

DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2019-34-34

УДК 004.051:338.432

**Копішинська О.П.***кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
професор кафедри інформаційних систем та технологій  
Полтавської державної аграрної академії***Маренич М.М.***кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
декан факультету агротехнологій та екології  
Полтавської державної аграрної академії***Уткін Ю.В.***кандидат технічних наук, доцент,  
завідувач кафедри інформаційних систем та технологій  
Полтавської державної аграрної академії*

## ЕФЕКТИВНІСТЬ УПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

У статті проаналізовано функціональні можливості та призначення окремих складників систем точного землеробства, зокрема досліджено переваги застосування систем паралельного водіння порівняно з традиційними методами обробітки полів на різних етапах вирощування культур за рахунок зменшення ширини зон перекриття. Шляхом моделювання низки виробничих процесів передпосівної обробки поля площею 1 000 га здійснено оцінку ефективності систем точного землеробства на прикладі усереднених даних реальних господарств. Отримано результати, які демонструють наявність стійкого економічного ефекту під час застосування навіть окремих елементів точного землеробства та короткий період окупності технічних та програмних засобів, які необхідно впровадити на першому етапі.

**Ключові слова:** інформаційні технології, точне землеробство, моделювання технологічних операцій, паралельне водіння, GPS-контроль, зони перекриття.

### **Копишинская Е.П., Маренич Н.Н., Уткин Ю.В. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

В статье проанализированы функциональные возможности и назначение отдельных элементов систем точного земледелия, в частности исследованы преимущества применения систем параллельного вождения по сравнению с традиционными методами обработки полей на разных этапах выращивания культур за счет уменьшения ширины зон перекрытия. Путем моделирования ряда производственных процессов предпосевной обработки поля площадью 1 000 га осуществлена оценка эффективности систем точного земледелия на примере усредненных данных реальных хозяйств. Полученные результаты демонстрируют наличие устойчивого экономического эффекта при применении даже отдельных элементов точного земледелия и короткий период окупаемости технических и программных средств, которые необходимо внедрить на первом этапе.

**Ключевые слова:** информационные технологии, точное земледелие, моделирование технологических процессов, параллельное вождение, GPS-контроль, зоны перекрытия.

### **Kopishynska Olena, Marenych Mykola, Utkin Yurii. EFFECTIVENESS OF PRECISION FARMING INFORMATION SYSTEMS IMPLEMENTATION IN AGRARIAN ENTERPRISES**

The article is devoted to investigating of the advantages of applying precision farming systems and to determining their economic efficiency in comparison with traditional methods of field cultivation. The urgency of this topic was confirmed on the basis of the analysis of a number of native and foreign publications which reveals the essence of precision farming technologies and describes the experience of implementing precision farming systems in different countries. The economic and system structural analysis as well as series of calculations were conducted based on the simulation of the most common technological operations of pre-planting soil cultivation. The main advantages of using parallel driving systems in comparison with traditional methods of field processing at different stages of cultivating crops due to the reduction of the width of overlap areas at least 15 cm at each run of the power machine are investigated. Such results can be achieved through the implementation of GPS monitoring, the use of RTK stations and autopilot, especially in the dark. By modeling a number of production processes of pre-sowing field treatment on the example of a conditional field of 1000 hectare an estimation of the economic efficiency of precision farming systems was made. Averaged data of real enterprises in the Poltava region (Ukraine) during sunflower cultivation was used for economic efficiency assessment. The obtained results demonstrate a sustainable economic effect in the application of even individual elements of precision farming and a short payback period of technical and software tools that need to be implemented in the first stage. The theoretical and economic considerations mentioned in the article can be easily transformed for farms of different sizes and can become additional arguments in favor of the introduction of precision farming systems in general and parallel driving systems in particular in various agrarian enterprises of Ukraine.

**Keywords:** information technology, precision farming, simulation of technological processes, parallel driving, GPS monitoring, overlapping zones.

