

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОСІВНИХ
АГРЕГАТІВ АДАПТИВНИМИ РІШЕННЯМИ ТЕХНОЛОГІЇ
PRECISION PLANTING**

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМ-1-22 за

спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ **Титаренко Сергій Сергійович**

Керівник: _____ Деркач Олексій Дмитрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2023

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП _____

(назва кафедри)

доцент _____

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Титаренку Сергію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОСІВНИХ АГРЕГАТИВ АДАПТИВНИМИ РІШЕННЯМИ ТЕХНОЛОГІЇ PRECISION PLANTING»

керівник роботи Деркач Олексій Дмитрович, к.т.н., доцент
_____ (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ДДАЕУ від

« 09 » листопада 2023 року № 3422

2. Строк подання студентом роботи 10.12.2021 р. _____

1. 3. Вихідні дані до роботи. Навчальний посібник «Дипломне проектування з машиновикористання в рослинництві», посібники «Типові норми на виконання механізованих робіт у рослинництві», «Типові норми на виконання сівби»; Практикум елементами інтерактивного навчання «Системи GIS та основи технологій цифрового землеробства»; Методичні рекомендації «Початок роботи з програмою для ведення цифрового землеробства AFS (Advanced Farming Systems)». Деркач О.Д., Михайліченко Є.М., Сумятіна О.О. ДДАЕУ: ЕМТП, 2020. – 28 с.; навчальна, довідкова література з машиновикористання в рослинництві, електронні джерела з технології землеробства Precision Planting, інтернет-джерела виробників точного землеробства: Tribble; John Deere тощо.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз ефективності використання посівних агрегатів та методи її підвищення. 2. Методи підвищення ефективності використання посівних агрегатів за критерієм якості посіву в технології precision planting. 3. Експериментальна частина. 4. Охорона праці та захист в надзвичайних

ситуація 5. Економічне обґрунтування роботи. Загальні висновки. Література.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Титульний лист. 2. Тема, мета, завдання. 3. Аналіз стану питання. 4. Аналіз стану питання. 5, 6, 7 Експериментальна частина. 8. Розробка рекомендацій 9. Економічне обґрунтування роботи. 10. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		
2	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		
3	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		
4	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		
5	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 10.06.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 30.07.2023 р.	
2	Теоретичний	до 10.09.2023 р.	
3	Розрахунковий	до 30.09.2023 р.	
4	Охорона праці	до 15.11.2023 р.	
5	Економічний	до 04.12.2023 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.12.2023 р.	

Студент _____ Титаренко С.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Деркач О.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота присвячена вирішенню питання підвищення ефективності машино-тракторного парку шляхом застосування сучасних технологій землеробства, зокрема, цифрових. Ефективними інструментами підвищення показників машиновикористання можуть бути цифрова платформа AFS, онлайн платформа «Агропрофіль», цифровий софт пенетрометра S600, програмне забезпечення Climate FieldView. Цифровий контроль величини ущільнення ґрунту дозволить раціонально спроектувати технологічні процеси землеробства.

Робота складається з пояснювальної записки формату А 4, виконаної на 65 сторінках, додатків та супроводжувальних презентаційних слайдів, виконаних в програмі Power Point.

Автор дипломної роботи має наукову публікацію у співавторстві в Збірнику тез доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 23-24 лют. 2023 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2023. 610 с., С. 235-237.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОСІВНИХ АГРЕГАТИВ ТА МЕТОДИ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ.....	9
1.1. Загальна характеристика	9
1.2. Енергетична складова концепції розвитку посівної техніки.....	12
1.3. Діджиталізовані системи посівних МТА.....	15
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОСІВНИХ АГРЕГАТИВ ЗА КРИТЕРІЄМ ЯКОСТІ ПОСІВУ В ТЕХНОЛОГІЇ PRECISION PLANTING	21
2.1. Моніторинг даних.....	21
2.2. Механізм створення заданого притискового зусилля на опорних колесах (технологія DeltaForce).....	25
Висновки по розділу.....	28
РОЗДІЛ 3 . ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	29
3.1. Програма досліджень.....	29
3.2. Реалізація адаптивної технології посіву кукурудзи	29
3.3. Результати експерименту та обробка отриманих у 2023 році даних....	38
Висновки по розділу.....	43
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	44
4.1. Загальні положення.....	44
4.2. Загальні вимоги з охорони праці перед початком сівби	45
4.3. Загальні вимоги охорони праці при сівбі.....	47
Висновки по розділу.....	48
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ.....	49
5.1. Розрахунок показників.....	49
Висновки по розділу.....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	54
ЛІТЕРАТУРА.....	55
Додатки	

ВСТУП

Методи підвищення ефективності використання машинно-тракторного парку аграрних підприємств шляхом конструктивних удосконалень на сьогодні практично вичерпані. Майже досягнута межа підвищення потужності енергетичних засобів, ширини захвату агрегатів тощо. Дійсно, з існуючими на сьогодні матеріалами, важко зробити жатку зернозбирального комбайна більше 20 метрів, а трактор з двигуном, потужністю більше 500 кВт у сільському господарстві не знайде широкого застосування.

Проте, одним із ефективних способів вирішення цієї проблеми є застосування сучасних технологій експлуатації та управління техніки: телематичних систем, технологій точного та цифрового землеробства. Наприклад, підвищити коефіцієнт ширини захвату агрегату можна, використовуючи засоби паралельного водіння, автоматичних керованих рухів агрегатів на розворотах та ін. Такі системи дозволяють працювати агрегатам в темний час доби, що підвищує коефіцієнт використання часу зміни.

Однак і тут проблемою є те, що кожен виробник систем точного та цифрового землеробства намагається випустити свою, індивідуальну лінійку обладнання і софтів, що ускладнює процес упровадження їх у виробництво. В часописі «Пропозиція» технічний директор ТОВ «Агро КМР» Олег Плахін так висловився про цю проблему: «Проблема, на мій погляд в тому, що кожен учасник ринку, що надає ці послуги і обладнання аграріям бажає стати монополістом. Несумісні системи від різних виробників, рідко хто з розрізнених виробників готовий надати свої API-дані по API-інтерфейсу (API – інтерфейс прикладного програмування), тобто немає єдиного стандарту, по якому могла б працювати ця техніка. Тому, виникає необхідність у придбанні різного допоміжного обладнання і, як наслідок, витрачаєш додаткові кошти». В ТОВ «Агро КМР» вирішували цю проблему самотужки. І вони її вирішили шляхом використання всього двох систем: Trimble (яка працює з технікою Case IH) і JDLink (працює виключно з технікою John Deere). О. Плахін також

вказав на проблему дуже слабкої підготовки вітчизняних механізаторів. Цитата: «Вони бояться навчатись і не готові в повній мірі використовувати обладнання, з яким працюють. А в цих технологіях необхідно розбиратися, постійно навчатися, бо вони – технології – не стоять на місці, постійно і швидко розвиваються і якщо ми зараз не встигнемо їх в повній мірі освоїти то нас чекають нові проблеми» - кінець цитати.

Підвищити ефективність машинно-тракторного парку на експериментальних полях конкретного агропідприємства - ТОВ «Агротек-Інвест» – за одночасного використання софтів декількох виробників і є одним із завдань дипломної роботи.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОСІВНИХ АГРЕГАТІВ ТА МЕТОДИ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

1.1. Загальна характеристика

Як і будь-які машинно-тракторні агрегати (МТА), у тому числі й посівні характеризуються такими показниками використання: продуктивність, енергоємність та матеріалоємність технологічного процесу, якість виконання роботи. Для цього у науково-дослідних інститутах, університетах та конструкторських бюро заводів-виготівників ведуться роботи зі створення посівних машин, що відповідають сучасним вимогам. Роботи провадяться як у напрямі вдосконалення існуючої техніки, і у напрямі пошуку принципово нових технічних рішень [1]. Процес удосконалення посівних машин закладено у відповідних концепціях, або, так званих, парадигмах розвитку.

Розробка перших посівних машин базується на законах механіки, в яких вирішувалися такі наукові завдання:

- силові розрахунки елементів конструкції з урахуванням їх взаємодії;
- описи фізичних властивостей ґрунту; подання характеру руху насіння та гранул мінеральних добрив через дільник трубопроводами, через сошник у ґрунт;
- визначення траєкторії руху елементів МТА по складному рельєфу поля.

Якщо розглядати траєкторію переміщення насіння і гранул мінеральних добрив трубопроводами від дільника у напрямку сошників щодо ґрунту, то вони під дією сили тяжіння рухаються з деякою швидкістю у напрямку до ґрунту і при цьому переміщуються разом з машинно-тракторним агрегатом з деякою робочою швидкістю. Із урахуванням такої моделі поведінки посівного МТА, що рухається з певною робочою швидкістю V_{p1} та з сумою швидкостей самого насіння в насіннепроводі і МТА – $V_{p2} + V_{p1}$ –

вдалося спроектувати ефективні механізми доставки насіння від бункера сівалки до насінневого ложе, що забезпечило досить точні норми посіву. При цьому, виробникам так і не вдалося вийти за межі техніко-технологічної дії парадигми залежності швидкості руху агрегату і величини відхилення від норм агротехнічних вимог (рис. 1.1).

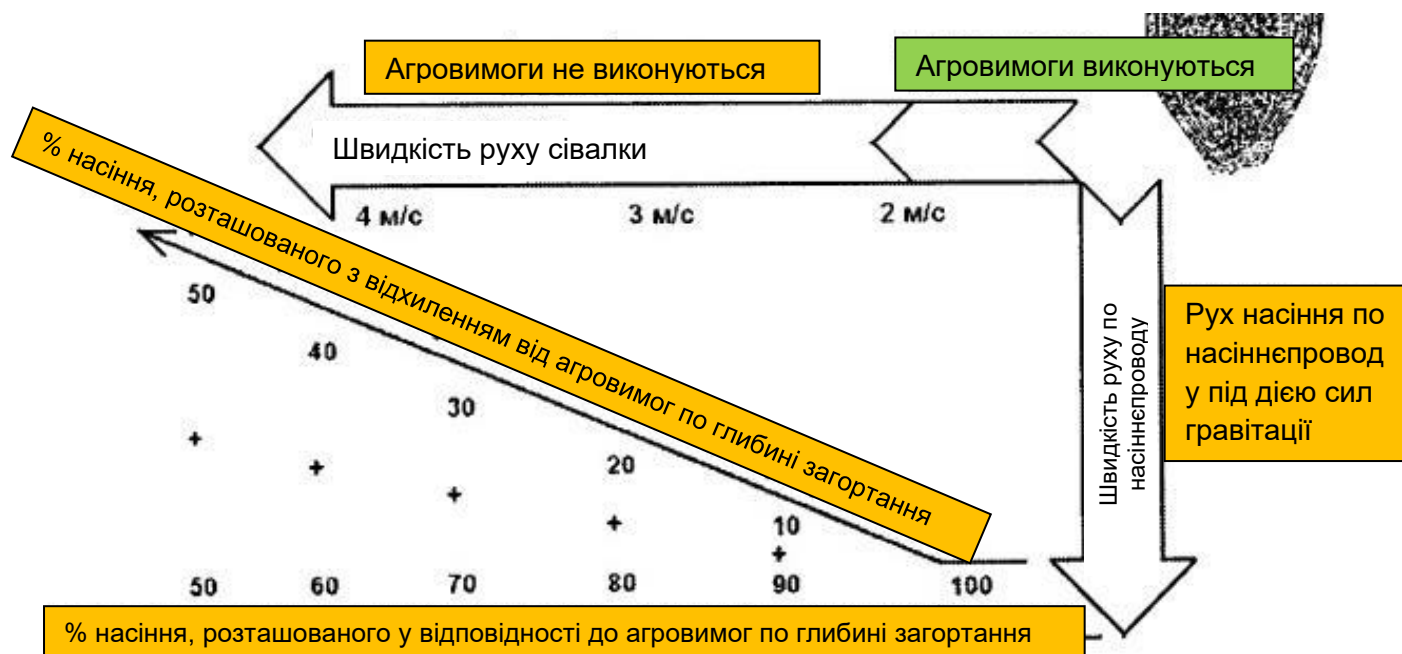


Рис.1.1. Принцип розвитку перших посівних машин.

Як видно з рис. 1.1, сівалки першого покоління були обмежені у виконання агровимог до сівби як швидкістю руху, так і рухом насіння всередині насіннепроводів. Конструктори використовували сили інерції та гравітації для доставки насіння в місце посіву.

У конструкціях посівних машин другого покоління (рис.1.2) передбачено пристрої, що здійснюють подачу посівного матеріалу в сошник під впливом двох сил — тяжіння і повітряного потоку. Тобто, у конструкції сівалок з'являються нові допоміжні робочі органи – вентилятори. Повітряний потік створюють зменшення часу транспортування насіння до сошника, що дозволяє збільшувати швидкість руху посівного агрегату і, отже, його продуктивність. Такі машини застосовують у технологіях з ґрунтозахисною

обробкою, а як висівальний матеріал використовують дражоване або капсульоване насіння гібридів. Наявність захисної оболонки дозволяє переміщати насіння по пневмосистемі та через дільники без ушкодження та травмування.

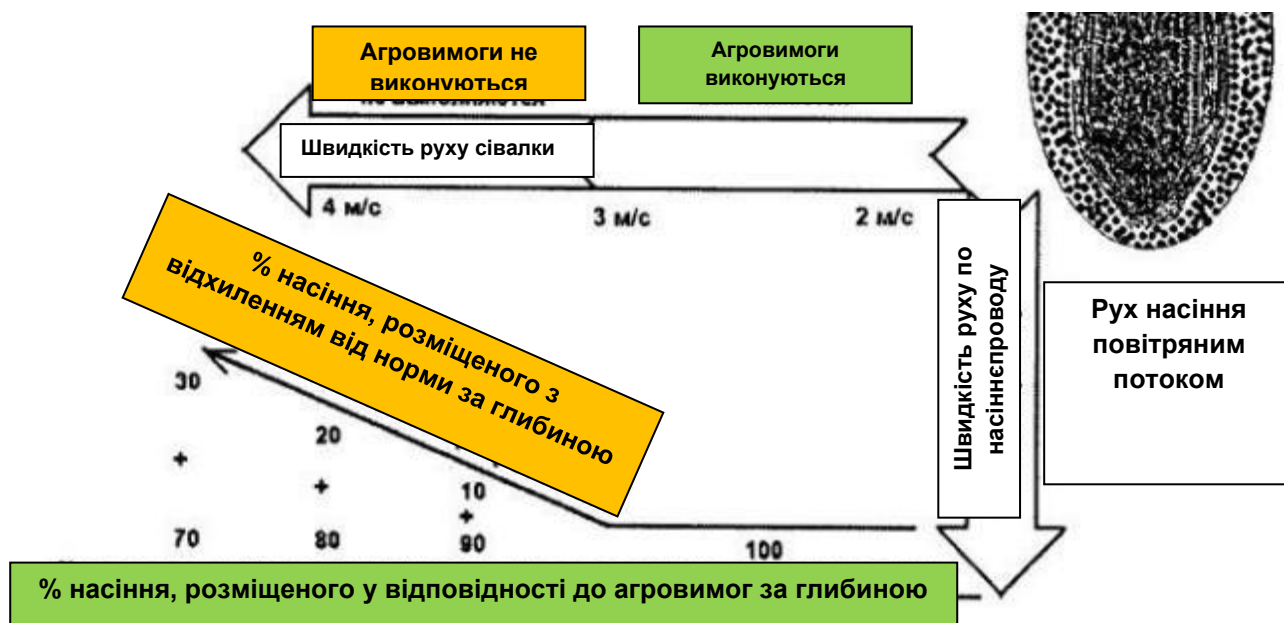


Рис. 1.2. Принцип розвитку посівних машин другого покоління.

Відмінною рисою машин другого покоління є підвищення робочої швидкості з дотриманням агротехнічних вимог.

Третє покоління посівної техніки (рис.1.3) являє собою машини, в яких насіння подається в сошник під дією сил повітряного потоку.

