

ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РОСЛИННИЦТВІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОТОЧНОГО ТА ПРОГНОЗОВАНОГО АГРОБІОЛОГІЧНОГО СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ

Запропонована динамічна модель керування якістю виконання технологічних операцій із використанням інформаційно-технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь із використанням поточного та прогнозованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь. Належне керування агробіологічним станом ґрунтового середовища не можливе без прогнозування динаміки зміни його стану. На сучасному етапі найбільш широко використовують традиційні системи моніторингу, на основі лабораторного аналізу. Проте навіть володіння такою інформацією не може забезпечити належну якість виконання технологічних операцій відповідно до агробіологічного стану ґрунтового середовища. Саме тому виникає необхідність у розробці динамічної моделі керування якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь із використанням прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу.

Ключові слова: технічна система оперативного моніторингу, прогностично-компенсаційна технологія, якість виконання технологічного процесу, агробіологічний стан, технологічний процес.

О.О. БРОВАРЕЦЬ

National University of Life and Environmental Science of Ukraine

INFORMATIVE-TECHNICAL SYSTEMS OF QUALITY MANAGEMENT OF IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN PLANT-GROWER WITH THE USE OF CURRENT AND FORECAST AGROBIOLOGICAL STATUS OF AGRICULTURAL LANDS

The offered dynamic case frame by quality of implementation of technological operations with the use of the informative-technical systems of the operative monitoring in the plant-grower for by providing of the guided agrobiological state of agricultural lands with the use of current and forecast agrobiological status of agricultural lands. The proper management by the agrobiological state of the ground environment is not possible without prognostication of dynamics of change of his state. On a modern stage the traditional systems of monitoring are most widely used, on founded to laboratory analysis. However even the domain by such information can not provide the proper by quality of implementation of technological operations according to the agrobiological state of the ground environment. For this reason there is a necessity in development of dynamic case frame by quality of implementation of technological operations with the use of the technical systems of the operative monitoring in the plant-grower for by providing of the guided agrobiological state of agricultural lands with the use of prognostic-compensative technology of the differentiated bringing of technological material.

Keywords: technical system of the operative monitoring, compensative technology, quality of vicoannya technological process, agrobiological state, technological process.

Вступ

Мета дослідження - інформаційно-технічні системи керування якістю виконання технологічних процесів у рослинництві з використанням поточного та прогнозованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

Сьогодні досягти істотного підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва лише удосконаленням конструкції машинно-тракторних агрегатів неможливо. Тому вельми нагальною необхідністю є підвищення якості виконання технологічних операцій, за рахунок проведення моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Традиційні системи моніторингу стану сільськогосподарських угідь не забезпечують належної продуктивності та якості моніторингу. Тому виникає необхідність розробки нових сенсорних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Найбільшу ефективність моніторингу варіабельності параметрів ґрунтового середовища на сучасному етапі показали сенсорні системи вимірювання електропровідності та електромагнітної індукції стану сільськогосподарських угідь та системи технічного зору (реалізація за допомогою спектрометрів). Показники отримані з використанням даних таких систем можна використовувати, як опосередковані дані про варіабельність параметрів стану ґрунтового середовища [1-10].

Швидкий опис мінливості сільськогосподарських угідь - важливий компонент для зональних методів управління. Точне сільське господарство вимагає точних даних про вміст поживних речовин, яких бракує у ґрунті, щоб досягти максимального прибутку при найменших затратах. Очевидно, що датчик ґрунтової електропровідності - корисний інструмент в картографії ґрунтів, щоб ідентифікувати області варіабельності ґрунтових властивостей [2].

Основний текст статті

У процесі синтезу рішень щодо динамічної моделі керування якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення

керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь із використанням прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу необхідно визначити послідовність дій по управлінню об'єктом (агробіологічним станом ґрунтового середовища), які мають забезпечити максимум або мінімум заданої сукупності критеріїв, що забезпечують якість функціонування об'єкта управління, тобто сільськогосподарською машиною, яка виконує заданий технологічний процес [1-2].

У загальному випадку має довільну систему обмежень при відкритій множині об'єктів спостереження. У такому разі просторі обмежень перетворюється у простір рішення, в якому необхідно синтезувати ланцюжок дій, що за умов цілеспрямованості забезпечать управління об'єктом управління в умовах забезпечення можливості управління [3-6].

Система керування інформаційно-технічними системами (ІТС) керування якістю виконання технологічних процесів у рослинництві може функціонувати в автоматичному та автоматизованому режимах управління. Для автоматизованого режиму управління ІТС маємо ланцюжок «людина-середовище-об'єкт управління» [6].