**Постановка проблеми.** В останні десятиріччя галузь рослинництва сільського господарства України демонструє досить активний розвиток у напрямі збільшення врожайності провідних культур, що реалізуються на внутрішньому та зовнішньому ринках. Разом із тим інтенсифікація виробництва, превалювання в структурах сівозмін культури,

що виснажують землі, поступово призводять до значного зниження родючості найкращих українських ґрунтів, зменшення вмісту гумусу та порушення їхньої структури. Внесення добрив та рекультивация земель уже не дають таких приростів урожаю, як це було раніше. Собівартість продукції постійно збільшується. Тому в сучасних умовах розвиток аграрного

виробництва неможливий без упровадження інноваційних технологій для його здійснення. Застосування систем, що засновані на використанні інформаційних технологій у галузі рослинництва, дає позитивні економічні результати: моніторинг використання техніки та паливно-мастильних матеріалів, контроль внесення добрив, засобів захисту рослин та посівного матеріалу забезпечують раціональне використання ресурсів. Системи так званого точного землеробства, що швидкими темпами поширюються в провідних країнах світу, поступово впроваджуються і в Україні. Однак відсоток господарств, які перейшли на нові технології аграрного виробництва, не задовольняє сучасних потреб. Для забезпечення максимального прибутку необхідний комплексний підхід, що полягає у поступовому впровадженні технологій на кожному з етапів – від організації і ведення польових робіт до збуту готової продукції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У глобальному інформаційному просторі інтерес до теми точного землеробства невпинно зростає. Глибокий аналіз змісту різних визначень точного землеробства (precision agriculture), а також тенденцій, форм і перспектив його впровадження у більшості країн світу подано в роботах провідних зарубіжних авторів П. Роберта, Р. Планта, МакБретні та ін. [1–3]. Детальний опис технологічних засобів точного землеробства, економічних та екологічних аспектів його впровадження, а також перспективний план підтримки фермерів Європейського Союзу на період 2014–2020 рр. викладено в колективній роботі, підготовленій Комітетом Європейського Парламенту з питань розвитку сільського господарства та сільських територій [4]. Великий науковий та організаційний внесок у популяризацію ідей точного землеробства здійснює Міжнародна спілка точного землеробства (ISPA) – наукова організація, яка бере початок від засновників ідей точного землеробства в штаті Міннесота (США) з 90-х років [5]. У роботах [6; 7] також наведено експериментально отримані показники економії пального за рахунок автопілотування комбайнів і тракторів, а також економії добрив за автоматично розрахованого точного внесення. У публікації відомого Інтернет-видання зроблено спробу сформулювати відповідь на дискусійне питання про необхідність чи престижність точного землеробства та названо найбільш поширені засоби (пристрої), які є технічною основою відповідних етапів упровадження систем точного землеробства [8]. Експериментально отримані дані з економії та ефективності розумного землеробства узагальнено та наведено в роботі [9]. Цікава стаття про досвід США показує реальні цифри і дає змогу зрозуміти всю важливість нових технологій, розкриваючи всі тонкощі системи, а також, беззаперечно, доносить основну ідею. Загалом одним із результатів вивчення досвіду практичного застосування інновацій у сільському господарстві є виокремлення для кожного господарюючого суб'єкта та об'єкта тих послуг і технологій, що дійсно працюють.

На жаль, значна кількість керівників аграрних підприємств не усвідомлює переваг новітніх технологій, а також не хоче ризикувати, виходити із зони комфорту, щоб отримати більше. У наукових публікаціях відчувається брак експериментальних даних та структурованого аналізу проблеми, недостатньо висвітлюються рекомендації та досвід упровадження комплексних рішень із застосуванням наявних вітчизняних та зарубіжних технологій. Незнання залишають вітчизняних виробників далеко

позаду порівняно з європейськими фермерами. Тому питання науково-економічного обґрунтування та висвітлення переваг застосування новітніх технологій точного землеробства є досить актуальним і сприятиме переходу сільськогосподарського виробництва України на якісно новий рівень.

