

**ШИФР «ШВЮ-ТЗ»**

**НАУКОВА РОБОТА**

на тему:

**«ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ТОЧНОГО  
ЗЕМЛЕРОБСТВА В АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ»**

**2019 рік**

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.....	5
1.1. Сутність та визначення поняття точне землеробство.....	5
1.2. Зміст та призначення основних етапів впровадження інформаційних технологій точного землеробства в аграрних підприємствах. Досвід в Україні.....	6
1.3. Характеристика технічних складових систем точного землеробства... ..	11
РОЗДІЛ 2. Моделювання впровадження систем паралельного водіння як елементу точного землеробства в аграрних підприємствах України....	13
2.1. Особливості систем паралельного водіння та вимоги до їх технічного забезпечення.....	13
2.2. Моделювання впровадження систем паралельного водіння на прикладі вибраних технологічних операцій.....	15
2.2.1 Опис характеру моделі виробничих процесів та вхідних параметрів умовного експерименту.....	15
2.2.2. Моделювання технологічного процесу дискування поля при впровадженні систем паралельного водіння.....	17
2.2.3. Моделювання технологічного процесу розкидання мінеральних добрив при впровадженні систем паралельного водіння.....	18
2.2.4. Моделювання технологічного процесу передпосівної культивування при впровадженні систем паралельного водіння.....	20
2.2.5. Моделювання технологічного процесу внесення ґрунтових гербіцидів при впровадженні систем паралельного водіння.....	21
2.3. Визначення економічного ефекту та перспектив впровадження систем паралельного водіння в аграрних підприємствах.....	24
ВИСНОВКИ .....	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	27

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В епоху постіндустріалізму, що прийшла на зміну попередніх аграрної та індустріальної хвиль розвитку цивілізації, інформація та розвиток інфокомунікацій на основі мережевих технологій стали одними з основних виробничих ресурсів. Результатом проведеного японськими та американськими дослідниками аналізу ролі інформації в господарчому розвитку постіндустріальних країн стало трактування інформації як специфічного ресурсу, що не має більшості ознак, властивих традиційним факторам виробництва. Разом із тим, під впливом інноваційних інформаційних процесів традиційні сфери економіки, такі як промисловість і сільське господарство, зазнають колосальних змін та переходять на якісно новий, цифровий рівень багатьох виробничих ланок.

Аграрне виробництво є найбільш консервативною галуззю, і його інформатизація відбувається нерівномірно, особливо в країнах, які не досягли рівня постіндустріалізму. Однак, численні фактори, що характеризуються достатнім ступенем невизначеності (зміни клімату, зростання собівартості, виснаження ґрунтів, високий ступінь експлуатації природних ресурсів, перерозподіл традиційних ринків збуту та ін.) стимулюють цю галузь до пошуку інноваційних методів ведення аграрного виробництва із усе більшим застосування інформаційних технологій і систем, досягнень технічного прогресу. Найбільший потенціал має точне землеробство, яке створює новий економічний напрямок і здатне кардинально змінити агробізнес, значно підвищити продуктивність сільського господарства і зменшити рівень екологічних, матеріальних та інших витрат на вирощування продукції рослинництва.

**Метою дослідження** було визначення переваг застосування систем точного землеробства та оцінка їх ефективності у порівнянні з традиційними методами в рослинництві шляхом моделювання низки виробничих процесів на прикладі усереднених даних реальних господарств.

**Об'єктом** дослідження є технологічні та економічні аспекти впровадження систем точного землеробства на прикладі паралельного водіння в пересічному сільськогосподарському підприємстві із урахуванням усереднених даних по господарствах Полтавської області.

**Предметом** дослідження є сукупність теоретичних, методологічних та прикладних аспектів впровадження систем паралельного водіння шляхом моделювання технологічних операцій передпосівної обробки ґрунту при посіву соняшнику.

При написанні наукової роботи було використано наступні методи: монографічний, проблемний, графічний, економічної оцінки і системного структурного аналізу та методологічного узагальнення.

# РОЗДІЛ 1

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

### 1.1. Сутність та визначення поняття точне землеробство

При формуванні нового наукового напрямку доволі часто не існує єдиного точного визначення предмету вивчення, і дослідники використовують одразу декілька тлумачень одного й того ж поняття. Так відбувається із самим поняттям інформації, так само неоднозначно трактують термін точне землеробство.

Наприклад, з технологічної точки зору, точне землеробство (precision farming) визначається як концепція впровадження технологій у рільництво на основі ґрунтових картографічних одиниць, використання точних дистанційних даних – знімків супутника чи дрона, а також використання технологій для обробки цих даних.

З точки зору управління, точне землеробство – це стратегія менеджменту в сільськогосподарському виробництві, яка максимально базується на сучасних інформаційних технологіях з метою отримання точних даних із різних джерел інформації, для підготовки та прийняття ефективних рішень для отримання максимальних прибутків.

Метою впровадження точного землеробства є визначення системи підтримки прийняття рішень для управління всім господарством з метою оптимізації прибутку при максимальному збереженні ресурсів [16].

В основі наукової концепції точного землеробства лежать уявлення про існування неоднорідностей в межах одного поля, тобто поле розглядається не як суцільний об'єкт, а набір окремих ділянок, що мають специфічні характеристики або особливості. Для їх оцінки і детектування використовуються новітні технології, такі як системи глобального позиціонування GPS, спеціальні датчики, аерофотознімки і знімки з

супутників, а також спеціальні програми для аграрного менеджменту на базі геоінформаційних систем (ГІС).

Методи точного землеробства вперше були застосовані у 90-х роках минулого століття у країнах із найбільш розвиненими економіками та інформаційним простором – США, Канаді, Японії, Західній Європі. Однак, завдяки досягнутим економічним перевагам, стали поширюватися у країнах Азії, Південної Америки і навіть Африки. В Україні ці методи почали застосовуватися ще в кінці 2000-х, а за підсумками 2017 року можна вже говорити про їх масове впровадження.