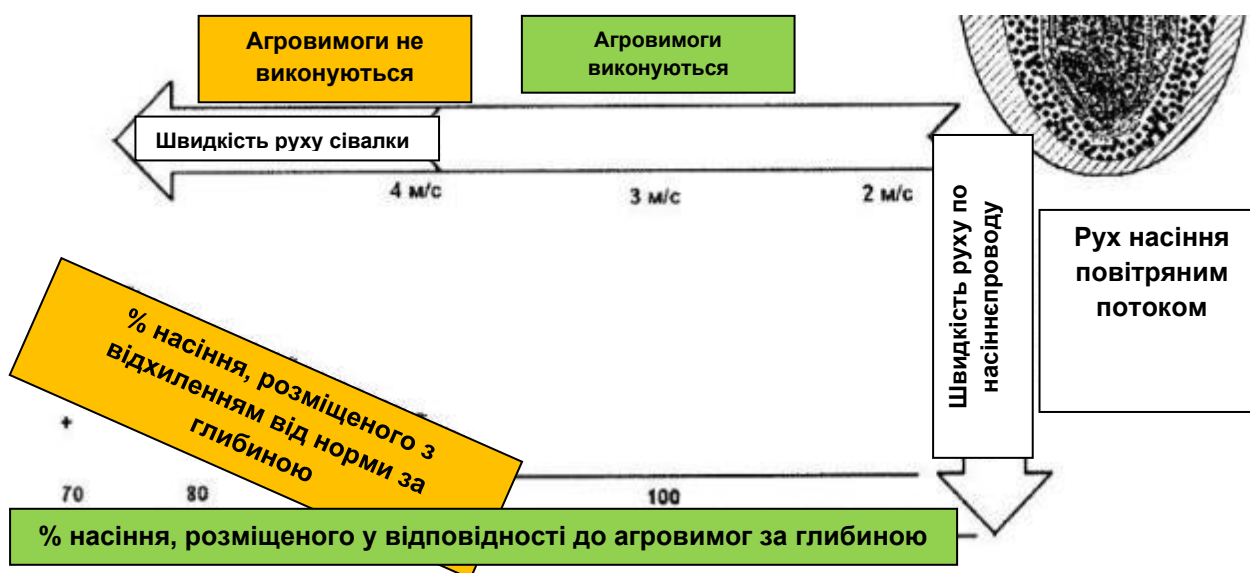


Рис. 1.3. Принцип розвитку посівних машин третього покоління.

Для цих машин характерне зростання робочої швидкості до 4 м/с (14...15 км/год) з дотриманням агровимог. Управління і контроль за робочим процесом відбувається з кабіни трактора або дистанційно. Вже у 2020 році компанія Vaderstad представила нову зернову сівалку, робоча швидкість якої сягає 20 км/год. Але для того, щоб забезпечувати якість посіву за таких швидкостей, необхідно впроваджувати нові, цифрові та комп'ютерні технології контролю та управління виробничими процесами.

А тому, техніко-технологічна особливість машин третього покоління полягає в автоматизації управління всіма процесами, що дозволяє за допомогою програмного моделювання віртуально проектувати роботу посівного агрегату віддалено від нього. А потім завантажувати розроблений сценарій (карту завдань) у його комп'ютерні системи. Після цього комплекс здійснює запрограмовані технологіями операції, надаючи звіт про їх виконання в режимі реального часу. Порушення в роботі агрегату усуваються з місця в кабіні трактора або з офісу, якщо оператор посівного комплексу не вносить зміни шляхом коригування завантаженої програми.

1.2. Енергетична складова концепції розвитку посівної техніки

Розглядаючи концепції розвитку посівної техніки, можна припуститись висновку, що автори роботи [1] недостатньо беруть до уваги енергетичну оцінку у розвитку та роботі посівних машин. Енергетична криза 1973 року, яка вплинула на розвиток багатьох галузей народного господарства деяких країн, зокрема на роботу та розвиток транспорту, також, у певній мірі, вплинула й на концепцію сільськогосподарського машинобудування.

У джерелі [2] є розрахунки, з яких встановлено, що історично тяговий опір R_M посівних машин поступово зростає (рис.1.4), що очевидно, пов'язано, переважно, зі збільшенням швидкості руху посівних агрегатів. Таким чином, екстраполюючи дану залежність, ми можемо очікувати від машин третього

покоління суттєвого приросту тягового опору. При цьому очевидним є кількісний характер розвитку посівної техніки.

Отже, для компенсації зростання тягового опору та зменшення енергетичних та вартісних витрат на посівні роботи необхідно шукати технічні рішення, на основі яких можливо досягти одночасного пропорційного зниження витрат, тобто необхідно зумовити якісний характер розвитку посівної техніки. Слід зауважити, що в середині ХХ століття вважалося, що питомий опір сівалок є величиною незмінною. Однак, це виявилось не так. Зростання питомого тягового опору сівалок зумовлене ще й збільшенням функцій: сучасні сівалки здатні виконувати передпосівне доопрацювання агрофону, додаткові операції з пригортання насіння та ущільнення насінневого ложа і т.д. Все це підвищує якість сівби, розширює функціонал сівалок, але в той же час і обумовлює зростання питомого опору R_m .

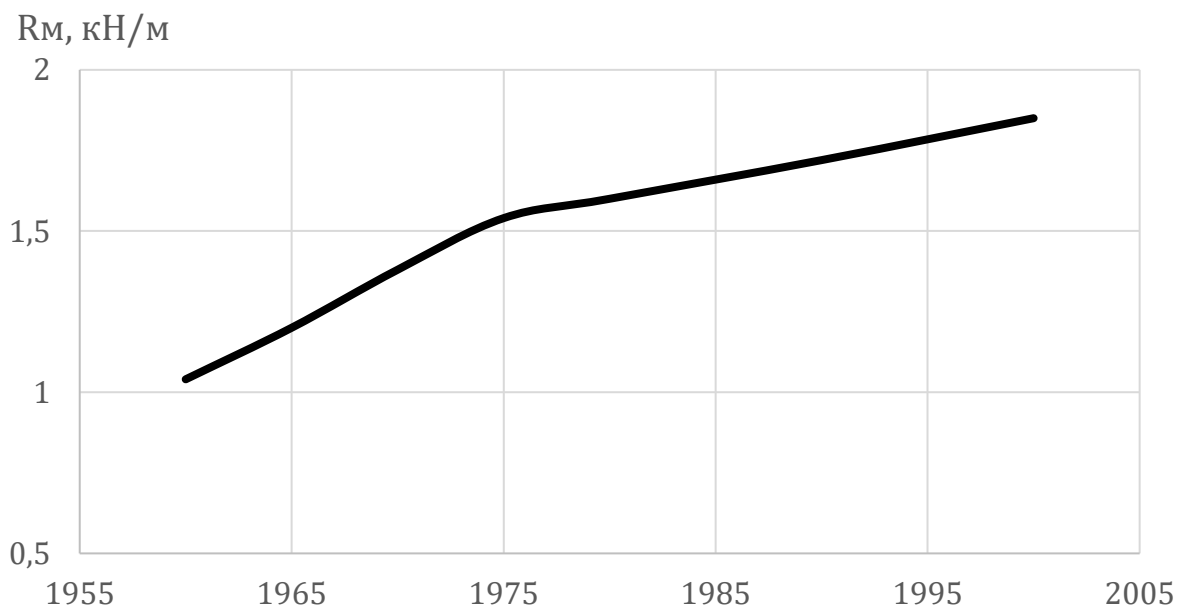


Рис. 1.4. Зростання питомого тягового опору R_m посівних машин у процесі концептуального розвитку.

Із рис. 1.4. видно, що стрімке зростання питомого тягового опору посівних машин після 1975 року дещо сповільнило темпи, але зростання продовжувалось.

У цей час інтерес конструкторів викликає новий напрям науково-конструкторських досліджень – вплив вібрацій на енергетичні процес та якість виконання сівби. Одним із вібраційних збурень розглядався ультразвук.

Результати досліджень впливу ультразвуку на силу тертя у трибоспряженнях сівалок [5] показують, що можна налаштовувати вібраційні та, зокрема, ультразвукові технологічні машини в авторезонансні режими (рис.1.5). Таке налаштування гарантує максимальну ефективність функціонування машини з урахуванням зворотної дії на неї оброблюваного середовища.

Ультразвукові машини утворюють особливу групу у класі вібраційних машин. Їх динамічні особливості зумовлені тим, що вони працюють у діапазоні ультразвукових частот 20...60 кГц.

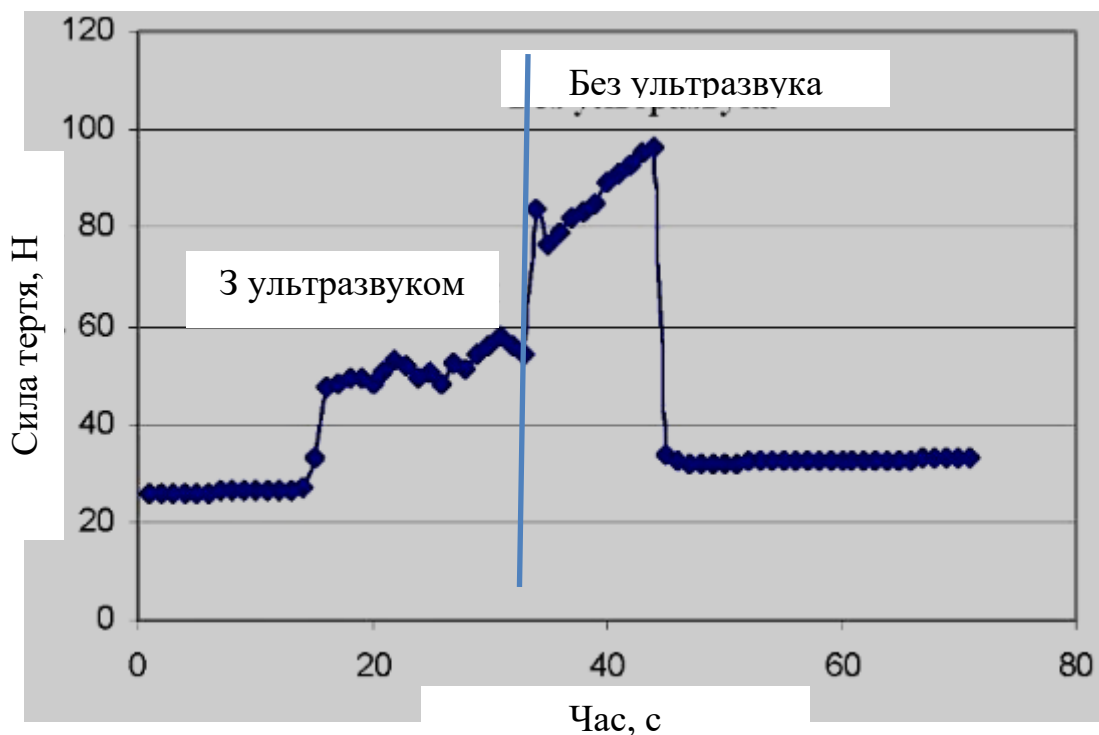


Рис.1.5. Вплив ультразвукового збурення на силу тертя металеві пари

Додаткові функціональні пристрої передбачається будувати за єдиним принципом з максимальним використанням однакових основних блоків, до яких відносяться ультразвуковий авторезонансний генератор і ультразвукова коливальна система. Таке рішення що може бути використане для активації закінчення технологічних матеріалів, у тому числі при роботі висівної системи із насінням, де значну роль грає тертя.

Описані вище рішення підвищують ефективність роботи самої сівалки і частково спонукають до підвищення ефективності використання посівних МТА в цілому. На сучасному етапі значно підвищити продуктивність посівних МТА за умови високої якості сівби дозволяють діджиталізовані системи: дистанційно керовані електроприводи висівних систем та системи навігації МТА.

Розглянемо основні конструктивні елементи таких систем та наведемо аналіз зміни продуктивності посівних МТА.

1.3. Діджиталізовані системи посівних МТА

В сучасних сівалках, електропривід, як засіб впровадження цифрових систем, знайшов досить широке застосування [7, 8].

Впровадження індивідуального електроприводу, що зазвичай виробники називають V-Drive (рис.1.6) або його аналогів для висівних апаратів у просапних сівалках на кожній секції дає можливість диференційовано встановлювати норму висіву, забезпечити задану норму висіву у визначеному місці, поліпшити розподіл насіння в ряду.



Рис.1.6. Індивідуальний електричний привід V-Drive висівних апаратів просапних сівалок.

Таке технічне рішення дозволило впливати на окрему посівну секцію і, як наслідок, розвинути новий напрям при використанні МТА, у тому числі й посівних – телематику.

Сьогодні цифровізація землеробства – основа ведення успішного агробізнесу. Підвищення якості контролю виробничих процесів та швидкості у прийнятті рішень забезпечують і підвищення ефективності використання самих МТА. Зменшуються простой, час на розвороти, технічне обслуговування, а коефіцієнт використання часу зміни – зростає.

Сьогодні існують багато цифрових платформ для ведення землеробства: MyJohnDeere, Cropwise, PLM Connect, AFS Connect та багато інших.

Розглянемо, як уніфікований приклад, який має типовий набір функцій, властивий іншим, вказаним вище цифровим платформам.

Отже, як бачимо, загальний вигляд інтерфейсу MyJohn Deere (рис. 1.7) – це максимально наповнене функціями управління і контролю за виробничими процесами землеробства.



Рис.1.7. – StellarSupport – веб-сайт технічної підтримки продуктів AMS.

Фермер (користувач) отримує доступ до інформації про придбані AMS продукти: термін дії ліцензій SF2/SF3/SF-RTK та JDLink, серійні номери

AMS обладнання, посібники користувача тощо у вигляді системи Operations Center Mobile (рис.1.8).

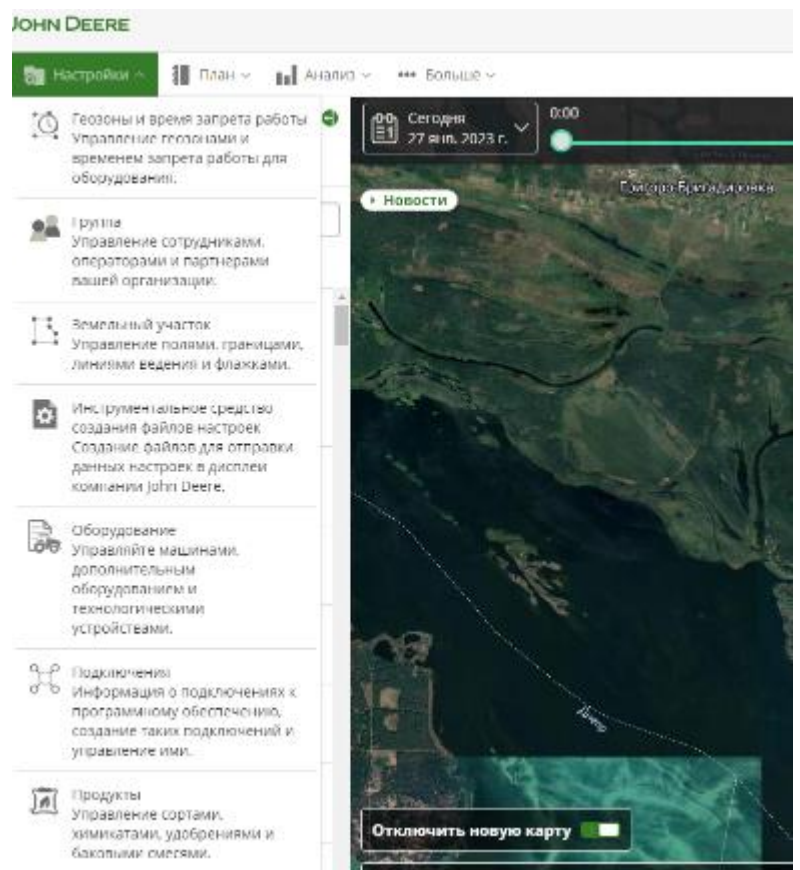


Рис. 1.8. Деякі функції, придбані фермером в системі John Deere Operations.

Розглянемо деякі найважливіші функції, які надають цифрові платформи, у тому числі й John Deere Operations.

1. *Геозони* – в цьому меню налаштовують геозони для дозволів роботи техніки. При переміщенні техніки за межі встановлених геозон, в залежності від налаштувань, відповідальним особам надходять повідомлення.

2. *Група* – в цьому меню є можливість додавати співробітників організації, партнерський доступ іншим організаціям до даних (за відповідно встановленими



дозволами)

3. *Земельна ділянка* – в цьому меню ви зможете управляти вашими полями, додавати, редагувати ГСП контури полів, додавати лінії навігації А-Б, встановлювати геометрики на полях

4. *Засіб створення налаштувань* – в цьому меню ви маєте можливість формувати налаштування полів, культур, маршрутів А-Б, карт завдань на техніку, на всі типи дисплеїв John Deere

5. *Обладнання* – в цьому меню ви маєте змогу додавати додаткове обладнання, яке використовується в підприємстві

6. *Підключення* – в цьому меню ви маєте можливість вибирати сумісні з ресурсом центр операцій програмні рішення інших виробників, робити налаштування синхронізації з акаунтами виробників техніки таких наприклад як Claas та інш.

7. *Продукти* – в цьому меню ви можете додавати ваші сорти, культури, добрива, засоби захисту та формувати бакові суміші для обприскування/внесення добрив

Вищеописані системи здатні у формулі продуктивності (1.1) вплинути на всі складові показники:

- збільшення робочої швидкості V_p – за рахунок пришвидшення роботи виконавчих механізмів;
- збільшення робочої ширини захвату B_p – за рахунок підвищення коефіцієнта використання конструктивної ширини захвату B_k ;
- підвищення коефіцієнта використання робочого часу зміни – за рахунок оптимізації складових робочого дня.

