

УДК 631.3.004

## Стан і перспективи розвитку інтелектуальної сільськогосподарської техніки

**Мироненко В. Г.**, д.т.н., проф., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України, e-mail: mironenko1952@ukr.net, тел: 0973344198

### Анотація

**Мета.** Визначити тенденції та перспективи розвитку адаптивних систем автоматизованого управління технологічними процесами рослинництва.

**Методи.** Аналіз можливостей підвищення ефективності агропромислового виробництва та стану питання зі створення адаптивних систем керування технологічними процесами. Синтез загального алгоритму забезпечення необхідної якості виконання сучасних технологічних процесів рослинництва.

**Результати.** Модель управління якістю виконання технологічного процесу інтелектуальними технічними системами для досягнення оптимального фазового стану об'єкту, що обробляється. Принципи побудови алгоритмів автоматизованого формування керуючих дій технологічного процесу на основі відновлювальної бази даних і знань.

### Висновки

1. Принципове збільшення виходу сільськогосподарської продукції з одиниці оброблюваної площі можливе при впровадженні нових інтелектуальних технологій виробництва.

2. Ключовою задачею створення інтелектуальних систем управління технологічними процесами сільськогосподарського виробництва (на сьогодні) є формалізація бази знань та алгоритмів роботи систем.

3. Системи управління з керованою якістю виконання технологічних процесів дозволяють збільшити продуктивність праці та зменшити витрати палива і технологічних матеріалів до 20%, а також забезпечити задані показники якості отриманої продукції.

**Ключові слова:** технологічні операції, системи адаптивного управління, елементи штучного інтелекту, бази знань, модель, алгоритм.

UDC 631.3.004

## The state and prospects of development of intellectual agricultural machinery

**Mironenko V. G.**, doc. tech. Sciences, Prof., NSC «IAEE» of the NAAS of Ukraine, e-mail: mironenko1952@ukr.net, ph.: 0973344198

### Annotation

**Purpose.** Identify trends and prospects for the development of adaptive systems of automatic control by technological processes of crop production.

**Methods.** Analysis of the possibilities of improving the efficiency of agricultural production and the status of the question to create adaptive control systems of technological processes. Synthesis of General algorithm providing the required quality of performance of modern technological processes of crop production.

**Results.** Model of quality control of the execution of the process of intelligent technical systems to achieve optimum phase condition of the object being processed. Principles of construction of algorithms for automatic formation of the control actions of technological process on the basis of databases and knowledge.

### Conclusions

1. A fundamental increase in the output of agricultural products with a unit of cultivated area is possible in the implementation of new intellectual technologies of production.

2. A key task of the creation of intelligent control systems of technological processes of agricultural production, to date, is the formalization of knowledge base systems and algorithms.

3. Control system with controlled quality execution of technological processes allow to increase productivity and reduce fuel consumption and technological materials up to 20%, as well as provide the specified characteristics of the received products.

**Keywords:** technological operations, systems of adaptive management, artificial intelligence, knowledge base, model, algorithm.

УДК 631.3.004

## Состояние и перспективы развития интеллектуальной сельскохозяйственной техники

**Мироненко В. Г.**, д.т.н., проф., ННЦ «ИМЭСХ» НААН України,  
e-mail: [mironenko1952@ukr.net](mailto:mironenko1952@ukr.net), тел: 0973344198

### Аннотация

**Цель.** Определить тенденции и перспективы развития адаптивных систем автоматического управления технологическими процессами растениеводства.

**Методы.** Анализ возможностей повышения эффективности сельскохозяйственного производства и состояния вопроса создания адаптивных систем управления технологическими процессами. Синтез общего алгоритма для обеспечения требуемого качества выполнения современных технологических процессов растениеводства.

**Результаты.** Модель управления качеством выполнения технологического процесса интеллектуальными техническими системами для достижения оптимального фазового состояния обрабатываемого объекта. Принципы построения алгоритмов автоматического формирования управляющих действий в технологическом процессе на основе возобновляемой базы данных и знаний.

