

УДК 681.785.55

ІНТЕГРОВАНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ У РОСЛИННИЦТВІ

В.Г. МИРОНЕНКО, д. т. н., проф. E-mail: mironenko1952@ukr.net; тел. +38-097-334-41-98 – Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

О.О. БРОВAREЦЬ, к. т. н. – Національний університет біоресурсів і природокористування України

РЕЗЮМЕ

Мета. Формалізувати основні положення та визначити техніко-економічні показники застосування інтегрованих систем автоматичного управління технологічними процесами для забезпечення належної якості виконання технологічних операцій у рослинництві.

Методи. Аналіз можливостей підвищення ефективності рослинництва, факторів керованого впливу на якість виконання технологічних операцій, технічних характеристик систем моніторингу і оперативного керування. Синтез факторів комплексної системи реалізації новітніх технологій землеробства. Математичне моделювання оперативного керування виконанням технологічних процесів.

Результати. Концептуальні засади подальшого технічного забезпечення рослинництва. Модель керованого переведення умов одержання урожаю з

одного дійсного багатфакторного фазового стану в інший визначений стан у процесі виконання технологічної операції. Номенклатура засобів автоматизації, приладів і устаткування високоефективної реалізації сучасних технологій у рослинництві.

Висновки. Використання інтегрованих систем автоматичного управління технологічними процесами у рослинництві дає можливість забезпечити необхідну якість їх виконання, що забезпечує збільшення продуктивності праці – до 20%, зменшення витрат паливного і технологічних матеріалів – на 15-20%, одержання економічного ефекту – понад 350 грн./га та зменшення шкідливого антропогенного впливу техніки на навколишнє середовище.

Ключові слова: агротехнології, технологічні операції, точне землеробство, засоби автоматизації, сенсор, система моніторингу, технічні системи, оперативне керування.

UDC 681.785.55

THE INTEGRATED SYSTEMS OF AUTOMATIC OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN PLANT-GROWER

V. MIRONENKO, doc. tech. Sciences, Prof. E-mail: mironenko1952@ukr.net; tel. +38-097-334-41-98 –National Scientific Center «Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture»

A. BROVAREC', PhD. tech. Sciences – National University of life and environmental sciences of Ukraine

SUMMARY

The purpose. Formalize guidelines and determine the technical and economic characteristics of the integrated systems of automated control of technological processes to ensure the quality of performance of technological operations in crop production.

Methods. Analysis of possibilities to improve efficiency of agricultural production, the factors influencing the quality of managed operations, technical

specifications of systems monitoring and operations management. Synthesis of integrated management system, which allows to implement new technologies in agriculture. Mathematical modeling of the operational management of the implementation process.

Results. A conceptual framework for further technical support of crop production. Managed translation model conditions for the harvest of one actual multivariate phase. State in other required during the execution of operations. Nomenclature of automatics, devices and

equipment for the effective implementation of modern technologies in crop production.

Conclusions. The use of the integrated systems of automatic control by technological processes in crop production provides the necessary quality of their implementation, thus increasing productivity by 20%, reduce fuel costs and technological materials-at 15-

20%, receive economic benefits-more than 350 UAH per hectare and to reduce the harmful impact of technology on the environment.

Key words: agrotechnology, technological operation, exact agriculture, facilities of automation, sensor, system of monitoring, technical systems, operative management.

УДК 681.785.55

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

В.Г. МИРОНЕНКО д.т.н., проф., E-mail: mironenko1952@ukr.net; тел. +38-097-334-41-98 – Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН

А.А. БРОВАРЕЦЬ – Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

РЕЗЮМЕ

Цель. Формализовать основные положения и определить технико-экономические показатели применения интегрированных систем автоматизированного управления технологическими процессами для обеспечения надлежащего качества выполнения технологических операций в растениеводстве.

Методы. Анализ возможностей повышения эффективности сельскохозяйственного производства, факторов управляемого воздействия на качество выполнения технологических операций, технических характеристик систем мониторинга и управления операциями. Синтез факторов комплексной системы управления, позволяющей реализовать новые технологии земледелия. Математическое моделирование оперативного управления выполнением технологических процессов.