Традиційно, продуктивність МТА $W_{зм}$, у тому числі й посівних розраховується за формулою, га / зм:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau$$

В системі точного землеробства сьогодні використовуються сівалки різних виробників і моделей, серед яких можна виділити наступні: John Deere 1890/95; John Deere 7200; Horsch Maestro 36.50; Horsch Pronto; Turbosem II

19-32/48/60 та багато інших. Сівалки оснащені системами копіювання поверхні ґрунту для рівномірного укладання насіння по глибині.

Проте, робочі органи цих сівалок не в повній мірі можуть реагувати на зміну твердості ґрунту, яка не є сталою величиною і змінюється багатократно протягом навіть одного проходу посівного МТА по полю. Наприклад, на одному з полів (рис.1.9) на глибині посіву твердість ґрунту коливається, тобто – неоднорідна. Що це означає? Це означає, що під час руху посівного МТА на ділянках з підвищеною твердістю ґрунту сошник буде «витискуватись» твердим, тобто більш ущільненим ґрунтом, назовні. А на більш пухких ділянках, навпаки – глибше (хоч і не значно) занурюватись в ґрунт. Матиме місце коливання глибини загортання насіння. Нехай хоч і незначне, але таке коливання буде більше допустимої норми за агровимогами – не більше 15% від глибини. Це призводить до нерівномірності сходів і, як наслідок, до утворення різновікових культур на одному полі. У подальшому це призводить до різної реакції рослин на засоби захисту рослин (ЗЗР), їх ураження і уповільнення росту через стрес.



Рис. 1.9. Твердість на одному з полів фермерського господарства на глибині загортання насіння є неоднаковою (дані отримані цифровим пенетрометром SkokAgro S600).

Таким чином, можна зробити висновок, що, сучасні посівні машини, володіючи комплексом технічних, технологічних та цифрових рішень, не повністю забезпечують якість посіву у відповідності до існуючих агровимог. Тому, метою роботи є розробити адаптивну систему підвищення ефективності посівних машин за допомогою технології Precision Planting.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз, навести характеристику і методи застосування технології Precision Planting;
- на основі аналізу, встановити недоліки технології Precision Planting та запропонувати техніко-технологічні рішення;
- провести польовий експеримент із системою контролю зусилля на сошнику в технології Precision Planting;
- адаптувати заходи з охорони праці при використанні посівних агрегатів з технологією Precision Planting;
- навести економічну складову роботи.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОСІВНИХ АГРЕГАТІВ ЗА КРИТЕРІЄМ ЯКОСТІ ПОСІВУ В ТЕХНОЛОГІЇ PRECISION PLANTING

2.1. Моніторинг даних

Одним із способів швидкого переналаштування технологічних параметрів посівного МТА є отримання цих налаштувань в режимі реального часу. Тоді сівалку можна буде переналаштувати як дистанційно, так і на місці. Однак, перед цим також слід провести детальні налаштування та калібрування. Ці процедури відбуваються з використанням дисплеїв, датчиків WaveVision, SmartPin та SmartFirmer. Для того, щоб оптимально налаштувати сівалку, спеціалісти господарства повинні мати певні показники роботи сівалки. Чим більше їх буде і чим достовірніші вони будуть - тим більша ймовірність прийняти правильне рішення щодо налаштувань сівалки.

Переважає більшість сучасних сівалок, якими користуються сільськогосподарські підприємства, відображають досить мало показників. Як правило, це лише сингуляція та норма висіву. Ситуацію погіршує той факт, що ці дані збираються з оптичного датчику, який має низьку точність. В більшості випадків датчик встановлений в середній частині висівної трубки. Чим нижче встановлений датчик - тим точніші дані він буде відображати. Це обумовлено тим, що після проходження датчику рух насінини може бути не сталим. Крім того, запиленість у зоні фіксації датчика також може призводити до погіршення точності інформації. Насінина може вдарятися об стінки висівної трубки внаслідок високої вібрації висівної секції. Розповсюджені причини високої вібрації сівалки:

- висока робоча швидкість руху V_p посівного МТА;
- зношеність компонентів (втулок) сівалки;
- неякісно підготовлений ґрунт, структура ґрунту неоптимальна.

До конструктивних вад, які знижують якість сівби відносяться пошкодження насінневої трубки дисками сошника. І хоч такий недолік зустрічається, як правило при високому зношенні захисту трубки, він має важливе місце.

Завдяки використанню насінневої трубки з датчиком WaveVision від компанії Precision Planting, можна отримати досить якісні показники сингуляції та індексу SRI – Seed Release Index, показник якості розкладки насіння в рядку. Це один з найважливіших показників при сівбі просапних культур. При оцінці SRI не враховуються двійники та пропуски. Цей показник фактично є коефіцієнтом варіації (коефіцієнтом середньоквадратичного відхилення) $\text{Коефіцієнт варіації} \times 10 = \text{SRI}$.

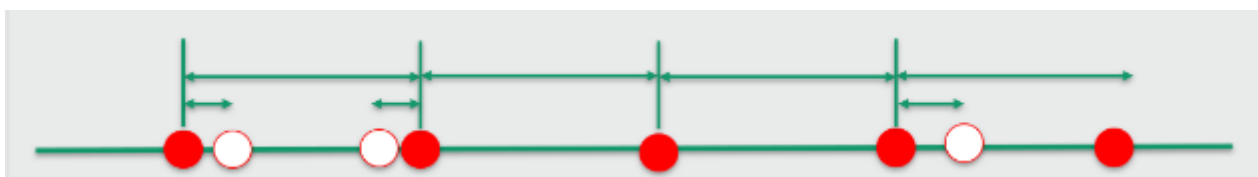


Рис.2.1. Схема розкладання насіння в рядку, яка використовується, як вихідні дані для розрахунку SRI.

При розрахунку SRI враховується норма висіву, ширина міжряддя, двійники та пропуски. На моніторі відображається середній показник для останніх 300 насінин (це число можна змінити у налаштуваннях). Показник відображає наскільки багато насінини відхиляються від середнього положення. Якщо $\text{SRI} > 32$, це означає, що розкладка насіння настільки нестабільна, що її можна вважати випадковою. На рис. 2.2. наведений приклад фактичної розкладки насіння в рядку сівалкою Horsch (конкретну модель не вказано навмисне) та сівалкою, що працює в технології Precision Planting. Як бачимо, незважаючи на досить високу точність роботи обох сівалок, Precision Planting забезпечує максимальну рівномірність розкладки насіння. Це означає, що максимальна кількість рослин буде забезпечена необхідною площею живлення, що забезпечить отримання врожаю, наближеного до біологічних можливостей культури.

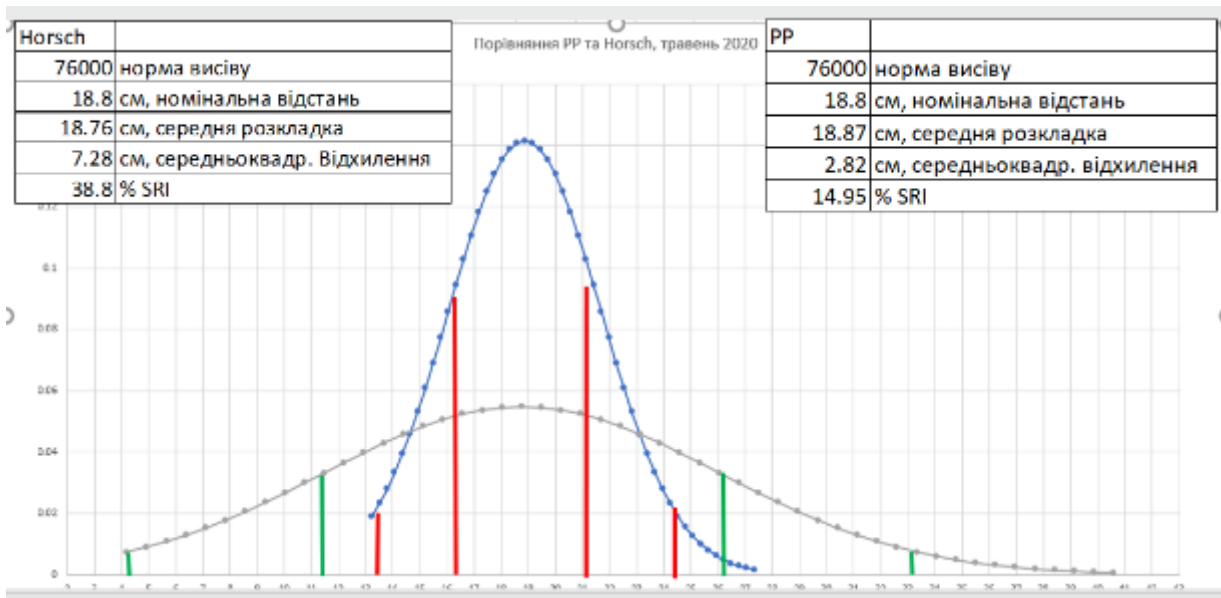


Рис.2.2. Приклад результату розкладки насіння в рядку двома сівалками.

Датчик WaveVision розташований в самому низу насінневої трубки (рис. 2.3), саме на виході насінини з трубки. Тому показники цієї системи на сьогоднішній день забезпечують адекватні результати. Перевагою даного датчика є його ультразвуковий принцип роботи, а тому на якість показників не впливає наявність в трубці пилу та інших частинок, які не належать до насіння.



а)



б)

Рис. 2.3. Насіннева трубка Precision Planting з ультразвуковим датчиком WaveVision (а) та насіннева трубка Kinze з оптичним датчиком (б)

Наглядно побачити різницю між показниками з класичного оптичного датчика, розташованого в середній частині насінневої трубки та ультразвуковим датчиком, розташованим у нижній частині насінневої трубки можна на стенді MeeterMax (Рис. 2.4). Червоними стрілочками позначені датчики: оптичний в середній частині висівної трубки та ультразвуковий в нижній частині.



Рис. 2.4. Випробувальний стенд MeeterMax для досліджень ефективності якості сівби

Висока якість показників з датчику WaveVision дозволяє відображати не лише показники норми висіву, а й індекс SRI. Цей показник відображають лише сівалки останніх модифікацій. Індекс SRI дозволяє оператору сівалки

вибирати оптимальну швидкість руху. А це є важливий показник у підвищенні ефективності використання посівних МТА.

WaveVision - це єдиний ультразвуковий датчик для насінневої трубки, що серійно випускається та сумісний з більшістю сівалок різних виробників.

При визначенні глибини посіву спеціалісти господарств керуються в першу чергу показниками температури та відносної вологості ґрунту. Проблема полягає в тому, що ґрунт на полі не однорідний в межах одного поля, а глибину посіву як правило задають одну на все поле чи навіть на декілька полів. Також великий вплив має рельєф місцевості.

Встановлення на сівалку датчиків SmartFirmer від компанії Precision Planting дає можливість оператору в режимі “он-лайн” спостерігати за показниками температури та відносної вологості ґрунту. При виході показника за допустимі межі (встановлені агрономом чи іншим спеціалістом господарства) - оператор може повідомити про це відповідальну особу.

2.2. Механізм створення заданого притискного зусилля на опорних колесах (технологія DeltaForce)

Як відомо, в процесі роботи на висівну секцію сівалки діють певні сили які мають різну направленість, рис. 2.5 [10 – 12]. Це сили тяжіння самого посівного комплексу, зусилля, яке створює притискна пружина, зусилля, які виникають внаслідок дії нерівностей поверхні ґрунту через систему важелів, інерціальні сили та ряд інших. Крім різної направленості векторів цих сил, вона мають ще і змінні у часі величини. Як було встановлено раніше науковцями ДДАЕУ, максимальна величина зусилля, яке виникає в спряженнях посівної секції типу Turbosem II 19-60 може сягати до 2377 Н [13].

При виконанні сівби, секція, як правило, притискається до ґрунту за допомогою механічної або пневматичної пружини. Але сили, що діють на секцію, як ми говорили, не стабільні і змінюються в залежності від зміни

твердості ґрунтів, ваги насіння та добрив у бункері. Тому, як результат, залишкова вага на опорних колесах також змінюється в часі. Сівалка на короткий період (декілька сотих секунди) може зменшувати свою вагу через сили інерції, що діють у негативному вертикальному напрямку (рух угору).

Комплексна ж дія вказаних сил на посівну секцію може призводити до переушільнення стінок борозни або ж до недотримання глибини посіву. Обидві дії сприяють нерівномірному проростанню посівів – якість сівби знижується.

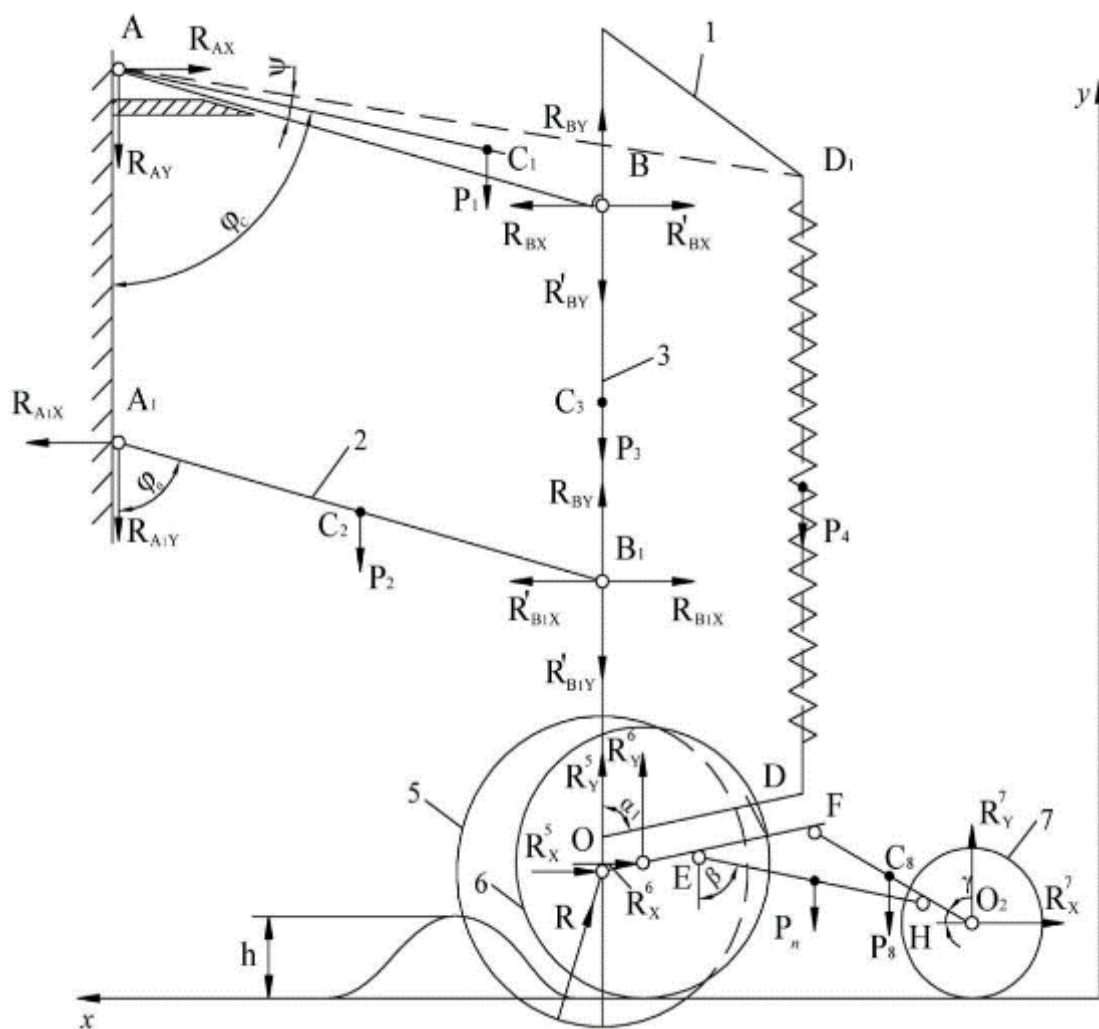


Рис. 2.5. Силова картина взаємодії між елементами паралелограмного копіювального механізму: 1 – верхня тяга; 2 – нижня тяга; 3 – стійка; 4 – пружина; 5 – диск; 6 – опорне колесо; 7 – прикочуюче колесо; 8 – важіль прикочуючого колеса [10]. Розшифрування схеми в [11].