### Выводы

1. Принципиальное увеличение производства сельскохозяйственной продукции с единицы площади посевов возможно при реализации новых интеллектуальных технологий производства.

2. Ключевой задачей создания интеллектуальных систем управления технологическими процессами сельскохозяйственного производства, в настоящее время, является формализация базы знаний и алгоритмов работы систем.

3. Системы управления с заданным качеством выполнения технологических процессов позволяют увеличить производительность труда и уменьшить затраты топлива и технологических материалов до 20%, а также обеспечить заданные показатели качества полученной продукции.

**Ключевые слова:** технологические операции, системы адаптивного управления, элементы искусственного интеллекта, база знаний, модель, алгоритм.

**Проблема.** Автоматизация виробництва на сьогодні є одним з визначальних викликів розвитку людства. Сільськогосподарське виробництво вирізняється складністю реалізації цих процесів, що пов'язано з багатofакторністю, невизначеністю інформації та протіканням процесів, а головне – з обробіткою живих об'єктів, що виключає право на помилку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз зазначеної проблеми показує, що подальший розвиток технічного забезпечення сільськогосподарського виробництва буде базуватися на створенні техніки 5-го технологічного рівня. Цей рівень передбачає насичення техніки засобами інформатизації, комп'ютеризації та електротехніки. Їх основна особливість полягає в цілеспрямованій автоматичній зміні режимів роботи робочих органів на основі оперативної інформації для досягнення оптимального фазового стану об'єкту, що обробляється [1, 2].

**Мета дослідження.** Визначити тенденції та перспективи розвитку адаптивних систем автоматизованого управління технологічними процесами рослинництва.

**Результати досліджень.** Автоматизованому сільськогосподарському виробництву притаманний спіральний характер розвитку від окремих технічних рішень до комплексних систем з послідовним переходом на більш високий рівень інформованості та інтелектуальності. У 80-х роках минулого століття був створений трактор-робот [3], який в складі групи автоматизованих тракторів під управлінням одного тракториста в кабіні трактора-лідера дублював усі його режими роботи (рис. 1).



**Рис. 1.** Система автоматичного управління МТА на оранці в режимі дублерного управління  
**Fig. 1.** The system of automatic control of the MTA in the plow in the mode of dual management

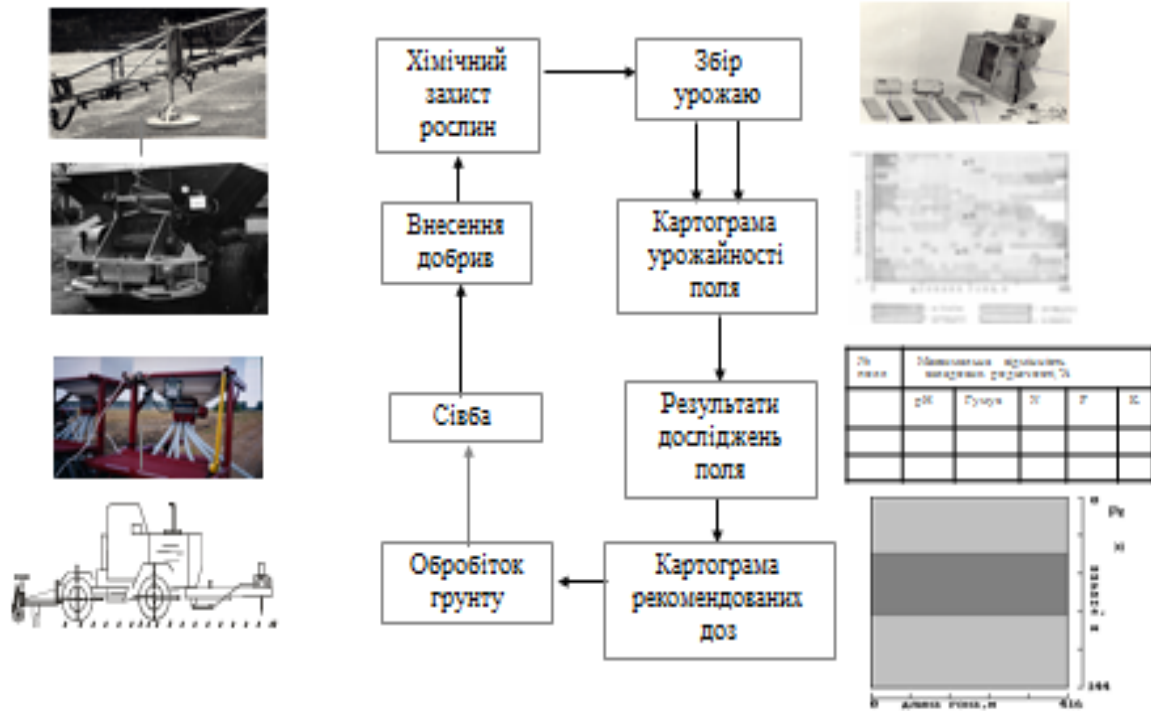
Алгоритм роботи трактора-робота базувався на відстеженні координатних точок на тракторі-лідері та керуючих дій тракториста без контролю самого технологічного процесу.