## **1.2. Зміст та призначення основних етапів впровадження інформаційних технологій точного землеробства в аграрних підприємствах. Досвід в Україні**

Першими підприємствами, які змогли здійснити перехід до нових технологій точного ведення землеробства, стали великі підприємства або холдинги, які інвестували кошти на закупівлю технічного та цифрового обладнання, програмного забезпечення. На початку двотисячних іще не було усталеної концепції ведення точного землеробства, тому чимало алгоритмів доводилось розробляти самостійно і вперше. Так формувався набір необхідних підготовчих етапів та безпосередньо кроків упровадження даної методики ведення агробізнесу. Більшість підприємств у якості початкового етапу здійснювали детальний агрохімічний аналіз ґрунтів, вивчаючи достатню кількість зразків в агрохімічних лабораторіях. Маючи на руках готові результати агрохімобстежень по кожному полю, історії полів за кілька років, дані по врожайності культур на різних ділянках, компанії задумалися про те, як систематизувати всю інформацію і зробити її доступною для всіх зацікавлених співробітників корпорації. Окремі підприємства прийшли до ідеї створення так званого геопорталу підприємства із власною базою

накопичених даних. У базу вносили контури полів у кожному регіоні діяльності, завантажували результати агрохімічних аналізів, історії полів із зазначенням врожайності культур за останні кілька років, дані супутникового моніторингу. На основі первинної обробки отриманих даних проводили аналіз впливу різних чинників на процес формування врожаю, розрахунки оптимальних норм внесення добрив. В окремих випадках створювався аналітичний центр, в якому розробляли схеми диференційованого внесення добрив, розраховували потенційну врожайність по кожному полю, визначали перелік необхідних операцій для досягнення бажаного результату. При розрахунках брали до уваги інформацію про вплив погодних умов, технології вирощування культури, характерні особливості ґрунтів та інше. На основі таких розрахунків складалися карти внесення, які потім завантажувалися в бортові комп'ютери техніки.

Основні етапи впровадження технології точного землеробства наведені на рис. 1.1.

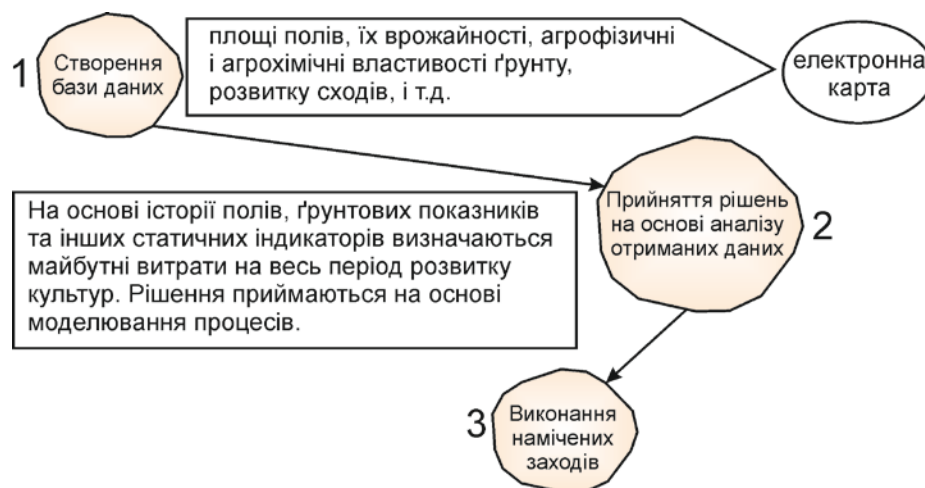


Рис. 1.1. Основні етапи впровадження технології точного землеробства

Досвід, напрацьований першими підприємствами, є досить цінним, на його основі формуються методики та шляхи впровадження технологій точного землеробства багатьма підприємствами з різним банком земель, характеристиками ґрунтів, кліматичними умовами та іншими особливостями. При цьому технічні та технологічні можливості також змінюються,

прогресують. На сьогодні українські агропідприємства, які активно впроваджують інновації, вже мають комп'ютерні карти посівів, агрохімічні аналізи ґрунтів, дані аерофотозйомки з дронів, карти врожайності. Тепер для багатьох аграріїв планшет або смартфон стає незамінним атрибутом праці і в конторі, і в полях. Водночас агромашини стають більш інтелектуальними, отримуючи автопілот, GPS-навігацію, автоматику для точної обробки землі на основі електронних карт оброблюваних полів.

Однак, незважаючи на наявний накопичений досвід, відсоток застосування систем точного землеробства в аграрних підприємствах в Україні залишається допоки низьким. Тому є низка об'єктивних та суб'єктивних причин. На відміну від великих корпорацій малі та середні господарства не можуть дозволити закупку повнофункціонального обладнання, не мають кваліфікованого персоналу, або просто воліють продовжити ведення землеробства традиційними методами.

На основі проведеного аналізу можемо навести узагальнений перелік основних факторів, які перешкоджають впровадженню систем точного землеробства, та сформувані рекомендації щодо їх змін для переходу до інноваційних методів в рослинництві.

По-перше, зони управління. Традиційно агрономи малих і великих компаній розглядають всі свої поля як одне господарство, тому продовжують використовувати уніфіковане застосування добрив та інших ресурсів для всього господарства або великого масиву полів, що призводить до неоптимального результату. Такий підхід далекий від ефективності застосування елементів точного землеробства у сільському господарстві. Натомість агрономам необхідно розглядати землі/поля в декількох менших «зонах управління». Зони повинні бути розділені відповідно до системного аналізу даних: вимог щодо відбору проб ґрунту (різні зони мають різні якості ґрунту і потенціал), особливостей полів, топографічних даних, вологозабезпечення та вимог до використання добрив, насіння та ін. «Зона



управління» – це частина поля, яка відображає відносно однорідну комбінацію факторів прибутковості для конкретної культури або сівозміни .

По-друге, збір даних. В останні роки розробляються і з'являються на ринку технології збору даних – аналіз ґрунту, безпілотники, супутникові знімки, метеостанції, різні датчики і сенсори для виміру властивостей у ґрунті і рослинах та ін. Ці технології здатні збирати велику кількість даних, які можуть бути додатково проаналізовані та використані для кращого прийняття рішень. Також багато компаній розробляють окремі програмні додатки для накопичення інформації та підтримки прийняття рішень. Але існують складності із збиранням даних, оскільки підприємства, особливо малі і середні, не мають технологічної інфраструктури і достатньої експертизи для консолідації та аналізу даних.

По-третє, різні стандарти. Дедалі більше розробників випускають нові інструменти, окремі програмні додатки та платформи, і оперативна сумісність швидко стає проблемою. Різні доступні інструменти та технології часто не відповідають однаковим технологічним стандартам, внаслідок чого в остаточному аналізі кінцевих користувачів потребує роз'яснення. Завдання полягає в перетворенні інтелектуальних автономних пристроїв та шлюзів на цілісні, фермерські платформи.