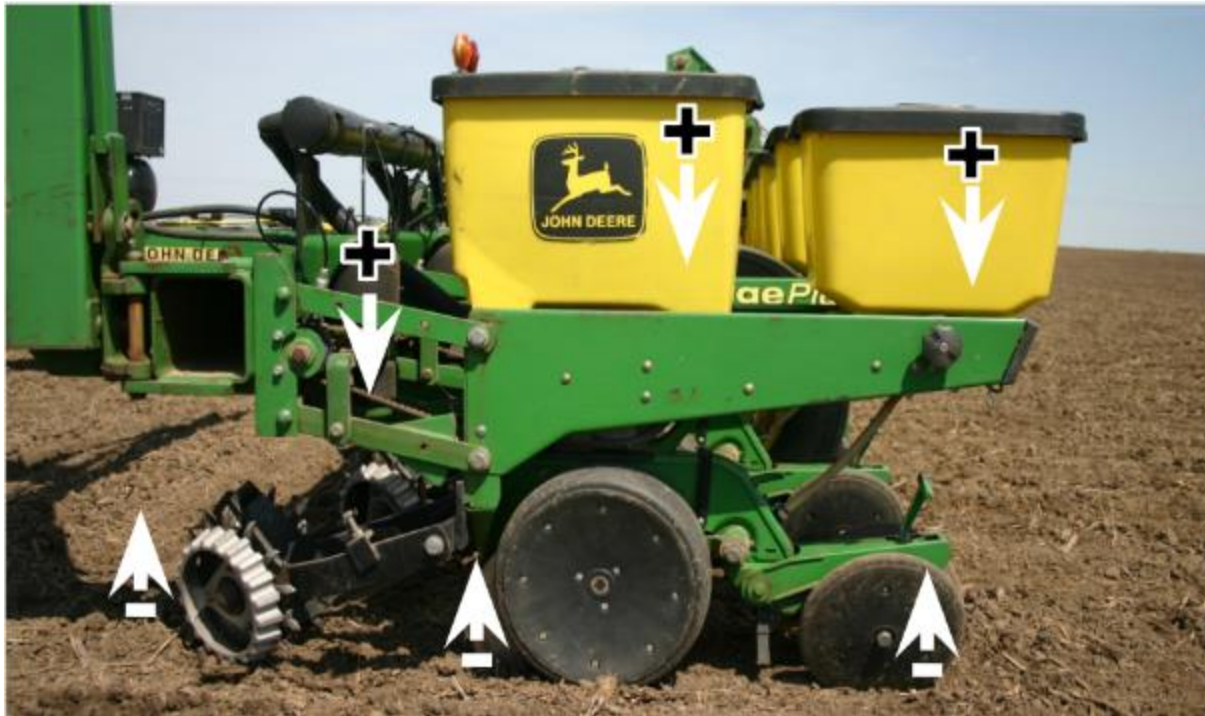
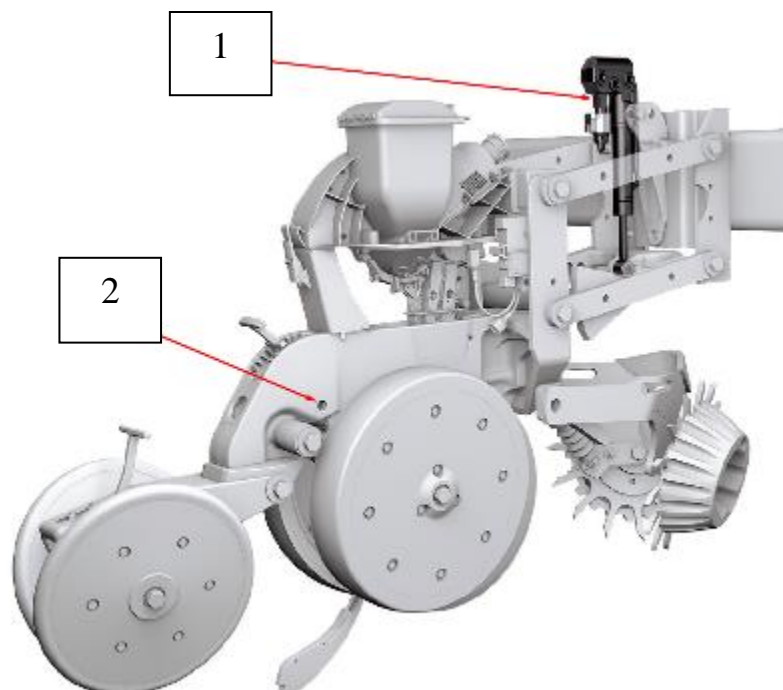


Рис. 2.6. Спрощена схема дії сил на секцію сівалки

Навіть користуючись спрощеною схемою (рис. 2.6), розуміємо, що для ефективної роботи сівалки, сили, що діють на посівну секцію мають бути зрівноважені. Однак, у виробничих умовах це не так. Зміна силових показників збуває коливальні рухи посівної секції. Стабільно зрівноважувати їх традиційними пружинними механізмами неможливо. Тобто, необхідно створити додатковий технологічний механізм, який би відслідковував і реагував на:

- зміну твердості ґрунту в просторі (від 950 кПа до 4500 кПа);
- зміну маси посівної секції в залежності від кількості насіння та добрива в бункерах (у межах 6...10 тонн);
- зміну маси посівної секції в залежності від похилу місцевості.

Для вирішення цієї проблеми компанія Precision Planting розробила технологічне рішення під назвою DeltaForce. Механізм складається з двох



основних елементів: виконавчого механізму (рис. 2.5) – гідроциліндра (1) та інформаційного – датчика SmartPin (2). Гідроциліндр має індивідуальне управління та може працювати в такому діапазоні: 3000 Н на притиск секції (додавання ваги) та 2000 Н на розвантаження (зменшення ваги).

Рис. 2.7. Схема посівної секції з елементами технології DeltaForce, що вписується в концепцію Precision Planting.

Датчик вимірює фактичну вагу, яка припадає від секції на опорні колеса. При зміні умов експлуатації (зміні ваги), датчик віддає команду на компенсацію зусилля в залежності від знаку зміни ваги. Система працює в автоматичному режимі 17 разів на секунду вимірюючи вагу на опорних колесах та регулює роботу гідроциліндру так, щоб максимально дотримуватися заданих показників. Величина притиску – 3000 Н – достатня для зрівноваження притискного зусилля, максимальне розрахункове значення якого складає 2377 Н [11].

Висновки по розділу. На основі аналізу посівних адаптивних систем встановлено, що підвищити якість сівби можна за допомогою технології Precision Planting з механізмом адаптації притискного зусилля посівної секції. Контроль притискного зусилля повинно здійснюватись датчиками SmartPin. Встановлено, що зусилля в межах 3000 Н є достатнім.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Програма досліджень

Для проведення досліджень дії адаптивного землеробства за реалізації технології Precision Planting (PP) розробили таку програму досліджень.

1. Обрали експериментальне поле, площею 29,26 га.
2. Підготували посівний агрегат у складі енергетичного засобу і сівалки John Deere 6175M + John Deere 7200+PP з дооснащенням датчиками SmartPin (SP) і системою створення стабільного притискного зусилля.
3. Сівба кукурудзи за технологією PP+SP зі створенням карти притискних зусиль.
4. Контроль індексу якості розкладки насіння (SRI) та індексу вегетації (NDVI) в залежності від величини притискного зусилля.
5. Контроль урожайності.
6. Висновки та розробка рекомендацій.

3.2. Реалізація адаптивної технології посіву кукурудзи

Для проведення випробовувань запропонованої технології у виробничих умовах нами було обране поле у господарстві ТОВ “Агрополіс Дніпро”, м. Підгороднє, Дніпровського району, Дніпропетровської області. Обрана культура – кукурудза на зерно.

Умови роботи: площа поля – 29,26 га; довжина гону - 700 м; похил місцевості – не більше 2%; твердість ґрунту на глибині залягання насіння, максимальна – 2150 Н; норма висіву насіння – 75 тис./га.

Агрегат – John Deere 6175M + сівалка John Deere 7200. Робоча швидкість – до 9 км/год; робоча ширина захвату агрегату - 5,6 м. Продуктивність агрегату фактична – 4 га/год. Витрата пального – 4,5 кг/га.

Сівалка була оснащена системою сталого притискання сошника на глибині посіву. Притискні зусилля контролювалися датчиком SmartPin, який перед випробовуванням був відповідно відкалібрований.

Який результат маємо отримати? Дана система повинна створювати сталу величину притискного зусилля, незалежно від твердості ґрунту. Чим менший розкид притискних зусиль, тим посів буде якісніший і рівномірніший.

На рис. 3.1 наведені результати фактичного притискного зусилля, отримані із датчика SmartPin. Діапазон фіксації зусиль знаходився в межах 0 ... 91 кг. Всі зусилля, більше 91 кг відображалися в одному діапазоні. Аналізуючи дані на рис. 3.1, можна сказати, що карта зусиль рівномірна, тобто система відпрацювала досить добре, враховуючи змінні агротехнічні умови на даному полі. Видимий пропуск декількох проходів посівного агрегату – це здійснений посів при вимкненій системі.



Рис. 3.1. Карта величини притискного зусилля на полі при сівбі.

Інший вигляд має карта фактичного тиску в кожному окремому гідроциліндрі (рис. 3.2). Фіксація величини зусилля в гідроциліндрах відбувалася з частотою один раз в одну секунду. Тобто, при робочій швидкості 9 км/год, було здійснене одне вимірювання на 2,5 м шляху агрегату.

Аналіз даної карти показав, що, величина зусилля на гідроциліндрі змінювалася у великому діапазоні і має досить нерівномірний характер. З карти зусиль видно, що подекуди величина зусиль перевищувала 200 кг на кожену секцію. Це означає, що, незважаючи на строкатість твердості ґрунту на глибині посіву, сошники сівалки не були виглиблені твердим ґрунтом. Чітко проглядаються проблемні (переущільнені) ділянки по краям поля та дві ділянки, на яких умови агрофону були відмінними від решти площі полі. Фізичний огляд поля показав, ці ділянки складаються переважно із солонцюватих ґрунтів, які мають підвищену твердість при оптимальній відносній вологості ґрунту.

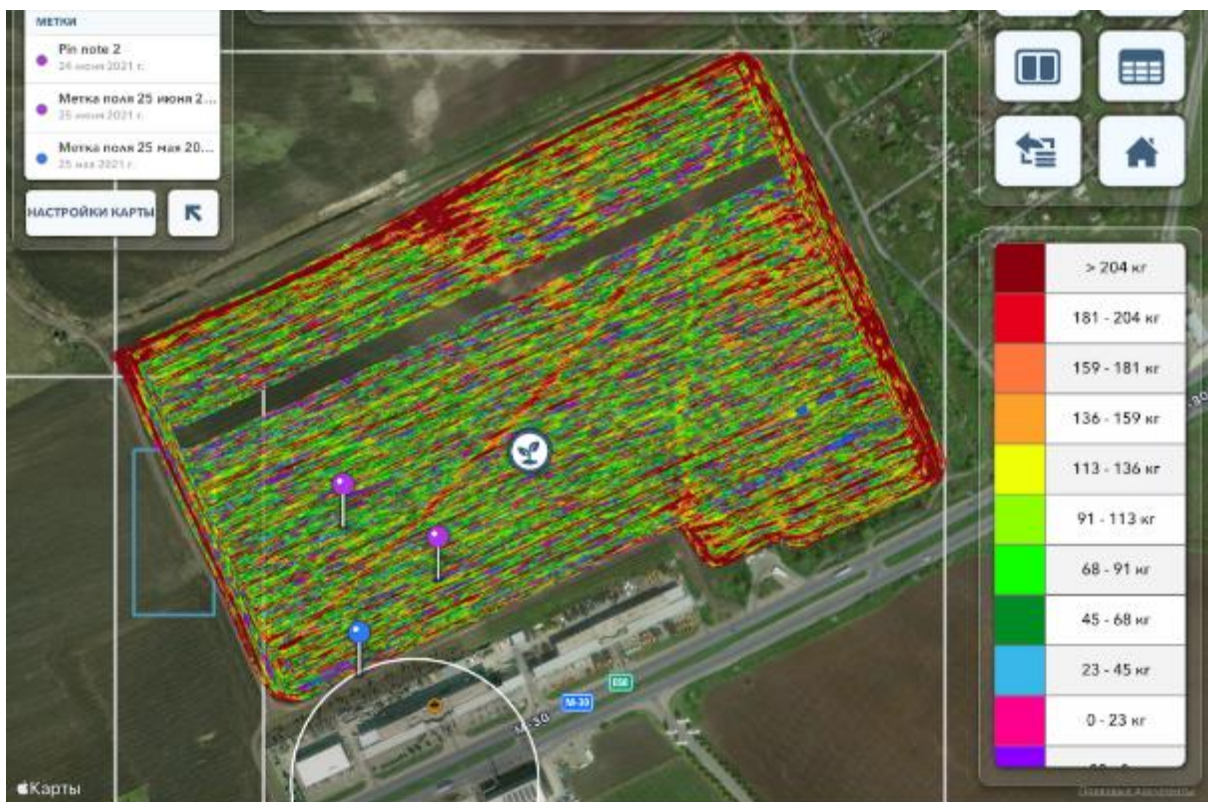


Рис.3.2. Карта фактичних зусиль в кожному окремому гідроциліндрі сівалки.

Розташування на полі засолених ґрунтів чітко проглядається на звичайних супутникових картах не озброєним оком (рис. 3.3).



Рис.3.3. Засолені ґрунти експериментального поля на Google-картах.

Характерно, що на таких ґрунтах може зростати витрата пального, так як солонці характеризуються підвищеною в'язкістю, а у разі недостатнього зволоження – такі ґрунти мають великі брили, що також утруднює їх обробіток, сівбу, механічний догляд за рослинами.

Деталізуючи аналіз отриманих даних, можна констатувати, що особливо проблемні ділянки виявлені по краю поля. Так, на рис.3.4 видно (права частина рис. 3.4), що є ділянки поля, на яких тиск в гідроциліндрі складає понад 200 кг, у той час, як на лівій частині рисунку видно “втрату контакту з ґрунтом” (синій колір). В останньому випадку це означало, що датчик SmartPin не фіксував ніяких показників. Тобто ґрунт був настільки твердим, що диски сошника не змогли його прорізати на задану глибину і насіння було укладене на поверхні поля. Тобто, сівба виконана не була.

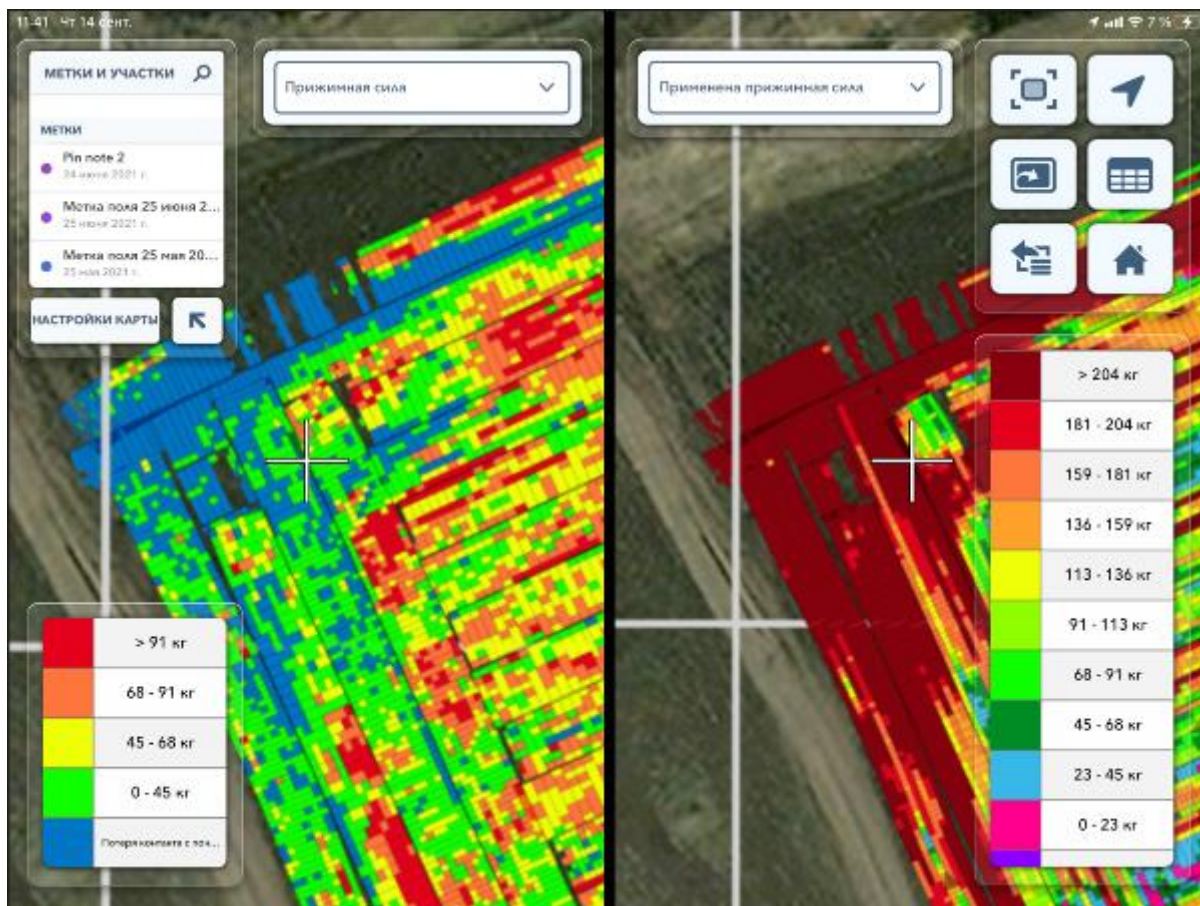


Рис.3.4. Укрупнені результати отриманих зусиль в кожному окремому гідроциліндрі сівалки.