Проаналізуємо властивості ІТС, які забезпечують керований вплив на якість виконання технологічного процесу з використанням поточного та прогнозованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

У загальному випадку динаміку просторової зміни агробіологічного стану сільськогосподарських угідь за рахунок керованого впливу на якість виконання технологічного процесу з використанням поточного та прогнозованого можна описати системою диференціальних

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= f_1(x_1, \dots, x_n, t, u_1, \dots, u_{n-r}) \\ \frac{dx_r}{dt} &= f_r(x_1, \dots, x_n, \dots, u_1, \dots, u_{n-r}) \\ x_{r+1} &= u_{r+1}(x_1, \dots, x_n, t) \\ x_n &= u_n(x_1, \dots, x_n, t) \end{aligned} \quad (1)$$

Визначимо множину векторів агробіологічного стану сільськогосподарських угідь стану $X(t)$ та управляючих впливів ІТС $U(t)$ для забезпечення необхідної якості виконання технологічних процесів у рослинництві:

$$\begin{aligned} X(t) &= \{x_1, \dots, x_n, t\} \\ U(t) &= \{u_1, \dots, u_{n-r}, t\} \end{aligned} \quad (2)$$

де n - кількість змінних, які описують поточний агробіологічний стану сільськогосподарських угідь, r - кількість впливів управління ІТС.

Шляхом певних математичних перетворень системи (1) маємо отримати нову систему рівнянь, яка є інваріантною до вектора зовнішніх збурень, лінеаризувати отриману систему рівнянь та за умов певних припущень звести її до системи алгебраїчних рівнянь. Вектор рішень такої системи алгебраїчних рівнянь дозволить приблизно визначити поведінку динамічного об'єкта під управлінням ергатичної системи управління в тих чи інших умовах її функціонування.

Зазначений підхід до рішення задачі управління агробіологічним станом сільськогосподарських угідь з використанням поточного та прогнозованого стану на поточний час не використовується розробниками систем управління динамічними об'єктами [8, 10]. Поширеними є методи та критерії, за якими здійснюється аналітичне конструювання регуляторів систем автоматичного та автоматизованого (ергатичного, ручного) управління динамічними об'єктами.

Синтезуємо математичну модель управління динамічним об'єктом, яка є інваріантною до поточного агробіологічного стану ґрунтового середовища та забезпечує керований вплив із використанням інформаційно-технічних систем керування якістю виконання технологічних процесів у рослинництві.

Згідно із співвідношенням (1), існує похідна система диференціальних рівнянь відносно множини керованого управління динамічним об'єктом Φ_u :

$$\dot{X} = \Phi_u(X, t, F(t)) \quad (3)$$

$$\text{де } \dot{X} = \begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dots \\ \dot{x}_n \end{pmatrix}, X = (x_1, \dots, x_n), F(t) = (f_1(t), \dots, f_n(t)), \Phi_u = (\Phi_u', \dots, \Phi_u^n).$$

Виходячи з методу нелінійної інтегральної інваріантності [5], похідну систему рівнянь (1) з урахуванням співвідношення (3) перетворимо таким чином, щоб теоретично повністю виконувались умови інваріантності.

Таким чином, отримаємо систему рівнянь:

$$\frac{dx_1}{dt} = \Phi'_1(x_1, t, f_1(t), \dots, f_n(t)) \quad (4)$$

$$\frac{dx_n}{dt} = \Phi'_n(x_1, \dots, t, f_1(t), \dots, f_n(t))$$

У зв'язку з тим, що для системи рівнянь (4) складно досягти вимоги щодо точності виконання умов інваріантності, отримуємо систему рівнянь:

$$\frac{dx_1}{dt} = \overline{\Phi}'_1(x_1, t, f_1(t), \dots, f_n(t)) \quad (5)$$

$$\frac{dx_n}{dt} = \overline{\Phi}'_n(x_1, \dots, x_n, t, f_1(t), \dots, f_n(t))$$

де $\overline{\Phi}_u = (\overline{\Phi}'_1, \dots, \overline{\Phi}'_n)$ - множина гарантованого управління динамічним об'єктом $\overline{\Phi}_u$, яка враховує ε -оکیل припустимих значень рішення системи (3).

Слід зазначити, що в системі рівнянь (5) вектор X не є інваріантним до вектора зовнішніх збурень $F(t)$. Разом з тим при цьому існують припустимі відхилення на величину ε поведінки отриманої системи (5) від похідної системи (1).