Результаты. Концептуальные принципы дальнейшего технического обеспечения растениеводства. Модель управляемого перевода условий

получения урожая из одного действительного многофакторного фазового состояния в другое необходимое в процессе выполнения технологических операций. Номенклатура средств автоматизации, приборов и оборудования для эффективного внедрения современных технологий в растениеводстве.

Выводы. Использование интегрированных систем автоматического управления технологическими процессами в растениеводстве обеспечивает необходимое качество их выполнения, что позволяет увеличить производительность труда – до 20%, уменьшить затраты топлива и технологических материалов – на 15-20%, получить экономический эффект – более 350 гривен на гектар и уменьшить вредное влияние техники на окружающую среду.

Ключевые слова: агротехнологии, технологические операции, точное земледелие, средства автоматизации, сенсор, система мониторинга, технические системы, оперативное управление.

ПРОБЛЕМА

В даний час досягти істотного підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва можливо за рахунок підвищення якості виконання технологічних операцій, шляхом оперативного та ціленаправленого керування якістю виконання технологічних операцій у рослинництві. Важливе значення має рівень інтеграції систем автоматичного управління з інформаційно-технічними систе-

мами, у тому числі засобами оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь для визначення ціленаправленої дії.

Нова техніка в передових країнах світу сьогодні практично не випускається без тих чи інших засобів оперативного (автоматизованого) контролю та управління технологічними операціями у рослинництві, а в деяких країнах інтенсивно закладаються основи екологічного та точного землеробства.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ
І ПУБЛІКАЦІЙ

На основі попередніх досліджень і проведеного огляду літературних джерел [1-5] визначено існуючі методи і технічні засоби, які впливають на якість виконання технологічних процесів у сучасних технологіях рослинництва; обґрунтовано доцільність застосування комплексів технічних засобів для ціленаправленої дії на ґрунтове середовище робочих органів сучасних сільськогосподарських машин; розроблено математичний апарат для реалізації запропонованих технологій.

Технічна суть реалізації новітніх технологій рослинництва пов'язана з принципово новим рівнем одержання інформації про параметри агробіологічного та фітосанітарного стану сільськогосподарських угідь та оперативним прийняттям оптимальних рішень по управлінню технологічними процесами у рослинництві [2,3,5].

Мета дослідження. Формалізувати основні положення та визначити техніко-економічні показники застосування інтегрованих систем автоматичного управління виконанням технологічних процесів для забезпечення належної якості виконання технологічних операцій у рослинництві.

Результати досліджень. Аналіз можливих шляхів подальшого підвищення ефективності рослинництва вказує на перспективність впровадження новітніх технологій на основі керованого розвитку рослин [1]. У даному випадку мова йде про необхідність керованого переведення умов одержання урожаю з одного дійсного багатфакторного фазового стану в інший визначений стан у процесі виконання будь-якої технологічної операції. Вирішення такої задачі потребує наступних дій: отримання інформації про стан об'єкта керованого впливу (ґрунт, рослина, шкідники, бур'яни) за основним і додатковими параметрами; визначення вектора зміни фазового стану контрольованої точки з врахуванням

факторів зовнішнього впливу; формалізація параметрів бажаного стану об'єкта керування; розробка алгоритму оптимального керування процесом переходу об'єкта в заданий фазовий стан; реалізація заданого алгоритму виконання технологічного процесу.

Очевидно, що сучасні системи «людина – машина – поле» не можуть забезпечити виконання поставленої задачі і потребують створення техніки п'ятого технологічного рівня, який передбачає насичення техніки засобами інформатизації, комп'ютеризації та електротехніки, – систем з керованою якістю виконання технологічних процесів.

Необхідна якість виконання основних технологічних процесів у рослинництві забезпечується за рахунок інтегрованих систем автоматичного управління виконанням технологічних процесів у рослинництві (моніторингу стану сільськогосподарських угідь та інформаційного забезпечення сільськогосподарського виробництва), а також підвищенням точності водіння і оперативного управління робочими органами машин.

Традиційно моніторинг угідь зводиться до аналізу проб ґрунту на хімічний склад та визначення властивостей ґрунту в лабораторних умовах [5], що забезпечує одержання лише часткових значень контрольованого процесу та ще й з істотною затримкою в часі.

