

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

До захисту допускається
завідувач кафедри
агроінжинірингу

Михайло ШУЛЯК

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти
на тему: «Підвищення показників ефективності використання машинно-тракторного парку шляхом застосування технології «AMS»»

Виконав:

(підпис)

Нудьга Є. О.

(прізвище, ініціали)

Група:

СТЗ 2301-2м ВН

(Науковий) керівник:

(підпис)

Воліна Т. М.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота містить:

- пояснювальну записку: 60 стор., 14 іл., 2 табл., 17 використаних джерел, додатки;
- мультимедійну презентацію.

Технології цифрового землеробства є надзвичайно важливими в аграрному секторі для підвищення продуктивності, сталості та ефективності. Використання аналітики даних, супутникових знімків та IoT-пристроїв дозволяє фермерам приймати обґрунтовані рішення щодо управління врожайми, здоров'я ґрунту та розподілу ресурсів. Ці технології допомагають зменшити втрати, оптимізувати використання ресурсів та збільшити врожайність, сприяючи більш сталим та стійким методам ведення сільського господарства. Крім того, цифрове землеробство підтримує точне землеробство, що дозволяє здійснювати цільові втручання, покращуючи загальну прибутковість ферм та екологічну відповідальність.

Мета дослідження: вивчення доцільності запровадження цифрових технологій до технологічного процесу землеробства з метою підвищення ефективності використання механізованих засобів ведення землеробства. Об'єктом дослідження виступає технологічний процес землеробства із залученням цифрових технологій. Предметом дослідження є вплив запровадження цифрових технологій на ефективність використання механізованих засобів ведення землеробства.

В першому розділі магістерської роботи проаналізовано існуючі технології вирощування сільськогосподарських культур, проведено огляд показників ефективності використання машино-тракторних агрегатів, викладено шляхи їх підвищення. В другому розділі викладено загальні відомості про інтелектуальне землеробство, основні положення стосовно цифровізації виробничих процесів у сучасному аграрному виробництві. Крім того, розглянуто існуючі цифрові платформи від різних виробників та їх

основні функції. В третьому розділі викладено план досліджень та розрахунки, які обґрунтовують показники експлуатації машино-тракторних агрегатів за класичної та пропонованої технологій.

В розділі охорони праці проведено огляд небезпечних та шкідливих факторів, розроблено організаційно-технічні заходи щодо охорони праці персоналу, заходи безпеки під час виконання технологічних операцій та стосовно уникнення настання надзвичайних ситуацій.

Обґрунтовано економічний ефект від впровадження пропонованого технологічного рішення.

За результатами досліджень викладено висновки та пропозиції.

**ТОЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО, ЦИФРОВІЗАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ,
ЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЯ AMS.**

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Огляд та аналіз досліджень ефективності використання машино-тракторного парку	9
1.1 Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур	9
1.2 Огляд показників ефективності машиновикористання	13
1.3 Шляхи підвищення показників використання МТА	16
2 Огляд сучасних цифрових платформ	21
2.1 Загальні відомості про інтелектуальне землеробство	21
2.2 Цифровізація виробничих процесів у сучасному агровиробництві	22
2.3 Основні функції цифрових платформ	24
2.4 Основні існуючі цифрові платформи різних виробників	26
3 Експериментально-розрахункова частина	32
3.1 План досліджень	32
3.2 Обґрунтування показників експлуатації машино-тракторних агрегатів	32
4 Охорона праці	44
4.1 Огляд шкідливих та небезпечних факторів	44
4.2 Організаційно-технічні заходи щодо захисту праці персоналу	47
4.3 Заходи безпеки під час виконання технологічних операцій за умови використання обладнання за системою AMS	48
4.4 Заходи щодо уникнення настання надзвичайних ситуацій	50
5 Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень	53
Загальні висновки	58
Список використаних джерел	59
Додатки	61

ВСТУП

Агропромислове виробництво України потребує комплексних заходів з модернізації, оскільки в умовах світової енергетичної кризи лише наявність родючого ґрунту вже не може забезпечити собівартість продукції, що може конкурувати на глобальному ринку. Одним з основних напрямків підвищення ефективності виробництва є скорочення витрат механізованих засобів, що виконують роботи безпосередньо на полі. В Україні спостерігається стрімке переоснащення матеріально-технічної бази сільськогосподарських машин та приладь, якими вони агрегатуються, але впровадження автоматизації шляхом застосування цифрових технологій є не таким стрімким. Найбільші агропромислові господарства мають сучасне обладнання, що цілком придатне до впровадження цифрових технологій, бо розроблялись вони при співробітництві розробників програмного забезпечення та виробників сільськогосподарської техніки, зокрема таких як John Deere, Case, New Holland. При переоснащенні машино-тракторного парку більшість агропромислових господарств звертає увагу лише на продуктивність, потреби в паливі, вартість експлуатації і навіть не знає, що виробник передбачив можливість використання їхньої техніки з використанням автоматизованими цифровими системами, що передбачається методом точного землеробства. При цьому фермерське господарство вже сплатило за такі передові технології, бо виробники включають вартість їх розробки і виконання до ціни кожної одиниці техніки.

Є дві основні причини виникнення ситуації, що описана вище – це нерозуміння власників господарств та відсутність кваліфікованого персоналу, причому друга причина впливає з першої, бо зазвичай власниками агропідприємств є люди, які починали свій бізнес, коли таких технологій ще не існувало.

Проте, на сьогодні ситуація докорінно змінилась, бо нове покоління бізнесменів стрімко замінює тих, хто починав діяльність після розпаду

радянського союзу. Їхня технологічна грамотність та вміння розраховувати довгострокові перспективи від впровадження незрозумілих для їх попередників технологій спонукає всіх вивчати та розбиратись з новітніми технологіями точного землеробства та їх застосуванням.

Метою дипломної роботи є вивчення доцільності запровадження цифрових технологій до технологічного процесу землеробства з метою підвищення ефективності використання механізованих засобів ведення землеробства.

Об'єктом дослідження є технологічний процес землеробства із залученням цифрових технологій, а предметом – вплив запровадження цифрових технологій на ефективність використання механізованих засобів ведення землеробства.

Завдання дослідження:

- аналіз існуючих програмних комплексів точного землеробства;
- опрацювання організаційно-технічних заходів для впровадження автоматизації технологічного процесу землеробства AMS;
- опрацювання організаційно-технічних заходів з охорони праці при використанні автоматизованих систем землеробства;
- економічне обґрунтування впровадження технології.

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАШИНО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ

1.1 Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур

Агропромислова складова економіки України є однією з найбільших у світі за обсягами виробництва зернових та олійних культур, щорічні обсяги яких можуть сягати 63 млн. т. Експертна аналітика агропромислового комплексу України прогнозує зростання обсягів виробництва зернових культур протягом десятиліття та досягнення їх частки в 13 % [6] всього світового експорту зерна, що дозволить увійти до першого десятка країн-експортерів. Наявне зростання обсягів виробництва зернових зумовлене, зокрема, використанням нових механізованих засобів, які виготовляють лідери світового агропромислового машинобудування.

Не зважаючи на досягнення сучасного машинобудування, спостерігається тенденція на зниження прибутковості культивування зернових культур по причині глобальної зміни клімату. Відповідно до статистичних даних [9] за 2019 рік маржинальність знизилась майже в три рази. Колишній очільник УКАБ Роман Сластьона, який обіймав цю посаду у 2020 році, стверджував, що спостерігається стала тенденція до зниження рентабельності рослинництва продовж останніх п'яти років, основними причинами чого зазначається зростання прямих витрат на виробництво та зниження світових цін на зернові. Зростання затрат на виробництво зернових та олійних культур спричинив цілий комплекс факторів, основними з яких є збільшення податкового навантаження на агропідприємства після скасування спеціального режиму оподаткування для аграріїв у 2017 році, підвищення орендної плати за користування земельними ділянками, зростання заробітної плати працівників, удорожчання паливно-змащувальних матеріалів. Наведені вище фактори призвели до перегляду стратегії розвитку більшості господарств, концентруючи максимальні зусилля на зменшенні собівартості

продукції, а не на найвищій урожайності, як раніше.

Сучасні агропромислові холдинги та господарства, що оброблюють площу угідь не менше 6000 га вже мають можливість застосовувати новітні технології на кшталт Mini-till, Strip-till та No-till в повному обсязі, тоді ж як менші агропідприємства застосовують їх вибірково, часто комбінуючи. Через глобальну зміну клімату виникла потреба у впровадженні заходів по збереженню вологи у ґрунті при його механізованому обробітку, що найефективніше досягається шляхом впровадження методів точного землеробства, при якому робочі органи ґрунтообробних знарядь застосовуються, виходячи з фактичного стану поля за показниками, отриманими заздалегідь.

Опишемо суть методів та їхні основні переваги та недоліки [3].

Mini-till – методика передбачає мінімально можливу глибину механізованого оброблення ґрунту комбінованими агрегатами, яка може не перевищувати 40 мм і може застосовуватись при оранці. Очевидною перевагою методики є зниження собівартості продукції шляхом зменшення використання енергоресурсів. Основними недоліками є необхідність застосування гербіцидів та дещо менша урожайність угідь.

No-till – методика, якою взагалі не передбачено механізований обробіток ґрунту. Найочевиднішою перевагою методики є значне зменшення прямих витрат при культивації зернових культур завдяки суттєвій економії енергоресурсів. Супутніми перевагами є відсутність ерозійних процесів родючого шару ґрунту. Також завдяки застосуванню методики досягається максимальна здатність ґрунту до утримання атмосферної вологи. Основним недоліком методу є необхідність внесення значних кількостей засобів захисту рослин, а впровадження методики потребує використання рушіїв з широкою колією та переважно на гусеничному ході. Також спостерігається прогнозоване зниження урожайності впродовж перших посівних кампаній. Основними технологічними операціями є внесення насіннєвого матеріалу, підживлення та застосування засобів захисту рослин, що передбачає внесення

хімічних комплексів, збирання врожаю.

Приклади машино-тракторних агрегатів (МТА) для виконання описаних технологічних процесів наведено нижче на рисунках 1.1 – 1.3.



Рисунок 1.1 – МТА на базі трактору Case MX 380, споряджений сівалкою для точного висіву Horchsh Maestro 36.5



Рисунок 1.2 – Самохідний МТА John Deere 4830 для внесення засобів захисту рослин, споряджений устаткуванням для точного землеробства

Технологія обробітку Strip-till передбачає вибіркоче оброблення ґрунту вздовж рядків, куди вноситься насіння культури, що вирощується, та її підживлення. Подальше оброблення ґрунту передбачається виключно в зоні міжряддя, тобто технологія є певним компромісом, який поєднує переваги та недоліки технологій, що описані вище, але у менш вираженій формі. Також

слід зазначити необхідність використання спеціалізованої техніки, що також є недоліком. Застосування методів точного землеробства дозволяє досягти максимальних показників ефективності саме при використанні цієї методики.



Рисунок 1.3 – МТА Case IH Quadtrack 600, агрегатований бункером для транспортування і перевантаження Kinze-1350

Традиційна методика вирощування зернових та олійних культур передбачає обширну варіативність як у етапності технологічних процесів, так і в їх типах, при цьому характерною особливістю є інтенсивний механізований обробіток ґрунту. Догляд за рослинами мало відрізняється від методів, що наведені вище, але витрати на хімічні засоби істотно менші [7].

Матеріально-технічна база може бути представлена широкою номенклатурою рушіїв та механічних засобів, якими вони агрегуються: від застарілих зразків радянського виробництва до сучасних виробів.

Перевагою традиційної технології є вища врожайність у порівнянні із описаними вище технологіями. Недоліками є втрата родючості ґрунтів через інтенсивну ерозію, залежність від кліматичних умов із-за інтенсивного випаровування вологи після механізованого обробітку всієї площі верхнього шару на значну глибину та формування «плужної підшви», що призводить до непрогнозованого розподілення мінеральних добрив та вологи в товщі

родючого шару. Також застосування традиційної технології потребує значних енергетичних ресурсів у порівнянні з наведеними вище технологіями [14].

Отже, можна зробити висновок, що всі описані методики вирощування сільськогосподарської продукції мають як переваги, так і недоліки. Впровадження того чи іншого методу ставить перед господарствами ряд організаційно-технічних задач. Проте, сучасною тенденцією стало застосування саме методів, при яких потреба енергетичних ресурсів є мінімальною, оскільки зниження собівартості продукції є ключовим завданням, вирішення якого впливає на конкурентоспроможність в умовах світового ринку.

Машиновикористання механізованих ресурсів та їх типи різняться у кожній із описаних технологій рослинництва.

1.2 Огляд показників ефективності машиновикористання

Комплектність механізованого устаткування, що застосовується у тому чи іншому випадку, формує витрати на поопераційне дотримання регламенту польових робіт, а також забезпечує їх якість при правильному підборі. Вибір найоптимальніших параметрів при застосуванні обраної технології рослинництва є результатом комплексного вивчення багатьох чинників, що можуть впливати на ведення сільськогосподарської діяльності в тому чи іншому регіоні. Це можуть бути особливості клімату, наявність розвиненого логістичного сполучення, кваліфікованого персоналу, сприяння місцевої влади, при цьому частина цих показників є не точною, а вірогідно прогнозованою. Коректний аналіз зазначених чинників впливає на вибір технології вирощування обраної культури та склад механізованих засобів, який в повній мірі задовольнить потреби цієї методики, виходячи з її особливостей. Формування матеріально-технічної бази має бути зваженим та передбачати застосування вже наявних зразків разом із високопродуктивними, сучасними рішеннями [8].

Головним чином машиновикористання характеризується трьома групами показників:

- рівень технічного оснащення;
- інтенсивність використання;
- ефективність.

Перша група показників представлена головним чином такими характеристиками:

- тракторозабезпеченість – питомий показник еталонних рушіїв на 100 га ;
- машинозабезпеченість – відношення балансової вартості механічних засобів, якими агрегатуються рушії, до балансової вартості самих рушіїв.

Визначається машинозабезпеченість відповідно до формули:

$$m_{\text{сгм}} = \frac{B_{\text{сгм}}}{B_{\text{м}}}, \quad (1.1)$$

де $B_{\text{сгм}}$ – балансова вартість всіх агрегатів, грн;

$B_{\text{м}}$ – балансова вартість машино-тракторного парку, грн.

- енергозабезпеченість – питома величина сумарної потужності рушіїв на 100 га обробітку;
- енергоозброєність – питома величина сумарної потужності рушіїв на одного робітника, який задіяний в господарстві.

Ці показники можуть суттєво різнитися по господарствах, оскільки застосування сучасних, високопродуктивних машин і механізмів дає змогу обробляти більшу площу угідь при меншій чисельності персоналу у порівнянні з традиційною технологією обробітку. Це спостерігається у великих господарствах, які мають змогу використовувати широкозахватну техніку, і це вже стало тенденцією.

Показник застосування машино-тракторного парку відображає ступінь застосування механізованих засобів обробітку при веденні сільського господарства та описується виразом:

$$P_{\text{мех}} = \frac{Q_{\text{мех}}}{Q_{\text{заг}}}, \quad (1.2)$$

де $Q_{\text{мех}}$ – обсяг операцій технологічного циклу, який виконується механізованими засобами;

$Q_{\text{заг}}$ – загальний обсяг робіт.

Величина цього показнику характеризує загальний ступінь механізації господарства та, як наслідок, є показником ефективності виробництва.

Питома вартість механізованих робіт є значно нижчою за ручну працю, тому навіть незначний його відсоток може складати до 25 % загальних витрат. З цієї причини сучасні господарства мусять максимально використовувати механізовані методи обробітку з мінімальним залученням ручної праці, щоб продукція стала конкурентоспроможною.