Четвертий фактор – доступність та якість підключення до мережі Інтернет. У багатьох віддалених сільських населених пунктах та полях недоступне надійне підключення до Інтернету. Це перешкоджає спробам якісно застосовувати системи точного землеробства. Якщо продуктивність мережі та швидкість пропускнуої спроможності значно не покращиться, впровадження цифрового землеробства залишатиметься проблематичним.

П'ятий фактор – розуміння великих даних. Цифрове сільське господарство стає дедалі глобальнішим підходом до використання даних, але ця технологія є корисною лише тоді, коли користувачі можуть «зрозуміти» наявну інформацію та використати її. Прогресивні аграрії, які використовують сучасні інструменти для збору даних, мають сотні тисяч

точок даних на полях. Проте, неможливо контролювати та управляти кожною точкою даних та їх переглядом щоденно/щотижнево, протягом усього періоду вирощування. Проблема особливо гостра у великих, багаторічних сільськогосподарських спостереженнях, коли існує потреба моніторингу за декількома роками вирощування культур на полях. Додатки, які просто надають інформацію про неоднорідні зони або загальний стан розвитку рослин на полях, не дуже корисні, оскільки існує потреба в більш системних інструментах «аналізу та прогнозу», які зможуть передбачити та допомогти агрономам уникнути збитків. Аналіз історичних даних, таких як врожайність, погода, тенденції в ґрунті, вхідні ресурси тощо, разом із аналізом фактичних даних в реальному часі, можуть дати агрономові потужні інструменти для прийняття обґрунтованих рішень та управління ризиками.

Шостий фактор – навчання. Точне землеробство передбачає впровадження новітніх технологій та інструментів для підвищення ефективності виробництва продукції рослинництва. Для інженерів і агрономів, особливо у невеликих агрокомпаніях, налаштування і використання необхідного програмного забезпечення, мережі датчиків для його полів, спеціальної техніки та інших систем точного землеробства може бути великою складністю. Необхідно мати на увазі, що допуск для помилок у технічному підвищеному «розумному господарстві» є мінімальним, а неякісне управління може бути катастрофічним. Наприклад, при неправильному запуску технології локально-стрічкового внесення добрив з наступним посівом насіння кукурудзи у відповідні рядки з суттєвим відхиленням від точної лінії внесення призведе до негативного результату.

На останок – відсутність економічного аналізу у технологів і агрономів. Поглиблений економічний аналіз повинен доповнювати застосування інструментів або елементів точного землеробства, щоб забезпечити врожайність з оптимальним використанням ресурсів і високим рівнем рентабельності на полі.

### **1.3. Характеристика технічних складових систем точного землеробства**

На основі аналізу та узагальнення даних з багатьох інформаційних джерел можна виділити найпоширеніші засоби точного землеробства.

По-перше, GPS-обладнання (навігатор, приймач, модуль) – пристрої, що взаємодіють із космічним супутником, визначаючи точне розташування на Землі будь-якого предмета: трактора, сівалки, окремої рослини.

По-друге, RTK-станція – частина інфраструктури: приймає сигнал із космічного супутника, уточнює його, посилює і прив'язує до конкретної місцевості із високим ступенем точності:  $\pm 2$  см. Така станція є особливо необхідною при роботі за технологіями no-till та strip-till. Радіус дії сигналу RTK-станції – до 50 км, в якому одночасно можуть працювати до 300 транспортних засобів.

По-третє, системи паралельного водіння – курсопоказчики, автопілоти, що допомагають досягти точності пересування техніки полями: рухатися з мінімальними перекриттями або й без них, чітко об'їжджати перешкоди, сіяти й збирати по технічних коліях.

По-четверте, N-Sensor – датчик, що визначає потребу рослин в азоті під час руху трактора полем, дозволяє змінювати дозу внесення добрива, взаємодіючи з розкидачем або оприскувачем.

По-п'яте, квадрокоптер (дрон) – керований із землі літальний апарат, який може вести аерофотозйомку, стежити за тваринами, локально вносити добрива й ЗЗР.

По-шосте, портативна мобільна метеостанція, яка дозволяє отримувати точні показники температури й вологості, вимірювати атмосферний тиск, на підставі даних робити прогноз погоди на найближчі 6 годин.

На завершення переліку – комп'ютерна програма для менеджера (аграрний офіс): дозволяє аналізувати управлінський і бухгалтерський облік,

вести планування, контроль і аналіз поля, історію сівозмін, вегетації рослин, фінансові розрахунки та облік кадрів.

Для розміщення первинних даних, їх обробки і наступного опрацювання з метою прийняття рішень, надзвичайно важливим є застосування на підприємстві єдиної програмної платформи, яка б мала можливість отримувати і опрацьовувати дані від систем із різними програмними та апаратними рішеннями. Наприклад, дані, отримані від системи GPS-моніторингу сільськогосподарської техніки повинні надаватися не тільки у вигляді таблиць MS Excel чи мати можливість експортування в програмне забезпечення для проведення фінансових розрахунків, але й бути використанні в системі, яка може здійснювати моделювання тої чи іншої агротехнологічної операції або створення виробничого плану самого підприємства. При цьому така вузькоспеціалізована платформа повинна містити опрацьовану базу даних для загального призначення, бути гнучкою, масштабованою і забезпечувати достатньо зручний доступ користувачам.

В якості прикладу логічно розглянути інформаційну онлайн систему Soft.Farm як одну із найсучасніших на ринку програмного забезпечення України. Система призначена для аграріїв та містить чимало безкоштовних модулів, особливо на етапі збору та внесення всієї первинної інформації. Реєстрація та управління ресурсами системи розробниками організовано просто через Інтернет, і одразу можна розпочати налаштування під конкретне підприємство [7]. В систему вже внесено у вигляді словників безліч цінної інформації про всі види ґрунтів, марки добрив і ЗЗР, сільськогосподарських та енергомашин. Всі словники можуть біти доповнені новими даними, актуальними для конкретного підприємства.