У подальшому вченими Інституту механізації та електрифікації сільського господарства України проводилися дослідження [4] по забезпеченню обробітку поля по спіралі без розриву технологічного процесу з автоматичним водінням МТА по сліду попереднього проходу (рис. 2).



**Рис. 2.** Обробіток поля по спіралі  
**Fig. 2.** Processing of the field in a spiral

Розробка цілого ряду автоматичних систем контролю та управління виконанням окремих технологічних процесів рослинництва дозволила вийти на комплексну систему програмно-технічного забезпечення [5], яка на основі визначення характерних за урожайністю ділянок поля дозволяє проводити локально-дозований обробіток ґрунту та рослин на протязі всього циклу вирощування сільськогосподарських культур (рис. 3).



**Рис. 3.** Програмно-технічне забезпечення локально-дозованого обробітку ґрунту та рослин  
**Fig. 3.** Software and technical support of locally-dosed cultivation soil and plants

На сьогодні активно ведуться роботи як по розробці спеціалізованих робіт сільськогосподарського призначення, так і по створенню уніфікованої елементної бази техніки нового технологічного рівня, здатної в автоматичному режимі на основі оперативної інформації забезпечувати оптимальний фазовий стан об'єкту, що обробляється.

Технічна суть нового рівня автоматизації полягає у переході від реактивного принципу роботи систем по відхиленню окремого параметру до комплексного багатокритеріального управління, з активним залученням інформації від об'єкту обробітку, навколишнього середовища, технічних засобів та спеціалізованих баз даних, тобто, до інтелектуальних систем.

Ці системи виходять практично на рівень роботизованих комплексів на основі перших двох рівнів теорії штучного інтелекту:

- базовий рівень – це теорія обчислень (нейроподібні мережі), яким властиве самовдосконалення – сприйняття інформації, фізична взаємодія з навколишнім середовищем;
- другий рівень – це теорія логіки – дедукція, індукція, підтримка істини, моделі мислення та інше.

Модель управління якістю виконання технологічного процесу може бути представлена як сума керуючих дій для досягнення бажаного показника якості:

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

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

Задача синтезу системи з керованою якістю виконання технологічного процесу полягає у визначенні функції оптимального керування робочими процесами в залежності від того, в якій точці простору знаходиться в даний момент фазова точка об'єкту впливу.