Попри наявність сучасних засобів механізованого обробітку у господарстві також вкрай важливими є показники ефективності його використання, які є техніко-економічними та описують ступінь використання машино-тракторного парку [4].

Характеристики екстенсивного використання описують величину застосування механізованих засобів та є як відносними, так і статистичними.

До перших відносяться в основному показники відпрацьованого часу, другі ж враховують коефіцієнт корисної дії (ККД), змінність та коефіцієнт використання.

Характеристики інтенсивності використання машино-тракторного складу відображаються середніми статистичними даними виробітку машини за рік, годину, зміну. Ці показники розраховуються, виходячи з фактично відпрацьованого об'єму робіт, середньої кількості ґрунтообробних машин та самохідних установок, тривалості та кількості робочих змін за рік [5].

За наступним виразом оцінюється своєчасність виконання технологічних операцій робочого циклу виробництва аграрної продукції:

$$T_{\text{зм}} \cdot \sum_j W_j \cdot n_j \cdot k_{\text{зм}} \geq \frac{F}{D_p}, \quad (1.3)$$

де $T_{\text{зм}}$ – фактично відпрацьований час за зміну (7 год);

W_j – продуктивність агрегатованої машини, га/год;

n_j – чисельність ланки агрегованих машин, шт;

$k_{зм}$ – коефіцієнт, що враховує затверджену змінність (може встановлюватись 1; 1,5; 2; 3);

F – об'єм робіт, га;

D_p – часовий діапазон, відведений на виконання технологічної операції відповідно до технологічної карти на вирощування культури, днів.

При виконанні рівності (1.3) забезпечується своєчасність виконання технологічних операцій. На забезпечення відповідності впливає склад механізованої бригади, продуктивність кожної одиниці та тривалість зміни.

В сучасному землеробстві України спостерігається масове переоснащення машино-тракторного парку фермерів на новітні зразки закордонного виробництва, що в свою чергу призвело до суттєвого приросту продуктивності одиниці в ланці.

Значно більша потужність рушіїв дозволила агрегувати їх широкозахватними засобами обробітку, що здатна охоплювати більшу площу поля за одну проходку агрегату. Це в свою чергу призвело до зменшення чисельності агрегатів через збільшення продуктивності кожного із них.

При застосуванні подібного устаткування продуктивність може дещо знижуватись внаслідок необхідності збільшення ліній перекриття проходок, понаднормовий час роботи операторів установок, робота в нічний час у складних погодних умовах.

1.3 Шляхи підвищення показників використання МТА

Ретельне планування проведення робіт у відповідності до технологічної карти є вкрай дієвим методом. Завдяки спланованим графікам роботи, маршрутам як основних робочих агрегатів, так і допоміжних досягається скорочення термінів виконання робіт, а отже, і підвищення продуктивності виконання робіт механізованими засобами ведення землеробства [12].

Розподіл обсягів робіт між наявною номенклатурою машино-

тракторного парку господарства потребує врахування особливостей кожної одиниці, при цьому доречно прагнути до рівномірності завантаження, що забезпечує найбільшу продуктивність та дозволяє уникати понаднормового залучення одного механізму та простою іншого.

Також рекомендується застосування устаткування виробництва однієї торгової марки на тотожних видах робіт, що дозволить більш точно спрогнозувати продуктивність ланок, терміни виконання всього комплексу робіт відповідно до технологічної карти. Також суттєво зменшуються витрати на утримання машин і агрегатів у технічно справному стані. Ця рекомендація стосується таких видів робіт, як механізований обробіток ґрунту, посівні роботи, догляд за рослинами та збирання урожаю [10].

Такий підхід дозволяє досягти максимальної сумісності рушіїв та устаткування, з яким вони агрегуються.

Важливим фактором є відповідність технічних характеристик устаткування, що задіяне при виконанні однієї технологічної операції. Це ширина захвату та міжряддя агрегатів, відстані між коліями, пропускна здатність зернозбиральної техніки тощо.

Задіяне машино-тракторне устаткування та агрегати до них повинні експлуатуватися у відповідності до технічних регламентів, які надає завод-виробник та технологічної карти на вирощування обраної сільськогосподарської культури. Вирішальне значення має ретельне планування маршрутів, за якими вони рухаються, найбільш ефективно розміщення допоміжних приладь, розрахунок оптимальних параметрів руху [17]. Особливо критично описані організаційно-технічні заходи при використанні технології No-Till, бо вона взагалі не передбачає перебування на полі ніякого обладнання, крім того, яке безпосередньо задіяне у виконанні технологічної операції. Обслуговування, завантажувальні та розвантажувальні роботи виконуються устаткуванням, яке розміщується обабіч поля за допомогою спеціальних бункерів із шнековими перевантажувачами (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Перевантаження урожаю у спеціальний бункер для наступного переміщення на автотранспорт за межами поля

Ефективність описаного підходу до проведення робіт в полі забезпечується комплексом організаційно-технічних заходів [2, 11]:

- зменшення тривалості переміщення механізованих засобів, при яких не виконується корисна робота;
- забезпечення централізованого керування процесом на всіх етапах проведення робіт;
- застосування сучасної високоефективної механізації з широким захватом робочого органу;
- впровадження змінного режиму виконання робіт;
- інтеграція програмних комплексів системи автоматичного налаштування параметрів устаткування при виконанні робіт та їх поопераційного контролю.

Факторний аналіз приросту імовірного збільшення виробітку машино-тракторного парку дозволяє оцінити резерв, який можна отримати на весь фронт робіт у запланованих часових рамках [16].

Підвищення показників використання механізованих засобів є

запорукою зменшення прямих витрат на виробництво агропродукції та як наслідок підвищення її рентабельності.

Коректний та глибокий аналіз можливостей підвищення продуктивності наявного машино-тракторного парку дозволяє зменшити витрати на закупівлю нових [13].

Оснащення механізованих засобів землеробства додатковим устаткуванням дозволяє впровадити автоматизовані алгоритми керування, контролю та моніторингу за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Такий підхід є найбільш сучасним та стрімко розвивається сьогодні. При впровадженні такого цифрового методу оператори отримують змогу моніторингу майже всіх параметрів як у реальному часі, так і їх накопичення для подальшого аналізу з метою оптимізації машиновикористання при плануванні робіт у майбутньому або при негайному (поопераційному) коригуванні технологічного процесу. Завдяки описаному підходу до оптимізації машиновикористання та при наявності кваліфікованого персоналу відкриваються широкі можливості для власників господарств, які зможуть ментально виявляти прості технічних засобів та одразу виправляти ситуацію, оскільки моніторинг відбувається у реальному часі [15].

Підсумовуючи викладене в підрозділі, можна виділити основні заходи по підвищенню машиновикористання та поділити їх на наступні типи:

- організаційно-планувальні заходи;
- технічні;
- технологічні;
- цифровізація та автоматизація.

1.4 Обґрунтування теми магістерської роботи

Новітні методи підвищення ефективності ведення землеробства у більшості випадків спрямовані на інтеграцію автоматизованого моніторингу та управління технологічними процесами. Це стало можливим в наш час по

причині розповсюдження та здешевлення систем цифрового зв'язку та демілітаризації системи глобального позиціонування GPS, яка розроблялася для військових, але сьогодні широко використовується у цивільній сфері, зокрема, у аграрному виробництві. Також цьому посприяв прогрес мікроелектроніки, обчислювальні потужності тепер не потребують окремого приміщення чи надпотужного джерела живлення і можуть розміщуватися буквально в кишені оператора. Розвиток ІТ технологій зробив взаємодію з ЕОМ максимально простою та інтуїтивно зрозумілою, раніше ж для цього потрібно було мати ряд навичок у програмуванні чи специфічні знання при роботі з консоллю.

Враховуючи перспективність описаних вище факторів, метою дипломної роботи обрано вивчення доцільності запровадження цифрових технологій до технологічного процесу землеробства з метою підвищення ефективності використання механізованих засобів ведення землеробства.

Досягненню мети передують такі завдання:

- аналіз існуючих програмних комплексів точного землеробства;
- опрацювання організаційно-технічних заходів для впровадження автоматизації технологічного процесу землеробства AMS;
- опрацювання організаційно-технічних заходів з охорони праці при використанні автоматизованих систем землеробства;
- економічне обґрунтування впровадження технології.

2 ОГЛЯД СУЧАСНИХ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ

2.1 Загальні відомості про інтелектуальне землеробство

Світовий досвід впровадження цифрових технологій землеробства демонструє вкрай перспективні можливості щодо вдосконалення ведення сільського господарства. Практичне використання в господарствах США, Австралії, Канади та окремих агропідприємствах України підтвердили зростання якісних показників та продемонстрували принципово новий рівень можливостей управління технологічним процесом. Зростання прибутковості при цьому сягнуло понад 11 %. Аналіз наявних в Україні постачальників програмних рішень виявив відсутність комплексних рішень на всіх етапах запровадження. В більшості випадків постачальник продає фермеру програмний продукт, а супровід і підготовку операторів здійснює за додаткову плату. Така ситуація викликає нерозуміння з боку власників господарств та справедливо змушує ставитись з певною долею скептицизму до технології.

Сучасний розвиток автоматизації ведення сільськогосподарського виробництва виявив останню слабку ланку – це людина. Вона схильна до помилок, може втомлюватися та потребує відпочинку, тому сучасна індустрія розробляє технології, при яких контроль технологічних процесів виконує цифрова нейронна мережа, що здатна до навчання або так званій «штучний інтелект». Перспективи розвитку цього напрямку відкривають нові можливості для галузі [1]:

- об'єднання пристроїв у мережу, при чому стає можливим обмін інформацією між ними, водночас вони будуть здатні аналізувати стан навколишнього середовища та взаємодіяти з ним;
- широке застосування роботизованих пристроїв як новий рівень автоматизації;
- застосування штучного інтелекту, який здатний забезпечити раціональну взаємодію з навколишнім середовищем після аналізу його стану

для досягнення заздалегідь окреслених цілей;

– ефективна робота з великими базами даних, що забезпечить вищий рівень правильності прийняття рішень на основі раніше отриманих показників.

Впровадження нейронних мереж у агропромисловій сфері призвело до виникнення нового терміну «інтелектуальне землеробство», що входить до складу комплексу організаційно-технічних заходів точного землеробства та виконує задачі по роботі з масивами даних, які при цьому отримуються, накопичуються, систематизуються та зберігаються.

2.2 Цифровізація виробничих процесів у сучасному агровиробництві

Застосування методів цифрового землеробства має на меті скорочення прямих витрат на виробництво аграрної продукції шляхом зменшення використання енергоресурсів, добрив, висівного матеріалу та засобів захисту рослин оптимізацією відповідних технологічних процесів.

Можливості методів точного землеробства наглядно розкриває застосування програмного комплексу AFS, який отримує дані про стан посів за допомогою безпілотного літального апарату, який оснащений модулем глобального супутникового позиціонування та камерами високої роздільної здатності. При плановому огляді посіву сої в одному з господарств з використанням БПЛА було виявлено втрату частини рослин після залпових дощів через утворення водних блюдець на полі. Апарат оснащений системою телеметрії на основі GPS, завдяки чому стало можливим нанесення ділянок з втраченими посівами з точною прив'язкою до географічних координат на цифрову карту. Завдяки тому, що інші машино-тракторні агрегати у господарстві також мають власні системи телеметрії стала можливою автоматична зміна параметрів технологічних процесів у реальному часі з прив'язкою до абсолютних координат. Після аналізу фактичного стану посівів

встановлено, що продовження технологічних операцій на виявлених ділянках не доцільно. Програмування технологічного процесу завдяки цифровим методам дозволило припинити подачу хімічних засобів над виявленими ділянками шляхом вимкнення окремих форсунок (рис. 2.1). Такий підхід дозволив заощадити 9,6 % хімічних засобів захисту рослин у порівнянні із суцільним обробітком, причому процес виконувався автоматично після задання параметрів до виконання технологічних операцій.

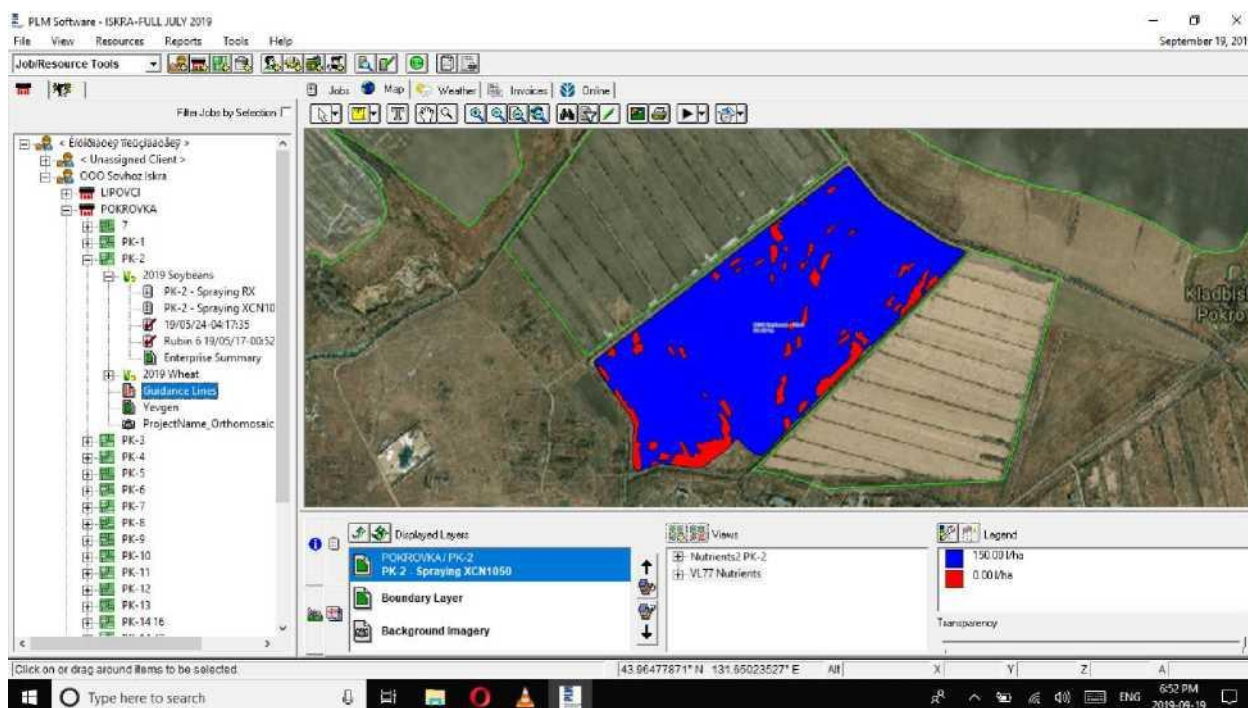


Рисунок 2.1 – Цифрова карта поля з відображеними ділянками з втраченим урожаєм

Також слід зазначити, що економія на закупівлі хімічних засобів захисту рослин не обмежується лише цим. Також знижуються супутні витрати пов'язані з транспортуванням, дозуванням та зберіганням.

Цей приклад доводить, що застосування методів цифрового землеробства є потужним інструментом в руках кваліфікованого агротехнічного персоналу, який дає змогу гнучкого корегування параметрів технологічних процесів виходячи із об'єктивного стану та потреб угідь. При цьому завдяки такій оптимізації знижується собівартість продукції, що і є

однією із основних задач сучасного аграрного виробництва.

2.3 Основні функції цифрових платформ

Основою цифрового землеробства є забезпечення телеметрії всіх машино-тракторних агрегатів, що дозволяє диференційно виконувати технологічні операції з достатнім ступенем точності. Це забезпечується використанням модулів супутникового позиціонування GPS.