## РОЗДІЛ 2

### МОДЕЛЮВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ПАРАЛЕЛЬНОГО ВОДІННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТУ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ

#### **2.1. Особливості систем паралельного водіння та вимоги до їх технічного забезпечення**

В Україні вже є достатньо прикладів поетапної реалізації впровадження всіх названих складових системи точного землеробства. Однак, зважаючи на великі розбіжності розмірів аграрних підприємств (від сотень га земельного банку до десятків тисяч), відмінні природні та інші умови, можна почати впровадження в практику сільськогосподарського виробництва сучасних наукових розробок у галузі інформаційних технологій та мікропроцесорної техніки з окремих складових. Найпростішим і цілком доступним елементом точного землеробства, який можна використовувати в будь-якому господарстві, є застосування навігаційних приладів паралельного водіння агрегатів. Усе більше господарств України мають можливість оцінити переваги такої техніки під час виконання польових робіт. Дана робота продемонструє особливості впровадження одного з ключових елементів точного землеробства- систему паралельного водіння. Система паралельного водіння це не лише економія паливо-мастильних матеріалів, добрив, препаратів захисту рослин, а це широкий спектр можливостей.

Зважаючи на те, що забезпечує систему паралельного водіння станція RTK, потрібно знати за яким принципом вона працює.

Принцип дії поправки сигналу RTK:

1. Попереднє визначення місцезнаходження. GNSS приймач с/г машини визначає орієнтовне положення на місцевості. Мережа базових перманентних станцій автоматично знаходить найближчі станції RTK.

2. Обробка даних. Програмне забезпечення на сервері формує кластер з декількох найближчих до трактора базових станцій.

3. Точні координати. Сервер передає RTK поправки на приймач трактора по GSM мережі, що дозволяє досягти точності до 2см у процесі виконання агротехнічних робіт. Схема дії станцій RTK показана на рис. 2.2..

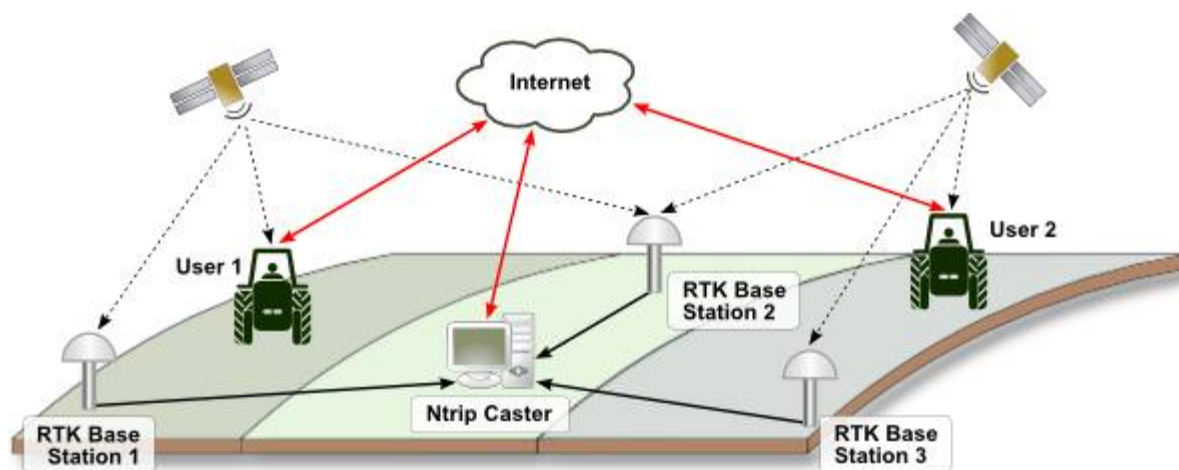


Рис. 2.2. Схема дії RTK-станції

Паралельне водіння, це збільшення продуктивності, якої завжди не вистачає, польові роботи, які виконуються тільки вдень- без системи паралельного водіння, забирають багато часу і обмежують роботу. Погодні умови вносять свої корективи в плани агронома і потрібно створювати новий план дій, обмеження в кількості годин на добу, не дає можливості виконувати поставлені цілі вчасно.

Система паралельного водіння працює і вдень, і вночі. Беручи в користування цю систему, починаючи з першого обробітку землі, постає можливість відразу збільшити продуктивність. Карта, яка буде створена в процесі першого обробітку, дає можливість використовувати її на усіх засобах, які обладнані даною системою. Потрібно пам'ятати і про працівників, втома механізаторів відображується на якості роботи. Обробіток в нічний час доби, з використанням GPS, представляє більш комфортні умови праці. Якщо не задоволений працівник, то і якість роботи відповідає рівню його незадоволення.

При використанні паралельного водіння в процесі обприскування, економить не мало часу. Без його використання, агроном змушений власноруч розмічати оброблювальну ділянку, що забирає час, якого зовсім мало. Але система точного землеробства робить все сама, хоч в день, хоч вночі.

Майбутнє - це точність, продуктивність, якість. Такими параметрами володіє система паралельного водіння. Ціна на матеріали поступово піднімається, і як ніколи потрібно слідкувати за їх витратою. Собівартість продукції, яку потрібно знижувати, щоб мати більший прибуток, все це - Система паралельного водіння.

## **2.2. Моделювання впровадження систем паралельного водіння на прикладі вибраних технологічних операцій**

### **2.2.1. Опис характеру моделі виробничих процесів та вхідних параметрів умовного експерименту**

Система точного землеробства дозволяє побудувати роботу на основі зібраної в полі інформації. Поля обробляються згідно зональних особливостей, наприклад структура ґрунту, його вологість, прогнозований врожай. Все це дає змогу значно зменшити витрати на обробку, посів, збирання врожаю та інші операції.

Для визначення показників ефективності впровадження системи паралельного водіння було проведено розрахунки на прикладі моделювання низки технологічних операцій з підготовчих робіт для посіву соняшника на насіння із використанням усереднених експериментальних даних, отриманих з декількох підприємств Полтавської області (найбільш поширені марки енергомашин та навісного обладнання, витрати пального, добрив, гербіцидів на 1 га і т. ін.). Розрахунки проведено для умовного поля площею 1000 га. Для зручності моделювання вважатимемо, що поле має форму прямокутника зі сторонами 1 тис. м та 10 тис. м. У процесі модельного експерименту

розглянуто результати роботи енергомашини МТЗ-1025 із різним набором агрегатів, але у першому випадку без системи паралельного водіння, а в другому – використовуючи дану систему. Для виконання різних технологічних операцій розглядаються технічні характеристики відповідного навісного та причіпного обладнання. Визначення ефективності застосування систем паралельного водіння проводилося для наступних технологічних операцій:

- дискування (енергомашина – МТЗ-1025; дискова борона – АГД-2,4);
- розкидання мінеральних добрив (нітроамофоска 100 кг/га, енергомашина – МТЗ-1025; розкидач мінеральних добрив – МВД-900).
- передпосівна культивация (енергомашина – МТЗ-1025; культиватор-КПС-4,2);
- внесення ґрунтового гербіциду двох видів: Альфа Гетьман 2 л/га, Альфа Прометрин 2 л/га (енергомашина – МТЗ-1025; причіпний обприскувач Hardi Commander (24м).