Також на карті проглядається проблемна смуга поля, яка має підвищену твердість, пошкоджену структуру ґрунту. Ця смуга виділена стрілкою на рис. 3.5. Як нами виявлено, на цьому місці ще 10 років тому пролягала ґрунтова дорога. Згодом вона була розорана, але ґрунт настільки втратив свою структуру, що за 10 років не відновився повністю і щільність залишається вищою допустимих норм. На полі щороку проводиться оранка агрегатом GREGOIRE BESSON на глибину 25 см, культивуція на 7-12 см (агрегат AMAZONE Catros в 1 чи інколи 2 сліди) та в деякі роки - обробка важкою бороною Agroland 3229 на 10-15 см. Посів ми проводили на глибину 5 см, тобто будь-яка операцію по ґрунтообробці проводиться глибше, чим посів і тим не менше, при посіві датчики чітко фіксують проблемні ділянки (ущільнення ґрунту).



Рис.3.5. Результати отриманих зусиль в кожному окремому гідроциліндрі сівалки.

Очевидно, це пов'язано з тим, що під час переущільнення ґрунту рушіями автомобілів та с.-г. техніки його структура змінюється за рахунок взаємного перетирання структурних грудочок і «склеювання» їх між собою. Таким чином, утворюється монолітна структура більш високої щільності. При надмірному видаленні вологи, як це характерно в останні роки, зацементована структура ґрунту має високу твердість. Для природнього розущільнення ґрунту необхідно не тільки проводити оранку чи щільювання, а й вносити в ґрунт органічні добрива, чого не було зроблено жодного разу за 10 останніх років. Як відомо, органічні добрива сприяють утворенню дрібногрудкуватої структури з великою кількістю пор, взагалі субстанції, в якій розмножують ся бактерії, а кількість гумусу – зростає. Однак, строката структура ґрунту не стала причиною нерівномірних сходів (рис.3.6).

Як видно з даного рисунку, густина посіву витримана в межах допустимих відхилень (10 %), це свідчить про хорошу роботу висівного апарату.

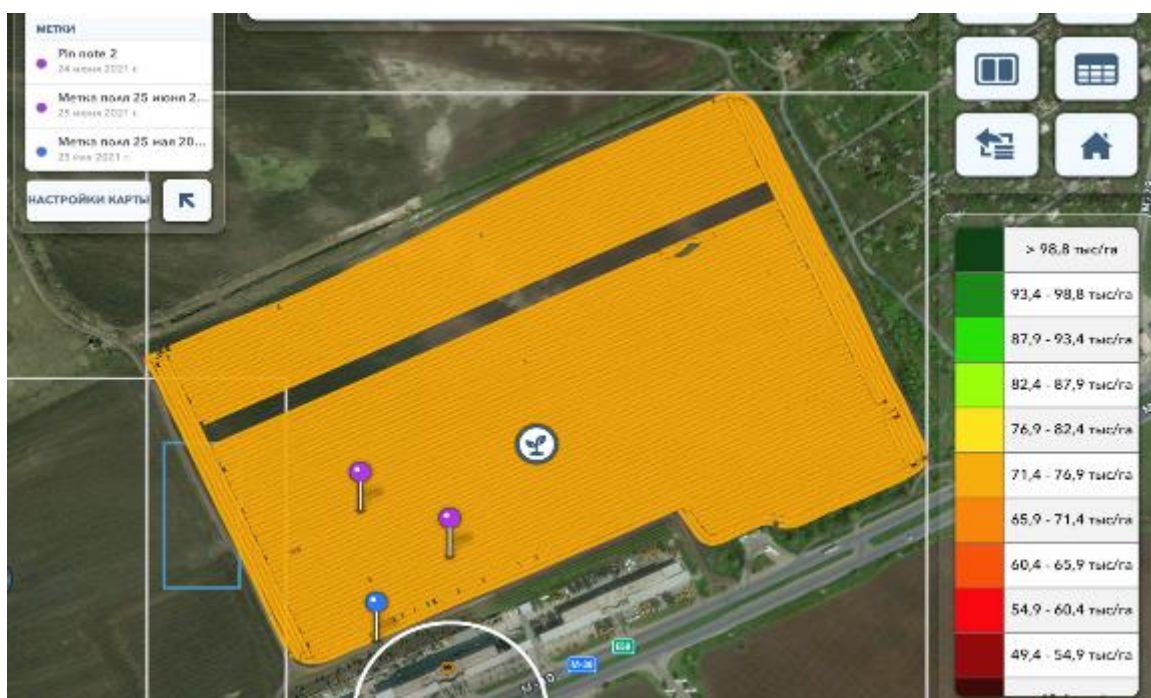


Рис.3.6. Густина посіву фактична. Задана - 75 тис./га.

Ми досліджували ще один показник, який ніде не враховується у виробництві – вібрації посівної секції. Саме нерівномірна твердість ґрунту на рівні посівного ложа збурює коливні рухи секції і виникає вібрація. Занадто висока вібрація призводить до нерівномірної розкладки насіння (погіршення індексу SRI), а це у свою чергу негативно впливає на врожайність. Технологія Precision Planting має функцію фіксації величини вібрації секцій і, таким чином, можемо непрямо визначати проблемні ділянки поля та змінювати параметри основного обробітку саме цих ділянок. Так, отримана карта вібрацій посівних секцій на полі (рис. 3.7) показує, що збільшення амплітуди вібрацій спостерігається на тих же самих ділянках. На карті прослідковуються проблемні ділянки у тих самих місцях. Характерним є зростання вібрацій на ділянці минулої «дороги» та на засолених ділянках

ґрунтів. Тобто, параметр «Вібрація посівної секції» корелює з параметром «Зусилля на посівній секції».



Рис.3.7. Характеристика зміни величини вібрацій від місця розташування посівного МТА на полі.

При цьому, індекс якості розкладки насіння SRI є на високому рівні (рис. 3.8) і не перевищує 24 %.

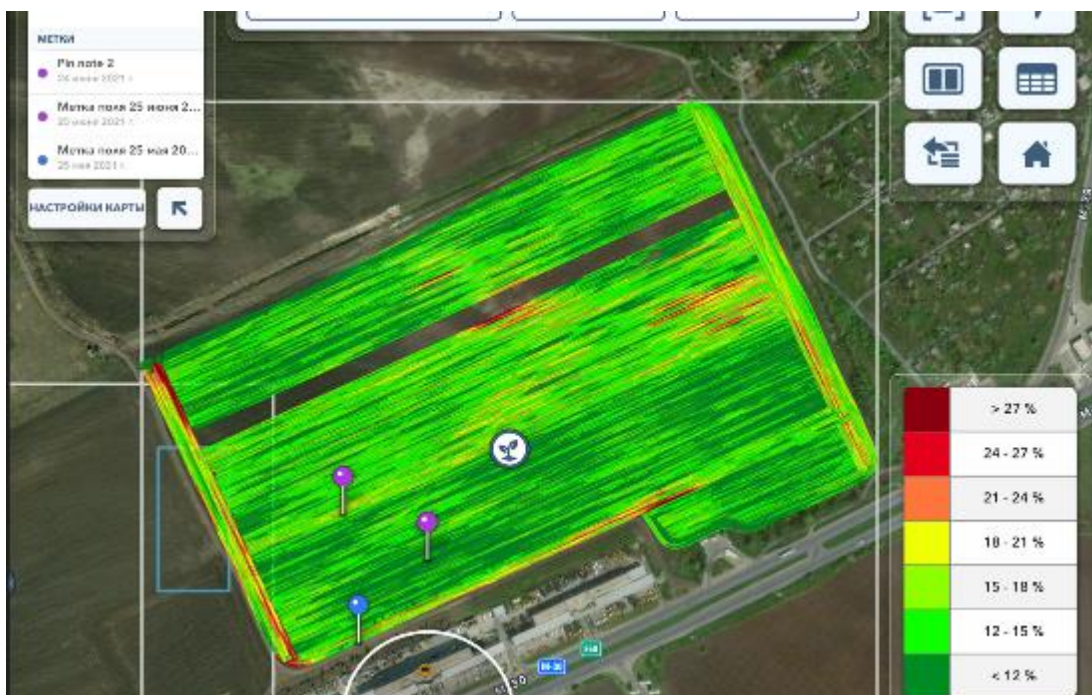


Рис.3.8. Індекс якості розкладки насіння SRI

Карта швидкості посівного агрегату показує, що діапазон робочих швидкостей знаходиться в межах 6,4 ... 11,7 км/год. Таким чином, розкид робочих швидкостей складав близько 55 %. Робоча швидкість була знижена саме на тих же проблемних ділянках поля. Однак, посів виконаний зі збереженням показників якості.

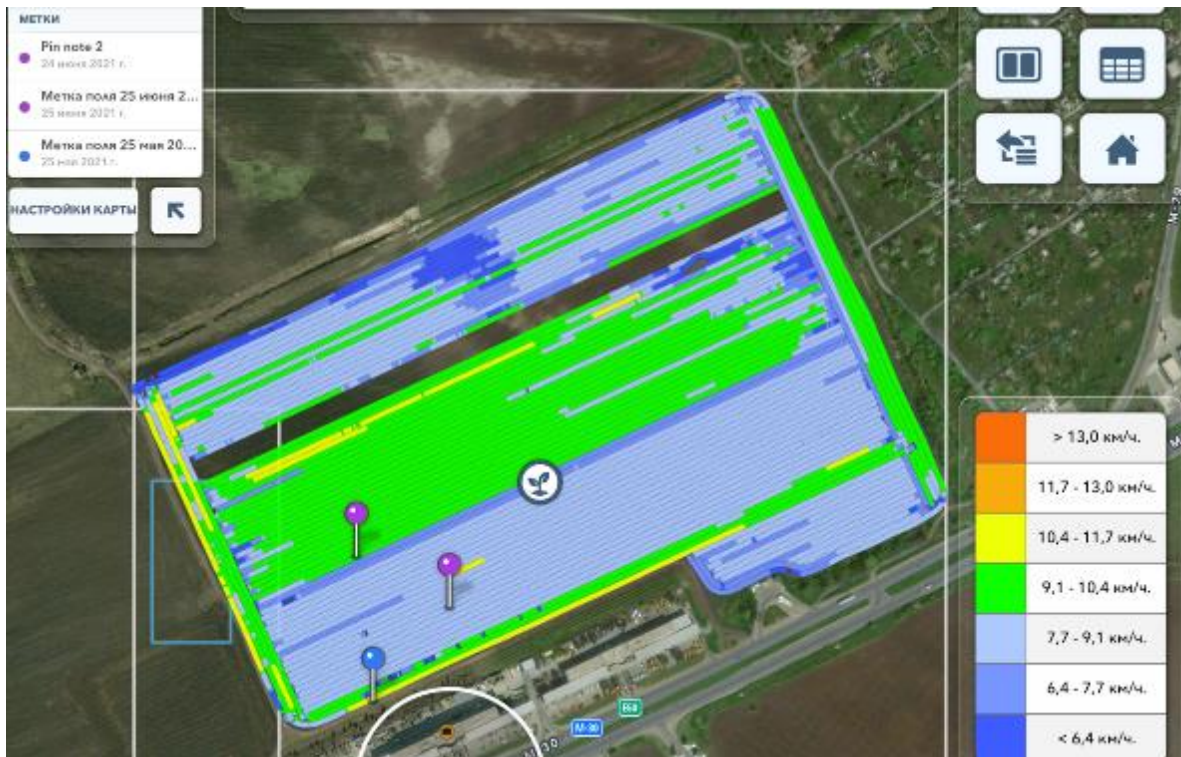


Рис. 3.9. Карта фактичної швидкості руху посівного МТА.

На рис. 3.10 наведена комплексна карта індексу вегетації NDVI, яка зведена з десятків карт, зібраних протягом всього періоду вегетації кукурудзи на даному полі. Карта індексу вегетації NDVI також виявила проблемні ділянки зі зниженою вегетацією. Це саме ті ділянки, де нами були виявлені так звані солонці. Ділянки з високою мінералізацією не забезпечують необхідний баланс і ґрунтові умови для оптимального розвитку кукурудзи.

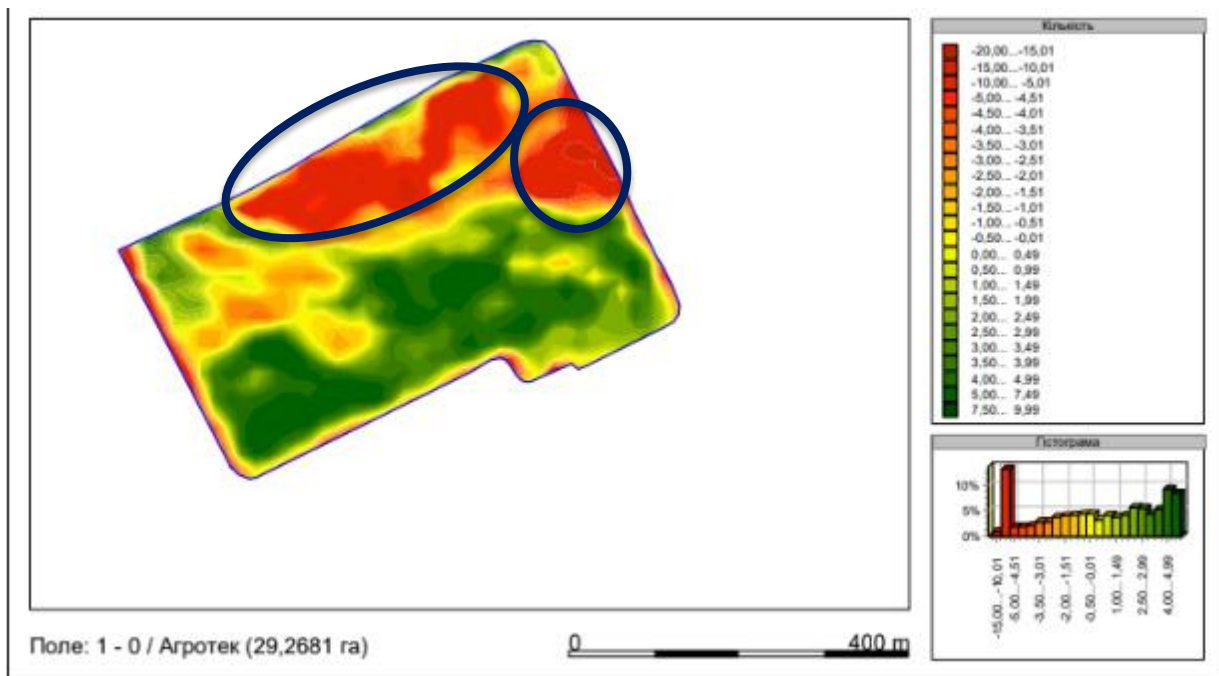


Рис. 3.10. Комплексна карта індексу вегетації NDVI.

Нерівномірна вегетація призводила так само до нерівномірного дозрівання рослин, виповнення качанів та їх різної якості.

3.3. Результати експерименту та обробка отриманих у 2023 році даних

У 2023 році ми також провели посів кукурудзи цим самим агрегатом. Експеримент був повністю відтворений ще раз. Карта залишкової ваги на опорних колесах показує відмінну роботу системи DeltaForse.

Безпосередньо перед посівом (за 1 день) була проведена ґрунтообробка важкою дисковою бороною Agroland 3229 та культиватором AMAZONE Catros в 1 слід, а на засолених переуцільнених ділянках поля – у 2 сліди з трактором John Deere 8335R. Глибина культивування відповідає глибині майбутньої сівби.

Калібрування сівалки та її технологічного обладнання (датчики) відбувалось безпосередньо на полі.