Отримуючи точне положення в реальному часі машино-тракторні агрегати мають змогу точно слідувати заздалегідь прокладеним маршрутам, використовуючи при цьому підрулюючі пристосування, при чому виключається можливість помилки його оператора. Отримання даних, їх передача, накопичення, систематизація та приведення у графічний вигляд (рис. 2.2) є основною задачею програмних комплексів, що застосовуються при впровадженні цифрового землеробства.

Наступним його завданням є передача даних на машино-тракторні агрегати для забезпечення диференційного підходу до технологічних операцій по раніше складеним алгоритмах, виходячи з актуального стану та потреб угідь.

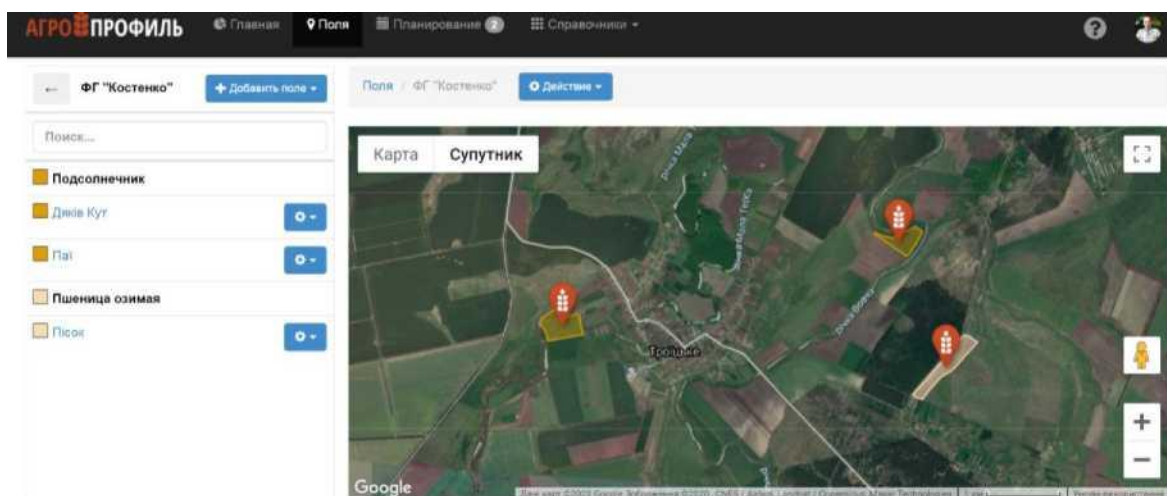


Рисунок 2.2 – Графічне відображення угідь із застосуванням програмного продукту компанії Google

Внесення даних відбувається за допомогою телеметричного обладнання на основі системи супутникового позиціонування, яким обладнуються машино-тракторні агрегати.

Програмний інтерфейс дозволяє відобразити склад машино-тракторного парку, витрати палива та мастила, туковисівного матеріалу, захисних засобів у реальному часі прямо під час виконання технологічних операцій по раніше заданому сценарію та встановленим маршрутам.

Важливою складовою програмних комплексів є можливість складання детального плану робіт, при цьому досягається висока точність розрахунку потреб у всіх ресурсах.

Описані можливості дозволяють з високою точністю визначити собівартість виконання технологічного циклу ще до початку його виконання, причому це відбувається у тому ж програмному середовищі після задання параметрів.

Наглядним прикладом сучасного програмного комплексу є платформа ASF (рис. 2.3). Вказане програмне забезпечення дозволяє його оператору автоматизувати будь-яку технологічну операцію, яка виконується за використання засобів механізації, та впровадити диференційний обробіток при наявності відповідних даних про наявний стан угідь.

Для всіх подібних програмних комплексів характерний моніторинг чисельних параметрів, які отримуються як напряму від сенсорів сумісної техніки, так і розрахунковим методом.

Для ефективного застосування цифрових платформ точного землеробства необхідна сумісність матеріально-технічної бази з програмним забезпеченням, тобто наявність цифрових сенсорів, електронного управління кожним робочим органом установки окремо, модуль супутникового позиціонування.

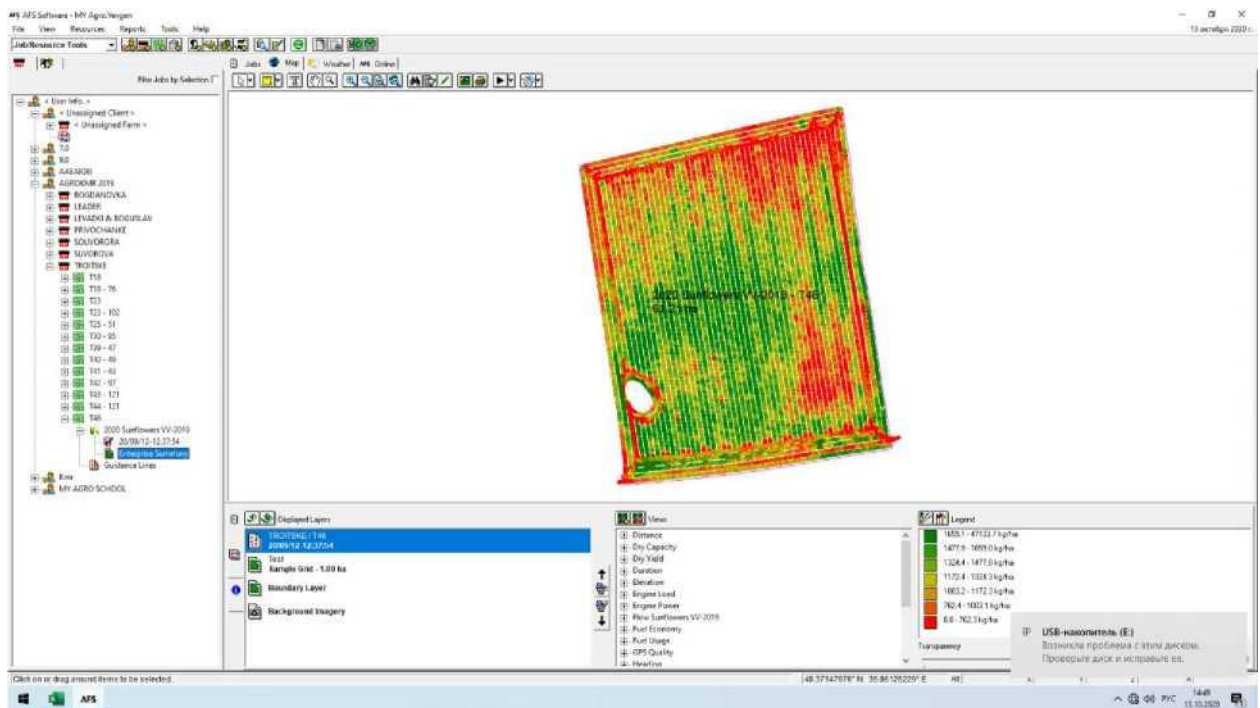


Рисунок 2.3 – Приклад роботи інтерфейсу програмного комплексу ASF із заданими параметрами диференційного внесення зерно-тукового матеріалу

2.4 Основні існуючі цифрові платформи різних виробників

Найбільші світові виробники сільгосптехніки розробили власні програмні продукти, за допомогою яких можна впровадити методи цифрового землеробства. Маючи значний фінансовий ресурс, вони постійно підтримують програмне забезпечення, модернізують та покращують продуктивність його роботи. Але іншою стороною є неможливість коректної роботи на машино-тракторних агрегатах іншого виробництва. Широкого поширення набули такі програмні продукти:

- Agricultural Machinery Systems (John Deere);
- Advanced Farm Systems (CNH);
- Telematics (CLAAS).

Той факт, що програмні комплекси, які підтримує виробник, сумісні лише з сільгосптехнікою, яку він виробляє, спричиняє додаткові затрати на закупівлю додаткового оснащення, що в свою чергу впливає на підвищення собівартості агропродукції. Із актуальних програмних продуктів, які

розроблені і супроводжуються не виробниками сільгосптехніки, на даний час на ринку представлено лише два: JD Link та Trimble. Ці програми сумісні з технікою John Deere та Case відповідно.

Основою системи точного землеробства є пропрієтарний комп'ютер здебільше планшетного типу із вбудованим дисплеєм, зокрема і виробництва John Deere (рис. 2.4)



Рисунок 2.4 – Планшетні комп'ютери 1800 та 2630 техніки John Deere

Керування і обмін інформацією між головним терміналом та машино-тракторним парком, який виконує технологічні операції, в полях здійснюється через бездротову радіомережу. Вона складається із мобільних передавачів (рис. 2.5), що встановлені безпосередньо на машини та трактори та стаціонарних РТК-ретрансляторів, що встановлюються обабіч угідь та додатково збільшують точність позиціонування.

Графічний інтерфейс програмного забезпечення Agricultural Machinery Systems (рис. 2.6), що розроблене та підтримується компанією John Deere, поділений на логічні блоки, які відповідають за телематику, навігацію, ведення журналу, моніторингу та контролю.

Розглянемо більш детально блоки функцій зазначеного вище програмного забезпечення.

Навігація – блок забезпечує точне позиціонування машино-тракторного агрегату на полі, завдяки чому реалізовано автономне керування. Виконано це

вбудованим програмним забезпеченням Parallel Track та Auto Track.



Рисунок 2.5 – Мобільний передавальний пристрій Star Fire 6000

Тлематика – комплекс систем контролю виконання технологічних операцій з урахуванням точного місцезнаходження агрегату, що реалізовано програмним забезпеченням JD Link.

Документування та моніторинг – комплекс систем, які відповідають за картографування та ведення журналу обліку параметрів роботи машино-тракторних агрегатів. Реалізовано за допомогою програмного забезпечення GS2 та Harvest/Field Doc відповідно.

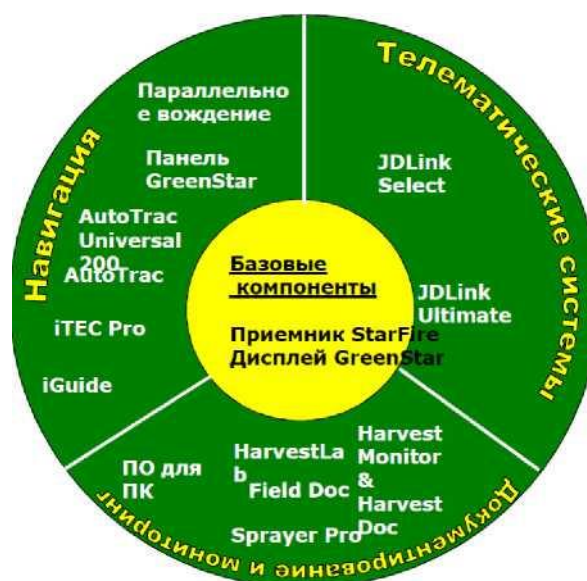


Рисунок 2.6 – Графічний інтерфейс програмного забезпечення Agricultural Machinery Systems

Автоматизація та моніторинг – комплекс опцій, які забезпечують автоматичне управління робочими органами агрегатів та диференційне виконання технологічних процесів із засобами захисту рослин та внесення поживних речовин. Реалізовано програмним забезпеченням Swath Control Pro.

Більшість програмного забезпечення є пропріитарним, тобто сумісним лише з сільгосптехнікою тих виробників, які і розробляють його, але є виключення на кшталт AutoTrac Universal 200, яка реалізує автоматичне управління не тільки техніки John Deere, а й виробів Claas, Case IH та інших.

Advanced Farm Systems – це програмний комплекс, який розроблений та підтримується транснаціональною корпорацією CNH Industrial, яка утворилась при злитті виробників сільгосптехніки Case та New Holland. В цілому реалізація цього програмного забезпечення подібна до Agricultural Machinery Systems від John Deere, але сумісна з іншим комутаційним обладнанням та інтегрованим модулем прогнозу погоди, що дозволяє швидко коригувати план робіт при її зміні.

Програмний комплекс Cropio має подібний до описаних вище функціонал, але додатково оперує просунутим модулем EOSDA Crop Monitoring (рис. 2.7), інструментарій якого дозволяє вести моніторинг стану посівів, етапів розвитку рослин, фізико-механічних властивостей ґрунту, прогнозування ризиків на основі штучного інтелекту та базу супутникових знімків високої роздільної здатності, на основі яких відбувається картографування та графічне відображення моніторингу. Окремо слід відзначити можливість безоплатного користування для фермерів України на площі до 500 га, яку реалізували розробники для підтримки українських фермерів після повномасштабної агресії з боку російської федерації.

Виходячи з описаного вище, програмні комплекси для точного землеробства наділені обширним функціоналом для збору, систематизації та аналізу різноманітних даних, що дозволяє агрономам більш точно керувати технологічними процесами та швидко реагувати на зміну умов.

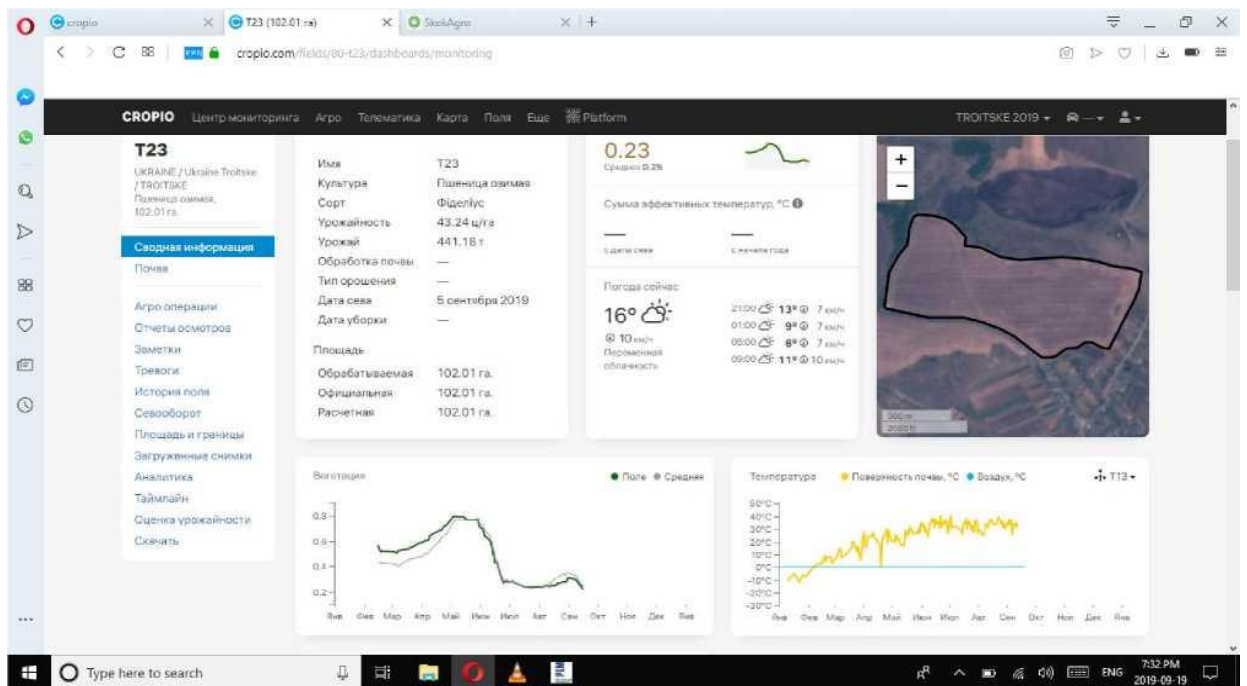


Рисунок 2.7 – Графічний інтерфейс програмного комплексу Сторіо

Оскільки повноцінне функціонування усіх описаних комплексів не можливе без стійкого інтернет-з'єднання, то це є основною перешкодою для широкого впровадження в Україні, так як покриття GSM зв'язку ще до повномасштабного вторгнення не охоплювало всю територію нашої країни. Також слід відзначити високу вартість програмних продуктів, часто вони постачаються за підпискою (абонентською платою) або окремо на одиницю техніки.