Одним із шляхів підвищення ефективності моніторингу стану ґрунтів за традиційними технологіями є автоматизоване керування режимами відбору проб та аналізу їх хімічного складу, при цьому поширення набуває використання сенсорних оптичних та електричних систем. Для дослідження електропровідних властивостей ґрунту використовують контактну-руйнівну та безконтактний спосіб моніторингу електропровідних властивостей ґрунту.

В таблиці 1 приведені деякі системи моніторингу, що можуть бути використані для забезпечення належної якості виконання технологічних операцій.

Таблиця 1. Технології моніторингу в сучасних технологіях рослинництва

Table 1. Monitoring Technology in modern technologies of crop

Технологічний процес	Новітня технологія	Системи моніторингу
Внесення добрив	Локально-дозоване внесення добрив	Технічні системи моніторингу електропровідних властивостей ґрунту, спектрометричний моніторинг
Обробіток ґрунту	Технологія Strip-till	Моніторинг глибини обробітку, режими роботи робочих органів сільськогосподарської техніки, датчик вологості ґрунту, датчик щільності ґрунту
Посів	Диференційована сівба сільськогосподарських культур	Технічні системи моніторингу електропровідних властивостей ґрунту, спектрометричний моніторинг
Внесення хімічних препаратів	Локально-дозоване внесення хімічних препаратів	Системи технічного огляду
Збір урожаю	Моніторинг урожайності	Об'ємні датчики зерна, датчик вологості

Суттєве покращення ефективності рослинництва може бути досягнуто при переході від суцільного до локально-дозованого або диференційованого обробітку ґрунту і рослин. При цьому кожна технологічна операція виконується згідно оперативної отриманої інформації (в режимі on-line, коли дані збираються одночасно з виконанням технологічної операції), або відповідної програми (в режимі off-line, яка розробляється попередньо на основі різнопланової інформації).

На сьогодні відпрацьовані та можуть бути використані як складові комплексних систем забезпечення належної якості виконання технологічних операцій у рослинництві цілий ряд систем і технічних засобів [1-5].

Системи точного позиціонування агрегату на полі. Система позиціонування включає антену-приймач глобальних позиційних систем GPS (США) і ГЛОНАСС (Росія),

яка встановлюється на агрегат і пеленгує сигнали з супутників, що знаходяться в зоні прийому. Точність визначення місцезнаходження об'єкта знаходиться в діапазоні від декількох метрів до одного сантиметра. Приклади приладів позиціонування агрегатів на полі, які найбільш часто використовуються на території України, приведені в таблиці 2.

Автоматичні ґрунтопробовідбирачі. Переваги використання автоматичних ґрунтопробовідбирачів показані в табл. 3, а характеристики в табл. 4. Для автоматизованого взяття ґрунтових зразків ґрунтопробовідбирачі монтуються на різних енергетичних засобах. За результатами аналізу відібраних проб розробляється карта розподілу речовин по полю. Такі карти використовуються для створення технологічних карт диференційованого внесення технологічних матеріалів і ухвалення управлінських рішень.

Таблиця 2. Прилади позиціонування агрегатів на полі

Table 2. Automatic positioning aggregates on the field

№	Марка	Коротка характеристика
1.	Приймач GPS 252	Точність позиціонування 3-30 см, двохчастотний режим
2.	Приймач AG GPS 332	Використовується на будь-яких сільськогосподарських операціях. Вмонтовується в кабіні. Точність регулюється
3.	Agtronov «Grotec»	Точність позиціонування ± 10 см. Складається з GPS-приймача і терміналу
4.	Приймач StarFire iTC фірми «John Deere»	Сумісний з сигналами: SF1, SF2, EGNOS

Таблиця 3. Порівняльна таблиця операцій взяття ґрунтових проб і внесення добрив в традиційній і новітній системах землеробства

Table 3. Comparison table operations taking soil tests and fertilization in traditional and modern farming systems

№	Операція	Традиційне землеробство	Точне землеробство
1.	Загальна ґрунтова проба на аналіз	Відбирається з 5-20 га	Відбирається з 1-5 га
2.	Відбір проб	Ручним буром	Автоматичним ґрунтопробовідбирачем
3.	Картографічна основа	Ґрунтова карта і план землекористування	Електронна ґрунтова карта, космічні знімки з географічною прив'язкою
4.	Місце відбору проб	Визначається вішками, теодолітом, місце відбору точно не фіксується	Визначається системою глобального позиціонування. Місце відбору фіксується з точністю 30 см
5.	Складання картограми	Вручну	За допомогою програмного забезпечення
6.	Розрахунок дози добрив	По середньому значенню для всіх полів, вручну	Диференційований для кожної ділянки поля, автоматично за програмою
7.	Внесення добрив	На полі створюються ділянки з надмірним і недостатнім змістом живильних речовин	Кожна ділянка поля удобрена по потребі, згідно картограми