**Мета статті** полягає у дослідженні переваг застосування систем точного землеробства та визначенні їх ефективності порівняно з традиційними методами в рослинництві шляхом моделювання низки виробничих процесів на прикладі усереднених даних реальних господарств.

**Виклад матеріалу дослідження та його основні результати.** Проведене в даній роботі дослідження показує, що більшої ефективності аграрного виробництва можна досягти завдяки використанню якісно нових технологій рільництва, що входять до систем точного землеробства. Точне землеробство (у зарубіжних публікаціях аналогічними є терміни precision farming, precision agriculture, smart 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 [10]. На основі аналізу даних із 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, яка приймає сигнал із космічного супутника, уточнює його, посилює і прив'язує до конкретної місцевості з високим ступенем точності:  $\pm 2$  см. Така станція є особливо необхідною під час роботи 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 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, дає змогу 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 та ЗЗР.

По-шосте, портативна мобільна метеостанція, яка дає змогу отримувати точні показники температури й вологості, вимірювати атмосферний тиск, на підставі даних роботи прогноз погоди на найближчі шість годин.

На завершення переліку – комп'ютерна програма для менеджера (аграрний офіс), яка дає змогу аналізувати управлінський і бухгалтерський облік, вести планування, контроль та аналіз поля, історію сівозмін, вегетації рослин, фінансові розрахунки й облік кадрів.

В Україні вже є достатньо прикладів поетапної реалізації впровадження всіх названих складників системи точного землеробства [11]. Однак, зважаючи на великі розбіжності розмірів аграрних підприємств (від сотень гектарів 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 складників. Найпростішим і цілком доступним елементом точного землеробства, який можна використовувати в будь-якому господарстві, є навігаційні прилади паралельного водіння агрегатів. Усе більше господарств України мають можливість оцінити переваги такої техніки під час виконання польових робіт.

Для визначення показників ефективності впровадження системи паралельного водіння було проведено розрахунки на прикладі моделювання низки технологічних операцій із підготовчих робіт для посіву соняшника на насіння з використанням усереднених експериментальних даних, отриманих із декількох підприємств Полтавської області (найпоширеніші марки енергомашин та навісного обладнання, витрати пального, добрив, гербіцидів на 1 га і т. ін.). Розрахунки проведено для площі 1 000 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. Під час модельного експерименту за порівняння площі перекриття та кількості гонів не враховувалася довжина розвороту агрегату поза межами поля. Для виконання різних технологічних операцій розглядаються технічні характеристики відповідного навісного та причіпного обладнання. Визначення ефективності застосування систем паралельного водіння проводилося для таких технологічних операцій, як:

- передпосівна культивування (енергомашина – МТЗ-1025; культиватор – КПС-4,2);
- дискування (енергомашина – МТЗ-1025; дискова борона – АГД-2,4);

– розкидання мінеральних добрив (нітроамофоска 100 кг/га, енергомашина – МТЗ-1025; розкидач мінеральних добрив – МВД-900).

– внесення ґрунтового гербіциду двох видів: Альфа Гетьман 2 л/га, Альфа Прометрин 2 л/га (енергомашина – МТЗ-1025; причіпний обприскувач Hardi Commander (24 м).

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

Для розрахунку ефективності застосування паралельного водіння як приклад розглянуто систему, яка комплектується таким 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, становить близько 45 тис. грн. Для забезпечення більшої точності позиціонування є можливість застосовувати власну RTK-станцію або оформити підписку компанії AgroRTK на один рік з абонентською платою 18 тис. грн. із ПДВ. Ця підписка дає можливість користуватися антеною, на яку відсилається сигнал із базової антени AG15 та зменшує похибку позиціонування до 2 см.

Розглянемо зазначені технологічні операції у різних варіантах застосування паралельного водіння та без нього.

1. Дискування (МТЗ-1025+ АГД-2,4).