Отже, зниження собівартості та підвищення ефективності аграрної продукції є одним із основних напрямків розвитку індустрії, найперспективнішим методом досягнення чого є застосування цифрового землеробства. Наявні на ринку програмні комплекси для впровадження точного землеробства мають тотожний функціонал, але вузьку підтримку сільгосптехніки різних виробників, за виключенням програмного забезпечення Agricultural Machinery Systems, яке має найширшу номенклатуру техніки, яка підтримує його протоколи.

Виходячи з цього, для подальшого вдосконалення технологічних процесів за допомогою методів точного землеробства прийнято до

застосування програмний комплекс Agricultural Machinery Systems, оскільки його можливості вигідно відрізняють його від конкурентів за рахунок ширшої номенклатури.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1 План досліджень

Для оцінки ефективності застосування методів точного землеробства необхідно виконати розрахунок витрат матеріально-технічних ресурсів на основні операції відповідно до технологічної карти на вирощування обраної культури як традиційним методом, так і з використанням телематичної системи, тому план дослідження був сформульований наступним:

1. Розрахунок потреби в основних матеріально-технічних ресурсах згідно однієї технологічної карти за двома методиками;
2. Аналіз отриманих результатів та висновки.

Для досягнення поставлених цілей необхідно отримати техніко-економічні характеристики механізованих засобів землеробства: питомі витрати паливно-мастильних матеріалів, продуктивність, ширина захвату.

Порівняння проводилося на прикладі технологічних карт на вирощування ярої пшениці. Одна з них була розроблена за традиційною технологією (виступає у якості контрольної), друга – із застосуванням методики точного землеробства на базі програмного забезпечення Agricultural Machinery Systems.

За основу для розрахунків було прийнято типову технологічну карту.

3.2 Обґрунтування показників експлуатації машино-тракторних агрегатів

Для теоретичних розрахунків було обрано вирощування пшениці ярої сорту «Нащадок» на площі 452,7 га, що складається із трьох угідь площами 168,4 га, 112,2 га та 172,2 га. На полях переважає чорнозем середньої потужності.

Сформуємо склад машино-тракторних агрегатів відповідно до

технологічних операцій, які вони будуть виконувати:

- основний обробіток: JD6930D, агрегатований АГН–4,2;
- весняне боронування: JD6930D, агрегатований ЗБР–24;
- культивування: JD6930D, агрегатований КПС–8;
- збирання урожаю: JD660i, агрегатований JD625 Flex.

У якості дослідної ділянки було обрано угіддя в 168,4 га прямокутної форми та розмірами 2,43 км на 0,693 км, на прикладі якого здійснювалися аналітичні дослідження.

Основний обробіток ґрунту традиційним методом.

Вихідними параметрами для основного обробітку обраного МТА були наступні:

- середня швидкість – 9 км/год;
- потреба в пальному – 5,09 л/га;
- накладання суміжних захваток – 250 мм.

Роботи виконуються човниковим методом за допомогою раніше встановленого складу МТА.

Товщина шару ґрунту, що обробляється, знаходиться в межах 80÷100 мм. На ділянці переважаючими є ґрунти третього класу. Мета технологічної операції – механічне видалення наявних бур'янистих рослин.

Встановлюємо очікувану продуктивність МТА:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p, \quad (3.1)$$

де B_p – ширина захвату МТА, м;

V_p – середня швидкість МТА, м/с.

При виконанні поточної технологічної операції за традиційною методикою без використання засобів точного землеробства ширина захвату визначається відповідно до формули:

$$B_{\text{год}} = B_p \cdot 0,94 = 4,2 \cdot 0,94 = 3,95 \frac{\text{га}}{\text{год}}. \quad (3.2)$$

Розширення робочої зони захвату відбувається через розповсюдження деформацій ґрунту перед лапами культиваторної установки, отже:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 3,95 \cdot 9 = 3,55 \frac{\text{га}}{\text{год}}$$

При забезпеченні належної якості робіт не допускаються ділянки угідь, на яких механізована обробка не виконується, тому кожна наступна проходка МТА повинна перекривати попередню. Відповідно до дослідної експлуатації встановлено, що оптимальна величина перекриття складає 250÷300 мм (приймаємо 250 мм) при швидкості машино-тракторного агрегату в діапазоні 8÷10 км/год.

Кількість ходів МТА визначаємо, враховуючи геометричні характеристики дослідної ділянки, відповідно до формули:

$$N = \frac{L}{Bp} = \frac{693}{3,95} = 176 \text{ робочих ходів.} \quad (3.3)$$

Збільшення ширини обробітку поля з урахуванням перекриття суміжних проходок складатиме:

$$B_{\text{см}} = 176 \cdot 0,25 \text{ м} = 44 \text{ м.}$$

Як наслідок, приріст площі обробітку складе:

$$S_{\text{п}} = 2430 \text{ м} \cdot 44 \text{ м} = 106\,920 \text{ м}^2 = 10,69 \text{ га.} \quad (3.4)$$

Відповідно до розрахунків збільшення площі обробітку за рахунок перекриття суміжних проходок становитиме 10,69 га, що при питомій витраті пального 5,08 л/га призведе до його перевитрати в 54,3 л, а збільшення тривалості виконання технологічної операції визначимо за формулою:

$$T_{\text{зд}} = \frac{10,69}{3,55} = 3,01 \text{ год.} \quad (3.5)$$

Критерієм якості організації польових робіт є коефіцієнт робочих ходів МТА при виконанні технологічних операцій земляних робіт, що розраховується у відповідності до формули:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (3.6)$$

де L_p – протяжність робочих ходів, м;

L_x – протяжність ходів МТА при перебезуванні на полі, м.

Наближення цього значення до одиниці характеризує ефективність

планування роботи машино-тракторних агрегатів при виконанні операцій технологічної карти.

Протяжність гону L_p за встановленим способом руху обчислюємо відповідно до формули:

$$L_p = L - 2E, \quad (3.7)$$

де E – найменша протяжність смуги, якої потребує розворот МТА, що визначається у відповідності до виразу:

$$E = 2R + e, \quad (3.8)$$

де R – радіус повороту, м (для обраного МТА складатиме $B_k \times 1.2 = 4,2 \times 1.2 = 5,04$ м);

e – протяжність виїзду МТА, м. Значення $e = -L_M$ – кінематична довжина, що для розглянутого випадку складає 3,2 м.

Тоді:

$$E = 2 \cdot 5,04 + (-3,2) = 6,88 \text{ м.}$$

Таким чином, протяжність гону буде складати:

$$L_p = 2430 - 2 \cdot 6,88 = 2416 \text{ м.}$$

А отже:

$$L_x = 6 \cdot 5,04 + 2(-3,2) = 23,84 \text{ м, приймаємо } 24 \text{ м.}$$

Коефіцієнт робочих ходів складе:

$$\varphi = \frac{2416}{2416 + 24} = 0,99.$$

Основний обробіток ґрунту МТА, обладнаним системою точного землеробства.

Вихідні параметрами для основного обробітку обраного МТА наступні:

- середня швидкість – 9 км/год;
- потреба в пальному – 5,09 л/га;
- накладання суміжних захваток – 25 мм;
- обладнання цифрового землеробства: модуль GPS Star Fire 6000, термінал 2630 під управлінням програмного забезпечення Agricultural Machinery Systems.

Роботи виконуються човниковим методом за допомогою раніше встановленого складу МТА. Кількість ходів МТА визначаємо, враховуючи геометричні характеристики дослідної ділянки:

$$N = \frac{L}{B_p} = \frac{693}{4,2} = 165 \text{ робочих ходів.}$$

Збільшення ширини обробітку поля з урахуванням перекриття суміжних проходок складатиме:

$$B_{cm} = 165 \cdot 0,025 \text{ м} = 4,12 \text{ м.}$$

Відповідно до розрахунків збільшення площі обробітку за рахунок перекриття суміжних проходок становитиме 1,002 га, що при питомій витраті пального 5,08 л/га призведе до його перевитрати в 5,08 л, а збільшення тривалості виконання технологічної операції знаходимо з виразу:

$$T_{зд} = \frac{1,00}{3,55} = 0,28 \text{ год.}$$

Відповідно до отриманих теоретичних розрахунків пряма економія ресурсів при виконанні технологічної операції з основного обробітку ґрунту на дослідній ділянці із застосуванням методів точного землеробства складає 49,22 л пального на суму 2559,44 грн та скорочення термінів виконання робіт на 2,8 години.

Весняне боронування за традиційною методикою обробітку ґрунту.

Пересування МТА передбачається за човниковою схемою раніше визначеним складом агрегату, механізований обробіток верхнього шару на глибину 30÷40 мм. Технологічна операція виконується з метою зменшення грудок, нівелювання поверхні та механічного видалення залишків бур'янів після основного обробітку.

Вихідними даними до виконання технологічної операції без використання методів точного землеробства наступні:

- ширина захвату – 24 м;
- швидкість МТА – 10 км/год.

Застосувавши вихідні параметри, розрахуємо питому продуктивність МТА:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 24 \cdot 2,7 = 6,48 \frac{\text{га}}{\text{год}}$$

Кількість ходів МТА визначаємо, враховуючи геометричні характеристики дослідної ділянки, відповідно до формули:

$$N = \frac{L}{B_p} = \frac{693}{23,5} = 29,4 \text{ робочих ходів (прийнято 30).}$$

Відповідно загальна ширина смуги, що зазнає повторного обробітку через перекриття суміжних проходок складе:

$$30 \text{ ходів} \cdot 0,5 \text{ м} = 15 \text{ м.}$$

Отже, площа поля, яка зазнає повторного механізованого оброблення внаслідок перекриття суміжних гонів становитиме:

$$S_{\text{п}} = 2430 \text{ м} \cdot 15 \text{ м} = 35\,235 \text{ м}^2 \text{ або } 3,52 \text{ га,}$$

що в свою чергу призведе до зростання потреби в паливі:

$$3,52 \cdot 1,6 = 5,63 \text{ л.}$$

Також зросте термін виконання технологічної операції на дослідному полі:

$$T_{\text{зд}} = \frac{S_{\text{п}}}{W_{\text{год}}} = \frac{3,52}{6,48} = 0,54 \text{ год.}$$

Отже, прямі супутні додаткові витрати, що спричинені додатковим об'ємом робіт, складуть 5,63 л пального на суму 298,39 грн, а збільшення терміну виконання технологічної операції – 0,54 години.

Мінімальна протяжність смуги для розвороту МТА у такому випадку становить:

$$E = 2 \cdot 28,8 + (-6,2) = 51,4 \text{ м.}$$

Протяжність гону буде складати:

$$L_p = 2430 - 2 \cdot 51,4 = 2327,2 \text{ м.}$$

Також:

$$L_x = 6 \cdot R + 2 \cdot e = 6 \cdot 28,8 + 2 \cdot (-6,2) = 160,4 \text{ м. Приймаємо } 161 \text{ м.}$$

Виходячи з отриманих даних, ефективність робочих ходів для традиційного методу обробітку при виконанні поточної технологічної операції

складе:

$$\varphi = \frac{2327,2}{2327,2 - 161} = 0,93.$$

Весняне боронування МТА обладнанням системою точного землеробства.

Вихідні параметрами для основного обробітку обраного МТА:

- середня швидкість – 10 км/год;
- потреба в пальному – 1,6 л/га;
- накладання суміжних захваток – 25 мм;
- обладнання цифрового землеробства: модуль GPS Star Fire 6000, термінал 2630 під управлінням програмного забезпечення Agricultural Machinery Systems.

Роботи виконуються човниковим методом за допомогою раніше встановленого складу МТА. Кількість ходів МТА визначаємо, враховуючи геометричні характеристики дослідної ділянки:

$$N = \frac{L}{Bp} = \frac{693}{24} = 29 \text{ робочих ходів.}$$

А отже, загальна ширина повторної обробки складатиме:

$$29 \cdot 0,025 \text{ м} = 0,725 \text{ м.}$$

Її площа:

$$S_{п} = 2430 \text{ м} \cdot 0,725 \text{ м} = 1761 \text{ м}^2 = 0,17 \text{ га.}$$

Додаткові витрати палива на дослідній ділянці складатимуть 0,28 л, а збільшення термінів обробітку:

$$T_{зд} = \frac{0,17}{6,48} = 0,02 \text{ год.}$$

Виходячи з розрахункових даних, коефіцієнт робочих проходок складатиме:

$$\varphi = 0,95.$$

Відповідно до отриманих теоретичних розрахунків пряма економія ресурсів при виконанні технологічної операції весняного боронування ґрунту на дослідній ділянці із застосуванням методів точного землеробства складає

5,35 л пального на суму 283,55 грн та скорочення термінів виконання робіт на 0,54 години.

Пряме комбайнування традиційним методом.

Вихідні параметрами для комбайнування обраного МТА наступні:

- середня швидкість – 7 км/год;
- потреба в пальному – 14,3 л/га;
- ширина захвату – 7,5 м
- накладання суміжних захваток – 300 мм.

При виконанні технологічної операції застосовується методика чередування проходок.

Застосувавши вихідні параметри, розрахуємо питому продуктивність МТА:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 7,2 \times 1,94 = 1,39 \frac{\text{га}}{\text{год}}$$

Рух МТА заплановано вздовж коротшої сторони поля, а отже, кількість проходок обчислюється у відповідності до формули, що наведена вище:

$$\frac{2430}{7,2} = 337,5. \text{ Приймаємо } 338.$$

Визначаємо загальну ширину смуги перекриття суміжних проходок:

$$B_{\text{см}} = 338 \cdot (7,5 - 7,2) = 101,4 \text{ м.}$$

Загальна площа смуг перекриття становитиме:

$$S_{\text{п}} = 337,5 \text{ м} \cdot 101,4 \text{ м} = 34\,222,5 \text{ м}^2 = 3,42 \text{ га.}$$

Відповідно додаткова потреба в пальному складатиме:

$$G_{\text{параз}} = 3,42 \cdot 14,3 \approx 49 \text{ л.}$$

Збільшення термінів виконання поточної технологічної операції становитиме:

$$T_{\text{зд}} = \frac{S_{\text{п}}}{W_{\text{год}}} = \frac{3,42}{1,39} = 2,46 \text{ год.}$$

Мінімальна протяжність траєкторії руху комбайна становить:

$$E = 3 \cdot 9,1 + (-3,4) = 23,9 \text{ м.}$$

Значення $e = -L_{\text{м}}$ – кінематична довжина, для розглянутого випадку

складає 3,4 м. Приймаємо значення $E=30$ м, оскільки значення має бути кратною ширині захватки, так як жатка має ширину 7,5 м.

Отже, загальна довжина гону буде становити:

$$L_x = 693 - 2 \cdot 30 = 633 \text{ м.}$$

Середню протяжність траєкторії перебазування МТА на полі обчислимо відповідно до формули:

$$L_x = 0,5C + 2,5R + 2e, \quad (3.10)$$

Ширина проходки, при якій технологічна операція буде виконуватись найоптимальніше, визначається із виразу:

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{16R^2 + 2B_p L_p} = \sqrt{16 \cdot 9,1^2 + 2 \cdot 7,2 \cdot 633} = 102 \text{ м.}$$

Застосуємо отримані значення:

$$L_x = 0,5 \cdot 102 + 2,5 \cdot 9,1 + 2 \cdot (-3,4) = 66,95 \text{ м.}$$

З отриманих даних підрахуємо коефіцієнт ефективності робочих проходок:

$$\varphi = \frac{633}{633 - 66,95} = 0,904.$$

Пряме комбайнування МТА обладнанням системою точного землеробства.