Таблиця 4. Автоматичні ґрунтопробовідбирачі

Table 4. Automatic soil sampler

№	Фірма-виробник найменування	Глибина узяття проб, см	Характеристика
1.	Нітфельд DuoHrob-60 універсальний	0 – 30 30 – 60	Встановлюється на трактор, автомобіль-лікап, автопричіп. Оснащений GPS-приймачем. Програмне забезпечення: «Ґеоплан» або КБ «Панорама». Час узяття проби 20-25 секунд. Оснащений польовим ноутбуком
2.	Нітфельд MULTIPROB 120	0 – 30 30 – 60 60 – 90	Розділяє проби на три горизонти. Встановлюється на квадрицикл. Програмне забезпечення: «Ґеоплан» або КБ «Панорама»
3.	Еміті Конкорд 9800A/Agricultural	0 – 122	Автоматично бере 10 проб. Час узяття однієї проби 25-30 секунд.
4.	Fritzmeier	0 – 90	Повний автомат з точною прив'язкою до місцевості. Час узяття однієї проби – 15-20 сек. Для складання ґрунтової карти використовується бортовий комп'ютер

Системи паралельного водіння (автопілотування). Інтегровані системи автопілотування вбудовуються в гідравлічну систему самохідної техніки. Спеціальний контролер приймає сигнали GPS/ ГЛОНАСС-приймача і перетворює їх через додатковий гідравлічний (або електричний) контур у відповідні зміни руху агрегату. При цьому рух може бути прямо- або криволінійним. Перекриття і пропуски між сусідніми проходами зводяться до мінімуму (до 20 см), а при використуванні базових станцій RTK – до 5 см. Система забезпечує можливість працювати вночі, в умовах поганої видимості, знижує стомлюваність тракториста, підвищує продуктивність праці, зменшує витрати пального і технологічних матеріалів.

Характеристики ряду систем паралельного водіння самохідної сільськогосподарської техніки приведені в таблиці 5.

Системи картографування врожайності. Підсумком роботи системи є детальна карта врожайності прибраного поля, де різними кольорами виділені зони (ділянки) з різною врожайністю. В таблиці 6 приведені характеристики діючих систем картографування врожайності.

Сенсорні датчики. Застосовуються різні типи і системи сенсорних датчиків (табл. 7), які встановлюються на агрегатах, що виконують, переважно, операції внесення рідких мінеральних добрив і засобів захисту рослин.

Таблиця 5. Системи паралельного водіння агрегатів

Table 5. Systems of parallel driving aggregates

№	Система паралельного водіння	Характеристика
1.	Ag GPS EZ – Guide Plus	Точність водіння від гону до гону 15-30 см. Поєднується з будь-яким трактором. Збільшує продуктивність на 13-20%
2.	Автопілот E-Drive	Точність проходження суміжних проходів 10 см. Дозволяє водити трактор на схилах. Встановлюється на будь-які імпорتنі трактори з гідропідсилювачем керма
3.	Trimble EZ-Guide 500 (OnPath b HP XP)	Точність водіння 7-25 см. Антена діапазону L1/L2. Відстежує огріхи, виміряє площу поля. Підключається до підрулюючого пристрою Trimble EZ-Steer
4.	Auto Track Universal фірма «John Deere»	Комплект універсальний: встановлюється на будь-які машини. Є функції автопілотування і корекції положення на схилах. Працює з системою Green Star

Таблиця 6. Системи картографування врожайності

Table 6. Mapping system of productivity

№	Позначення (марка) системи	Характеристики
1.	Грінстар™ Харвест Док	Склад для комбайна «John Deere»: навігаційна система StarFire (точність водіння 30 см); дисплей; процесор; ключова карта; датчики маси і вологості зерна; програма картографування врожайності; бортовий принтер; карта пам'яті HCMCJA
2.	CLAAS Lexion	Встановлена на комбайнах CLAAS. Система забезпечена багатофункціональним контролером
3.	Універсальна система картографування врожайності (Геомір)	Встановлюється на будь-які зернозбиральні комбайни. Визначає врожайність і вологість зерна з одиничної площі з урахуванням місцеположення комбайна і нерівностей поля
4.	Agrotropix S.A. Франція	Визначає врожайність і вологість зерна в режимі реального часу