Агрегат АГД-2,4 має робочу ширину 2,4 м, але з урахуванням ширини перекриття 20 см без паралельного водіння захват буде сягати 2,2 м. На полі площею 1 000 га, до якого прив'язується модельний експеримент, потрібно пройти 4 546 гонів (рис. 1а). Витрати пального при цьому на 1 гін становлять 1,74 л (із розрахунку 8 л/га). З урахуванням меншої фактичної площі і конфігурації пере-

Таблиця 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 т	13000
Ґрунтовий гербіцид. Альфа Гетьман/за 1 л	330
Ґрунтовий гербіцид Альфа Прометрин/за 1 л	250

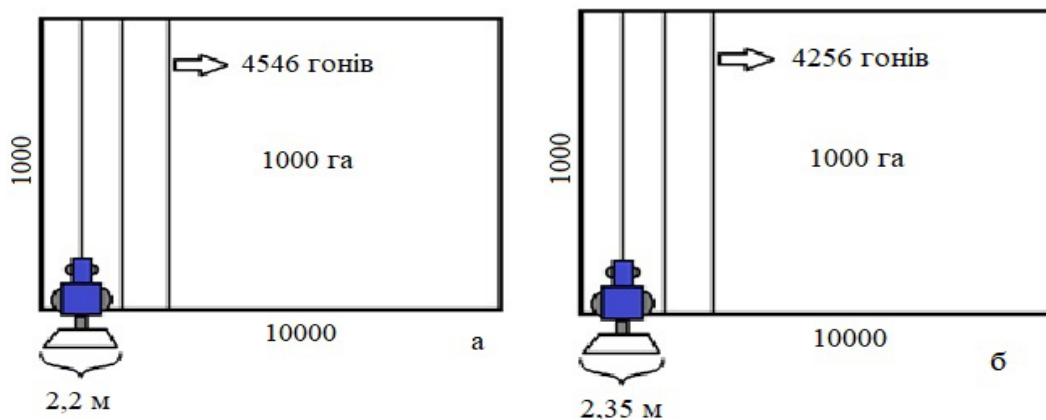


Рис. 1. Схематичне зображення різної кількості гонів та різних захватів під час здійснення дискування (МТЗ-1025+ АГД-2,4) традиційним способом (а) та із застосуванням паралельного водіння (б)

Джерело: розроблено авторами

січного поля кількість проходів може бути значно більшою.

Для порівняння розглянемо використання цієї ж техніки, але із системою паралельного водіння. Беручи до уваги те, що до комплексу не входить система автопілоту, перекриття становитиме 5 см як вплив людського чинника, тому захват агрегату сягатиме 2,35 м. Для обробки поля, описуваного у цій роботі, площею 1 000 га потрібно пройти 4 256 гонів (рис. 16). Витрати пального розраховані за попередньо описаним алгоритмом. Порівняльні результати витрати пального під час здійснення дискування поля 1 000 га за застосування та відсутності систем паралельного водіння наведено в табл. 2.

2. Розкидання мінеральних добрив (МТЗ-1025+МВД-900).

Агрегат МВД-900 має робочу ширину 18 м, але, зважаючи на те, що за традиційного застосування перекриття становить 20 см, захват становитиме 17,8 м. На полі площею 1 000 га потрібно пройти 562 гони довжиною 1 000 м (рис. 2а).

За умови використання цієї ж техніки із системою паралельного водіння захват агрегату сягатиме 17,95 м. Для обробки того ж поля площею 1 000 га потрібно пройти 558 гонів довжиною 1 000 м (тобто довжина гону залишається сталою) (рис. 2б). При цьому витрати палива становитимуть 1 489,86 л.

Наступним кроком моделювання цієї операції є розрахунок кількості витрачених добрив. Витрати добрива обчислювалися з розрахунку 100 кг/га.