Ціни на паливо, добрива, гербіциди, пестициди (табл. 1) та обладнання для паралельного водіння взято станом на кінець 2018 року.

*Таблиця 2.1*

**Вихідні дані про ціни на витратні матеріали, кінець 2018 р.**

Найменування витратних матеріалів та одиниць виміру	Вартість витратних матеріалів, грн
Паливо. Дизель/ за 1 літр	28
Мінеральне добриво. Нітроамофоска/ за 1 тону	13000
Ґрунтовий гербіцид. Альфа Гетьман/ за 1 л	330
Ґрунтовий гербіцид Альфа Прометрин/ за 1 л	250

Для розрахунку ефективності застосування паралельного водіння в якості прикладу розглянуто систему, яка комплектується наступним основним устаткуванням: монітор – Trimble Ez-guide 250; комплектуюча антена – AD15, яка забезпечує точність позиціонування з похибкою 15-20 см



на безкоштовній основі. Вартість обладнання, яке встановлюється на одну одиницю техніки, складає біля 45 тис. грн. Для забезпечення більшої точності позиціонування є можливість застосовувати власну RTK-станцію або оформити підписку компанії AgroRTK на 1 рік із абонентською платою 18 тис. грн (ПДВ враховано). Ця підписка дає можливість користуватись антеною, на яку відсилається сигнал з базової антени AG15 та зменшує похибку позиціонування до 2-х см.

### 2.2.2. Моделювання технологічного процесу дискування поля при впровадженні систем паралельного водіння

Для дискування розглянемо роботу МТЗ-1025 та агрегату АГД-2,4, що має робочу ширину 2,4 метри, але з урахуванням того, що перекриття без паралельного водіння становить 20 см, захват буде сягати 2,2 метри. На полі 1000 га, до якого прив'язується модельний експеримент, потрібно пройти 4546 гонів (рис. 2.2, а). Витрата пального при цьому на 1 гін становить 1,74 л ( із розрахунку 8 л/га).

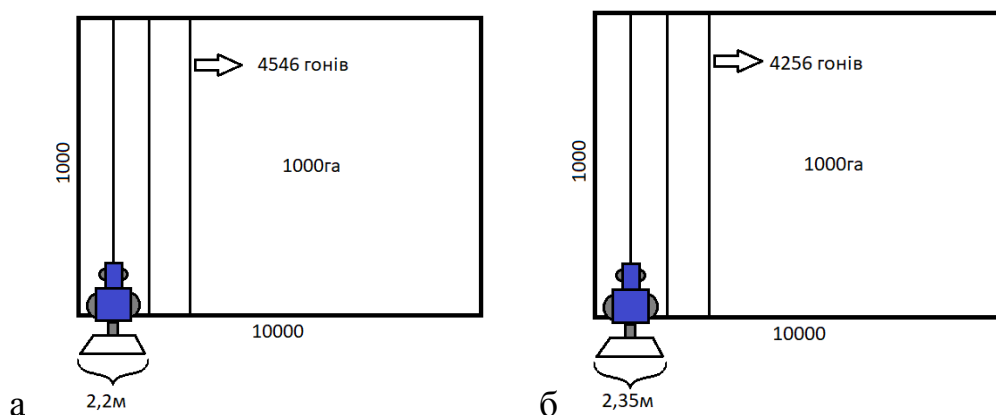


Рис. 2.2. Схематичне зображення різної кількості гонів та різних захватів при здійсненні дискування (МТЗ-1025+ АГД-2,4) традиційним способом (а) та із застосуванням паралельного водіння (б) (розроблено автором)

Для порівняння розглянемо використання цієї ж техніки, але із системою паралельного водіння. Беручи до уваги те, що до комплексу не

входить система автопілот (підрулювання), перекриття складатиме 5 см, як вплив людського фактору. Тому захват агрегату сягатиме 2,35 м.

Для обробки поля описуваного в цій роботі в якості експерименту площею 1000 га потрібно пройти 4256 гонів (див. рис. 2.2, б). Витрати пального розраховані за попередньо описаним алгоритмом. Порівняльні результати витрати пального при здійсненні дискування поля 1000 га при застосуванні та відсутності систем паралельного водіння наведено в табл. 2.2.

*Таблиця 2.2*

**Результати розрахунку витрат пального на полі 1000 га при дискуванні із використанням МТЗ-1025+ АГД-2,4 (розраховано автором)**

Параметри	Кількісні параметри без застосування паралельного водіння	Кількісні параметри при застосуванні паралельного водіння	Різниця параметрів (+/-)
Гони, к-ть	4546	4256	-290
Пальне, л	8000	7500л	-500

Як бачимо, прогнозується значна економія пального за рахунок зменшення кількості гонів на 290.

**2.2.3. Моделювання технологічного процесу розкидання мінеральних добрив при впровадженні систем паралельного водіння**

Наступною розглянуто операцію з розкиданням мінеральних добрив. Агрегат МВД-900 має робочу ширину 18 метрів, але, зважаючи на те, що при традиційному застосуванні перекриття становить 20 см, захват буде складати 17,8 метрів. На полі площею 1000 га потрібно пройти 562 гони довжиною 1000 м (рис. 2.3 а). По усередненим даним, отриманим від підприємств Полтавської області, де застосовується для проведення таких операцій вказані технічні засоби, витрата пального в середньому становить 1,5 л/га. Для експериментального поля в 1000 га витрата пального на 1 гін, площа якого 1,78 га, становить 2,67 л. При 562 гонах буде витрачено 1500,54 л пального.