Якщо компоненти вектора X є обмеженими функціями, для оцінювання рішення системи (1) в ε -околі припустимих значень рішення системи (3), згідно із співвідношенням (2), можна визначити вектор $U(t)$, кожен елемент якого задовольняє умові

$$u_i(t) \geq |x_i^a - x_i| \forall u_i(t) \in U(t) \quad (6)$$

де x_i^a - рішення системи (3), x_i - справжнє значення рішення системи (3).

Співвідношення (6) має задовольнятися на всьому діапазоні значень часу управління динамічним об'єктом:

$$t \in [t_n, t_k] \quad (7)$$

де t_n та t_k - відповідно час початку та закінчення управляючих впливів на динамічний об'єкт.

У такому разі на множині (7) маємо множину управляючих впливів (6), які є рішеннями системи (5), що мають знаходитись у множині простору обмеження параметрів систем (1) та (3).

Границі простору обмежень на значення істотних параметрів управління динамічним об'єктом визначаються рішеннями сукупностей систем диференційних рівнянь для кожної змінної $x_i(t) \in X_i$:

$$\frac{dx_1^a}{dt} = \Phi'_u(x_1^a, t, f_1(t), \dots, f_n(t))$$

$$\frac{dx_1}{dt} = \overline{\Phi}'_u(x_1^a, x_2, \dots, x_n, t, f_1(t), \dots, f_n(t)) \quad (8)$$

$$\frac{dx_n^a}{dt} = \Phi'_u(x_n^a, t, f_1(t), \dots, f_n(t))$$

$$\frac{dx_n}{dt} = \overline{\Phi}'_u(x_1, \dots, x_n^a, t, f_1(t), \dots, f_n(t))$$

Виходячи з результатів рішення сукупностей систем диференційних рівнянь (8), згідно із співвідношенням (6), визначимо сукупності

$$\begin{aligned} u_i^{\max} &= \sup(u_i(t)) \\ u_i^{\min} &= \inf(u_i(t)) \end{aligned} \quad (9)$$

У такому разі X_i визначає область фазового потоку параметра $x_i(t)$, а співвідношення (9) визначає границі фазового потоку управління $u_i(t)$ ОУ. Слід зазначити, що фазовий простір параметрів для співвідношення (1) є безперервним, а точки перетину з осями координат перерізів фазового простору за обраними парами параметрів не є точками біфуркації параметрів і можуть розглядатись як сідлові точки.

Для кожної змінної $x_i(t)$ визначимо першу похідну функції управління динамічним об'єктом:

$$\frac{du_i(t)}{dt} = L_i(u_i(t), t) + f_i(t) \quad (10)$$

Вид функції $L_i(u_i(t), t)$ обирається з умов інваріантності управління ОУ. Функція $\varphi_i(t)$ визначається за параметрами похідної системи і враховує особливості динаміки ІТС керування якістю виткоання технологічних операцій у рослинництві.

Слід зазначити, що в загальному випадку задача Коші для співвідношення (10) може бути задана з ненульовими початковими умовами.

У загальному випадку функції $L_i(u_i(t), t)$ та $\varphi_i(t)$ визначаються відповідно до системи (3) згідно з умовою

$$L_i(u_i(t), t) = 0, \{\forall i \in [1, n] u_i(t) \geq 0\} \quad (11)$$

Враховуючи співвідношення (10) і (11), функції $L_i(u_i(t), t)$ та $\varphi_i(t)$ можна визначити таким чином:

$$K_i^L = \text{sign}(x_i^a - x_i)$$

$$L_i(u_i(t), t)^3 K_i^L [\Phi_u^i(x_i^a, t, f_1(t), \dots, f_{i-1}(t), f_{i+1}(t), \dots, f_n(t)) - \Phi_u^i(x_i, t, f_1(t), \dots, f_{i-1}(t), f_{i+1}(t), \dots, f_n(t))] = 0$$

$$\varphi_i(t) \geq [\Phi_u^i(x_i^a, t, f_1(t), \dots, f_{i-1}(t), f_{i+1}(t), \dots, f_n(t)) - \Phi_u^i(x_i, t, f_1(t), \dots, f_{i-1}(t), f_{i+1}(t), \dots, f_n(t))] \quad (13)$$

Співвідношення (12) і (13) характеризують властивості отриманої інваріантності та ступінь наближення рішень системи (1) до теоретично можливих рішень у класі функціональних просторів, що визначають множину значень параметрів, при яких можливе рішення системи (1).