Швидкість руху енергомашини під час обробки поля становить 8 км/год., захват агрегату – 17,8 м. За традиційної технології перекриття становить 20 см і буде виконано 562 гони. Площа перекриття одного гону становить 200 м<sup>2</sup> (0,02 га), сумарна площа перекриттів на всіх гонах становить, відповідно, 11,24 га. Саме на цій площі відбувається подвійне внесення добрив для розглядуваної моделі поля. Із використан-

ням системи паралельного водіння захват агрегату становить 17,95 м, тобто площа перекриття значно зменшується і становить 50 м<sup>2</sup> (0,005 га). Сумарна площа перекриттів за паралельного водіння становитиме 2,79 га. Різниця загальної площі перекриття на даному полі становить 8,45 га за рахунок застосування паралельного водіння. Це дає можливість заощадити 845 кг добрив на даному полі. Порівняльні результати моделювання витрат мінеральних добрив та пального під час внесення мінеральних добрив за застосування/відсутності паралельного водіння наведено в табл. 3.

3. Передпосівна культивация (МТЗ-1025+КПС-4,2).

Агрегат КПС-4,2 має робочу ширину 4,2 м, але за традиційної технології з урахуванням перекриття 20 см захват буде сягати 4 м. Витрата пального на 1 гін довжиною 1 000 м становить 3,2 л (із розрахунку 8 л/га). Для обробки земельної ділянки потрібно виконати 2 500 гонів (рис. 3а).

Для порівняння розглянемо використання цієї ж техніки, але із системою паралельного водіння. Захват агрегату сягатиме 4,15 м. На 1 000 га потрібно пройти 2 410 гонів (рис. 3б). Результати розрахунку витрат пального під час передпосівної культиваци наведено в табл. 4.

4. Внесення ґрунтового гербіциду (МТЗ-1025 + Hardi Commander (24 м)).

Швидкість руху енергомашини по полю становить 6 км/год. Агрегат має можливість вимикати секції, які становлять 4 шт., окремо форсунки не вимикаються. У кожній секції по 12 форсунок, розмах однієї секції – 6 м. Витрата робочого розчину становить 1,23 л/хв. із кожної форсунки. Кожну хвилину всі секції разом випускають 59,04 л розчину. Енергомашини 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 при-

Таблиця 2

Результати розрахунку витрат пального на полі 1 000 га під час дискування з використанням МТЗ-1025+ АГД-2,4

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

Джерело: розраховано авторами

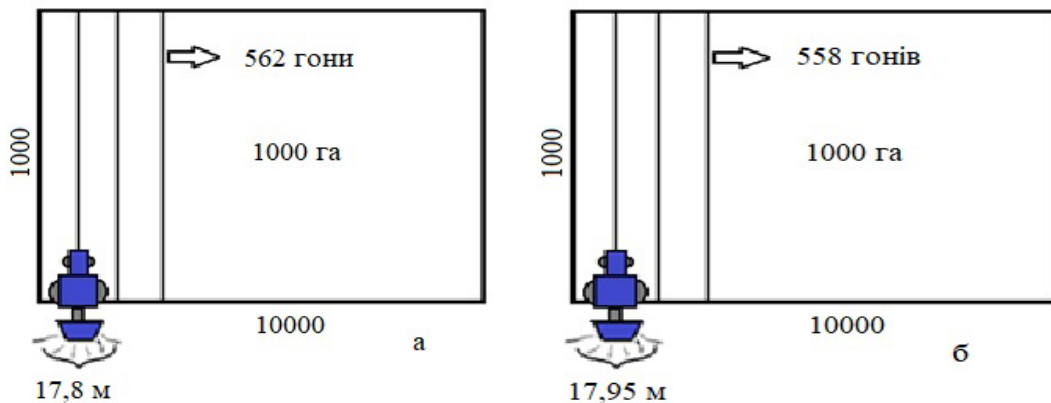


Рис. 2. Схематичне зображення різної кількості гонів та різних захватів під час внесення мінеральних добрив (МТЗ-1025+МВД-900) традиційним способом (а) та з використанням паралельного водіння (б)