Таблиця 7. Сенсорні датчики

Table 7. Touch Sensors

№	Марка, фірма-виробник	Характеристики
1.	Greenseeker Hundro Agri	Встановлюють на машини для внесення добрив з робочою шириною 18 м (30 датчиків з кроком 0,6 м). Виміряють кількість відображеного від рослин світла в діапазоні 600-780 нм. Після обчислення на комп'ютері вегетаційного індексу подається певна доза робочої рідини через кожний жиклер певна порція. Добриво вносять локально
2.	Grop- Sensor Hundro Agri	Застосовують для дозованого внесення фунгіцидів і стимуляторів зростання на колосових культурах, щоб не вилягли. Спереду трактора кріпиться маятник, який виміряє силу опору рослин переміщенню і подає сигнал на внесення певної кількості рідини.
3.	YARA N-Sensor	Застосовують для визначення вмісту азоту в рослинах, відповідної азотного підживлення і внесення регуляторів росту рослин
4.	Agrocom VRA (Grop-Meter)	Система безперервно виміряє біомасу рослин і здійснює відповідне змінне дозування засобів захисту рослин по ходу руху агрегату

Створення систем з керованою якістю виконання технологічних процесів передбачає створення сільськогосподарської техніки нового покоління і полягає в доданні до базової структури системи «людина – машина – поле» контуру оперативного керування (рис.).

Додатковий контур оперативного керування повинен виконувати наступні функції: отримання поточної інформації про стан поля $I_{Пн}(t)$, режими роботи робочого органу $I_{Мн}(t)$ і у процесі виконання технологічної операції; формування з отриманої інформації значення показника якості; порівняння дійсного показника якості $I_{Аj}(t)$ з бажаним (розрахованим) і обчислення на цій основі відповідної управляючої дії $U_{Тн}(t)$, або сигналу оператору на зміну параметрів робочого органу (управляючого пристрою) $U_{Он}(t)$ для досягнення бажаного показника якості

Задача синтезу системи з керованою якістю виконання технологічного процесу полягає у визначенні алгоритму функціонування керуючого пристрою, тобто його структури і параметрів, при відомих рівняннях роботи базової системи і характеристиках вхідних сигналів. При цьому оптимальне керування слід шукати не у формі $U = U(t)$, а у

формі $U = V(x)$, тобто оптимальне керування у кожний момент залежить від того, у якій точці простору знаходиться в даний момент фазова точка об'єкта впливу. Якщо, наприклад, мова йде про внесення оптимальної дози добрив, то при формуванні керуючої дії необхідно враховувати не лише ефективну дію даної норми добрив на відповідну культуру на тому чи іншому полі, але і динаміку забезпечення ґрунту цими поживними елементами протягом певного часу кожної характерної ділянки цього поля.

Відносно показника якості, що піддається керуванню, узагальнений об'єкт управління може бути описаний наступним рівнянням:

$$y^{(n)} + \sum_{i=0}^{n-1} a_i(t)y^{(i)} = \sum_{j=0}^m b_j(t)x^{(j)},$$

де x – керуюча дія; y – вихідна координата показника якості; $a_i(t)$, $b_j(t)$ – перемінні у часі коефіцієнти.

В процесі проведених досліджень по створенню машин нового покоління [2] були отримані практичні результати (табл. 8) підвищення ефективності виконання технологічних операцій.