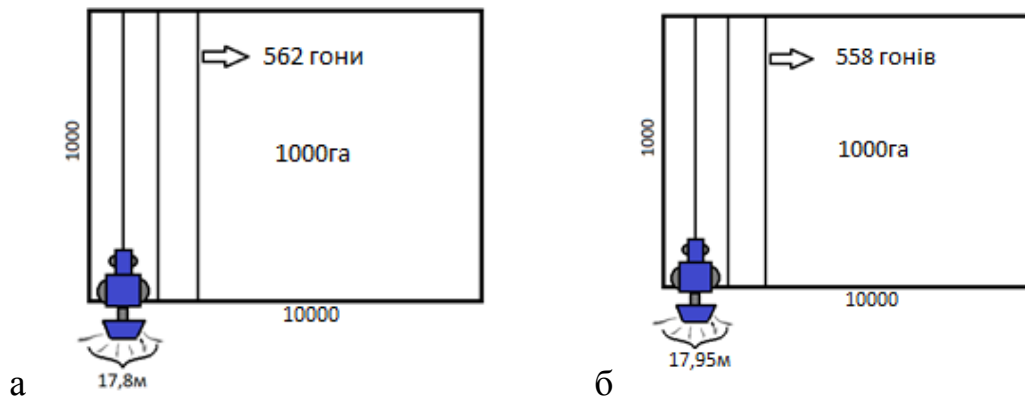


Рис 2.3. Схематичне зображення різної кількості гонів та різних захватів при внесенні мінеральних добрив (МТЗ-1025+ МВД-900) традиційним способом (а) та з використанням паралельного водіння (б) (розроблено автором)

За умови використання цієї ж техніки із системою паралельного водіння захват агрегату сягатиме 17,95 м. Для обробки того ж поля площею 1000 га потрібно пройти 558 гонів довжиною 1000 м (тобто довжина гону залишається сталою) (див. рис. 2.3. б). При цьому витрати палива складуть 1489,86 л.

Наступний кроком моделювання цієї операції є розрахунок кількості витрачених добрив. Витрати добрива обчислювались із розрахунку 100 кг/га.

Швидкість руху енергомашини при обробці поля становить 8 км/год., захват агрегату – 17,8 метрів. При традиційній технології перекриття становить 20 см і буде виконано 562 гони. Площа перекриття одного гону становить  $200 \text{ м}^2$  (0,02 га), сумарна площа перекриттів на всіх гонах складає відповідно 11,24 га. Саме на цій площі відбувається подвійне внесення добрив для розглядуваної моделі поля.

Із використанням системи паралельного водіння захват агрегату становить 17,95 м, тобто площа перекриття значно зменшується і становить  $50 \text{ м}^2$  (0,005 га). Сумарна площа перекриттів при паралельному водінні становитиме 2,79 га. Різниця площі перекриття на даному полі становить 8,45 га за рахунок застосування паралельного водіння із перекриттям 5 см. Це дає можливість заощадити 845 кг добрив на даному полі.

Порівняльні результати моделювання витрат мінеральних добрив та пального при внесенні мінеральних добрив на поле площею 1000 га при застосуванні та відсутності паралельного водіння наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

**Результати розрахунку витрат пального на полі 1000 га при внесенні мінеральних добрив із використанням МТЗ-1025+ МВД-900 (розраховано автором)**

Показники	Кількісні параметри без застосування паралельного водіння	Кількісні параметри при застосування паралельного водіння	Абсолютне відхилення параметрів (+/-)
Гони, к-ть	562	558	-4
Пальне, л	1500,54	1489,86	-10,68
Добриво на перекриття, кг	1124	279	-845

Як бачимо, за результатами моделювання операції з розкидання добрив можливо досягти більш оптимального їх внесення за рахунок зменшення площ перекриття завдяки паралельному водінню. Це дає як економію ресурсів (добрив, пального), так і покращить екологію ґрунтів.

**2.2.4. Моделювання технологічного процесу передпосівної культивування при впровадженні систем паралельного водіння**

Для передпосівної культивування використовується агрегат КПС-4,2, що має робочу ширину 4,2 метри, але при традиційній технології з урахуванням перекриття 20 см, захват буде сягати 4 метри. На полі 1000 га витрата пального на 1 гін довжиною 1000 м становить 3,2 л (із розрахунку 8 л/га). Для обробітку земельної ділянки, потрібно виконати 2500 гонів (рис. 2.4,а). Для порівняння розглянемо використання цієї ж техніки, але із системою паралельного водіння.

Захват агрегату сягатиме 4,15 м . На 1000 га потрібно пройти 2410 гонів (див. рис. 2.4,б).

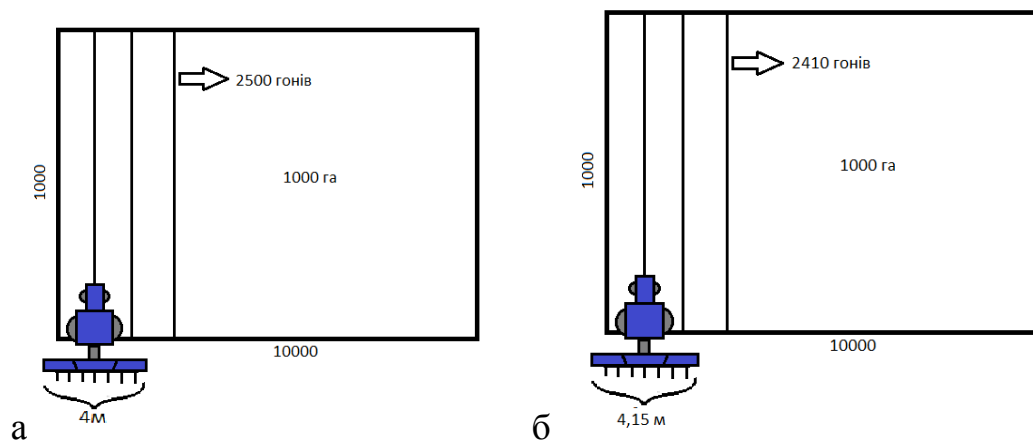


Рис. 2.4. Схематичне зображення різної кількості гонів та захватів при здійсненні передпосівної культивування (МТЗ-1025+ КПС-4,2) (розроблено автором)

Результати розрахунку витрат пального при передпосівній культивуванні наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

**Результати розрахунку витрат пального на полі 1000 га при передпосівній культивуванні з використанням МТЗ-1025+ КПС-4,2 (розраховано автором)**

Параметри	Кількісні параметри без застосування паралельного водіння	Кількісні параметри при застосування паралельного водіння	Різниця параметрів (+/-)
Гони, к-ть	2500	2410	- 90
Пальне, л	8000	7712	- 288

Порівняння витрат пального для проведення рекультивування за знову ж таки дає результат на користь застосування паралельного водіння.