Джерело: розроблено авторами



Таблиця 3

**Результати розрахунку витрат пального на площі 1 000 га під час внесення мінеральних добрив із використанням МТЗ-1025+ МВД-900**

Показники	Кількісні параметри без застосування паралельного водіння	Кількісні параметри із застосуванням 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

Джерело: розраховано авторами

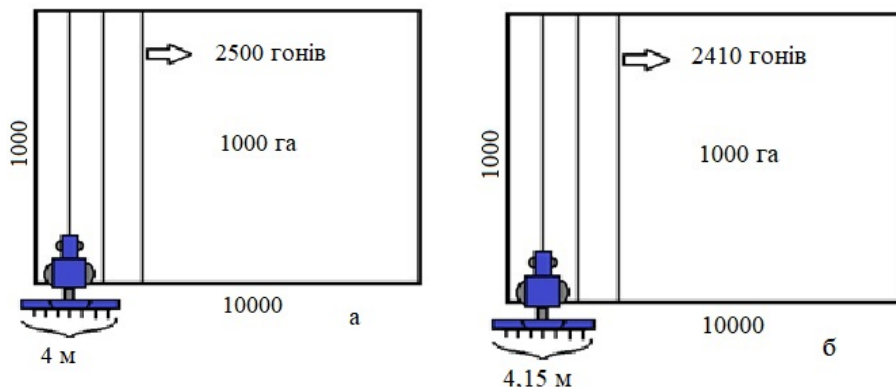


Рис. 3. Схематичне зображення різної кількості гонів та захватів під час здійснення передпосівної культивування (МТЗ-1025+ КПС-4,2)

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 4

**Результати розрахунку витрат пального на полі 1 000 га під час передпосівної культивування із використанням МТЗ-1025+ КПС-4,2**

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

Джерело: розраховано авторами

йнято 250 л, причому на кожен літр води припадає по 8 г кожного з двох видів гербіциду.

За традиційної методики проведення операцій загальна кількість гонів становитиме 421 (рис. 4а), враховуючи ширину перекриття 20 см. Із цієї причини, як було вже визначено для нашої моделі, на полі за кожного проходу техніки формується площа перекриття 0,02 га, на яких відбувається подвійне внесення розчину гербіциду. За проходження 421 гону сумарна площа перекриття становитиме 8,42 га.

Отже, надлишок гербіциду на поле становитиме 2 105 л розчину. Під час застосування системи паралельного водіння з перекриттям 5 см робоча ширина агрегату становитиме 23,95 м. Загальна кількість гонів при цьому становить 418 (рис. 4б).

За кожного гону 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 разі зменшиться до 522,5 л. Різниця надлишкового внесення розчину гербіцидів на досліджуваному полі становить 1 582,5 л. Це дає економію діючої речовини гербіцидів приблизно 12,66 кг кожного виду.

Витрати пального під час моделювання технологічної операції внесення розчину гербіциду на експериментальне поле можна провести за алгоритмом, описаним для подібної операції розкидання добрив.

Розрахунок урахує витрати пального 1,5 л/га або 2,67 л на 1 гін довжиною 1 000 м. За рахунок більшої ширини навісного обладнання кількість гонів у разі традиційного обробітку, як уже було прораховано, становитиме 421, а в разі застосування паралельного водіння цей показник зменшиться до 418 гонів. Отже, за рахунок трьох гонів економія пального становитиме близько 8 л.

Порівняння витрат на проведення операції внесення ґрунтового гербіциду наведено в табл. 5.

Отже, порівняльний аналіз проведення передпосівних технологічних операцій за традиційною методикою та в разі застосування такого елемента точного землеробства, як паралельне водіння, показав такі результати.