Агротехнічні вимоги до якості обробітку поля на всіх етапах виробництва сільськогосподарської продукції [6, 7] є основою бази даних для якісного управління виконанням технологічних процесів у рослинництві. Як приклад, нижче приведені показники якості виконання деяких технологічних операцій при вирощуванні сільськогосподарських культур та найбільш важливі фактори оперативного впливу на них (табл. 1), а також вагомість впливу факторів оперативного управління роботою автоматизованих технічних засобів на відповідні показники ефективності (табл. 2)

**Табл. 1** Система показників якості виконання окремих технологічних операцій  
**Tab. 1.** The system of quality indicators for major manufacturing operations

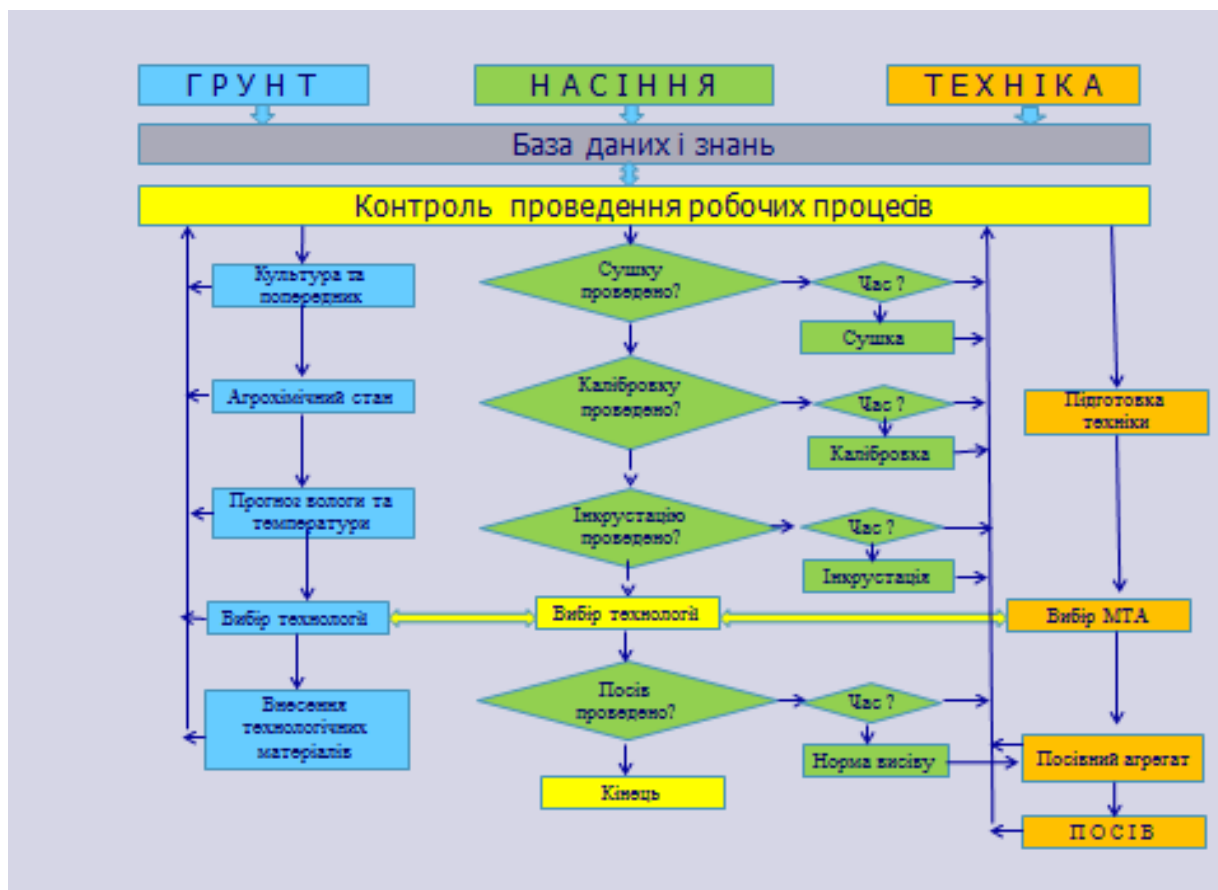
Технологічні операції	Основні вимоги до якості виконання операцій	Фактори оперативного впливу на якість виконання операцій
Полицевий обробіток ґрунту на 20–32 см з обертанням скиби	Відхилення глибини – до 2 см Кришення на фракції до 50 мм –85% Розуцільнення – до 1,3 г/см <sup>3</sup> Загортання – до 100% Гребенистість – до 5см	Підтримання положення робочих органів ( $H_{зад.}$ ) Контроль швидкості руху ( $V_{зад.}$ ) Забезпечення прямолінійності руху ( $\alpha_{зад.}$ )
Внесення мінеральних добрив	Нерівномірність внесення по: - на ширині захвату – 15–20%; - за напрямком руху – 10%	Регулювання дози внесення ( $D_{вн.}$ ) Забезпечення прямолінійності руху ( $\alpha_{зад.}$ )
Сівба	Рівномірність розподілу насіння – понад 48% Забезпечення заданої норми висіву – 96%	Регулювання дози висіву ( $D_{в.}$ ) Забезпечення прямолінійності руху ( $\alpha_{зад.}$ ) Контроль швидкості руху ( $V_{зад.}$ )

