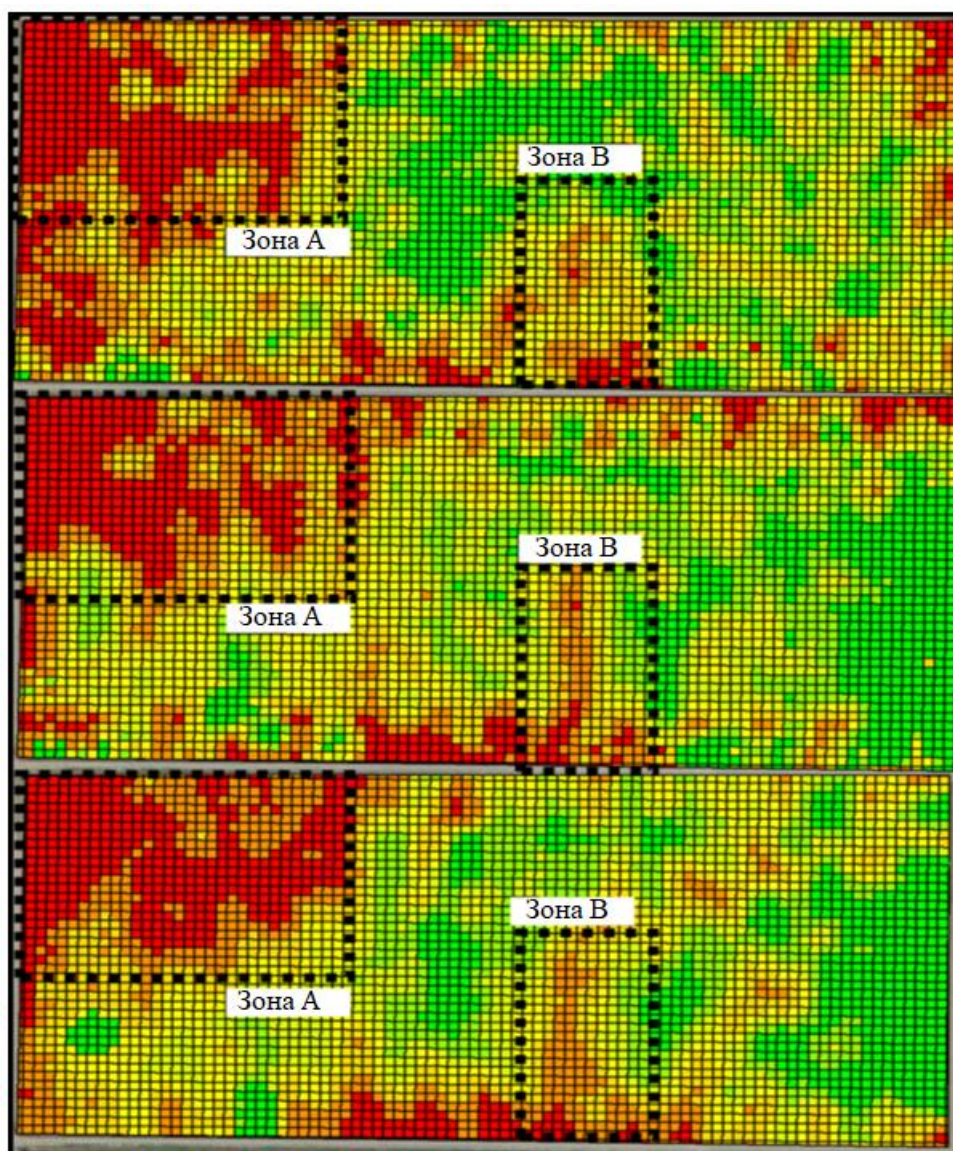


Рис. 3.4. Порівняння карт врожайності для одного і того ж поля за 3 різних збирання: квітень (зверху), червень (по середині) і липень (знизу)

Зелений колір вказує на області з більш високою врожайністю, а червоний - з більш низькою. Чорні контури позначають області поля з аналогічними характеристиками.

Статистичний аналіз трьох збирань було проведено шляхом поділу поля на 128 ділянок, кожна по 0,1 га. За допомогою геозонування окремі точки врожайності, пов'язані з кожною ділянкою за кожен рік, усереднювалися для отримання середнього врожаю по ділянці. Середній урожай ділянок був проаналізований для статистичного порівняння врожайності між збираннями.

Щоб точно порівняти врожайність за різними збираннями, урожай коректували для кожного збору на основі середнього врожаю. Щоб спостерігати відмінності був виконаний дисперсійний аналіз за критерієм Тьюкі. Кольорова схема (рис. 3.5) відповідає результатам проведеного порівняння. На ділянках поля, які показали більш високі і стабільні врожаї, різниця в урожайності між трьома збираннями істотно не відрізнялася. Більше 48% поля істотно не розрізнялися між трьома збираннями врожаю.