Розглянутий метод рішення системи (1) є практично можливим за умови її дифеоморфізму системі (5), що дозволяє розглядати інваріантність області (поля) рішення похідної системи (1) з рішеннями інваріантної системи (5). В такому разі рішення системи (1) з урахуванням співвідношень (12) і (13) можна замінити рішеннями інваріантної системи (5). В такому разі області обмежень параметрів залишаться такими, як і для системи (1).

Таким чином виникають дві задачі:

- розробити методи розрахунку області значень параметрів системи (1) з метою визначення області керованих станів динамічного об'єкта в евклідовому просторі спостереження та пошуку;
- при даному дифеоморфізмі системи (1) знайти область її рішення у вигляді лінійних алгебраїчних рівнянь з метою дослідження таких динамічних властивостей фізичного об'єкта, як керованість, стійкість тощо.

Перша задача досить просто вирішується в аналітичній формі для систем, які вміщують на більше двох рівнянь. Для систем, які вміщують більше двох рівнянь, застосовують ітераційні обчислювальні процедури, що дозволяють визначити області активних керованих станів динамічного об'єкта. При цьому необхідно визначити збіжність процесу обчислень, час обчислень, можливості та засоби визначення точності, умову завершення ітераційного процесу, що є притаманним «ефекту доміно» та «прокляття розмірності». Слід відмітити, що зазначені проблеми пов'язані між собою і вимагають комплексного підходу при їх вирішенні.

За своєю сутністю рівняння, які входять до систем (1), (3)-(5), (8), є Гамільтоновими функціями, а керуючі впливи $U(t)$ змінюють стан фазового простору існування динамічного об'єкта. У такому разі співвідношення (12) і (13) визначають принцип найменшої (стаціонарної) дії рівняння Гамільтона. Співвідношення (8), (10) і (11) описують гамільтоніан, який при застосуванні дужок Пуассона дозволяє використовувати дужки Лі в алгебрі Пуассона, що вирішує другу задачу, а саме можливості використання алгебраїчних рівнянь замість диференціальних, що значно спрощує знаходження рішення системи (1). Слід зазначити, що рівняння Гамільтона у класичній механіці є аналогом рівняння Гейзенберга у квантовій механіці і дозволяє враховувати ймовірну невизначеність обмежень і властивостей простору спостереження та пошуку, в якому здійснюється переміщення динамічного об'єкта.

Виходячи з початкових умов для рішення системи (1), можна визначити функції для обчислення границь перерізів фазового простору ОУ площинами в ортогональній евклідовій n -мірній системі координат [1,2]:

$$z_i^j = A \cdot x_i + B \cdot x_j, \quad i \in [1, \dots, n], \quad j \in [1, \dots, n], \quad i \neq j \quad (14)$$

Границю фазового простору в перерізі площиною (14) визначимо параметрично заданою функцією

$$x_i = u_i(x_1, \dots, x_n, t), \quad (15)$$

$$x_j = u_j(x_1, \dots, x_n, t)$$

яка визначає граничний цикл або аттрактор перерізу фазового простору:

$$x_i = x_i(x_j) \quad (16)$$

Атрактор за співвідношеннями (15) та (16) є замкненою кривою на площині, до якої асимптотично притягаються усі навколишні траєкторії, які виходять з різних початкових точок всередині і зовні граничного циклу.

Слід зазначити, що позитивним аспектом є те, що більшість диференціальних рівнянь системи (1), які виходять з різних початкових умов, показують схожу поведінку рішень. Зокрема, при $t \rightarrow \infty$ цілі сімейства рішень асимптотично наближаються до атракторів, які є стаціонарними точками фазового простору, або до певних замкнених кривих, а саме граничних циклів.

Для визначення параметрів системи (1), які мають взаємний істотний вплив на рішення, скористаємося канонічними рівняннями Гамільтона:

$$\begin{aligned} \dot{p}_j &= \frac{dp_j}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial q_{jq}} \\ \dot{q}_j &= \frac{dq_j}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial p_j} \end{aligned} \quad (17)$$

У системі (17) p_j є значенням узагальнених координат параметрів, які визначають точки фазового простору, а q_j є значенням узагальнених координат керуючих впливів (імпульсів) на ОУ.

Тобто маємо функцію Гамільтона:

$$H(p, q, t) = \sum \dot{q}_i p_i - L(q, \dot{q}, t) \quad (18)$$

У співвідношенні (18) лагранжیان $L(q, \dot{q}, t)$ є функцією узагальнених координат та відповідних швидкостей.