**Табл. 2.** Коефіцієнти вагомості впливу факторів управління роботою автоматизованих технічних засобів на показники ефективності рослинництва

**Tab. 2.** Factors weight factors influence the operational management of automated technical means on crop performancee

Фактори, що впливають на якість виконання робочих процесів	Групи машин		
	ґрунтообробні	посівні	для внесення технологічних матеріалів
Відхилення від заданого напрямку руху агрегату ( $\alpha_{зад.}$ )	0,23	0,09	0,32
Відхилення від заданої норми внесення робочих матеріалів ( $D_{вн.}$ )	-	0,45	0,37
Відхилення від заданого положення робочого органу ( $H_{зад.}$ )	0,51	0,24	-
Відхилення від заданих режимів роботи вузлів і агрегатів	-	0,22	0,31

Загальний алгоритм створення найсприятливіших умов розвитку рослини повинен забезпечити ефективне управління робочими процесами за трьома основними складовими – насіння, ґрунт, техніка (рис.4).



**Рис.4.** Загальний алгоритм забезпечення необхідної якості висіву насіння  
**Fig.4.** General algorithm to ensure the required quality seed

Формування та ефективне використання баз даних і знань є надзвичайно важливою задачею. При її формуванні використовують два основних методи: карт-технології та сенсор-технології. Метод карт-технологій передбачає формалізацію даних на основі попередньо проведених досліджень і відомої інформації. Це стосується, в першу чергу, параметрів поля – тип ґрунту, наявність поживних речовин, вологість, щільність ґрунту і та ін., а також параметрів організаційно-технічного забезпечення та природно-кліматичних умов. Метод сенсор-технологій полягає у визначенні параметрів ґрунту спеціальними датчиками в процесі виконання технологічних операцій. Ці датчики вимірюють відповідні параметри і отримана інформація передається в базу даних, де надалі використовується при формуванні управляючих дій. Разом з тим, ця інформація, при умові використання систем позиціонування, може бути використана для складання місцевизначених карт поля.

Важливим фактором реалізації алгоритму є часові дати проведення відповідних операцій та дій. Дати визначаються вибором технологій обробки ґрунту і посіву конкретного поля, уточнюються за результатами аналізу прогнозу

очікуваної вологості та температури, постійно активуються до виконання та контролюються.

Кінцевою метою запропонованого алгоритму є визначення і забезпечення відповідними технічними засобами змінних норм внесення добрив і висіву насіння на кожній мікроділянці поля, які залежать від конкретних умов (агрохімічного стану ґрунту, вологості, температури тощо) виконання технологічного процесу.

Серед класичних схем реалізації моделі логіки при прийнятті відповідних рішень може бути метод поступових наближень. В основі лежить створення рішень, що змагаються між собою. Невдалі відкидаються, перспективні виживають і відроджуються шляхом створення нових рішень з частин успішних «батьків» (в техніці – потенціал нарощується або зменшується). Виявлені помилки приводять до корекції та нарощування бази знань. Якщо прототип стає дуже об'ємним – від нього відмовляються, але в процесі, частіше всього, створюється більш прозора версія зі значно меншим числом правил.