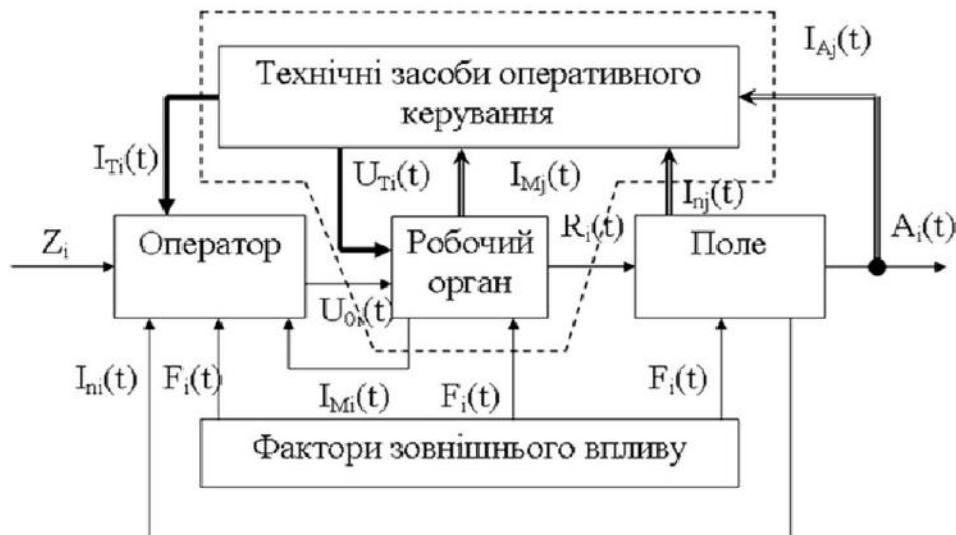


Рис. Модель системи «людина – засоби оперативного керування – машина – поле» з керованою якістю роботи

Fig. Model of «man – means operational control – Machines – the field» with controlled quality of work

Таблиця 8. Основні показники технологічних процесів і фактори керованого впливу на якість їх виконання

Table 8. Basic indicators of technological processes and factors controlled impact on the quality of their performance

Технологічний процес і його вагомість впливу на врожай	Показники якості	Основні фактори керованого впливу на ефективність технологічного процесу	Вагомість впливу факторів на якість виконання	Потенційно можливий ефект
Внесення добрив 0,09	Норма внесення Рівномірність внесення	Положення дозатора Напряму руху МТА Частота обертання робочих органів	0,37 0,32 0,31	Зменшення витрат добрив на 50-70%
Оранка 0,07	Глибина обробітку Заорювання рослинних залишків	Положення робочих органів Напряму руху агрегату	0,51 0,23	Зменшення на 5-30% витрат паливного
Посів 0,20	Глибина посіву Норма висіву Прямолінійність рядків Просіви	Положення робочих органів Положення дозатора Напряму руху агрегату Відмови та порушення	0,24 0,45 0,09 0,22	Збільшення урожаю до 15%
Внесення хімічних препаратів 0,09	Норма внесення Рівномірність внесення	Положення дозатора Напряму руху агрегату Відмови та порушення	0,37 0,32 0,31	Зменшення загальних затрат на 10-30%
Збір урожаю 0,22	Втрати та пошкодження	Відмови та порушення, Напряму руху комбайна Положення робочих органів	0,73 0,08 0,16	Зменшення до 25% втрат зерна

Отже, як видно з табл. 8, використання технічних систем моніторингу сільськогосподарських угідь при певній технологічній операції дає можливість забезпечити належної якості технологічні операції.

Проте немає чітких рекомендацій та надійних датчиків для вимірювання агробіологічних партерів сільськогосподарських угідь при виконанні технологічних операцій та зв'язку між собою принципово різних систем моніторингу для їх подальшого використання у наступних технологічних операціях. Відсутні, а в багатьох випадках навіть не запропоновано принципи роботи систем для експрес-вимірювання багатьох специфічних агробіологічних параметрів для оперативного керування якістю виконання технологічної операції, а відповідно і ефективністю сільськогосподарського виробництва.

У відповідності до запропонованої моделі нами встановлено, що використання

інтегрованих систем автоматичного управління виконанням технологічних процесів у рослинництві з керованою якістю виконання технологічних процесів для [2,3]:

- *обробітку ґрунту по спіралі без розриву технологічного процесу* (за рахунок зміни ширини захвату плуга в залежності від зміни напрямку руху орного агрегату) - дає можливість підвищити продуктивність агрегату до 18%, зменшити витрати пального до 10% та зменшити негативний вплив ерозії ґрунту;

- *висіву насіння зернових культур* – проводиться без участі робітників – сівачів, а довжина просівів при забиванні сошників зменшується майже в 20 разів і не перевищує 5,9 м;

- *внесення твердих мінеральних добрив* (за рахунок стикування суміжних проходів широкозахватних агрегатів з точністю $\pm 0,4$ м, контролю рівномірності подачі добрив

на робочі органи і контролю режимів їх роботи) похибка дозування може бути значно знижена відносно агротехнічних допусків для сучасних машин і становити 3-9 % ;

- *збирання урожаю* – контролюються відносні втрати зерна зернозбиральним комбайном, при цьому точність визначення втрат у порівнянні з визначенням абсолютних втрат підвищується до 30%.