**2.2.5. Моделювання технологічного процесу внесення ґрунтових гербіцидів при впровадженні систем паралельного водіння**

Внесення ґрунтового гербіциду: МТЗ-1025+ Hardi Commander (24м), швидкість руху енергомашини по полю становить 6 км/год. Агрегат має можливість вимикати секції, які складають 4 шт, окремо форсунки не

вимикаються. У кожній секції по 12 форсунок, розмах однієї секції 6 метрів. Витрата робочого розчину складає 1,23 л/хв з кожної форсунки. Кожну хвилину всі секції разом випускають 59,04 л розчину/хв. Енергомашина проходить 1 гін за 10 хвилин, витрачаючи при цьому 590,4 л робочого розчину.

Для проведення розрахунків моделі даної операції середня кількість розчину гербіциду на 1 га прийнято 250 л, при чому на кожен літр води припадає по 8 грамів кожного з двох видів гербіциду.

За традиційної методики проведення операцій загальна кількість гонів складатиме 421 (рис. 2.5, а), враховуючи перекриття 20 см. При цьому, як було вже визначено для нашої моделі, на полі формується площа перекриття 0,02 га, на яких відбувається подвійне внесення розчину гербіциду. При проходженні 421 гону сумарна площа перекриття становитиме 8,42 га. Отже, надлишок гербіциду на поле складатиме 2105 л розчину.

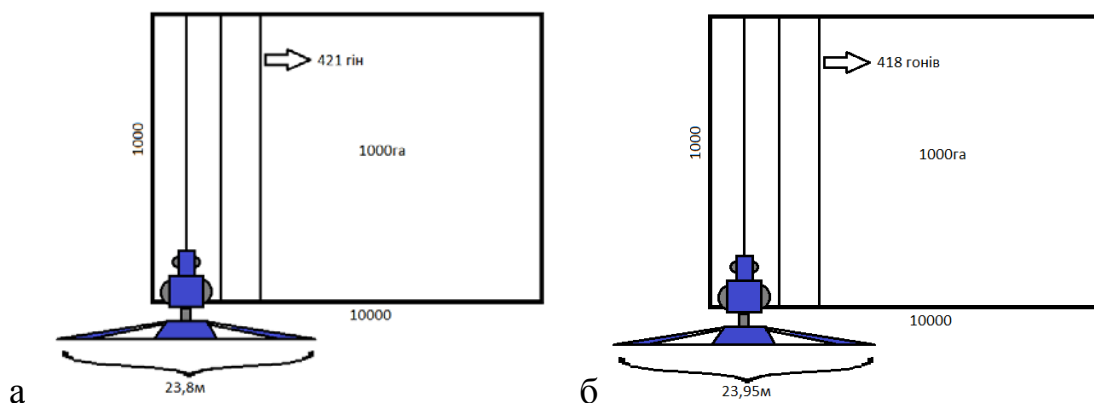


Рис. 2.5. Схематичне зображення різної кількості гонів та різних захватів при внесенні ґрунтового гербіциду (МТЗ-1025+ Hardi Commander (24м)) (розроблено автором)

При застосуванні системи паралельного водіння із перекриттям 5 см, робоча ширина агрегату становитиме 23,95 м. Загальна кількість гонів при цьому складає 418 (рис. 2.5, б). При кожному гоні формується смуга перекриття по внесенню розчину гербіцидів площею 0,005 га. Загальна площа перекриття по всьому полю становитиме 2,09 га. Кількість

надлишкового розчину в такому випадку зменшиться до 522,5 л. Різниця по надлишковому внесенню розчину гербіцидів на досліджуваному полі становить 1582,5 л. Це дає економію сухої речовини гербіцидів по 12,66 кг кожного виду.

Витрати пального при моделюванні технологічної операції внесення розчину гербіциду на експериментальне поле можна провести за алгоритмом, описаним для подібної операції розкидання добрив. Розрахунок враховує витрати пального 1,5 л/га або 2,67 л на 1 гін довжиною 1000 м. За рахунок більшої ширини навісного обладнання кількість гонів при традиційному обробітку, як уже було прораховано, складатиме 421, а при застосуванні паралельного водіння цей показник зменшиться до 418 гонів. Отже, за рахунок 3 гонів економія палива становитиме біля 8 л.

Порівняння витрат на проведення операції внесення ґрунтового гербіциду наведено в табл. 2.5.

*Таблиця 2.5.*

**Результати розрахунку витрат пального на полі 1000 га при внесенні ґрунтового гербіциду із використанням МТЗ-1025+ Hardi Commander (24м) (розраховано автором)**

Параметри	Кількісні параметри без застосування паралельного водіння	Кількісні параметри при застосування паралельного водіння	Різниця параметрів (+/-)
Гони, к-ть	421	418	-3
Пальне, л	1500,54	1492	-8,01
Робочий розчин на перекритті, л	2105	522,5	-1582,5
В т.ч. кожного виду гербіциду	16,84	4,18	-12,66

Як бачимо (див. табл. 2.5), моделювання роботи розприскувача при внесенні гербіцидів також вказує на переваги застосування паралельного водіння.

На останок розраховується загальний (сумарний) ефект від застосування названих елементів точного землеробства.

### 2.3. Визначення економічного ефекту та перспектив впровадження систем паралельного водіння в аграрних підприємствах

Порівняльний аналіз проведення передпосівних технологічних операцій за традиційною методикою та при застосуванні такого елемента точного землеробства, як паралельне водіння, показав, що в другому випадку при всіх операціях спостерігається заощадження основних видів ресурсів (палива, гербіцидів, мінеральних добрив) просто за рахунок зменшення площі перекриття. Підсумкові розрахунки по вибраним видам матеріальних ресурсів при двох підходах до технологічних операцій наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6.

#### Економічний ефект від впровадження систем паралельного водіння на площі 1000 га при виконанні передпосівної підготовки ґрунту

Найменування матеріальних ресурсів	Вартість витратних матеріалів грн / одиницю	Показники при традиційних методах		Показники при використанні систем паралельного водіння		Ефект від використання систем паралельного водіння	
		Кількість, одиниць	Вартість, грн	Кількість, одиниць	Вартість, грн	Кількість, , одиниць	Вартість, грн
Паливо, л	28	19001,08	532030,24	18193,9	509428,08	-807,22	-22602,16
Мінеральне добриво на перекриття, Нітроамофоска, кг	13	1124	14612	279	3627	-845	-10985
Ґрунтовий гербіцид на перекриття, Альфа Гетьман, л	330	16,84	5557,2	4,18	1379,4	-12,66	-4177,8
Ґрунтовий гербіцид Альфа Прометрин, л	250	16,84	4210	4,18	1045	-12,66	-3165
Всього, грн	-	-	556409,44	-	515479,48	-	-40929,96

Отже, як показують розрахунки, проведені на основі моделювання технологічних операцій для умовного поля площею 1000 га (див. табл. 2.6),



при впровадженні паралельного водіння можна отримати значний економічний ефект (близько 41 тис. грн) за рахунок зменшення витрат завдяки зменшенню площі перекриття на кожному гоні техніки. Лише оцінки передпосівних операцій дають підстави очікувати окупність загальних витрат на технічне обладнання для систем паралельного водіння за один рік. Варто зауважити, що системи автопілотування та інші інформаційні технології дозволяють зменшити смуги перекриття до 2-3 см, що надасть додаткове збільшення економії ресурсів та збільшення прибутку.