Таким чином, запропонований алгоритм дозволяє проводити своєчасну сівбу зернових культур зі змінними нормами внесення добрив і

висіву насіння, які адаптовані до реального стану поля, технічного забезпечення та агрокліматичних умов виконання робіт.

Забезпечення необхідної якості виконання технологічних процесів дозволяє збільшити продуктивність праці – до 20%, зменшити витрати палива і технологічних матеріалів на 15–20%, одержати економічний ефект та зменшити шкідливий антропогенний вплив техніки на навколишнє середовище [8, 9, 10].

### Висновки

1. Принципове збільшення виходу сільськогосподарської продукції з одиниці обробленої площі можливе при впровадженні нових інтелектуальних технологій виробництва.

2. Ключовою задачею створення інтелектуальних систем управління технологічними процесами сільськогосподарського виробництва (на сьогодні) є формалізація бази знань та алгоритмів роботи систем.

3. Системи управління з керованою якістю виконання технологічних процесів дозволяють збільшити продуктивність праці та зменшити витрати палива і технологічних матеріалів до 20%, а також забезпечити задані показники якості отриманої продукції.

### Бібліографія

1. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Ковалю. К.: Аграрна наука, 2004. 398 с.

2. Адамчук В. В., Мироненко В. Г., Косик П. О. Перспективи розвитку механізованого рослинництва. *Механізація та електрифікація сільського господарства* / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2013. Вип. 98, Т. 1. С. 60–67.

3. Мироненко В. Г. Обоснование использования дублирного управления машинно-тракторными агрегатами: дисс. ... канд. техн. наук / ИМЭСХ. Глеваха, 1984. 186 с.

4. Мироненко В. Г. Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинництві: монографія / НАУ. К., 2005. 271 с.

5. Мироненко В. Г. Науково-технічні основи розробки засобів механізації з керованою якістю виконання технологічних процесів у рослинництві: дис. ... доктора техн. наук. К., 2006. 398 с.

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

7. Мироненко В. Г. Передумови та особливості створення елементів штучного інтелекту в системах оперативного керування АПК. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 5. С. 47–51.

8. Масло І. П., Мироненко В. Г. Автоматизована система моніторингу родючості ґрунту та локально-дозоване використання хімпрепаратів. *Вісник сільськогосподарської науки*. 1998. № 5, С. 56–58.

9. Бакурадзе Л. А., Луценко Е. В. Теория, технология и практика автоматизации оперативного управления уборочно-заготовительными кампаниями в АПК: монография (научное издание) / Под научной ред. д.т.н., проф. В. И. Лойко; Краснодар: КубГАУ, 2008. 550 с.

10. Мироненко В. Г., Броварець О. О. Інтегровані системи автоматичного управління технологічними процесами у рослинництві. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2015. Вип. 1 (100). С. 31–40.

### Bibliografija

1. Suchasni tendentsiyi rozvitku konstruktivnyy silskogospodarskoyi tehniky / za red. V. I. Kravchuka, M. I. Gritsishina, S. M. Kovalya. K.: Agrarna nauka, 2004. 398 s.

2. Adamchuk V. V., Mironenko V. G., Kosik P. O. Perspektivi rozvitku mehanizovanogo roslinnitstva. *Mehanizatsiya ta elektrifikatsiya silskogo gospodarstva* / NNTs «IMESH». Glevaha, 2013. Vip. 98, T. 1. S. 60–67.

3. Mironenko V. G. Obosnovanie ispolzovaniya dublernogo upravleniya mashinno-traktornymi agregatami: dys. ... kand. tehn. nauk / IMESH. Glevaha, 1984. 186 s.

4. Mironenko V. G. Tehnichni zasobi zabezpechennya yakosti vikonannya tehnologichnih protsesiv u roslinnitstvi: monografiya / NAU. K., 2005. 271 s.