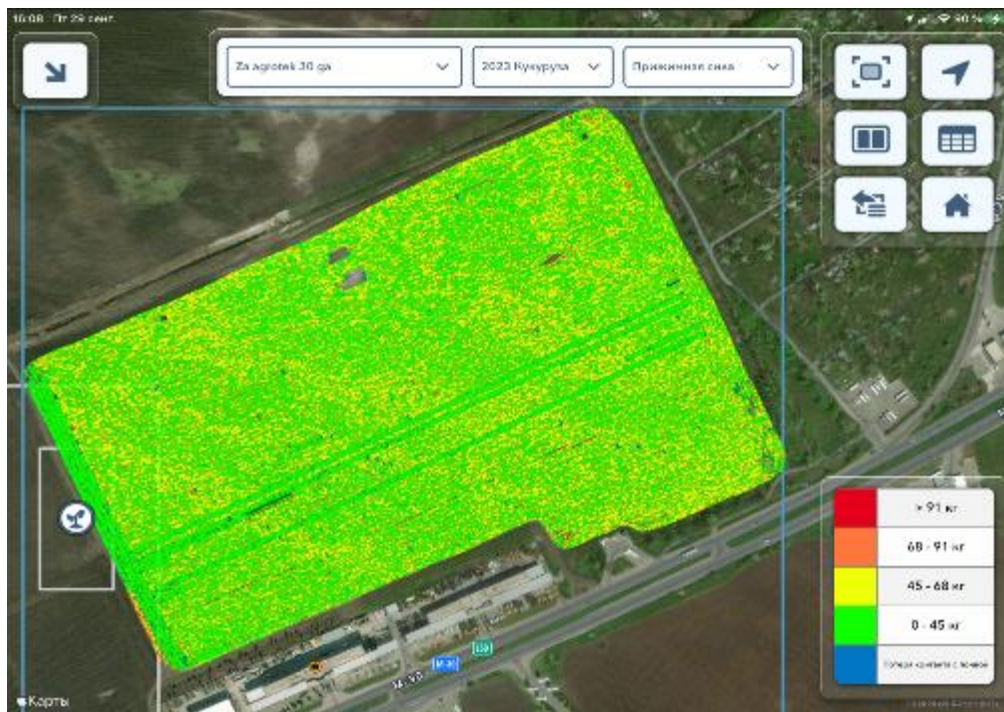


Рис. 3.10. Карта величини притискового зусилля R у 2023 році.

Карта фактичного притискового зусилля в гідроциліндрах показує значно кращу ситуацію, ніж в 2021 році. Як видно з рис. 3.10 диференціація зусиль невелика і знаходиться переважно в межах 45...68 кг.



Рис.3.11. Величина застосованого притискового зусилля на полі.

Тим не менш, застосоване притискне зусилля має суттєві розбіжності із картою притискового зусилля. Тобто, гідравлічна система застосувала більшу

диференціацію зусиль для стабілізації притискового зусилля сошника. Це вказує на неоднорідність посівного шару ґрунту.

Ще одним параметром, який можна вказувати на строкатість твердості ґрунту є карта вібрації (рис. 3.12). Аналізуючи карту вібрації бачимо, що в цілому не спостерігаються проблемні ділянки, які були у 2021 році, але вібрація сама по собі має великі значення і коливання (більше 85 %). В цілому, на всій площі експериментального поля вібрація була досить високою. У великій мірі це пов'язано з тим, що ґрунт мав високу вологість у зв'язку з рясними опадами і різко її втратив під час стрімкого зростання температури як повітря, так і самого ґрунту. Це призвело до утворення грудок. Обробка важкою дисковою бороною та культиватором не дали якісного результату.

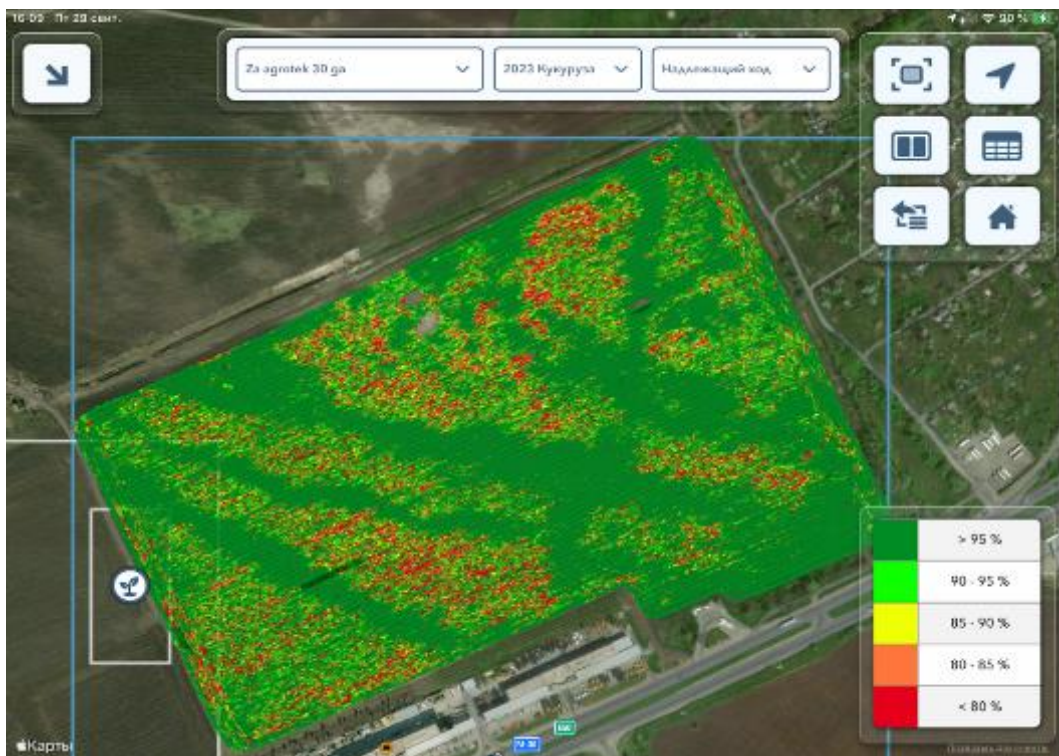


Рис. 3.12. Карта вібрації сошників

Вібрація сошників прямо впливає на якість посіву: глибину укладки насіння, індекс рівномірності розподілу насіння в рядку (SRI).

Як наслідок підвищеної вібрації карта індексу SRI відображає не досить хороші показники (рис. 3.13). Тобто, вібрація негативно вплинула на рівномірність розкладки насіння у посівному ложі.

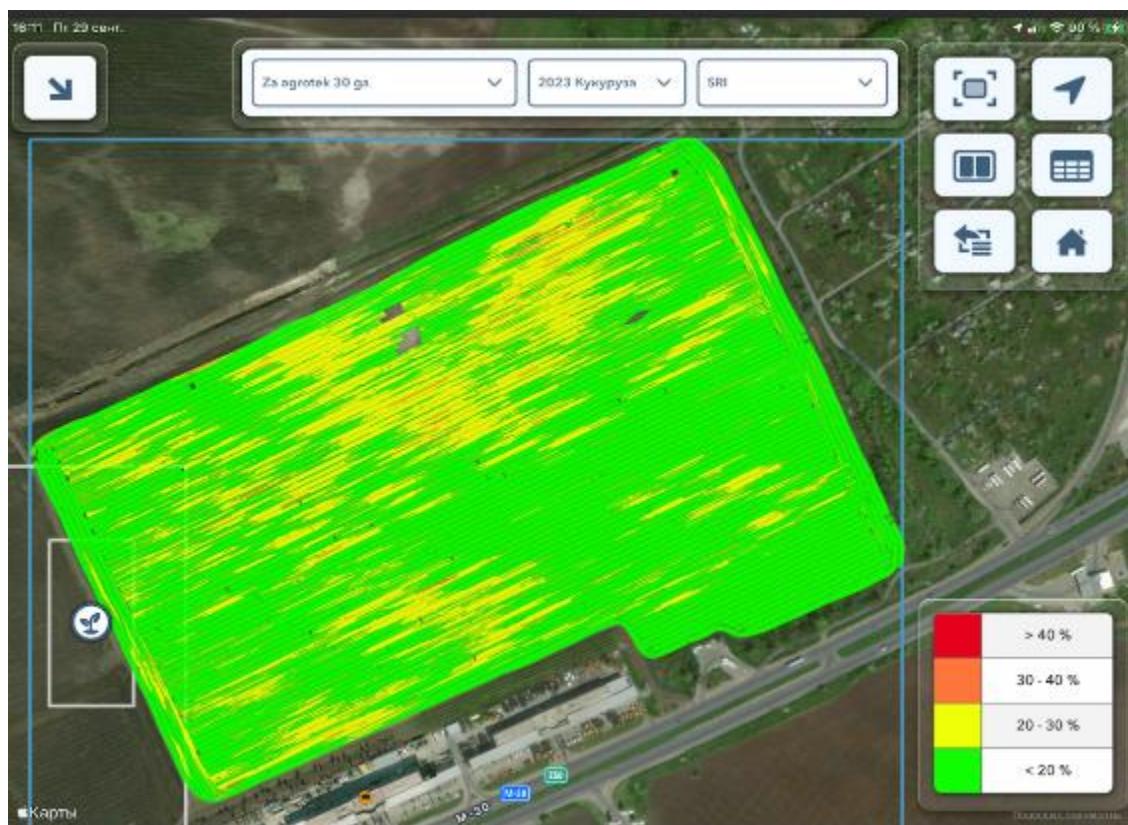


Рис. 3.13. Карта індексу SRI: виділяється диференціація розкладки насіння у посівному ложі.

Як видно з рис.3.13, є значні ділянки, де показники SRI знаходяться в межах 20...30 %, що є незадовільним показником. Завдання землеробства – нівелювати негативний вплив сторонніх факторів (хвилястість поверхні ґрунту, грудкуватість, різна твердість, вологість тощо) на процес укладання насіння посівною машиною у посівне ложе. На опір ґрунту також впливає і рівномірність зволоження орного шару. Тому, цей параметр також входить в область дослідження. Як відомо, оптимальна вологість ґрунту за фізичної стиглості складає 24...26 %. Нами встановлено, що вологість борозни при сівбі кукурудзи на експериментальному полі у 2023 році знаходилась у межах 30-40%. За агрономічними параметрами – це вологість, більша оптимальної, однак за таких умов також можна здійснювати посів.

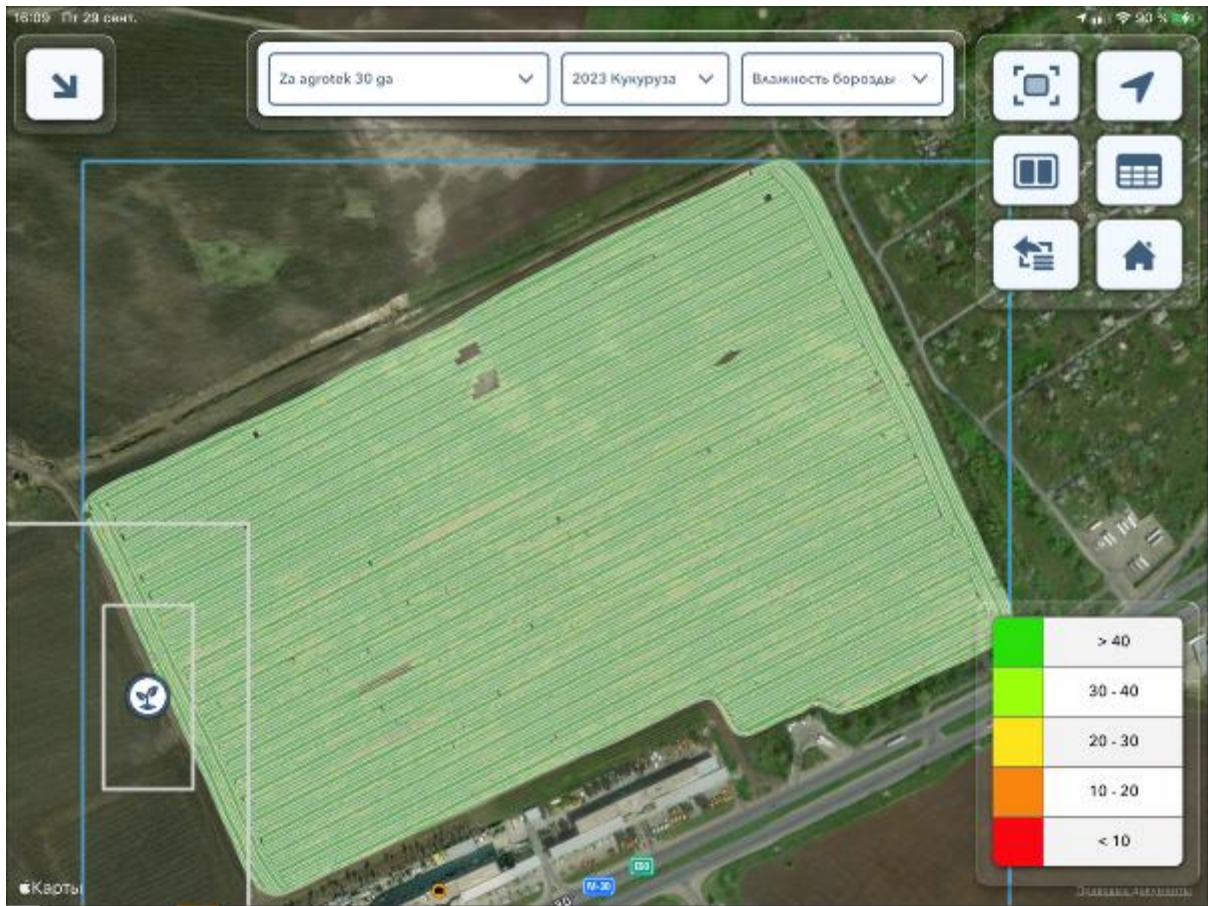


Рис. 3.14. Карта відносної вологості посівного ложе.

На фото нижче карта індексу NDVI, зведена з десятків карт протягом вегетації кукурудзи 2023 року на даному полі. Проблемні ділянки стали меншими, але вони чітко співпадають із солонцями на полі.

В цілому ситуація покращилася у порівнянні з вегетацією кукурудзи 2021 року.

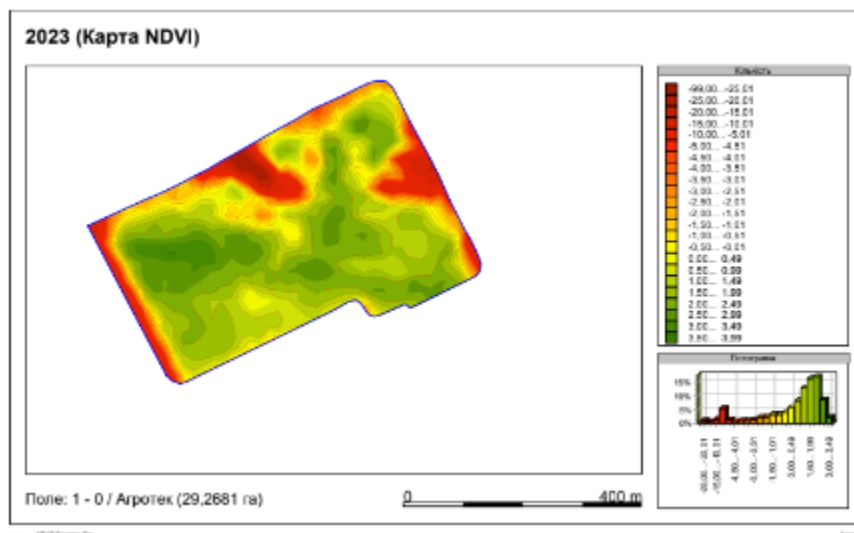


Рис. 3.15. Карта індексу NDVI посівів кукурудзи у 2023 році.

Висновки по розділу. Експериментальними польовими дослідженнями встановлено, що агрегат John Deere 6175M + John Deere 7200+PP забезпечує вищу сингулярність насіння, про що свідчить високі показники індексу SRI.

Порівняльна урожайність кукурудзи на експериментальному полі склала:

- без застосування технології PP – 5,34 т/га;
- із застосуванням технології PP – 4,98 т/га.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Загальні положення

Охорона праці визначається як «система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці на виробництві» [10].

Закон “Про охорону праці” покладає на власників підприємств обов'язки по забезпеченню здорових і безпечних умов праці. Стан, аналіз та перспективи розвитку і удосконалення охорони праці розглядаються в рамках підприємства. Це зумовлено тим, що галузь як така з охорони праці інтегрована у виробничі процеси, економіку конкретного агропідприємства або сервісного підприємства, яким є, наприклад, Товариство з обмеженою відповідальністю «Агротек-Інвест».

Враховуючи, що законодавством України проголошено пріоритет життя і здоров'я людини, метою розділу "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях" в кваліфікаційних роботах ОС «магістр» є розробка безпечних і здорових умов праці на робочих місцях та в робочих зонах при розробці або експлуатації продукту проектування шляхом розробки питань охорони праці та цивільного захисту.

Важливо відзначити, що виробнича діяльність, місія самого підприємства та, зокрема, система управління охороною праці, яка діє в ТОВ «Агротек-Інвест», як підприємства, що є офіційним дилером компанії John Deere, відповідають вимогам John Deere. Система охорони праці в ТОВ «Агротек-Інвест» побудована таким чином, що вона не тільки відповідає Закону «Про охорону праці», але й відповідає міжнародним стандартам з охорони і безпеки праці. Адже в її основі лежить модель безперервного поліпшення процесів (цикл Шухарта – Демінга).

4.2. Загальні вимоги з охорони праці перед початком сівби

Зважаючи на те, що польові випробування відбувались в реальних виробничих умовах, варто коротко надати рекомендації щодо охорони праці при підготовці посівного агрегату до роботи, при виконанні сівби та після її закінчення.