Рис. 3.5. Порівняння середньої врожайності дослідного поля по 3 збиранням (критерій Тьюкі при $\alpha=0.05$)

Порівняння масового виходу

Були зібрані додаткові дані по досліджуваному полю для порівняння розроблених карт врожайності з іншими характеристиками поля, які можуть допомогти пояснити коливання врожайності.

Знімки NDVI були зроблені на рік раніше даного дослідження (рис. 3.6). За час між двома дослідженнями на полі не було ніяких серйозних змін, таких як обробка ґрунту, внесення добрив, обприскування або повторний посів, тому передбачалося, що відносні відмінності всередині поля залишаться практично

такими ж. Єдиними процесами, які відбувалися в цей час на полі, були звичайне косіння, згрібання, тюкування, укладання тюків і зрошення поля. Візуально порівнюючи розраховану врожайність і NDVI, було помічено, що існують аналогічні ділянки поля, де врожайність і рослинність нижче в порівнянні з іншими ділянками поля. Обидва зони (а та В) показують аналогічні результати, що дозволяє припустити, що дані по врожайності адекватно відображають зміну врожайності на всьому полі.

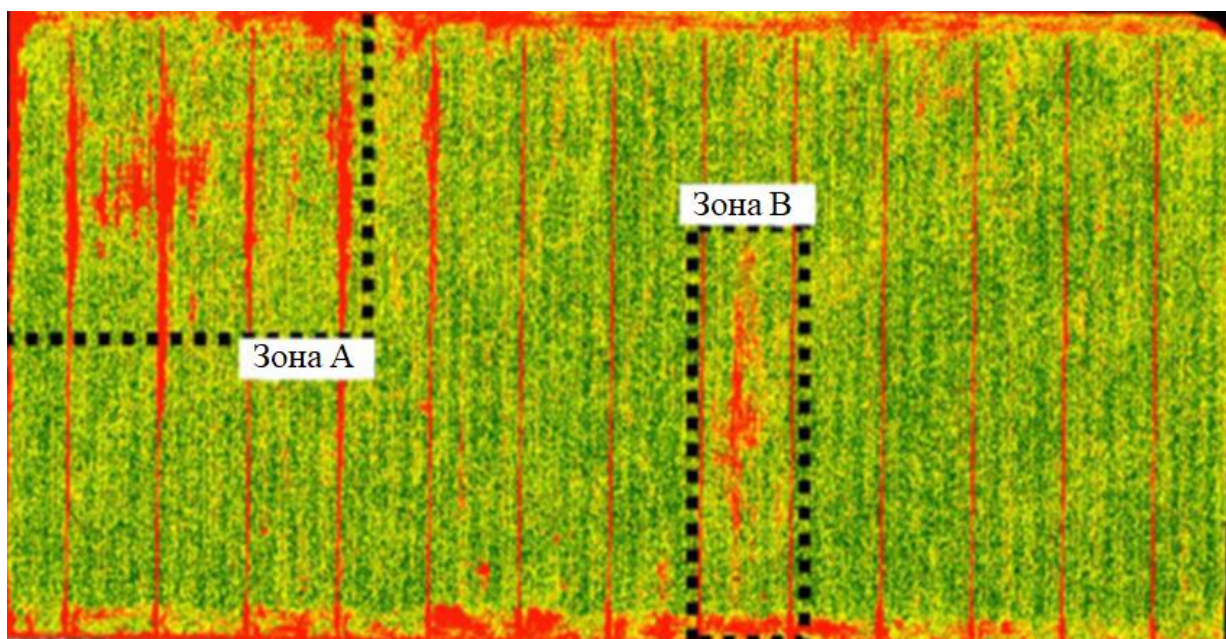


Рис. 3.6. NDVI-карта поля

Висновки до розділу

Таким чином, метод вимірювання маси на великих прес-підбирачах, описаний в цьому дослідженні, був вдалим рішенням для оцінки виходу маси, масової витрати і ваги тюків. Досліджений підхід був спрямований на отримання прямої оцінки маси на рівні ділянок з використанням вимірних і оцінених ваг тюків. Достовірність розробленої системи вимірювання маси була порівняна з попередніми дослідженнями для великих квадратних прес-підбирачів, що підтвердило її валідність.

Дані цього дослідження привели до значень виходу сирієї маси в діапазоні від 0 до 0,7 кг/м², що відповідає галузевим показниками врожайності. При дослідженні декількох збирань з одного поля на картах їх врожайності були представлені унікальні характеристики поля, що вказують на ділянки з більш низькою врожайністю. Розроблену технологію оцінки врожайності можна використовувати для отримання інформації про продуктивність поля для прийняття управлінських рішень.