5. Myronenko V. G. Naukovo-texnichni osnovy rozrobky zasobiv mehanizatsiyi z kerovanoyu yakisty vykonannya tehnologichnyh procesiv u roslinnitstvi: dys. ... doktora tehn. nauk. K., 2006. 398 s.

6. Brovarecz O. O. Informacijni tehnologiyi ta technichni zasoby novogo pokolinnya dlya monitoryngu j zabezpechennya yakosti vykonannya tehnologichnyh procesiv pry vyroshhuvanni silskogospodarskykh kultur. *Xranenye y pererabotka zerna: nauchno-praktycheskij zhurnal*. 2013. № 6 (171). S. 37–42.

7. Myronenko V. G. Peredumovy ta osoblyvosti stvorennya elementiv shtuchnogo intelektu v systemax operativnogo keruvannya APK. *Visnyk agrarnoyi nauky*. 2016. № 5. S. 47–51.

8. Maslo I. P., Myronenko V. G. Avtomatyzovana systema monitoryngu rodyuchosti gruntu ta lokalno-dozovane vykorystannya ximpreativ. *Vis-*



*nyk silskogospodarskoyi nauky*. 1998. № 5. S. 56–58.

9. Bakuradze L. A., Lucenko E. V. Teoryya, texnologyya y praktyka avtomatyzacyy operatyvnogo upravlenyya uborochno-zagotovytelnymy kampanyamy v APK: monografya (nauchnoe yzdanye) / Pod nauchnoj red. d.t.n., prof. V. Y. Lojko. Krasnodar: KubGAU, 2008. 550 s.

10. Myronenko V. G., Brovarecz O. O. Integrovani systemy avtomatychnogo upravlinnya texnologichnymy procesamy u roslynny'chtvi. *Mexanizaciya ta elektryfikaciya silskogo gospodarstva*. 2015. Vyp. 1 (100). S. 31–40.

### Bibliography

1. Modern trends in the development of the structures of agricultural machinery/ed. V. I. Kravchuk, M. Gricišina, S. M. Smith. K.: Agricultural Science, 2004. 398 p.

2. Adamchuk V. V., Mironenko V. G., Kossyk P. O. Prospects of the development of mechanized crop production. *The mechanization and electrification of agriculture* / NSC "IMESG." Hlevakha, 2013. Issue 98, Vol. 1. S. 60–67.

3. Mironenko V. G. Justification for the use of dublernogo management of machine-tractor units: PhD thesis / NSC "IMESG." Hlevakha, 1984. 186 s.

4. Mironenko V. G. Technical means of ensuring quality of performance of technological processes in the plant: monograph / NAU. K., 2005. 271 s.

5. Mironenko V. G. Scientific and technical fundamentals of the development of mechanization of controlled quality of execution of technological processes in the plant: thesis of doctor of techn. sciences. K., 2006. 398 p.

6. Brovarec O. O. Information technology and the new generation technical means for monitoring and ensuring the quality of performance of technological processes for growing agricultural crops. *Hranenie s pererabotka grain: scientific and practical journal magazine*. 2013. No. 6 (171). P. 37–42.

7. Mironenko V. G. Preconditions and features creation of the artificial intelligence elements in the systems of operational control of agroindustrial manufacture. *Bulletin of agricultural science*. 2016. No. 5. P. 47–51.

8. Maslo I. P., Mironenko V. G. The automated system of monitoring of the fertility of the soil and locally-dosed use himpreparativ. *Bulletin of agricultural science*. 1998. No. 5, P. 56–58.

9. Bakuradze L. A., Lutsenko E. V. Theory, technology and practice operational management automation harvesting collected campaigns in agroindustrial complex: monography (scientific publication) / Under the scientific editorship of Prof. V. I. Loikaw. Krasnodar: KubGAU, 2008. 550 p.

10. Mironenko V. G., Brovarec O. O. Integrated system of automatic control of technological processes in the plant. *Mechanization and electrification of agriculture*. 2015. Issue 1 (100). P. 31–40.