Вихідні параметрами для основного обробітку обраного МТА:

- середня швидкість – 7 км/год;
- потреба в пальному – 14,3 л/га;
- накладання суміжних захваток – 25 мм;
- обладнання цифрового землеробства під управлінням програмного забезпечення Agricultural Machinery Systems.

Для розрахунку було прийнято аналогічну до попереднього схему руху, а отже кількість проходок МТА становитиме:

$$N = \frac{L}{B_p} = \frac{2430}{7,5} = 324 \text{ робочих ходів.}$$

Загальна ширина смуг перекриття суміжних захваток становитиме:

$$S_{\text{п}} = 324 \cdot 0,025 \text{ м} = 8,1 \text{ м.}$$

І відповідно її площа:

$$S_{\text{п}} = 693 \text{ м} \cdot 8,1 \text{ м} = 5\,613,3 \text{ м}^2 = 0,56 \text{ га.}$$

Додатковий обсяг робіт при виконанні поточної технологічної операції через накладання суміжних гонів на дослідній ділянці поля призведе до зростання потреби в паливі, яка складатиме:

$$0,56 \cdot 14,3 = 8 \text{ л.}$$

Збільшення тривалості виконання технологічної операції становитиме:

$$T_{\text{зд}} = \frac{0,56}{1,39} = 0,40 \text{ год.}$$

Ширина смуги розвороту становитиме:

$$E = 3 \cdot 9,1 + 2 \cdot (-3,4) = 23,9 \text{ м.}$$

При застосуванні цифрового комплексу Agricultural Machinery Systems у складі МТА з'являється можливість використання функції автоматичного керування, що в свою чергу дозволяє зменшити ширину повороту до 22,5 м.

Отже, сумарна протяжність траєкторії МТА при виконанні поточної технологічної операції становитиме:

$$L_p = 693 - 2 \cdot 22,5 = 648 \text{ м.}$$

Розрахункова протяжність кожного перебазування МТА при зміні захватки становитиме:

$$L_x = 0,5 \cdot 105 + 2,5 \cdot 9,1 + 2 \cdot (-3,5) = 82,25 \text{ м.}$$

Ширина проходки, при якій технологічна операція буде виконуватись найоптимальніше, визначається із виразу:

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{16R^2 + 2B_p L_p} = \sqrt{16 \cdot 9,1^2 + 2 \cdot 7,5 \cdot 648} = 105 \text{ м.}$$

З отриманих даних підрахуємо коефіцієнт ефективності робочих проходок:

$$\varphi = \frac{648}{648 + 82,25} = 0,88.$$

Відповідно до отриманих теоретичних розрахунків пряма економія ресурсів при виконанні технологічної операції з прямого комбайнування на дослідній ділянці із застосуванням методів точного землеробства складає 41 л

пального на суму 2173,00 грн та скорочення термінів виконання робіт на 2,06 години.

За аналогічною методикою виконуємо розрахунок економічних показників для технологічної операції з культивування за допомогою обраного складу машино-тракторного агрегату за традиційною технологією виконання робіт та із застосуванням методів точного землеробства

Отримані дані на прикладі виконання технологічних операцій при вирощуванні озимої пшениці, що наведені у таблиці 3.1, вказують на зростання ефективності використання механізованих засобів землеробства при застосуванні методів цифрового рослинництва, зниження витрат на виробництво продукції та зменшення її собівартості.

Таблиця 3.1 – Приріст техніко-економічних показників при застосуванні методів точного землеробства на основі програмного комплексу Agricultural Machinery Systems

Показник / операція	Основне оброблення		Культивування		Боронування		Збирання урожаю	
	Традиційна	AMS	Традиційна	AMS	Традиційна	AMS	Традиційна	AMS
Робочі ходи	176	165	93	87	30	29	338	324
Паразитна площа, га	10,69	1,002	5,4	0,36	3,52	0,17	3,42	0,56
Працевитрати, год	3,01	0,28	1,9	0,15	0,54	0,02	2,46	0,4
Пальне, л	54,3	5,08	46,5	0,79	5,63	0,27	49,0	8,0
Економія, грн	2608		2422		284		2173	

Теоретичне моделювання операцій технологічного процесу із застосування програмного комплексу Agricultural Machinery Systems, яким спороджуються машино-тракторні агрегати, показало суттєве зростання техніко-економічних показників. Це досягається за рахунок точності виконання робіт завдяки реалізації автоматичного керування та зростання точності переміщення МТА як під час виконання робіт в полі, так і при перебазуванні обабіч нього. Завдяки організаційно-технічним заходам, що описані вище, на дослідній ділянці у 168,5 га вдалося заощадити пального на суму 6947,00 грн, і це тільки пряма економія, без супутньої, яка настає в наслідок зменшення часу експлуатації МТА, що становить 7,06 години.

Теоретичне моделювання решти технологічних процесів виконано аналогічним способом та занесено до таблиці 3.1.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Технологічні процеси у сільськогосподарському секторі мають унікальні особливості та зазвичай залежать від численних стохастичних (випадкових) взаємодій з навколишнім оточенням та представниками флори і фауни, стрімкій зміні погодних умов та інших елементів елементів. Тому існує велика кількість потенційно небезпечних факторів під час виконання робіт як в полі, так в і машино-тракторних бригадах. Тому всі етапи виконання робіт згідно розроблених технологічних карт повинні виконуватися із суворим дотриманням правил техніки безпеки, пожежної безпеки, промислової санітарії та інших чинних нормативно-правових актів України у галузі охорони праці. Також слід звертати особливу увагу при виконанні робіт із засобами захисту рослин, оскільки більшість із них отруйні і для людини також.

Охорона праці являє собою систему законодавчих актів, соціально-економічних та організаційно-технічних заходів, що розроблені для збереження життя та здоров'я робітників господарств всіх форм власності та обов'язкові до виконання.

Забезпечення безпечних умов праці є основним завданням Закону «Про охорону праці». Охорона праці повинна розглядатися у контексті конкретного виробництва.

4.1 Огляд шкідливих та небезпечних факторів

При використанні сучасних методів землеробства із залученням найпродуктивніших зразків сільгосптехніки, які оснащуються цифровими системами точного землеробства, з'явилися нові вимоги до забезпечення організаційно-технічних заходів, що мають зберігати життя та здоров'я персоналу, що залучається до її експлуатації. Для їх розробки стали нові фактори ризику:

- активне внесення мінеральних добрив для підживлення рослин, а також захисних засобів хімічної природи;
- зростання швидкостей пересування сільгосптехніки на полі, до того ж в автоматичному режимі.



Рисунок 4.1 – Приклад щільності розташування МТА на полі під час збирання урожаю

Існують небезпечні фактори під час виконання кожної технологічної операції. Наприклад, приготування хімічних засобів захисту рослин потребує використовувати рукавички, респіратори та спеціальний одяг. Виконання польових робіт уночі потребує більш продуктивних освітлювальних приладів і підвищеною увага з боку механізатора.

Найпоширенішими чинниками, які викликають настання нещасних випадків та травмування персоналу, є низькі кваліфікаційні навички персоналу, на якого покладено обов'язки розробки та контролю дотримання правил з безпеки праці, недотримання правил персоналом господарства, зокрема механізаторами (рис. 4.2, а), проведення урочистих або навчальних заходів із працюючою технікою з порушенням вимог (рис. 4.2, б) безпосередньо при виконанні технологічних операцій з підвищеною небезпекою. Додатково слід зазначити, що наявність сучасної техніки та

приналежність до міжнародних холдингів, на жаль, не гарантує суворе дотримання правил техніки безпеки.



а)



б)

Рисунок 4.2 – Приклади порушення правил техніки безпеки:

а – порушення правил техніки безпеки механізаторами;

б – порушення правил техніки безпеки під час проведення навчальних заходів з масовим перебуванням людей

Також слід зауважити, що безпосередні виконавці робіт та оператори сільгосптехніки, що виконують роботи в полі, перебувають під інтенсивним впливом сезонних кліматичних факторів продовж довгих періодів, тому потребують забезпечення питною водою та відповідним спецодягом.

4.2 Організаційно-технічні заходи щодо захисту праці персоналу

З урахуванням викладеного у підрозділі 4.1, необхідно запропонувати уточнені заходи для забезпечення нормальних умов роботи та збереження здоров'я працівників.

Особливо ретельного планування організаційно технічних заходів потребують роботи, пов'язані із застосуванням хімічних речовин засобів захисту рослин та добрив у нічний час. Необхідна достовірна інформація про стан погодних умов до проведення робіт. Не допускається їх виконання при надмірному вітру та високих температурах повітря. Необхідно перевіряти справність освітлювальних приладів до початку виконання робіт у нічний час, оскільки його потребує також місце заправки та приготування розчинів.

Заправка агрегатів повинна здійснюватися таким чином, щоб працівники перебували з підвітряного боку, аби уникнути попадання водяних парів розчину та пилу на них. Під час сівби заправка сівалки має проводитися виключно із застосуванням спеціального механічного приладдя за межами поля, обслуговуючий персонал повинен при цьому враховувати напрямок вітру для запобігання контакту із хімічними речовинами із зерно-тукового матеріалу.

Сучасні методи землеробства нерідко передбачають скупчення великої кількості механізованих засобів землеробства на невеликій площі, тому в таких випадках необхідно передбачати тимчасові майданчики для базування незадіяних та обслуговуючих засобів. Вони повинні розміщуватись обабіч поля, при цьому вантажний транспорт також повинен переміщатися за його межами з дотриманням безпечного швидкісного режиму та правил дорожнього руху. Кожен МТА має позначатися спеціальними знаками, які позначають небезпечні місця на ньому та зону (радіус), на яку поширюється ця небезпека.

Під час жнивування на полі має нести чергування МТА, споряджений плугом та пожежною ємністю із запасом технічної води для забезпечення

можливості оперативного гасіння пожежі, яка може виникнути.

Після початку війни України з російською федерацією з'явилися нові правила техніки безпеки. Забороняється виконання будь-яких робіт в полі до без дозволу ДСНС України в регіонах, де велись активні бойові дії. Механізаторам і обслуговуючому персоналу категорично забороняється чіпати чи переміщувати сторонні предмети, що виявлені на полі під час виконання робіт. При виявленні таких предметів треба негайно зупинити роботу, викликати представників ДСНС та обмежити доступ до місця знахідки до їх приїду. Обов'язковим для персоналу є знання базових правил поведіння із вибухонебезпечними предметами.

4.3 Заходи безпеки під час виконання технологічних операцій за умови використання обладнання за системою AMS

Застосування машино-тракторних агрегатів, які споряджаються телематичними системами точного землеробства, має свої особливості у порівнянні із традиційною методикою обробітку, що накладає додаткові вимоги до організаційно-технічних заходів та персоналу, який їх експлуатує на кшталт:

- кожний МТА повинен мати призначеного працівника, який персонально несе відповідальність за виконання персоналом норм і рекомендацій щодо безпеки праці;
- експлуатуючий персонал МТА, що обладнані засобами точного землеробства повинні проходити навчання із залученням уповноважених представників, що постачають це устаткування;
- персонал має проходити навчання, яке передбачає моделювання ситуацій, що можуть стати причиною аварії чи нещасного випадку;
- після кожного інструктажу необхідно систематично перевіряти рівень знань працівників;
- наряд-допуск повинен видаватися на всі види робіт підвищеної

небезпеки;

– особливу увагу слід приділяти вступним та первинним інструктажам для найманих робітників;

– необхідно забезпечувати персонал інструкціями по роботі із устаткуванням точного землеробства, які попереджають про можливі несправності та небезпеки, на які механізатори та інженери повинні реагувати.

Система AMS постійно записує дані показників режиму роботи та справності систем, що працює в цій технології, включаючи показники та режими експлуатації.

Це дозволяє своєчасно отримувати повідомлення про відхилення показників механізмів МТА, а також виключає можливість ігнорування сповіщень механізаторами.

Виконання цих вимог допоможе забезпечити належний рівень безпеки умов праці при використанні устаткування точного землеробства та автоматичне управління технологічними процесами, своєчасне виявлення проблем, упереджати нештатні ситуації, які можуть спричинити нещасні випадки при виконанні робіт.

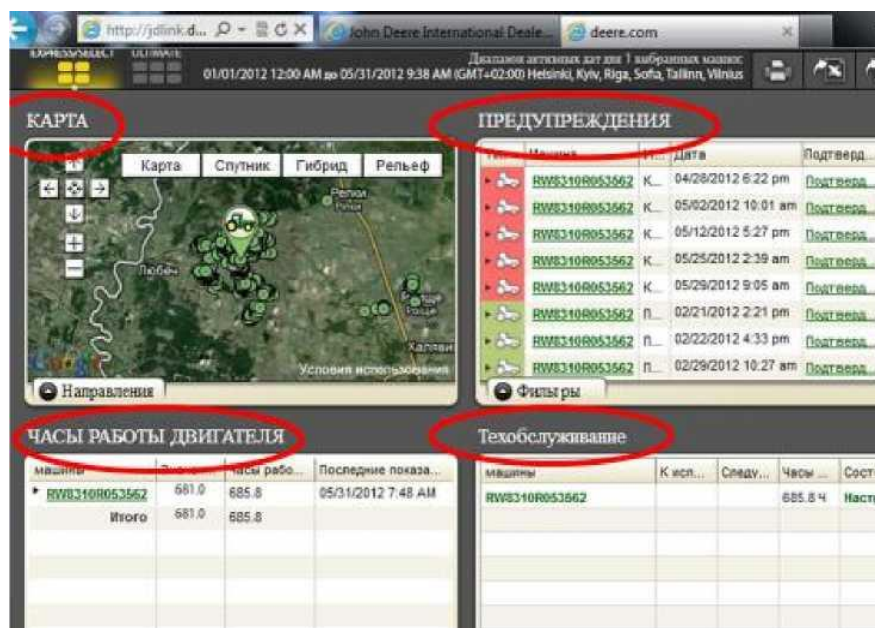


Рисунок 4.3 – Графічне зображення інтерфейсу програмного забезпечення моніторингу та попереджень

Обов'язковими вимогами є проведення всіх видів інструктажів та журналів з їх обліку. Категорично заборонено допускати робітників у стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння до роботи. Це має бути відзначено у посадових інструкціях або у наказі по господарству. Через повномасштабне військове вторгнення стало обов'язковим навчання персоналу базовим навичкам поводження із вибухонебезпечними предметами при їх виявленні.

4.4 Заходи щодо уникнення настання надзвичайних ситуацій

Перед початком роботи з агрегатами необхідно дотримуватися всіх вимог безпеки, визначених у відповідних методичних документах для МТА з охорони праці.

Дослідження показали, що багато травм відбувається під час ремонту та технічного обслуговування техніки, внесення добрив, використання пестицидів та збирання врожаю у темний час доби. У зв'язку з цим, необхідно забезпечити належне освітлення на робочій території, а також встановити звукову сигналізацію заднього ходу на техніці.

Основними заходами з техніки безпеки перед початком виконання робіт є наступні:

1. Обов'язково перевіряйте наявність посвідчення тракториста-машиніста перед допуском осіб до роботи та його чинність. Отримання інструкцій робітником відзначається у спеціальному журналі за його підписом;
2. Переконайтеся у повній комплектності та справності агрегатів перед їх використанням;
3. Перш, ніж рухатися з агрегатом, переконайтеся, що поруч немає сторонніх осіб, і надайте звуковий сигнал для попередження.