## ВИСНОВКИ

Отже, збір даних, їх обробка, менеджмент і технологія ведення сільськогосподарської діяльності сприяють підвищенню його ефективності, якості продукції, раціональному використанню засобів захисту рослин і добрив, економлячи енергоресурси й забезпечуючи захист навколишнього середовища. Даний перспективний напрям розвитку сільськогосподарських підприємств створює сприятливе середовище для ефективного використання ресурсного потенціалу та формування конкурентоспроможності.

Системи паралельного водіння мають низку беззаперечних переваг, основними серед яких є: збільшення продуктивності праці й використання техніки; більш екологічний обробіток ґрунту; можливість працювати як у світлу, так і темну пору доби завдяки використанню GPS-моніторингу. Застосування систем паралельного водіння у складі технологій точного землеробства дозволяє оптимізувати технології вирощування в межах поля і культури з максимально ефективним використанням доступних вхідних матеріальних і природних ресурсів для збільшення виробництва якісної продукції з низькою собівартістю за рахунок значного зменшення зон перекриття при проведенні виключно всіх технологічних операцій при вирощуванні сільськогосподарських культур. Державі потрібно сприяти впровадженню більш дружніх до довкілля технологій всіма гравцями в аграрній галузі, орієнтуючись в першу чергу на потреби середніх підприємств та фермерства та організовуючи цільову фінансову підтримку, а також розвиваючи дорадчі служби.

Сучасний стан сільськогосподарських земель знаходиться в незадовільному стані. Зважаючи на те, якими методами проводилася обробка ґрунтів, стан їх значно погіршився, землі звикли до мінеральних добрив і сильно забруднились. Потенціал врожайності рослин не дає такого приросту, який був раніше. Тому головні цілі фермера-це відновити ґрунт та зменшити собівартість продукції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Robert, P. C. (2000). Site-specific Management for the Twenty-first Century. Hort Technology, 10(3), p. 444–447. Retrieved from <http://horttech.ashspublications.org/content/10/3/444.abstract?sid=f7672229-57fd-4931-b977-75dcd7433c7c>.
2. Plant, R. E. (2001). Site-specific management: the application of information technology to crop production. Computers and Electronics in Agriculture, 30(1–3), 9–29.
3. McBratney, A. B., Whelan, B., Ancev, T., & Bouma, J. (2005). Future Directions of Precision Agriculture. Precision Agriculture, 6 (1), 7–23.
4. Precision Agriculture: an Opportunity for EU Farmers - Potential Support with the cap 2014-2020. (2014). <http://www.europarl.europa.eu/studies>
5. International Society of Precision Agriculture. URL: <https://www.ispag.org/>
6. Петренко І. Розумне землеробство. Як українські аграрії використовують високі технології // ТЕКСТИ.org.ua. 30.08.2017. URL: [http://texty.org.ua/pg/article/editorial/read/79146/Цикл\\_zbagachenna\\_Zemelna\\_ref\\_ormo\\_mozhe\\_zapochatkuvaty\\_bum](http://texty.org.ua/pg/article/editorial/read/79146/Цикл_zbagachenna_Zemelna_ref_ormo_mozhe_zapochatkuvaty_bum).
7. Система точного землеробства економить ваші гроші / М. Циганенко, М. Макаренко // Пропозиція. – 2017. – №2 – С. 56-60. URL:<https://propozitsiya.com/ua/sistema-tochnogo-zemledeliya-ekonomit-vashi-dengi>
8. Петренко І. Точне землеробство – мода чи культ? // Інформаційно-аналітична газета «Агробізнес Сьогодні» 28.07.2017. URL: <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2556-tochne-zemlerobstvo-moda-chy-kult.html>.
9. John Deere. Системи точного землеробства (AMS). 2018. URL: <https://www.deere.ua/uk/%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B8->

[%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0/](#)

10. [https://propozitsiya.com/c-chego-nachinat-vnedrenie-tochnogo-zemledeliya-v-selskom-hozyaystve.](https://propozitsiya.com/c-chego-nachinat-vnedrenie-tochnogo-zemledeliya-v-selskom-hozyaystve)

11. <https://propozitsiya.com/ua/tochne-zemlerobstvo-dozvolyyaye-znachno-zaoshchadyty>

12. Case IH. Система точного землеробства Case IH AFS. 2018. URL: [https://www.caseih.com/emea/ua-ua/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%B8/afs%C2%AE-advanced-farming-systems.](https://www.caseih.com/emea/ua-ua/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%B8/afs%C2%AE-advanced-farming-systems)

13. Бойко Я. Точное земледелие: особенности и сложности внедрения. 2018. URL : <http://agroportal.ua/views/blogs/tochnoe-zemledelie-osobennosti-i-slozhnosti-vnedreniya/>

14. Precision agriculture technologies growing in U.S. Retrieved from: <https://www.foodbusinessnews.net/articles/8150-precision-agriculture-technologies-growing-in-u-s>

15. Boyko, Y., (2018), Precision Agriculture: the peculiarities and complexity of the implementation, [online] Available: <http://agroportal.ua/ua/views/blogs/tochnoe-zemledelie-osobennosti-i-slozhnosti-vnedreniya/>. (in Ukrainian)

16. McBratney, A., Whelan, B., Ancev, T., (2005), Future Directions of Precision Agriculture, Precision Agriculture, 6, p. 7-23.

17. Castells, M. (2000) Information Age: Economics, Society and Culture, Trans. with English. Ed. O. Shkaratana, M., SU-HSE, 608 p.

18. Bell Daniel, Inozemtsev Vladislav (2007) The Epoch of Disunity: Reflections on the World of the 21st Century, Moscow, Center for Research of the Post-Industrial Society, 304 p.