Отже планували виконувати сівбу на полі, площею 29,26 га, агрегатом John Deere 6175M + John Deere 7200 з технологією Precision Planting та без такої. З технічної точки зору агрегат не мав суттєвих конструктивних недоліків. У випадку серійного агрегату, технологія PP просто не працювала. Для якісного і безпечного виконання даного виду робіт, необхідно дотримуватись наступних вимог з охорони і безпеки праці.

1. Працівники, зайняті на сівбі кукурудзи, повинні знати будову трактора John Deere 6175M і сівалки John Deere 7200, володіти технологічними прийомами при сівбі і бути відповідно навчені та ознайомлені з правилами безпеки та процедурами роботи.

2. Працівники повинні бути старше 18 років, мати відповідне посвідчення тракториста-машиніста.

3. Перед проведенням робіт працівники повинні пройти плановий інструктаж з охорони праці із внесенням факту в журнал реєстрації інструктажів з охорони праці.

3. Під час сівби постійно слідкувати за технологічним процесом, здійснювати регулярну перевірку та обслуговування сівалок та іншого обладнання перед початком роботи для попередження можливих аварійних ситуацій.

4. Оглянути поле перед сівбою, уникати наявності каменів, гілок та інших перешкод, які можуть пошкодити обладнання або створити небезпеку для працівників.

5. При завантаженні бункерів сівалки насінням і добривами, бути уважними, не допускати перевантаження працівників.

6. Уникати роботи з обладнанням або машинами, якщо працівник перебуває у втомленому або неадекватному стані.

7. Використовувати належні заходи безпеки при роботі з хімічними речовинами, такими як пестициди або добрива, включаючи правильне зберігання, нанесення та видалення.

8. Застосовувати належні заходи безпеки для запобігання пожежам, включаючи правильне зберігання та використання легкозаймистих матеріалів.

9. Здійснювати періодичну оцінку ризиків та аудит безпеки на робочому місці з метою виявлення потенційних небезпек та розробки відповідних заходів запобігання.

10. Використовувати захисні пристрої, такі як огороження або заслони, для запобігання доступу працівників до рухомих частин обладнання під час роботи.

11. Забезпечити належну сигналізацію та попереджувальні знаки на робочій території для попередження про потенційні небезпеки.

12. Заборонити працівникам носити вільний одяг, прикраси або інші предмети, які можуть зачепитися за рухомі частини обладнання.

13. Застосовувати належні заходи безпеки при обслуговуванні та ремонті обладнання, включаючи відключення живлення та блокування відновлення живлення під час проведення робіт.

14. Навчати працівників застосовувати правильні техніки пожежогасіння та надання першої допомоги, а також забезпечувати наявність необхідних засобів пожежогасіння та медичних аптечок на робочому місці.

15. Уникати впливу небезпечних погодних умов, таких як грози, сильний вітер або град, шляхом переривання роботи та швидкого евакуування з відкритих просторів.

16. Використовувати належні заходи безпеки при роботі з електрообладнанням, включаючи правильне заземлення та ізоляцію проводів.

17. Забезпечити належну організацію робочих місць, забезпечивши

належні шляхи руху, відсутність перешкод та вільний доступ до засобів пожежогасіння та медичних аптечок.

18. Дотримуватись принципів ергономіки при розташуванні обладнання та робочих місць для запобігання напруженню м'язів, травмам спини та іншим фізичним навантаженням.

19. Застосовувати належні заходи безпеки при роботі зі зберіганням та перевезенням хімічних речовин, щоб уникнути потенційного викиду або забруднення навколишнього середовища.

20. Забезпечити належне навчання та інструктаж працівників з використання та обслуговування обладнання, а також з виявлення та повідомлення про можливі небезпеки.

21. Заборонити споживання алкоголю або наркотиків під час роботи, щоб уникнути стану алкогольного або наркотичного сп'яніння, яке може призвести до небезпечних ситуацій.

22. Застосовувати належні заходи безпеки при роботі з тваринами, які можуть бути присутніми на робочій території, включаючи захист від укусів або нападів.

23. Забезпечувати належну комунікацію та співпрацю між працівниками, щоб швидко сповіщати про можливі небезпеки та забезпечувати взаємну допомогу у разі необхідності.

4.3. Загальні вимоги охорони праці при сівбі

1. Перед початком виконання сівби у екіпажа повинен бути розроблений план дій у разі надзвичайних ситуацій, який включає процедури евакуації, контактну інформацію для екстрених служб та розташування безпечних місць для працівників.

2. Проводити регулярні навчання та тренування працівників з плану дій у разі надзвичайних ситуацій, включаючи евакуацію, першу допомогу та використання пожежних вогнегасників.

3. Забезпечувати належну сигналізацію та попереджувальні знаки, які

вказують на шляхи евакуації, місцезнаходження пожежних вогнегасників та першої допомоги.

4. Перевіряти та підтримувати в робочому стані системи пожежогасіння, включаючи вогнегасники, протипожежні крани та автоматичні спринклерні системи.

5. Забезпечити наявність необхідних засобів індивідуального захисту, таких як респіратори, захисні окуляри, рукавиці та протипожежний одяг, які можуть бути потрібні в надзвичайних ситуаціях.

6. Проводити оцінку ризиків та вживати заходів для запобігання можливим небезпечним ситуаціям, таким як викиди хімічних речовин, пожежі, електричні удари тощо.

7. Забезпечити наявність екстрених виходів та шляхів евакуації, які відповідають місцевим нормам та стандартам безпеки.

8. Здійснювати перевірку та обслуговування обладнання, що використовується під час сівби кукурудзи, щоб уникнути виникнення небезпечних ситуацій в результаті несправностей.

9. Застосовувати належні заходи безпеки під час роботи з електрообладнанням, включаючи заземлення, уникання перевантаження та правильне використання електричних кабелів.

10. Забезпечити наявність першої допомоги та навчати працівників надавати допомогу в разі травм або нещасних випадків під час сівби кукурудзи.

Висновки по розділу. Запропоновані заходи з охорони праці забезпечать відповідний рівень безпеки праці при виконанні сівби агрегатом John Deere 6125M + John Deere 7200 + PP.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

5.1. Розрахунок показників

Основними експлуатаційними показниками роботи посівних агрегатів є: змінна та годинна продуктивність, коефіцієнт робочих ходів, паливно-мастильних матеріалів, питомі експлуатаційні та приведені витрати. Продуктивність базового агрегату (га/зм) і витрати палива (л/га, кг/га) визначаємо за «Типовими нормами виробітку та витрачанням палива на механізовані польові роботи». Також враховуємо тривалість простоїв посівного агрегату в технічному обслуговуванні та визначаємо виробничі витрати від цих простоїв [7].

Витрати робочого часу на одиницю роботи посівного агрегату (люд.-год./га, люд.-год/т-км або люд.-год/т) підраховуємо за формулою:

$$Z_{\Pi} = \frac{m \cdot T_{зм}}{W_{зм}}, \quad (5.1)$$

де m - кількість основних та допоміжних працівників посівного агрегату, люд.;

$T_{зм}$ - тривалість зміни, год;

$W_{зм}$ – змінна продуктивність, га/зм.

Визначаємо ці показники для базового та удосконаленого варіантів:

$$Z_{\Pi_{сер}} = \frac{2 \cdot 7}{28} = 0,5 \text{ люд. - год./га} - \text{ для серійного посівного агрегата};$$

Питомі експлуатаційні витрати (грн.-год., грн./т-км, грн./т) посівного агрегату визначаємо за рівнянням:

$$C_{пит} = C_{м} + C_{пмм} + C_{зп}, \quad (5.2)$$

де $C_{м}$, - сума витрат на реновацію, капітальний, поточний ремонт, технічне обслуговування, зберігання, заміну шин енергетичного засобу, тобто, трактора, грн./га;

$C_{пмм}$ - вартість паливно-мастильних матеріалів, грн./га;

$C_{зп}$ - оплата праці персоналу, який обслуговує комбайн, грн./га.

Суму витрат на реновацію, капітальний і поточний ремонт, технічне обслуговування, зберігання трактора знайдемо за формулою:

$$C_m = \left[\frac{B_m \cdot \alpha_{рм} \cdot g_{га}}{100 \cdot G_n^{рік}} + \frac{\sum C_m^h \cdot g_{га}}{1000} \right] \cdot K_i, \quad (5.3)$$

де $B_m \cdot \alpha_{рм}$ - балансова вартість трактора (грн.) та норма відрахувань, %. З [17] визначаємо балансову вартість трактора John Deere 6125M, яку беремо з урахуванням фактичної сьогоднішньої його ціни (2 880 000 грн.) та норму відрахувань – 10%;

$\sum C_m^h$ - питомі нормативні витрати на капітальний, поточний ремонт, технічне обслуговування, зберігання, заміну шин і гусениць, грн./т палива, з урахуванням сучасних цін складе близько 6849 грн. $G_n^{рік}$, $g_{год}$ - нормативне річне завантаження палива (кг). Норму річного завантаження трактора John Deere 6125M приймаємо 9500 кг;

K_i - коефіцієнт індексації цін, який враховує інфляцію. Так як ціни приймаємо реальні, то K_i приймаємо 1.

Для трактора John Deere 6125M витрати на реновацію, ремонт та технічне обслуговування для даного виду робіт складуть:

$$C_m = \left[\frac{2880000 \cdot 10 \cdot 4,5}{100 \cdot 9500} + \frac{6849 \cdot 4,5}{1000} \right] \cdot 1 = 167,24 \text{ грн/га}$$

Вартість паливо-мастильних матеріалів знайдемо за формулою:

$$C_{проект\ нмм} = C_k \cdot G_{год} = 56,3 \cdot 4,5 = 253,35 \text{ грн/га} \quad (5.4)$$

де C_k - комплексна ціна дизельного пального, грн. Вартість пального буде однаковою для обох варіантів агрегатів, що порівнюються.

Оплату праці обслуговуючого персоналу розраховуємо за формулою:

$$C_{зп} = \frac{1,49 (K_{нк} \cdot m_{мех} \cdot f_{мех} + m_{дон} \cdot f_{дон}) \cdot 1,02 \cdot K_3}{W_{зм}}, \quad (5.5)$$

де $1,49$ і $1,02$ - коефіцієнти, які беруть до уваги при нарахуванні оплати праці механізатора;

$K_{нк}$ - коефіцієнт, який передбачає класність механізаторів. Приймаємо коефіцієнт $1,2$ для трактористів-машиністів першого класу;

$m_{мех}$ і $m_{доп}$ - кількість трактористів-машиністів і допоміжних працівників, які обслуговують агрегат;

$f_{мех}$ і $f_{доп}$ - оплата праці за змінну норму (тарифні ставки) виробітку відповідно трактористам-машиністам і допоміжним працівникам, грн./зм. Приймаємо з табл.7.2 [8];

$K_з$ - коефіцієнт збільшення оплати праці за рахунок інфляції, приймаємо $K_з = 10$.

Оплата праці механізаторів:

$$C_{проект\ зпс} = \frac{1,49 \cdot (1,2 \cdot 2 \cdot 100 + 1 \cdot 50,83) \cdot 1,02 \cdot 10}{28} = 157,85 \text{ грн/га}$$

Розраховуємо загальні експлуатаційні витрати серійного машинно-тракторного агрегату за формулою (5.1):

$$C_{пит}^1 = 167,24 + 253,35 + 157,85 = 578,44 \text{ грн/га}$$

Величину капітальних вкладень, розраховуємо за формулою:

$$K_p = \frac{B_T \cdot \alpha_{рм} \cdot g_{га}}{100 \cdot G_{рік}} = \frac{2880000 \cdot 10 \cdot 4,5}{100 \cdot 9500} = 136,42 \text{ грн/га} \quad (5.6)$$

Приведені витрати знайдемо із наступної залежності:

$$П_B^p = C_{п}^p + E \cdot K = 578,44 + 0,5 \cdot 136,42 = 646,65 \text{ грн/га}$$

де $E = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Аналогічно проведемо розрахунки для посівного агрегату, коли працює Precision Planting - John Deere 6125M+John Deere 7200+PP.

Для удосконаленого варіанту посівного МТА у складі John Deere 6125M+John Deere 7200+PP витрати на реновацію, ремонт та технічне обслуговування для даного виду робіт складуть:

$$C_T = \left[\frac{3100000 \cdot 10 \cdot 4,5}{100 \cdot 10500} + \frac{6673 \cdot 4,5}{1000} \right] \cdot 1 = 162,88 \text{ грн/га}$$

Вартість паливо-мастильних матеріалів знайдемо за формулою:

$$C_{\text{проект}}^{\text{пмм}} = C_k \cdot G_{\text{год}} = 56,3 \cdot 4,5 = 253,35 \text{ грн/га} \quad (5.4)$$

де C_k - комплексна ціна дизельного пального, грн. Вартість пального буде однаковою для обох варіантів агрегатів, що порівнюються.

Оплату праці обслуговуючого персоналу розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{проект}}^{\text{зпс}} = \frac{1,49 \cdot (1,2 \cdot 2 \cdot 80 + 1 \cdot 50,83) \cdot 1,02 \cdot 10}{32} = 115,32 \text{ грн/га} \quad (5.5)$$

Розраховуємо загальні експлуатаційні витрати удосконаленого варіанту комбайна за формулою (5.1):

$$C_{\text{пит}}^1 = 162,88 + 253,35 + 115,32 = 531,55 \text{ грн/га}$$

Величину капітальних вкладень при експлуатації посівного агрегату, розраховуємо за формулою:

$$K_p = \frac{B_T \cdot \alpha_{\text{рм}} \cdot g_{\text{га}}}{100 \cdot G_{\text{рік}}} = \frac{3100000 \cdot 10 \cdot 4,5}{100 \cdot 10500} = 132,85 \text{ грн/га} \quad (5.6)$$

Приведені витрати:

$$P_B^p = C_{\text{п}}^p + E \cdot K = 532,55 + 0,5 \cdot 132,85 = 601,97 \text{ грн/га}$$

де $E = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Отримані результати формуємо у в табл. 5.1.

Економічна оцінка роботи посівних агрегатів

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проект
Балансова вартість агрегату	грн.	2 800 000	3 100 000
Річне використання пального	кг	9500	10500
Продуктивність	га/зм	28	32
Витрата пального	кг/га	4,5	4,5
Витрати на реновацію, ремонт та ТО	грн. / т.п.	167,24	162,88
Вартість ПММ	грн. / га	253,35	253,35
Оплата праці	грн. / га	157,85	115,32
Експлуатаційні витрати	грн. / га	578,44	531,55
Величина капітальних вкладень	грн. / га	136,42	132,85
Приведені витрати	грн. / га	646,65	601,97
Річний економічний ефект від експлуатації технології РР, у розрахунку на 500 га	грн.	-	22 340

Висновки по розділу. Встановлено, що реалізація технології Precision Planting з використанням системи притискного зусилля сошників забезпечить технічний ефект на рівні 22 340 грн у розрахунку на 500 га. В цілому, контроль над притискним зусилля забезпечить вищу середню робочу швидкість агрегату, що збільшить змінну продуктивність модернізованого агрегату. Агротехнічний економічний ефект буде полягати ще й у тому, що застосування технології РР забезпечить підвищення урожайності.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз конструкцій посівних машин та технологій висіву насіння показав, що сучасні посівні машини, володіючи комплексом технічних, технологічних та цифрових рішень, не повністю забезпечують якість посіву у відповідності до існуючих агрономічних. Тому, метою роботи було розробити адаптивну систему підвищення ефективності посівних машин за допомогою технології Precision Planting.

2. На основі аналізу посівних адаптивних систем встановлено, що підвищити якість сівби можна за допомогою технології Precision Planting з механізмом адаптації притискного зусилля посівної секції. Контроль притискного зусилля повинно здійснюватись датчиками SmartPin. Встановлено, що зусилля в межах 3000 Н є достатнім.

3. Експериментальними польовими дослідженнями встановлено, що агрегат John Deere 6175M + John Deere 7200+PP забезпечує вищу сингулярність насіння, про що свідчить високі показники індексу SRI.

Порівняльна урожайність кукурудзи на експериментальному полі склала:

- без застосування технології PP – 5,34 т/га;
- із застосуванням технології PP – 4,98 т/га.

4. Запропоновані заходи з охорони праці забезпечать відповідний рівень безпеки праці при виконанні сівби агрегатом John Deere 6125M + John Deere 7200 + PP.