Заходи з техніки безпеки безпосередньо при виконанні робіт в полі:

1. Під час руху МТА його оператор має знаходитись на його сидінні у кабіні. Заборонено перебування сторонніх осіб на агрегаті, за винятком

помічника комбайнера. Механізатор повинен постійно пильнувати робочу зону МТА на предмет присутності сторонніх осіб чи предметів;

2. Суворо заборонено виконувати будь-які регламентні чи обслуговуючі роботи з МТА в той час, як його двигун працює;

3. Виконання обслуговування машин чи агрегатних механізмів знизу заборонено без застосування противідкатних упорів та фіксуючих пристроїв;

4. Захисні кожухи МТА повинні споряджатися спеціальними пристроями, які унеможливають рух агрегатованої машини чи самохідного комплексу, якщо вони відкриті;

5. На робочому місці оператора МТА чи автомобіля має бути аптечка, за поповненням якої необхідно слідкувати;

6. Під час поворотів і розворотів необхідно знижувати швидкість до 3÷5 км/год;

Алгоритм дій персоналу при настанні аварійної ситуації:

1. При виникненні пожежі необхідно негайно повідомити службу ДСНС та керівника робіт для участі у ліквідації загоряння;

2. Дотримуйтесь безпечної відстані до МТА, який зайнявся;

3. У разі травмування працівника забезпечте йому першу допомогу та негайно викличте кваліфіковану допомогу. У разі відсутності медичного працівника на підприємстві невідкладно транспортуйте постраждалого до лікарні.

Безпекові заходи при закінченні роботи:

1. Розмістити агрегати на узбіччі;

2. Провести очищення робочих органів машин та агрегатів;

3. Виконати остаточне очищення машин від бруду шляхом миття або за допомогою пневматичних засобів;

4. Припаркувати транспортний засіб у попередньо встановленому місці;

5. Перевірити машину та агрегати, які використовувались для виконання відповідних технологічних операцій, на предмет цілісності робочих органів, їх кріплень, герметичності баків з рідинами тощо;

6. У разі передачі агрегату на зберігання зняти вказані технологічною картою деталі та законсервувати їх на складі.

У результаті аналізу шкідливих факторів під час виконання відповідних технологічних операцій та у випадку настання аварійних ситуацій було розроблено алгоритм дій, спрямований на унеможливлення або мінімізацію вірогідності травматизму.

Зокрема, рекомендації включають у себе не лише технічні аспекти, такі як перевірка справності обладнання та встановлення додаткових захисних пристроїв, але й організаційні та кадрові заходи. Наприклад, обов'язкове інструктування персоналу, ретельний контроль за дотриманням правил безпеки, а також впровадження системи відповідальності за порушення норм безпеки.

Враховуючи ці заходи, можна значно підвищити рівень безпеки праці під час виконання сільськогосподарських робіт і запобігти потенційно небезпечним ситуаціям.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Технологія AMS при максимальному використанні вбудованих у неї можливостей, таких як розширення робочої зони та зменшення часу, потрібного на переміщення машини, сприяє підвищенню ефективності сільськогосподарської техніки. Покращення ефективності також досягається завдяки багатоканальному моніторингу технічного стану обладнання, який здійснюють кілька фахівців: оператор, інженер агрофірми та представник постачальника.

Крім того, розглянута технологія забезпечує можливість проводити роботи навіть в умовах обмеженої видимості, наприклад, вночі або при густому тумані, зменшуючи стрес для оператора і підвищуючи продуктивність роботи. Це також перевага, яка сприяє ефективному використанню наявних ресурсів.

Отже, у досліджуваній сфері розрахунку підлягає економічна доцільність застосування техніки за умови використання технології AMS порівняно з традиційним методом. Це дозволить отримати розуміння доцільності впровадження пропонованих рішень.

Впровадження технології AMS призводить до підвищення ефективності функціонування машин та агрегатів, про що свідчить збільшення швидкості виконання робіт, скорочення часу та витрат паливо-мастильних матеріалів.

Економічною ефективністю оцінюється доцільність впровадження певних рішень: конструкторських чи технологічних. У цьому контексті важливо обчислити пряму економічну ефективність розробленої технології та порівняти її з результатами, отриманими за технологічною картою, де використання технології AMS не передбачається, хоча техніка залишається такою ж.

Визначимо обсяг палива, необхідного для вирощування пшениці ярої на визначеній площі, та розрахуємо витрати на паливо в грошовому еквіваленті

за формулою:

$$Z_{\text{пал}} = C_{\text{пал}} \cdot Q_{\text{пал}}, \quad (5.1)$$

де $C_{\text{пал}}$ – ціна дизпалива, складає 53,00 грн.

$Q_{\text{пал}}$ – загальна потреба в паливі, літрів.

Для традиційного методу виконання робіт витрати складатимуть:

$$Z_{\text{пал баз}} = 53,0 \cdot 7945,8 = 421\,127,4 \text{ грн.}$$

При застосуванні методів точного землеробства при виконанні робіт:

$$Z_{\text{пал проект}} = 53,0 \cdot 7816,7 = 414\,285,1 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну плату задіяного персоналу розраховуються за формулою:

$$Z_{\text{пл}} = C_{\text{пл}} \cdot Q_{\text{пл}}, \quad (5.2)$$

де $C_{\text{пл}}$ – оплата праці однієї людини за одну годину, грн;

$Q_{\text{пл}}$ – загальні працевитрати, люд.-год.

Для механізаторів п'ятого розряду з урахуванням коефіцієнту, що пов'язаний з інфляційними процесами, тарифна ставка складає:

$$12,58 \cdot 20 = 251,6 \text{ грн/зм.}$$

Відповідно годинна тарифна ставка складе:

$$251,6/7 = 35,94 \text{ грн/люд – год.}$$

Надбавка, що враховує кваліфікацію, становить 20 %, а отже:

$$35,94 \cdot 1,2 = 43,13 \text{ грн/люд – год.}$$

Сумарний відсоток відрахувань та податків становить 21,5 %, а отже кінцева вартість відпрацьованої години робітником для господарства становитиме:

$$43,13 \cdot 1,215 = 52,4 \text{ грн.}$$

Загальні витрати праці при виконанні технологічного процесу за традиційною методикою складають 1160 люд-год, та 1153 люд-год при застосуванні устаткування для точного землеробства.

Відповідно, витрати на заробітну плату при виконанні робіт за класичною технологією становитимуть:

$$Z_{\text{пл трад}} = 52,4 \cdot 1160 = 60784 \text{ грн.}$$

А витрати на заробітну плату при застосуванні методів точного землеробства складуть:

$$Z_{\text{пл проект}} = 52,4 \cdot 1153 = 60417 \text{ грн.}$$

Виходячи із отриманих даних, пряма економічна вигода при вирощуванні пшениці ярої на дослідній ділянці площею 168,4 га у разі впровадження засобів точного землеробства у складі машино-тракторних агрегатів під управліннями програмного забезпечення Agricultural Machinery Systems складатиме:

$$\begin{aligned} E_e &= (Z_{\text{пал баз}} + Z_{\text{пл баз}}) - (Z_{\text{пал проект}} + Z_{\text{пл проект}}) = \\ &= (421127,4 + 60784) - (414285,1 + 60417) = \\ &= 7209,3 \text{ грн.} \end{aligned} \tag{5.3}$$

Отримані результати відображають тільки пряму вигоду від впровадження технології точного землеробства на одній земельній ділянці у 168,4 га і не враховують ефект від зростання врожайності через підвищення якості виконання технологічних операцій, бо ці дослідження не були метою дослідження цієї роботи та потребують додаткового поглибленого вивчення.

Якщо взяти до уваги інформацію з третього розділу про наявність угідь площею 452,7 га, то економічна вигода зросте на 268 % і у грошовому еквіваленті складатиме 19320 грн.

Найбільш виражений економічний ефект буде спостерігатися в фермерських господарствах з площею обробітку 1 тис. га, 2 тис. га та 5 тис. га, оскільки витрати на впровадження будуть сталими, а вигода буде зростати пропорційно площі обробітку та складатиме 46925 грн, 140777 грн та 234628 грн відповідно.

Витрати на придбання терміналів управління складуть 210000 грн, витрати за використання програмного забезпечення, через яке реалізується автоматичне керування МТА, становлять 105000 грн.

Застосуємо отримані результати для розрахунку рентабельності та термінів окупності впровадження технології точного землеробства на полі площею 1 тис. га відповідно до формули:

$$P = \frac{\Pi}{3} \cdot 100 = \frac{46925}{315000} \cdot 100 = 14,90 \%. \quad (5.4)$$

Відповідно окупність витрат складе:

$$T_{1000} = \frac{315000}{46925} = 6,7 \text{ років.}$$

Рентабельність при площі обробітку 3 тис. га:

$$P = \frac{\Pi}{3} \cdot 100 = \frac{140777}{315000} \cdot 100 = 44,69 \%.$$

Відповідно окупність витрат складе:

$$T_{3000} = \frac{315000}{140777} = 2,2 \text{ роки.}$$

Рентабельність при площі обробітку 5 тис.га:

$$P = \frac{\Pi}{3} \cdot 100 = \frac{234628}{315000} \cdot 100 = 74,49 \%.$$

Відповідно окупність витрат складе:

$$T_{5000} = \frac{315000}{234628} = 1,3 \text{ роки.}$$

Зведені результати вивчення економічної доцільності приведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Зведені показники економічної ефективності

Показник	Площа, га			
	168,4	1000	3000	5000
Планова урожайність, т/га	6,5			
Витрати пального, л	7816,7	46353	139059	231765
Трудомісткість технології, люд.-год.	1153	6837	20512	34186
Затрати на придбання монітора та підписки	315000			
Прибуток при застосуванні технології AMS, грн	7209	46925	140777	234628
Рівень рентабельності, %	< 5	14,9	44,69	74,49
Термін окупності прямих експлуатаційних затрат, років	> 15	6,7	2,2	1,3

Отримані результати вивчення застосування технології точного землеробства на основі програмного комплексу Agricultural Machinery Systems наглядно демонструють підвищення показників ефективності машино-тракторних агрегатів, що ним споряджається. Технологія є доцільною до застосування у фермерських господарствах, площа обробітку в яких складає 1 тис. га і більше, оскільки витрати на придбання обладнання та програмного забезпечення є сталими, а вигода зростає пропорційно площі обробітку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу існуючих засобів цифровізації процесів у землеробстві від провідних їх розробників встановлено, що їх впровадження підвищує результативність машино-тракторного парку.

2. Виявлено, що програмні продукти різних виробників цифрових технологій мають схожі функції. Недоліком усіх програм є низька сумісність з різними типами техніки. Виключенням є програмне забезпечення AMS, яке має найширше охоплення серед різних марок техніки.

3. Розрахунки виявили підвищення ефективності функціонування машино-тракторного парку в результаті впровадження технології AMS внаслідок зменшення кількості робочих проходів та площі повторного обробітку. Таким чином, скорочується час виконання механізованих операцій, що підвищує темп робіт.

4. У результаті аналізу шкідливих факторів під час виконання відповідних технологічних операцій та у випадку настання аварійних ситуацій було розроблено алгоритм дій, спрямований на покращення умов праці та підвищення рівня безпеки персоналу. Такі заходи призначені унеможливити або мінімізувати вірогідність травматизму.

5. Техніко-економічна оцінка пропонованих рішень показала зростання рівня рентабельності зі збільшенням оброблюваних ділянок. Таким чином, впровадження пропонованої технології є доцільним на ділянках, що перевищують 1 тисячу гектарів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ahma, U., Sharm, L. (2023). A review of best management practices for crop using precision agricultural technologies. *Smart Agric. Technol.*, Vol. 4, 100220. DOI: 10.1016/j.atech.2023.100220.
2. Alsalam, B. H. Y., Morton, K., Campbell, D., Gonzalez, F. (2017). Autonomous UAV with vision based on-board decision making for remote sensing and precision agriculture. In *Proceedings of the 2017 IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MO, USA, 4–11 March 2017*, pp. 1–12.
3. Chen, Y., Li, Y., Li, C. (2020). Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: origin, theory and application. *Journal of cleaner production*, 268: 122071. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122071.
4. Deichmann, U., Goyal, A., Mishra, D. (2016). Will digital technologies transform agriculture in developing countries? *Agricultural Economics*, Vol. 47, pp. 21–33. DOI: 10.1111/agec.12300.
5. Dorokhov, A. S., Belyshkina, M. E., Starostin, I. A. et al. (2020). Technological support of soybean cultivation. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, Vol. 51(3), pp. 42–45.
6. Durczak, K., Ekielski, A., Kozłowski, R., Zelazinski, T., Pilarski, K. (2020). A computer system supporting agricultural machinery and farm tractor purchase decisions. *Heliyon*, 6, e05039. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05039.
7. Efremov, A. A., Sotskov, Y. N., Belotzkaya, Y. S. (2023). Optimization of selection and use of a machine and tractor fleet in agricultural enterprises: a case study. *Algorithms*, Vol. 16(7), 311. DOI: 10.3390/a16070311.
8. Fountas, S., García, B., Kasimati, A. et al. (2020). The future of digital agriculture: technologies and opportunities. *IT Professional*, Vol. 22, pp. 24–28. DOI: 10.1109/MITP.2019.2963412.
9. Kayacan, E., Zhang, Z. Z., Chowdhary, G. (2018). Embedded high precision control and corn stand counting algorithms for an ultra-compact 3D printed field robot. In *Proceedings of the Robotics: Science and Systems, Pittsburgh*,

PA, USA, 26–30 June 2018; Volume 14, p. 9.

10. Myalo, O. V., Myalo, V. V., Prokopov, S. P., Solomkin, A. P., Soynov, A. S. (2018). Theoretical substantiation of machine-tractor fleet technical maintenance system on the example of Omsk region agricultural enterprises. *Journal of Physics Conference Series*, 1059(1): 012005. DOI:10.1088/1742-6596/1059/1/012005.

11. Pisanu, T., Garau, S., Ortu, P., et al. (2020). Prototype of a low-cost electronic platform for real time greenhouse environment monitoring: an agriculture 4.0 perspective. *Electronics*, Vol. 9(5), 726 p. DOI: 10.3390/electronics9050726.

12. Redreev, G. V. (2020). Ensuring machine and tractor aggregates operability. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Volume 142, article No 1.

13. Redreev, G. V., Myalo, O. V., Prokopov, S. P., Solomkin, A. P., Okunev, G. A. (2017). Machine-tractor aggregates operation assurance by mobile maintenance teams. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 221, 012016.

14. Rovira-Más, F., Saiz-Rubio, V., Cuenca-Cuenca, A. (2020). Augmented perception for agricultural robots navigation. *IEEE Sens. J.*, Vol. 21, pp. 11712–11727. DOI: 10.1109/JSEN.2020.3016081.

15. Scarlett, A. J. (2001). Integrated control of agricultural tractors and implements: A review of potential opportunities relating to cultivation and crop establishment machinery. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 30(1), pp. 167–191. DOI: 10.1016/S0168-1699(00)00163-0.

16. Skvortsov, E. A., Skvortsova, E. G., Sandu, I. S. et al. (2018). Transition of agriculture to digital, intellectual and robotics technologies. *Economy of region*, Vol. 14(3), pp. 1014–1028. DOI: 10.17059/2018-3-23.

17. Starostin, I. A., Belyshkina, M. E., Chilingaryan, N. O., Alipichev, A. Yu. (2021). Digital technologies in agricultural production: implementation background, current state and development trends. *Agricultural Engineering*, Vol. 3 (103), pp. 4–10. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-3-4-10.