У всіх операціях під час застосування паралельного водіння спостерігається заощадження основних видів ресурсів (пального, гербіцидів, мінеральних добрив) та досягається помітний економічний ефект за рахунок зменшення площі перекриття. До оціночних параметрів не увійшли розрахунки робочого часу працівників, які також помітно зменшуються за зменшення кількості гонів на кожному конкретному полі.

Підсумкові розрахунки зміни витрат у кількісному та грошовому вимірах для вибраних видів матеріальних ресурсів за двох підходів до технологічних операцій наведено в табл. 6.

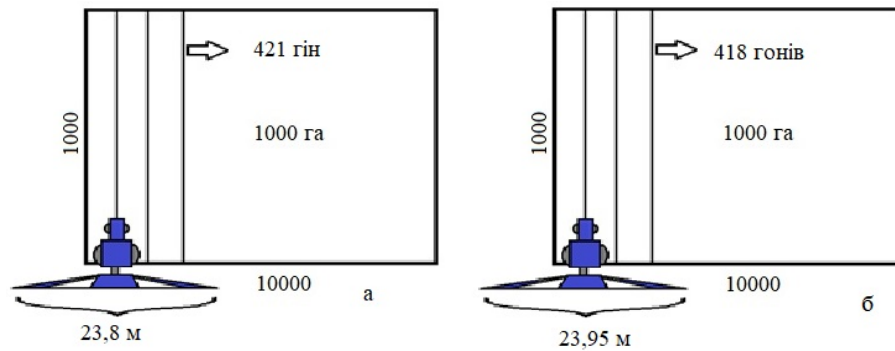


Рис. 4. Схематичне зображення різної кількості гонів та різних захватів під час внесення ґрунтового гербіциду (МТЗ-1025+ Hardi Commander (24 м))

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 5

Результати розрахунку витрат пального на полі 1 000 га під час внесення ґрунтового гербіциду з використанням МТЗ-1025+ Hardi Commander (24 м)

Параметри	Кількісні параметри без застосування паралельного водіння	Кількісні параметри із застосуванням 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
У т. ч. кожного виду гербіциду, кг	16,84	4,18	-12,66

Джерело: розраховано авторами

Таблиця 6

Економічний ефект від упровадження систем паралельного водіння на площі 1 000 га під час виконання передпосівної підготовки ґрунту

Найменування матеріальних ресурсів	Вартість витратних матеріалів грн/одиночку	Показники за традиційних методів		Показники під час використання систем паралельного водіння		Ефект від використання систем паралельного водіння	
		Кількість, одиниць	Вартість, грн	Кількість, одиниць	Вартість, грн	Кількість, одиниць	Вартість, грн
Пальне, 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

Джерело: розраховано авторами

Як показують розрахунки, проведені на основі моделювання технологічних операцій для умовного поля площею 1 000 га, під час упровадження 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 у поєднанні з іншими інформаційними технологіями здатні забезпечити зменшення смуг перекриття до 2–3 см, що дає змогу досягти максимальної економії ресурсів та збільшувати рентабельність виробництва.