ВИСНОВКИ

Досягти принципового збільшення виходу сільськогосподарської продукції з одиниці оброблюваної площі можна при упровадженні нових прогресивних технологій виробництва на основі застосування машин нового покоління.

Забезпечення необхідної якості виконання технологічних процесів можливе за рахунок використання технічних засобів оперативного контролю технічного стану і робочих процесів машин (коефіцієнт вагомості 0,22-0,73), точності водіння мобільних агрегатів(0,08-0,32), оперативного керування робочими органами машин за раціональним алгоритмом (0,37-0,51).

Розроблені та досліджені зразки техніки нового покоління з керованою якістю виконання технологічних процесів дозволяють забезпечити збільшення продуктивності праці – до 20%, зменшення витрат паливного і технологічних матеріалів на 15-20%, одержати економічний ефект – понад 350 грн./га та зменшити шкідливий антропогенний вплив техніки на навколишнє середовище.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К., Кравчук В.І., Войтюк Д.Г. Техніка для землеробства майбутнього. / В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ». – 2002. – Вип.86. – С. 20-32.

2. Мироненко В.Г. Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинності. Монографія.- К.: НАУ, 2005. – 202 с.

3. Броварець О.О. Інформаційні технології та технічні засоби нового покоління для моніторингу й забезпечення якості виконання технологічних процесів при вирощуванні сільськогосподарських культур / О.О. Броварець // Научно-практический журнал «Хранение и переработка зерна». – 2013. – № 6 (171). – С. 37-42.

4. Броварець О.О. Теоретичні основи визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища / О.О. Броварець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2014. – Ч.1, Вип. 196. – С. 287-296.

5. Броварець О.О. Прогностично-компенсаційна технологія змінних норм внесення технологічного матеріалу на основі уточнених даних ґрунту. / О.О. Броварець // Сільськогосподарські машини: збірник наукових статей. – Вип. 27. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2014. – С. 3-15.

6. Application of multivariate geostatistics in delineating management zones within a gravelly vineyard using geo-electrical sensors. Morari, F.I., Castrignanò, A., Pagliarin, C.I. Computers & Electronics in Agriculture; Aug. 2009, Vol. 68 Issue 1, p.97-107, 11p.

7. Delineating productivity zones on claypan soil fields using apparent soil electrical conductivity. Kitchen, N.R.I, kitchenn@missouri.edu, Sudduth K.A., Myers D.B., Drummond S.T., Hong S.Y.. Computers & Electronics in Agriculture; Mar2005, Vol. 46 Issue 1-3, p285-308.

8. Olteanu C., Zamfira, S., Olteanu Gh., Turcu, C., Olteanu, F. Designing and Implementing an Intelligent System for Measuring, Acquiring and Tracing Maps with Regard to Soil Electrical Conductivity Experimental Model. Acta Technica Napocensis, series: Applied Mathematics and Mechanics 45,3, 601-606 ISSN 1221-5872, Technical University of Cluj-Napoca, 7-9 July 2006.

9. I. J. Won and Haoping Huang. Magnetometers and electro-magnetometers. THE LEADING EDGE. May 2004. P. 26-29.

10. Hertz A. Chad and John D. Hibbard. «A Preliminary Assessment of the Economics of Variable Rate Technology for Applying Phosphorus and Potassium in Corn Production,» Farm Economics iss. 14, Department of Agricultural Economics, University of Illinois, Champaign-Urbana. – 1993. – P. 218-231.

11. Applying nitrogen site-specifically using soil electrical conductivity maps and precision agriculture technology. Lund ED ; Wolcott MC ; Hanson GP, Thescientificworldjournal [Scientific WorldJournal] 2001 Oct 16; Vol. 1 Suppl 2, pp. 767-76. Date of Electronic Publication: 2001 Oct 16.