ДОДАТКИ

**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**



ЗБІРНИК

ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

***XVIII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ***

«ОБУХОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***з нагоди 98-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора, академіка АН ВШ України,
Обухової Віолетти Сергіївни
(1926-2005)***

28 березня 2024 року



м. Київ

ББК40.7

УДК 631.17+62-52-631.3

Обуховські читання: XVIII Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 28 березня 2024 року: тези конференції. Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024. 180 с.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів і докторантів учасників XVIII Міжнародної науково-практичної конференції «Обуховські читання», в яких розглядаються нинішній стан та шляхи розвитку прикладної геометрії та інженерної графіки, дизайну, питання викладання графічних дисциплін.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

Отченашко В.В., начальник науково-дослідної частини НУБіП України, – голова організаційного комітету;

Ружило З.В., декан факультету конструювання та дизайну, – співголова організаційного комітету;

Пилипака С.Ф., завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну, – заступник голови організаційного комітету;

Несвідомін В.М., професор кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну, – секретар організаційного комітету;

ЧЛЕНИ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО КОМІТЕТУ:

Бабка В.М. – доцент кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну;

Василів П.А. – доцент кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну;

Воліна Т.М. – доцент кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну;

Грищенко І.Ю. – доцент кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну;

Несвідомін А.В. – доцент кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну;

Роговський І.Л. – гарант освітньо-наукової програми третього рівня вищої освіти за спеціальністю «Галузеве машинобудування»;

Ромасевич Ю.О. – професор кафедри конструювання машин і обладнання;

Ванін В.В. – д.т.н., проф., декан фізико-математичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (за згодою);

Ковальов С.М. – д.т.н., проф., завідувач кафедри архітектурних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури (за згодою);

Куценко Л.М. – д.т.н., проф., професор кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки Національного університету цивільного захисту України (за згодою).

УДК 631.1

ОГЛЯД СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СІЛЬСЬКИМ ГОСПОДАРСТВОМ

Нудьга Є. О.,

Сумський національний аграрний університет

Воліна Т.М.

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Сумський національний аграрний університет

Для підвищення ефективності машинних і тракторних парків може бути дуже корисним впровадження сучасних технологій, таких як системи управління сільським господарством (AMS). Ці системи охоплюють низку технологій для оптимізації сільськогосподарських операцій, включаючи GPS, датчики та аналітику даних. Використовуючи AMS, фермери можуть досягти ряду переваг:

1. Точне землеробство: AMS дозволяє точно керувати польовими операціями (посадка, внесення добрив і збирання врожаю), що призводить до оптимізації розподілу ресурсів, зменшення їх витрат і підвищення врожайності.
2. Прийняття рішень на основі даних: AMS збирає та аналізує дані про різні аспекти сільськогосподарських операцій, надаючи інформацію, на основі якої мають бути прийняті наступні рішення. Цей підхід дозволяє фермерам робити обґрунтований вибір для підвищення ефективності та продуктивності.
3. Дистанційний моніторинг та управління: AMS забезпечує дистанційний моніторинг та керування технікою, дозволяючи фермерам спостерігати за операціями на відстані. Ця функція підвищує операційну ефективність і дозволяє своєчасно вносити коригування за потреби.
4. Оптимізація технічного обслуговування: AMS може відстежувати продуктивність обладнання та надавати сповіщення про потреби в технічному обслуговуванні. Плануючи профілактичне обслуговування на основі фактичних даних про використання техніки, фермери можуть мінімізувати час простою та продовжити термін її служби.
5. Зниження витрат: впровадження AMS може призвести до економії коштів за рахунок покращення управління ресурсами, зменшення споживання палива та оптимізації використання робочої сили. Ця економія сприяє підвищенню загальної ефективності машинного та тракторного парку.

Таким чином, впровадження систем управління сільським господарством може значно підвищити ефективність машинних і тракторних парків, забезпечуючи прийняття рішень на основі даних, віддалений моніторинг, оптимізацію технічного обслуговування та зниження витрат. Використовуючи сучасні технології, такі як AMS, фермери можуть максимізувати продуктивність і прибутковість своїх сільськогосподарських операцій.

Крім того, на сьогоднішній день великі агрохолдинги та середні фермерські господарства (до 5000 га) мають технічну змогу впроваджувати енергоощадні технології землеробства: технології мінімального (Mini-till, Strip-till) та нульового обробітку (No-till). Малі фермерські господарства мають впроваджувати енергоощадні технології, направлені на збереження ґрунту, мінімізацію витрат на виробництво тощо.

Також основним завданням сучасних агротехнологій є збереження і накопичення ґрунтової вологи. Це спонукає до розробки адаптивних технологічних заходів, застосування техніки на гусеничних рушіях, ширшого використання хімічних засобів захисту рослин тощо. Наведемо деякі переваги, недоліки, енергетичні та технічні засоби, які використовуються в таких технологіях.

Mini-till – технологія мінімального обробітку ґрунту, коли застосовуються комбіновані агрегати, а глибина обробітку, часто не перевищує 4 см. Однак, це не є догмою. Іноді в технології Mini-till використовують навіть оранку. До переваг такої технології слід віднести зниження енерговитрат та собівартості виробництва продукції. До недоліків – необхідність активного використання засобів захисту рослин, що зумовлено підвищенням забур'яненості посівів, а також зменшення урожайності.

Техніка: енергонасичені трактори – ХТЗ-17221, John Deere 7/8/9 – серій, Case IH Magnum, STX та інші. Сільськогосподарські машини: комбіновані агрегати типу Lemken Smaragd, культиватори для суцільного обробітку ґрунту з вирівнювачами поверхні – John Deere 2210, КН-3,8; Агро-Атом тощо.

No-till – технологія нульового обробітку ґрунту, яка не передбачає будь-якого обробітку ґрунту взагалі. До переваг відносяться: інтенсивне накопичення ґрунтової вологи, стабілізація і, згодом, повне припинення ерозії ґрунтів, зниження залежності технології від погодних умов, суттєве зниження собівартості виробництва та ряд інших. До недоліків можна віднести наступні: очікуване зниження урожайності в перші 2–3 роки впровадження технології; інтенсивне застосування засобів захисту рослин, необхідність використання дорогої широкозахватної техніки, переважно на гусеничних рушіях.

Техніка: енергонасичені енергетичні засоби на спарених та гусеничних рушіях. Сільськогосподарські машини – сівалки прямого посіву (Turbosem-II 19-60, Cross-Slot, John Deere 1895 та ін.), самохідні обприскувачі типу Hagie STS 12/16, John Deere 4930/4030/4730 та ін., бункериперевантажувачі Kinze-850/1350, UW-20, перевантажувачі заводу Кобзаренка та інші.

До цієї технології можна віднести три ключові макрооперації:

- прями́й посів;
- догляд за посівами (як правило, хімічний);
- збирання.

Наприклад, може використовуватися наступна техніка (рис. 1–3). Посів: трактор типу Case MX 380, John Deere 8335R у агрегаті з сівалками типу Horsh Maestro 36.5, Turbosem II 19-60 або John Deere 1890/95.

Strip-till – технологія смугового обробітку ґрунту, за якого добрива і насіння вносяться в одну стрічку на різні глибини і в подальшому механічний обробіток ґрунту відбувається лише в прирядковій зоні. Переваги: зниження витрат на виробництво, зменшення ерозії ґрунту, збереження ґрунтової вологи. Недоліки: використання спеціальної техніки, підвищення витрат на засоби захисту рослин.



Рис. 1. Агрегат Case MX 380 + Horchsh Maestro 36.5, що використовується в технологіях No-till та Strip-till



Рис. 2. Самохідний обприскувач John Deere 4830 може використовуватись у всіх сучасних технологіях разом з системою AMS



Рис. 3. Агрегат у складі трактора Case IH Quadtrack 600 і бункераперевантажувача Kinze-1350 призначений для збирання зерна від комбайнів, транспортування на край поля і перевантаження в автомобілі

Техніка – енергонасичені та звичайні трактори; сільськогосподарські машини – сівалки типу Horsch Maestro, агрегати для смугового обробітку ґрунту типу АСОГ8, Orthman, SLY, Bigham Brother, Carter, Agro-Lend, Sunflower, Wil-Rich, Yetter (Maverik), Remlinger, Till-n-Plant, Strip Ripper. Енергетичні засоби застосовуються такі ж, як і за нульової технології. Із застосуванням технологій точного землеробства ефективність технології Strip-till зростає.

Традиційній технології вирощування сільськогосподарських культур притаманна багатоваріантність як у технічних засобах, так і в технологічних прийомах. Вона передбачає інтенсивний механічний обробіток ґрунту, догляд за рослинами: як механічний, так і хімічний. Енергетичні засоби, що притаманні цій технології мають широку номенклатуру: МТЗ-1221, ХТЗ-17221, ХТЗ-181, увесь ряд тракторів Case IH, John Deere, New Holland та інших, що наразі експлуатуються в Україні.

До сільськогосподарських машин, що застосовуються за традиційної технології відносяться плуги (наприклад, ПЛН-3-35; ПЛН-5-35; Kuhn Vary-5; Lemken Diamant/Euro Oral та ін.); борони дискові та ґрунтообробні знаряддя (БДТ-7; АГН-4,2; СТЕП-2,4; УДА-3,8 та ін.); культиватори (КПС-8 «Восход»; КН-3,8; БПК-8 та ін.). До переваг цієї технології можна віднести вищу урожайність сільськогосподарських культур. До недоліків, які стали явними за останні роки: значна деградація ґрунтів, втрата ґрунтового вологозапасу, утворення плужної підшви, зростання собівартості продукції та ін.

Таким чином, в застосуванні кожної з наведених технологій є свої переваги і недоліки, технічні та організаційні проблеми, які необхідно вирішувати при впровадженні цих технологій. Однак, сьогодні набирають перевагу енергоощадні технології, які забезпечуються високопродуктивною технікою, більш раціональним її використанням.

ТЕХНІЧНЕ ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У РОСЛИННИЦТВІ

Нудьга Є.О., Воліна Т.М.

Сумський національний аграрний університет

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Сумський національний аграрний університет

Розвиток сільського господарства тісно пов'язаний з інтеграцією передових агротехнологій, включаючи використання дистанційних систем діагностики та моніторингу стану сільськогосподарської техніки, застосування автоматизованих механізмів управління, таких як дрони та автономні машини, а також спеціалізованих програмних рішень для оптимізації аграрного виробництва.

Процеси планування, контролю та аналізу виробничої діяльності виконуються через різноманітні платформи, серед яких виділяють Scorio, ATS, PLM, SMS та інші. Використання цих платформ дозволяє максимізувати оптимізацію виробничих витрат і логістики, знижуючи їх до раціонального мінімуму, а також скоротити терміни виконання робіт.

Приклад функціоналу платформи Scorio: на платформі зберігається та акумулюється важлива інформація про історію полів, використання техніки на них, погодні умови, графіки виконання робіт, затрати та результати. Також платформа дозволяє вести облік ефективних температур, зібраних з метеостанцій підприємства. Доступ до цієї інформації можливий з будь-якої точки світу, що забезпечує можливість безперервного керування процесами.

Інформація, яка зберігається на платформі, охоплює завдання на виконання технологічних операцій, карти врожайності, показники швидкості агрегатів в полі, часи виконання робіт, простої, споживання пального та стан техніки. Обсяг параметрів, доступних до передачі, розширюється з розвитком технологій, оскільки системи цифрового землеробства є динамічними і програмне забезпечення регулярно оновлюється.

Протягом виконання технологічних операцій платформою автоматично підраховується сума ефективних температур, зібрана з метеостанцій підприємства. Доступ до неї можна отримати в будь-якій точці світу, де є інтернет, а отже, є можливість неперервного керування процесами. Сьогодні цифрові платформи розробили практично всі великі виробники сільськогосподарської техніки: John Deere (JD Link. AMS), CNH (AFS Software), CLAAS (Telematics). На ринку цифрових послуг також є продукція українських виробників: AgroOnline, Агропрофіль та ін.

До передачі доступні наступні дані: карти-завдання на виконання технологічної операції, карти врожайності, показники швидкості агрегату в полі, часи виконання роботи, простої, кількість витраченого пального (питома і загальна), технічний стан техніки і багато іншого. Слід зауважити, що кількість

параметрів постійно збільшується, так як технології цифрового землеробства є динамічними системами і софти постійно оновлюються декілька разів на рік.



Рис. 1. Приклад інтерфейсу програмного забезпечення Cropsio

Отже, ефективне впровадження технологій цифрового землеробства в аграрні підприємства передбачає наявність сучасної техніки, оснащеної спеціалізованими датчиками та системами позиціонування. Також критично важливим є використання відповідних моніторів та програмного забезпечення, яке дозволяє інтегрувати зібрані дані для аналізу та оптимізації агротехнологічних процесів. Великі виробники сільськогосподарської техніки розробили спеціалізовані продукти, що підтримують високий рівень інтеграції та управління в рамках цифрового землеробства. На відміну від цього, українські виробники пропонують більш прості, але ефективні рішення, які також можуть бути використані для точного землеробства. Це демонструє необхідність розвитку вітчизняних технологічних рішень та їхнього адаптування до потреб місцевих агропідприємств.

РІЗНІ ТИПИ ОДНОКАНАЛЬНИХ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ.....	171
<i>Дьомін О.А., Шкаранда Д.І.</i>	
ПОПИТ НА ТРАНСПОРТНІ ПОСЛУГИ НА ПРИКЛАДІ АВТОПІДПРИЄМСТВА ПП «ЄВРОЕКСПРЕС».....	172
<i>Дьомін О.А., Бугай Д.В.</i>	
ТЕХНІЧНЕ ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У РОСЛИННИЦТВІ	174
<i>Нудьга Є.О., Воліна Т.М.</i>	

ВІДНОВЛЕННЯ ЛАНОК ГУСЕНИЦЬ ТРАКТОРІВ.....	67
<i>Оксімчук Б.М., Сиволапов В.А.</i>	
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРОПРИВОДУ МОБІЛЬНИХ МАШИН.....	69
<i>Ростовецький Я.О., Попик П.С.</i>	
ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН.....	71
<i>Литвиненко В.В., Попик П.С.</i>	
ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РУХУ КОЗЛОВОГО КРАНА ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ДОВГОМІРНОЇ ДЕРЕВИНИ.....	74
<i>Ловейкін В. С., Кадикало І. О., Гривачевський М. С.</i>	
АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РУХУ ДЕЛЬТА-РОБОТА.....	75
<i>Ловейкін В. С., Кадикало І. О., Мельник М. В.</i>	
ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ПУСКУ ПОВОРОТУ СТІЛОВОГО КРАНА.....	77
<i>Ловейкін В. С., Кадикало І. О., Безкоровайний О. В.</i>	
ЯКІСТЬ ТРУДОВОГО ЖИТТЯ ПРАЦІВНИКІВ ПРОМИСЛОВОСТІ У СУБ'ЄКТИВНОМУ ТА ОБ'ЄКТИВНОМУ ВИМІРАХ.....	78
<i>Мельник В.І., Друзь О.О., Яремчук Д.О.</i>	
АКТУАЛЬНІСТЬ ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНУ ДЛЯ ІНЖЕНЕРІВ.....	80
<i>Ребенко В.І.</i>	
ВІДНОВЛЕННЯ РАМ ГУСЕНИЧНИХ ТРАКТОРІВ ХТЗ.....	85
<i>Коновал В.В., Сиволапов В.А.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЗМІШУВАЧІВ-КОРМОРОЗДАВАЧІВ PROFILE 12.2 DS ТА PROFILE 14.2 DS.....	88
<i>Новицький А.В.</i>	
БАЗОВІ ЕЛЕМЕНТИ ЛІНІЙНИХ ПЕРСПЕКТИВ І ПАНОРАМНИХ РЕЛЬЄФІВ	90
<i>Даниленко В. Я.</i>	
ІНВЕСТИЦІЙ, ЩО ЗДАТНІ ПЕРЕТВОРИТИ МІСТА НА ПРИДАТНІ ДЛЯ КОМФОРТНОГО ЖИТТЯ.....	91
<i>Хоненко М.В., Колосок І.О.</i>	
ОГЛЯД СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СІЛЬСЬКИМ ГОСПОДАРСТВОМ.....	93
<i>Нудьга Є. О., Воліна Т.М.</i>	

Наукове видання

Збірник

тез доповідей

XVIII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ОБУХОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

з нагоди 98-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора, академіка ВШ України,
Обухової Віолетти Сергіївни
(1926-2005)

(28 березня 2024 року)

Відповідальні за випуск:

Роговський І.Л. – завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України.