**Висновки.** Системи паралельного водіння мають низку беззаперечних переваг, основними

серед яких є: збільшення продуктивності праці й використання техніки; більш екологічний обробіток ріллі; можливість працювати як у світлу, так і темну пору доби завдяки використанню GPS-моніторингу. Застосування систем паралельного водіння у складі технологій точного землеробства дає змогу 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 у процесі проведення всіх технологічних операцій під час вирощування сільськогосподарських культур. Точність, продуктивність, якість – невідворотне майбутнє сільськогосподарського виробництва.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Robert P.C. Site-specific Management for the Twenty-first Century. *Hort Technology*. 2000. № 10 (3). P. 444–447. DOI : <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.10.3.444> (дата звернення: 12.01.2019).
2. Plant R.E. Site-specific management: the application of information technology to crop production. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2001. № 30 (1–3). P. 9–29.
3. McBratney A.B., Whelan B., Ancev T., Bouma J. Future Directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*. 2005. № 6 (1). P. 7–23.
4. Precision Agriculture: an Opportunity for EU Farmers – Potential Support with the cap 2014–2020: study. European Union, 2014. URL : <http://www.europarl.europa.eu/studies> (дата звернення: 12.01.2019).
5. International Society of Precision Agriculture. URL: <https://www.ispag.org> (дата звернення: 15.01.2019).
6. Петренко І. Розумне землеробство. Як українські аграрії використовують високі технології. *ТЕКСТИ.org.ua: електрон. версія газ.* 30.08.2017. URL : [http://texty.org.ua/pg/article/editorial/read/79146/Цykl\\_zbagachenna\\_Zemelna\\_reforma\\_mozhe\\_zarochatkuvaty\\_bum](http://texty.org.ua/pg/article/editorial/read/79146/Цykl_zbagachenna_Zemelna_reforma_mozhe_zarochatkuvaty_bum) (дата звернення: 25.01.2019).
7. Циганенко М., Макаренко М. Система точного землеробства економить ваші гроші. *Пропозиція*. 2017. № 2. С. 56–60.
8. Петренко І. Точне землеробство – мода чи культ?. *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> (дата звернення: 25.01.2019).
9. John Deere. Системи точного землеробства (AMS). URL: <https://www.deere.ua/uk/magazines/publication.html?id=0650c1a8#8> (дата звернення: 25.01.2019).
10. McBratney A., Whelan B., Ancev T. Future Directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*. 2005. № 6. P. 7–23.
11. Никончук Е. Точное земледелие – козырь в рукаве агрария. *Latifundist.com*. 12.12.2017. URL: <https://latifundist.com/reportazhy/44-tochnoe-zemledelie-kozyr-v-rukave-agrariya> (дата звернення: 23.01.2019).

## REFERENCES:

1. Robert P.C. (2000). Site-specific Management for the Twenty-first Century. *Hort Technology*, 10(3), 444–447. doi: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.10.3.444> (accessed 12 January 2019).
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: study. European Union, 2014. Retrieved from: <http://www.europarl.europa.eu/studies> (accessed 12 January 2019).
5. International Society of Precision Agriculture. Retrieved from: <https://www.ispag.org/> (accessed 12 January 2019).
6. Petrenko I. Rozumne zemlerobstvo. Yak ukrainiski ahrarii vykorystovuyut vysoki tekhnolohii [Intelligent agriculture. How Ukrainian farmers use high technologies]. Retrieved from: [http://texty.org.ua/pg/article/editorial/read/79146/Цykl\\_zbagachenna\\_Zemelna\\_reforma\\_mozhe\\_zapochatkuvaty\\_bum](http://texty.org.ua/pg/article/editorial/read/79146/Цykl_zbagachenna_Zemelna_reforma_mozhe_zapochatkuvaty_bum) (accessed 25 January 2019).
7. Tsyhanenko M., Makarenko M. (2017). Systema tochnoho zemlerobstva ekonomyt vashi hroshi [The system of precise agriculture saves your money]. *Propozytsiia*, 2, 56–60. [in Ukrainian]
8. Petrenko I. Tochne zemlerobstvo – moda chy kult? [Precision farming - a mod or a cult]. *Ahrobiznes sohodni*. Retrieved from: <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2556-tochne-zemlerobstvo-moda-chy-kult.html> (accessed 25 January 2019).
9. John Deere. Системи точного землеробства (AMS). Retrieved from: <https://www.deere.ua/uk/magazines/publication.html?id=0650c1a8#8> (accessed 25 January 2019).
10. McBratney A., Whelan B., Ancev T. (2005). Future Directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*, 6, 7–23.
11. Nikonchuk E. Tochnoe zemledelie – kozyr v rukave agrariya [Precise farming – a trump in the sleeve farmers]. *Latifundist.com*. Retrieved from: <https://latifundist.com/reportazhy/44-tochnoe-zemledelie-kozyr-v-rukave-agrariya> (accessed 23 January 2019).