ВИСНОВКИ

У той час як технологія моніторингу врожайності широко використовується протягом багатьох років в системах виробництва зерна і бавовни, існує дуже мало технологій для оцінки врожайності для великих тюкових прес-підбирачів. Нові методи і підходи, описані в цій роботі, забезпечують реалізацію технології для оцінки маси пластів, відкриваючи можливість подальших розрахунків масової витрати і масового виходу, а також ваги тюків люцерни і трав'яного сіна. Розроблена система зарекомендувала себе при оцінці маси на 2 різних машинах.

Разом з тим, існують можливості для подальших досліджень, наприклад додаткове поліпшення продуктивності системи, а також поширення розробленого методу на інші культури, які зазвичай впаковують в тюки, такі як солома пшениці і кукурудзи.

Розроблена технологія може бути додатково розширена і застосована для прес-підбирачів інших розмірів.

Подальше впровадження датчиків вологості дозволить зв'язати вологість сільськогосподарських культур з масою для отримання оцінок сухої маси.

Для спрощення системи визначення маси ефективна ширина вважалася постійним параметром на всьому полі. Проте ефективна ширина валка, ймовірно, варіювалася на всьому полі. Додатковий геопросторовий аналіз або постобробка інформації дозволять провести аналіз впливу ефективної ширини валка на точність оцінок врожайності.

Крім того, розроблену масову систему в подальшому доцільно доопрацювати з можливістю реалізації в реальному часі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Карпенко М. Інновації механізації заготівлі та приготування кормів / М.Карпенко // Пропозиція.- 2004. — № 7. – С. 91— 95.
2. Карпенко М. Перспективна технічна політика в галузі механізації заготівлі стеблових кормів в Україні / М.Карпенко // Пропозиція. — 2012. — № 5.
3. Світлишин І.І. Місце інноваційних процесів на сільськогосподарських підприємствах / І.І. Світлишин // Економіка. Управління. Інновації. — 2010. — № 2 (4)
4. Чабан В. Г. Інновації як умова підвищення конкурентоспроможності аграрного сектору / В. Г. Чабан // Економіка АПК. — 2006. — № 7. — С.68 — 72.
5. Шобанів, В. С., 2007. Перспективи розвитку сільськогосподарського машинобудування в Україні. Вісник аграрної науки Причорномор'я, 2, с. 4-10.
6. Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств : підручник. – 2-ге вид., доп. і переробл. / В. Г. Андрійчук. – К. : КНЕУ, 2004. – 624 с.
7. Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку. Інформаційно-аналітичний збірник / За ред. П. Т. Саблука та ін. Вип. 6. – К. : ІАЕ УААН, 2003. – 764 с.
8. Корзун, О. С. Основы адаптивного растениеводства / О. С. Корзун. - Гродно: ГГАУ, 2010. - 150 с.
9. Точное сельское хозяйство / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара, А. Захаренко, В. Якушева. - СПб.: Пушкин, 2009.-397 с.
10. Штотц, Л.-П. Современное сельское хозяйство: пер. с нем. / Л.-П. Штотц. - Минск: Эволайн, 2012. - 352 с.
11. Овсинский, И. Е. Новая система земледелия - Новосибирск: АГРО-СИБИРЬ, 2004. - 86 с.

12. Адамчук, В. В. Точное земледелие: существо и технические проблемы / В. В. Адамчук, В. К. Мойсеенко // Тракторы и с.-х. машины .- 2 0 0 3 .- № 8 .- С . 12-19.
13. Hay Preservative Applicators and Precision Components. AGCO Corporation. 2016.
14. Комаренко В. Прес-підбирачі: огляд конструкцій та результати випробувань / В. Комаренко, М. Костюнін // Техніка і технології АПК. - 2014. - № 3 (54). - С. 13-15.
15. Новинки сільгосптехніки на виставці SIMA - 2007. [Текст] : научно-популярна література / В. Ясенецький // Пропозиція. - 2007. - №6. - С. 100-102.
16. Шейченко В.О. Теорія і розрахунок апаратів для підбирання та обертання / В.О. Шейченко, Г.А. Хайліс. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2014. – 240 с.
17. Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно – гарантія стабілізації урожайності на рівні 90-100 ц/га (практичні рекомендації) / Черенков А.В., Циков В.С., Дзюбецький Б.В., Шевченко М.С. та ін. // Дніпропетровськ: ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України, 2012. – 31 с.
18. Кропивко М.М. Розвиток кормовиробництва в господарствах населення // Економіка АПК. – 2015. – № 11. – С.35-44.
19. Жуков В.П. Рулонна технологія заготівлі сінажу із трав / В.П.Жуков, М.Ф.Кулик, А.В.Грицун [та ін.] // Корми і кормовиробництво. — 2001. — Вип. 47. — С. 246 – 248.