Редактор – І.Л. Роговський.

Дизайн і верстка – кафедра технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України.

Адреса колегії – 03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12^б, НУБіП України, навч. корп. 11, кімн. 309.

Підписано до друку 22.04.2024. Формат 60×84 1/16.

Папір Maestro Print. Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman та Arial.

Друк. арк. 5,4. Ум.-друк. арк. 5,5. Наклад 100 прим.

Зам. № 10097 від 22.04.2024.

Видавничий центр НУБіП України

03041, Київ, вул. Героїв оборони, 15. т. 527-80-49, к. 117

© НУБіП України, 2024

СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Підвищення показників ефективності
використання машинно-
тракторного парку шляхом застосування
технології «AMS»

Виконав: Нудьга Є.О.

Керівник: к.т.н., доц. Воліна Т. М.

Рецензент: к.т.н., доц. Думанчук М.Ю.

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

Технології цифрового землеробства є надзвичайно важливими в аграрному секторі для підвищення продуктивності, сталості та ефективності. Використання аналітики даних, супутникових знімків та IoT-пристроїв дозволяє фермерам приймати обґрунтовані рішення щодо управління врожайми, здоров'я ґрунту та розподілу ресурсів. Ці технології допомагають зменшити втрати, оптимізувати використання ресурсів та збільшити врожайність, сприяючи більш сталим та стійким методам ведення сільського господарства. Крім того, цифрове землеробство підтримує точне землеробство, що дозволяє здійснювати цільові втручання, покращуючи загальну прибутковість ферм та екологічну відповідальність.

Метою дипломної роботи є вивчення доцільності запровадження цифрових технологій до технологічного процесу землеробства з метою підвищення ефективності використання механізованих засобів ведення землеробства.

Об'єктом дослідження є технологічний процес землеробства із залученням цифрових технологій, а **предметом** – вплив запровадження цифрових технологій на ефективність використання механізованих засобів ведення землеробства.

ОГЛЯД АКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Mini-till – методика передбачає мінімально можливу глибину механізованого оброблення ґрунту комбінованими агрегатами, яка може не перевищувати 40 мм і може застосовуватись при оранці.

Strip Till – методика обробітку ґрунту, дія якої спрямована на смугове розпушування землі на глибину довжини кореневої системи культур та одночасне внесення добрив локально в оброблюваний рядок на задану глибину.

No-till – методика, якою взагалі не передбачено механізований обробіток ґрунту.



Агрегат на базі трактору Case MX 380, споряджений сівалкою для точного висіву Horchsh Maestro 36.5



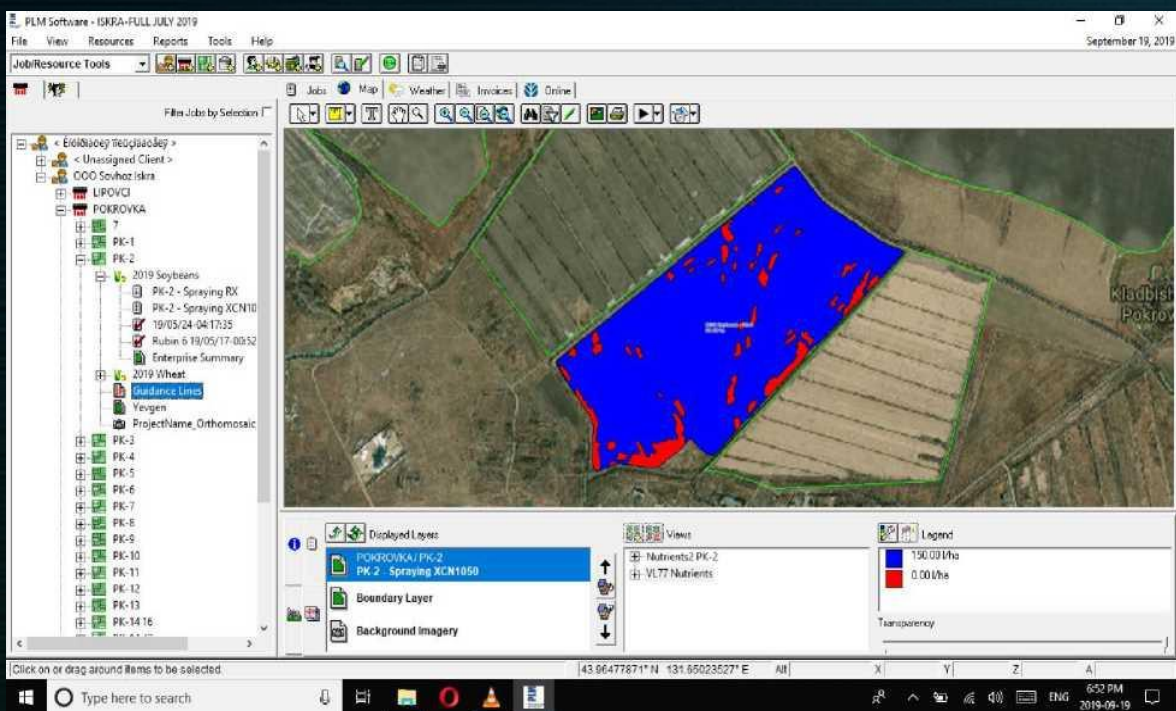
Самохідний агрегат John Deere 4830 для внесення засобів захисту рослин, споряджений устаткуванням для точного землеробства



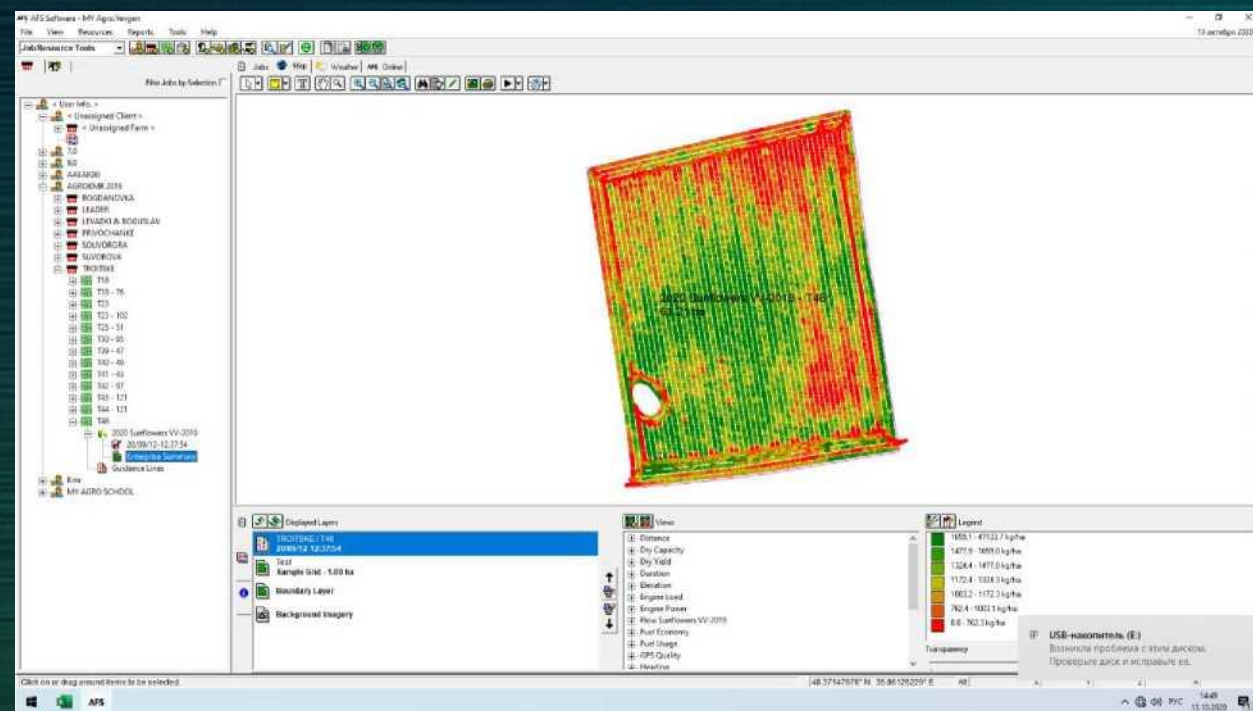
Агрегат Case IH Quadtrack 600, агрегатований бункером для транспортування і перевантаження Kinze-1350

СУТЬ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛРОБСТВА

Застосування методів цифрового землеробства має на меті скорочення прямих витрат на виробництво аграрної продукції шляхом зменшення використання енергоресурсів, добрив, висівного матеріалу та засобів захисту рослин оптимізацією відповідних технологічних процесів, що досягається за допомогою автоматизації механізованого обробітку угідь на основі отриманих даних про реальний стан посівів при точному позиціонуванні машино-тракторних агрегатів під час виконання технологічних операцій.



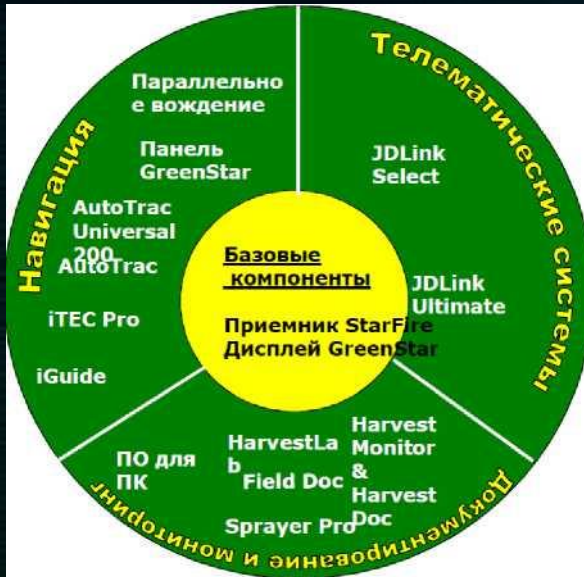
Цифрова карта поля з відображеними ділянками з втраченим урожаєм



Приклад роботи інтерфейсу програмного комплексу ASF із заданими параметрами диференційного внесення зерно-тукового матеріалу

ОСНОВНІ ФУНКЦІЇ ПРОГРАНИХ КОМПЛЕКСІВ

Основою системи точного землеробства є пропрієтарний комп'ютер здебільше планшетного типу із вбудованим дисплеєм. Керування і обмін інформацією між головним терміналом та машино-тракторним парком, який виконує технологічні операції, в полях здійснюється через бездротову радіомережу. Вона складається із мобільних передавачів, що встановлені безпосередньо на машини та трактори та стаціонарних РТК-ретрансляторів, що встановлюються обабіч угідь та додатково збільшують точність позиціонування.



Графічний інтерфейс програмного забезпечення Agricultural Machinery Systems

Навігація – блок забезпечує точне позиціонування машино-тракторного агрегату на полі, завдяки чому реалізовано автономне керування. Виконано це вбудованим програмним забезпеченням Parallel Track та Auto Track.

Тлематика – комплекс систем контролю виконання технологічних операцій з урахуванням точного місцезнаходження агрегату, що реалізовано програмним забезпеченням JD Link.

Документування та моніторинг – комплекс систем, які відповідають за картографування та ведення журналу обліку параметрів роботи машино-тракторних агрегатів. Реалізовано за допомогою програмного забезпечення GS2 та Harvest/Field Doc відповідно.

Автоматизація та моніторинг – комплекс опцій, які забезпечують автоматичне управління робочими органами агрегатів та диференційне виконання технологічних процесів із засобами захисту рослин та внесення поживних речовин. Реалізовано програмним забезпеченням Swath Control Pro.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Приріст техніко-економічних показників при застосуванні методів точного землеробства на основі програмного комплексу Agricultural Machinery Systems

Показник / операція	Основне оброблення		Культивування		Боронування		Збирання урожаю	
	Традиційна	AMS	Традиційна	AMS	Традиційна	AMS	Традиційна	AMS
Робочі ходи	176	165	93	87	30	29	338	324
Паразитна площа, га	10,69	1,002	5,4	0,36	3,52	0,17	3,42	0,56
Працевитрати, год	3,01	0,28	1,9	0,15	0,54	0,02	2,46	0,4
Пальне, л	54,3	5,08	46,5	0,79	5,63	0,27	49,0	8,0
Економія, грн	2608		2422		284		2173	

Теоретичне моделювання операцій технологічного процесу із застосування програмного комплексу Agricultural Machinery Systems, яким споряджуються машино-тракторні агрегати, показало суттєве зростання техніко-економічних показників. Це досягається за рахунок точності виконання робіт завдяки реалізації автоматичного керування та зростання точності переміщення машино-тракторних агрегатів як під час виконання робіт в полі, так і при перебазуванні. Завдяки таким організаційно-технічним заходам на дослідній ділянці у 168,5 га вдалося заощадити пального на суму 6947 грн, і це тільки пряма економія, без супутньої, яка настає в наслідок зменшення часу експлуатації МТА, що становить 7,06 години.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Зведені показники економічної ефективності

Показник	Площа, га			
	168,4	1000	3000	5000
Планова урожайність, т/га	6,5			
Витрати пального, л	7816,7	46353	139059	231765
Трудомісткість технології, люд.-год.	1153	6837	20512	34186
Затрати на придбання монітора та підписки	315000			
Прибуток при застосуванні технології AMS, грн	7209	46925	140777	234628
Рівень рентабельності, %	< 5	14,9	44,69	74,49
Термін окупності прямих експлуатаційних затрат, років	> 15	6,7	2,2	1,3

Отримані результати вивчення застосування технології точного землеробства на основі програмного комплексу Agricultural Machinery Systems наглядно демонструють підвищення показників ефективності машино-тракторних агрегатів, що ним споряджається. Технологія є доцільною до застосування у фермерських господарствах, площа обробітку в яких складає 1 тис. га і більше, оскільки витрати на придбання обладнання та програмного забезпечення є сталими, а вигода зростає пропорційно площі обробітку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу існуючих засобів цифровізації процесів у землеробстві від провідних їх розробників встановлено, що їх впровадження підвищує результативність машино-тракторного парку.
2. Виявлено, що програмні продукти різних виробників цифрових технологій мають схожі функції. Недоліком усіх програм є низька сумісність з різними типами техніки. Виключенням є програмне забезпечення AMS, яке має найширше охоплення серед різних марок техніки.
3. Розрахунки виявили підвищення ефективності функціонування машино-тракторного парку в результаті впровадження технології AMS внаслідок зменшення кількості робочих проходів та площі повторного обробітку. Таким чином, скорочується час виконання механізованих операцій, що підвищує темп робіт.
4. У результаті аналізу шкідливих факторів під час виконання відповідних технологічних операцій та у випадку настання аварійних ситуацій було розроблено алгоритм дій, спрямований на покращення умов праці та підвищення рівня безпеки персоналу. Такі заходи призначені унеможливити або мінімізувати вірогідність травматизму.
5. Техніко-економічна оцінка пропонованих рішень показала зростання рівня рентабельності зі збільшенням оброблюваних ділянок. Таким чином, впровадження пропонованої технології є доцільним на ділянках, що перевищують 1 тисячу гектарів.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!