12. Small Scale Spatial Variability of Apparent Electrical Conductivity within a Paddy Field. Aimrun, W.I, Amin, M. S. Ezrin, M. H., Applied & Environmental Soil Science; 2009, Vol. 2009, p.1-7.

REFERENCES

1. Adamchuk V.V., Moiseyenko V.K., Kravchuk V.I., Vojtyuk D.G. texnika dlya zemlerobstva majbutn`ogo. / V zb.: Mexanizaciya ta

elektryfikaciya sil's'kogo gospodarstva. – Glevaxa: NNCz «IMESG». – 2002. – Vy'p.86. – S. 20-32.

2. My'ronenko V.G. Texnichni zasoby' zabezpechennya yakosti vy'konannya texnologichny'x procesiv u rosly'nnosti. Monografiya.- K.: NAU, 2005. – 202 s.

3. Brovarecz' O.O. Informacijni texnologiyi ta texnichni zasoby' novogo pokolinnya dlya monitoryngu j zabezpechennya yakosti vy'konannya texnologichny'x procesiv pry' vy'roshhuvanni sil's'kogospodars'ky'x kul'tur / O.O. Brovarecz' // Nauchno-prakty'chesky'j zhurnal «Xraneny'e y' pererabotka zerna». – 2013. – # 6 (171). – S. 37-42.

4. Brovarecz' O.O. Teorety'chni osnovy' vy'znachennya elektroprovodny'x vlasty'vostej gruntovogo seredovy'shha / O.O. Brovarecz' // Naukovy'j visny'k Nacional'nogo universy'tetu bioresursiv i pry'rodokory'stuvannya Ukrainy'. – K., 2014. – Ch.1, Vy'p. 196. – S. 287-296.

5. Brovarecz' O.O. Prognosty'chno-kompensacijna texnologiya zminny'x norm vnesennya texnologichnogo materialu na osnovi utochneny'x dany'x gruntu. / O.O. Brovarecz' // Sil's'kogospodars'ki mashy'ny': zbirny'k naukovy'x statej. – Vy'p. 27. – Lucz'k: RVV Lucz'kogo NTU, 2014. – S. 3-15.

6. Application of multivariate geostatistics in delineating management zones within a gravelly vineyard using geo-electrical sensors. Morari, F.1, Castrignanò, A.2, Pagliarin, C.1. Computers & Electronics in Agriculture; Aug. 2009, Vol. 68 Issue 1, p.97-107, 11p.

7. Delineating productivity zones on claypan soil fields using apparent soil electrical conductivity.

Kitchen, N.R.1, kitchenn@missouri.edu, Sudduth K.A., Myers D.B., Drummond S.T., Hong S.Y.. Computers & Electronics in Agriculture; Mar2005, Vol. 46 Issue 1-3, p285-308.

8. Olteanu C., Zamfira, S., Olteanu Gh., Turcu, C., Olteanu, F. Designing and Implementing an Intelligent System for Measuring, Acquiring and Tracing Maps with Regard to Soil Electrical Conductivity Experimental Model. Acta Technica Napocensis, series: Applied Mathematics and Mechanics 45,3, 601-606 ISSN 1221-5872, Technical University of Cluj-Napoca, 7-9 July 2006.

9. I. J. Won and Haoping Huang. Magneto-meters and electro-magnetometers. THE LEADING EDGE. May 2004. P. 26-29.

10. Hertz A. Chad and John D. Hibbard. «A Preliminary Assessment of the Economics of Variable Rate Technology for Applying Phosphorus and Potassium in Corn Production,» Farm Economics iss. 14, Department of Agricultural Economics, University of Illinois, Champaign-Urbana. – 1993. – P. 218-231.

11. Applying nitrogen site-specifically using soil electrical conductivity maps and precision agriculture technology. Lund ED ; Wolcott MC ; Hanson GP, Thescientificworldjournal [ScientificWorldJournal] 2001 Oct 16; Vol. 1 Suppl 2, pp. 767-76. Date of Electronic Publication: 2001 Oct 16.

12. Small Scale Spatial Variability of Apparent Electrical Conductivity within a Paddy Field. Aimrun, W.1, Amin, M. S. Ezrin, M. H., Applied & Environmental Soil Science; 2009, Vol. 2009, p.1-7.