5. Встановлено, що реалізація технології Precision Planting з використанням системи притискного зусилля сошників забезпечить технічний ефект на рівні 22 340 грн у розрахунку на 500 га. В цілому, контроль над притискним зусилля забезпечить вищу середню робочу швидкість агрегату, що збільшить змінну продуктивність модернізованого агрегату. Агротехнічний економічний ефект буде полягати ще й у тому, що застосування технології PP забезпечить підвищення урожайності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко А. Проблеми удосконалення і тенденції розвитку посівної техніки [Текст] / А. Бойко, М. Свірень, П. Сисолін, Н. Петренко // Техніка АПК. - 2000. - №11-12. – С.8-10.
2. Бородин И.Ф. Роль энергии в развитии земледельческой механики / Сборник докладов пленарного заседания международной конференции «Земледельческая механика на рубеже столетий». – ТГАТА, Мелитополь, 2001. – С.37-42.
3. Панков А.А. Анализ динамики удельного тягового сопротивления рядковых сеялок / А.А. Панков, А.В. Щеглов // Збірник наукових праць КНТУ, "Техніка в с.-г. виробництві", Галузеве машинобудування, автоматизація, вип.25, частина 1, 2012. - С.61-68.
4. Макаренко Д.О., Деркач О.Д., Муранов Є.С., Крутоус Д.І. Деякі властивості конструкційних пластиків, наповнених вторинним поліетиленом та їх застосування в сільськогосподарському машинобудуванні / Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного : електронне наукове фахове видання / ТДАТУ ; гол. ред. д. т. н., проф. В. М. Кюрчев. - Мелітополь: ТДАТУ, 2020. - Вип. 10, том 1.
5. О.Д. Деркач. Широкозахватні сівалки Turbosem для висівання просапних культур / Пропозиція, № 2, 2020 р., с. 8 - 11.
6. Асташев В.К. Інноваційні авторезонансні вібротехнології / В.К. Асташев, В.Л. Крупенін // "Сучасні наукомісткі технології", №7, 2008. - С.84-85.
7. Maxidrill. Проспект фірми Sulky. [Електронний ресурс]. URL: http://www.sulky-burel.com/mgt/resources/fichiers/MAXIDRILL_RU_01.pdf
8. Holtmann W. Rubensaat mit Elektronik Kette / W. Holtmann // Profi. Magazin fur Agrartechnik. – 1997. – №5. – S.76-79.

9. Kverneland Accord DF-2. [Електронний ресурс]. URL: <http://sng.kverneland.com/Posevnaya-tehnika/Zernovye-seyalki/Sidel-nye-pnevmaticheskie-zernovye-seyalki/Kverneland-Accord-DF-2>

10. Кобець А.С., Деркач О.Д., Чигвінцева О.П., Кабат О.С., Рула І.В., Дудін В.Ю., Макаренко Д.О., Бойко Ю.В. К55 Застосування полімерних композитів в АПК: Монографія / А.С. Кобець, О.Д. Деркач, О.П. Чигвінцева, О.С. Кабат, І.В. Рула, В.Ю. Дудін, Д.О. Макаренко, Ю.В. Бойко – Дніпро: ДДАЕУ, 2022 – 353 с.

11. Деркач О.Д., Науменко М.М., Макаренко Д.О., Муранов Є.С. До питання створення широкозахватних посівних комплексів з підвищеним ресурсом рухомих з'єднань. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск, 159 «Технічний сервіс машин для рослинництва». – Х.: Віронєць А.П. «Апостроф», 2015. – 234 с., с. 185-191 с.

12. Науменко М.М. Макаренко Д.О., Деркач О.Д. Побудова математичної моделі процесу взаємодії дисково-анкерного сошника з ґрунтом при динамічних навантаженнях. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 181. «Технічні системи і технології тваринництва» «Технічний сервіс машин для рослинництва». – Х.: Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, 2017. – 358 с. (с. 267-274).

13. Підвищення довговічності паралелограмного механізму посівних комплексів зміною конструкції рухомих з'єднань [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / Макаренко Дмитро Олександрович ; Центральноукр. нац. техн. ун-т. - Кропивницький, 2018. - 20 с. : рис., табл.

Додатки

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



**ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

*X Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
116-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)*

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

*23-24 лютого 2023 року
м. Київ*

ББК40.7
УДК 631.17+62-52-631.3

LBC40.7
UDC 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 23-24 лют. 2023 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2023. 610 с.

Proceedings of the X International Scientific and Technical Conference dedicated to the 116th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of VASKhNIL, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 23–24, 2023, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2023. 610 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

СТРУКТУРНИСТЬ СЕЗОННИХ ВІДМОВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ <i>Шатров Р. Р.</i>	206
OPTIMIZATION METHODS OF PARALLEL COMPLEX SYSTEM OF MACHINERY OF PLANTING <i>Sivak I. M.</i>	209
GROUP COMMUNICATIONS OF THE SYSTEM FOR RESTORATION OF WORKING CAPACITY OF GRAIN HARVESTING COMBINERS <i>Nychay I. M.</i>	214
СТРУКТУРНИСТЬ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL <i>Сакунов Д. І.</i>	217
ADDITIVITY IN SYSTEM OF RESTORATION OF PERFORMANCE OF GRAIN HARVESTING COMBINERS <i>Titova L. L.</i>	221
ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ РОСЛИН <i>Осадчий І. О.</i>	225
ВИКОРИСТАННЯ АГРОДРОНІВ В СИСТЕМІ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА <i>Васильковська К. В., Андрієнко І. А., Філончук А. С.</i>	228
КОМБІНОВАНИЙ ГРУНТООБРОБНИЙ АГРЕГАТ <i>Мартишко В. М., Ростовський А. В.</i>	230
ОБГРУНТУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РОТАЦІЙНОГО ПРОТРУЮВАЧА ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ ДЛЯ ПОШАРОВОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ <i>Ратушний В. В., Вітрух П. І., Косовець Ю. В., Маранда С. О., Онищенко В. Б.</i>	232
ДО ПИТАННЯ УТОЧНЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ ШИРИНИ ЗАХВАТУ АГРЕГАТУ <i>Деркач О. Д., Макаренко Д. О., Бондаренко О. О., Титаренко С. С., Дворник О. В.</i>	235

УДК 631.1

**ДО ПИТАННЯ УТОЧНЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА
ВИКОРИСТАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ ШИРИНИ ЗАХВАТУ
АГРЕГАТУ**

О. Д. ДЕРКАЧ, кандидат технічних наук, доцент;

Д. О. МАКАРЕНКО, кандидат технічних наук, доцент;

О. О. БОНДАРЕНКО, магістр

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

С. С. ТИТАРЕНКО, О. В. ДВОРНИК, фахівці з точного землеробства;

Товариство з обмеженою відповідальністю «Агротек-Інвест»

E-mail: derkach.o.d@dsau.dp.ua

При визначенні ефективності використання машинних агрегатів (МА), студентам пропонується користуватися відомими методиками [1, 2]. Для теоретичних розрахунків при порівнянні, наприклад, ефективності роботи двох альтернативних МА, такі методики дозволяють визначити відносну ефективність між собою. Але проекція цих методик до МА, які працюють з використанням навігаційних систем, уже сьогодні неможлива, бо не дозволяє отримати точні значення теоретичної продуктивності. Наприклад, при розрахунку робочої ширини захвату використовується формула [2, стор. 90]:

$$B_p = B_k \cdot \mathcal{L}_e, \quad (1)$$

де B_k – це конструктивна ширина захвату, м;

\mathcal{L}_e – коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату.

При цьому, значення самого коефіцієнта за великим рахунком приймається досить грубо: менше одиниці на операціях поверхневого обробітку ґрунту, збирання, скошування ($\mathcal{L}_e = 0,96$, [2, стор.90]), і більше одиниці ($\mathcal{L}_e = 1,02 \dots 1,1$) на ґрунтообробних операціях, зокрема, на оранці зябу [2, стор. 144].

Сьогодні ж, за використання навігаційних систем, таких як, наприклад AMS (John Deere), AFS (CNH) та інших універсальних платформ, які працюють в системах паралельного водіння, точного та цифрового землеробства, розбіжності між розрахунковими та фактичними значеннями показників МА будуть зростати (табл. 1). Так, формула (1) явно має залежність від ширини захвату, а сучасні навігаційні системи забезпечують стабільну похибку за будь-якої ширини захвату. Наприклад, якщо є прив'язка до RTK, то похибка становитиме близько 2,5 см незалежно від B_k .

В сучасних же технологіях точного землеробства фактична робоча ширина захвату МА залежить не від теоретичної, а від точності сигналу (табл. 2).

Таким чином, у формулі (1) коефіцієнт \mathcal{L}_e при визначенні показників ефективності МА, що працюють в умовах точного і цифрового землеробства не має статичного значення, а залежить від точності сигналу і обладнання, з якими

працюють МА. Орієнтуватись необхідно на дані, наведені в табл. 2.

Таблиця 1 – Величина розбіжностей показників МА на прикладі ширини захвату жатки

Марка жатки	Case 1030	MacDon FD 75	Honey Bee AF230
Конструктивна ширина захвату жатки, м	6,1	13,75	9,1
Робоча ширина захвату згідно методики [1, 2]	5,86	13,2	8,74
Робоча ширина захвату в системі навігації, м	6,05	13,7	9,05
Величина похибки, м	0,19	0,5	0,31

Таблиця 2 – Величина зменшення фактичної робочої ширини захвату МА в залежності від сигналу (на прикладі John Deere)

Назва сигналу	Обладнання	Точність, м	Максимальне зменшення B_p , м
SF 1	StarFire 3000/6000	$\pm 0,15$	0,3
SF 3	StarFire 6000/7000	$\pm 0,03$	0,06
RTK	StarFire 7000	$\pm 0,025$	0,05

Контроль фактично виконаних робіт і всіх витрат, пов'язаних з технологічним процесом виробництва здійснюється через «Operations Center» (John Deere). Це системна онлайн платформа, яка об'єднує технічні, технологічні і економічні процеси в сільськогосподарському підприємстві (рис. 1).

До переваг цієї платформи слід віднести можливість контролю за показниками виробничої та технічної експлуатації. Інформацію отримують із вкладення «Звіти по машинах», де формуються звіти з використання машинами ресурсів. Як видно з рис. 1, основні кластери звіту включають карту урожайності з деталізацією складових та основні показники використання комбайнів: середня робоча швидкість, фактична продуктивність, витрата пального та інші важливі параметри, необхідні для аналізу машиновикористання.

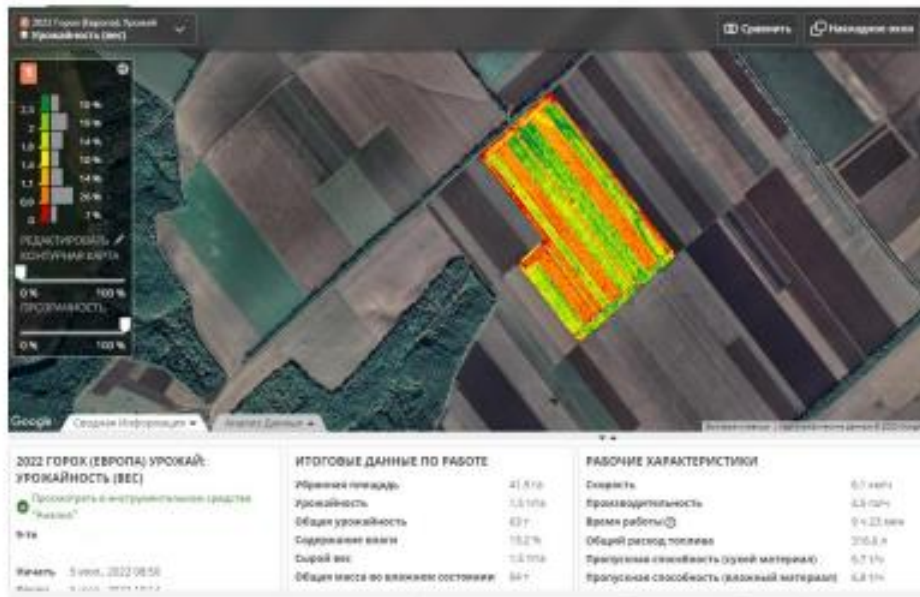


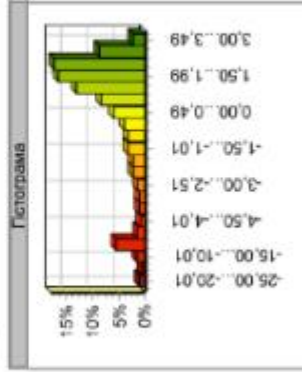
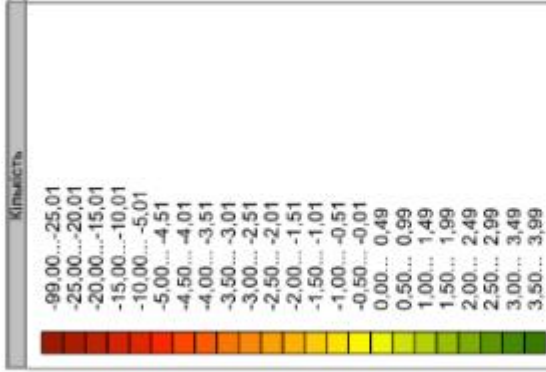
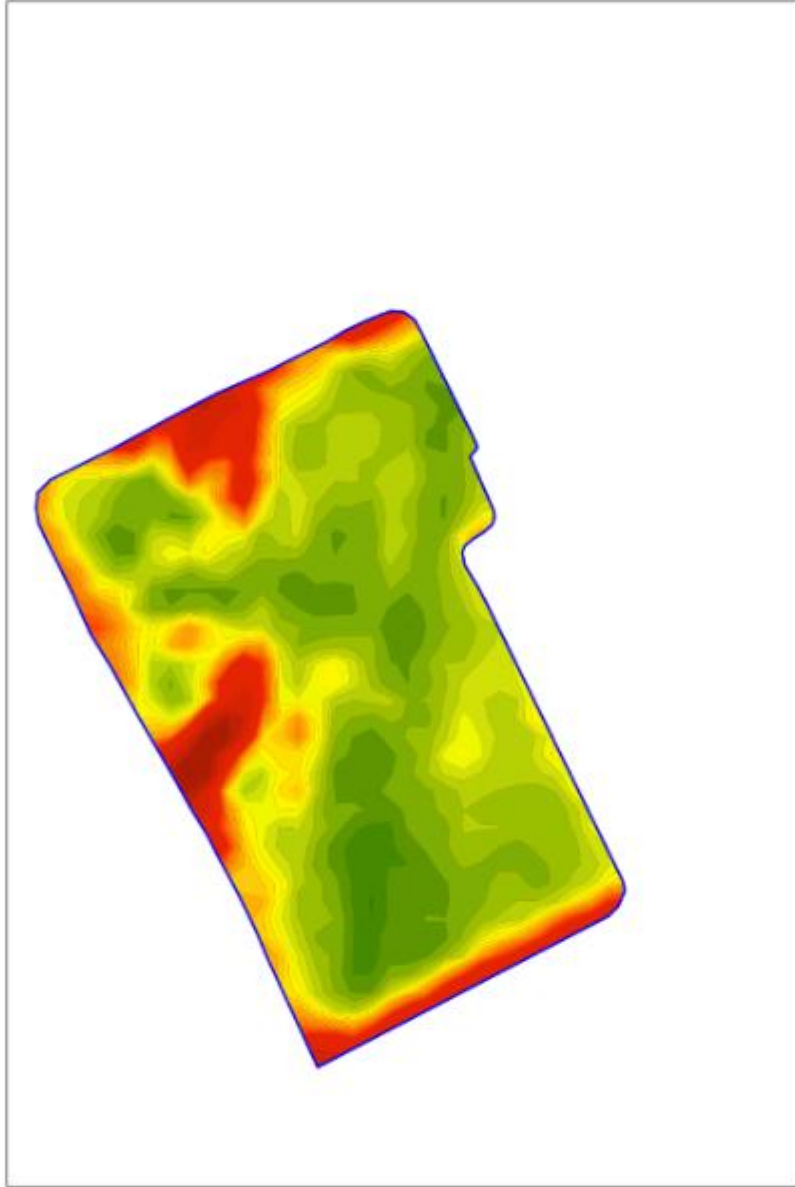
Рис. 1. Загальний вигляд звіту виконаних робіт двома комбайнами, зафіксованих в платформі «Operations Center».

Дані уточнення використовуються в освітньому процесі Дніпровського державного аграрно-економічного університету при підготовці здобувачів другого (магістерського), рівня вищої освіти за спеціальністю 208 «Агроінженерія».

Список використаних джерел

1. Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник В.П., Карасьов П.І., Кухаренко П.М., Ільченко А.В. Практикум з використання машин у рослинництві / Дніпропетровський держагроуніверситет. – Дніпропетровськ, 2002. – 212с.
2. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, А.С. Лімонт та ін.; за ред. В.Ю. Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288с.
3. Технології точного землеробства це просто: <https://www.youtube.com/watch?v=4rf63OQkYRo>
4. Системи точного землеробства АМС сьогодні: <https://www.youtube.com/watch?v=Lak6Q5vFYIc>
5. Переваги точного землеробства: <https://www.youtube.com/watch?v=KFEAID5nOeE>
6. Системи точного землеробства АМС вчора (RU): <https://www.youtube.com/watch?v=eZ2dmDUxxBk>
7. Методичні рекомендації до практичних (семінарських) занять з вибіркової навчальної дисципліни «Машиновикористання в рослинництві» для

2023 (Карта NDVI)



Поле: 1 - 0 / Агротек (29,2681 га)

0 400 м