За рівняннями Ейлера-Лагранжа, згідно з теоремою Бобильова [16], маємо

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} - \frac{\partial L}{\partial q} = 0 \quad (19)$$

Для співвідношення (19) визначимо узагальнені керуючі впливи (імпульси) як

$$p = \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \quad (20)$$

З урахуванням співвідношення (20) визначимо узагальнені сили, які впливають на переміщення динамічного об'єкта:

$$F = \frac{dL}{dq} \quad (21)$$

Таким чином, отримуємо рівняння Ейлера-Лагранжа:

$$\frac{dp}{dt} = F \quad (21)$$

У такому разі співвідношення (22) визначає для співвідношення (19) узагальнену форму другого закону Ньютона з точністю до повної похідної у часі від довільної функції координат динамічного об'єкта в ПСП. Додавання такої функції у співвідношення (19) не впливає на рівняння переміщення ОУ.

Слід зазначити, що, згідно з гамільтоновою механікою, переміщення динамічного об'єкта пов'язане з забезпеченням принципу найменшої дії:

$$S[p, q] = \int \sum_i (p_i \dot{q}_i - H(p, q, t)) dt \quad (23)$$

Для першої варіації дії (23) за умов стаціонарності можна визначити умову найменшої дії:

$$S[p, q] = 0 \quad (24)$$

Згідно із співвідношенням (24), визначаємо:

$$H(p, q, t) = \int \sum_i (p_i \dot{q}_i) dt \quad (25)$$

Таким чином, співвідношення (25) дозволяє кількісно визначити затрати енергії на виконання технологічної операції. При цьому слід зауважити, що термінальне управління для точки простору стану

динамічного об'єкта визначається за співвідношенням (9).

Отже, можна визначити область керованості власне нестійкого динамічного об'єкта за умови опису його просторового переміщення у тривимірному евклідовому просторі. В такому разі управління переміщенням динамічного об'єкта розглядається у трьох ортогональних перерізах простору гарантованого управління динамічним об'єктом у зв'язаній системі координат.

Для похідних параметрів x_i та x_j згідно із співвідношенням (9), можна визначити лінії обмежень

u_i^{\max} , u_i^{\min} , u_j^{\max} та u_j^{\min} , які визначають область C_i^j керованості динамічного об'єкта у площині

змінних. Здійснивши зворотне перетворення області C_i^j з площини змінних $\frac{dx_i}{dt}$ і $\frac{dx_j}{dt}$ у площину перерізу простору фізичних параметрів x_i та x_j , отримаємо переріз простору параметрів, які відображають переріз простору гарантованого управління динамічним об'єктом.

Висновки

Динамічне управління якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь шляхом реалізації прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу може функціонувати в автоматизованому режимі. Для забезпечення керування системою в автоматизованому режимі маємо систему «машина-моніторинг-поле».

Проблема керованості нелінійними динамічними об'єктами на поточний час є не вирішеною. Особливо складною ця проблема є при синтезі рішень щодо управління нелінійними та власно нестійкими динамічними об'єктами (агробіологічним станом ґрунтового середовища) і системами, області керованості яких мають обмеження на управління, а фазовий простір має границю.

За результатами дослідження математичної моделі просторового переміщення динамічного об'єкта запропоновано математичну модель розрахунку простору гарантованого управління окремим динамічним об'єктом. Виходячи з початкових умов для рішення системи диференціальних рівнянь математичної моделі просторового переміщення динамічного об'єкта та принципу інваріантності, визначені функції для обчислення границь перерізів фазового простору площинами в ортогональній евклідовій n -мірній системі координат.

Отримані результати щодо побудови границі області керованості нелінійною динамічною системою мають загальний вигляд та аналогічні принципи максимуму Л.С. Понтрягіна.

Результати імітаційного моделювання показали збіжність з даними, які були отримані при розрахунку основних характеристик динамічного об'єкта, зі сталою структурою системи управління на прикладі літального апарата.

За допомогою даної моделі можна вирішити проблему оптимального використання технологічного та агробіологічного ресурсу для досягнення максимального ефекту при виборі при умові обмеженого використання цих ресурсів.

Література

1. 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.
2. 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.
3. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В.І. Кравчука, М.І.Грицишина, С.М.Ковалюка. – К.: Аграрна наука, 2004. – 398 с.
4. Мироненко В.Г. Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинництві. Монографія, НАУ – К., 2005. – 271с.
5. Броварець О.О. Модель реалізації прогностично - компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу з використанням інформаційно-технічних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2014. – Ч.2, Вип. 196. – С. 111–122.
6. 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.
7. Myronenko V., Dubrovin V. Rizeni pracovnich procesu ekologicke techniky. Sbornik prednasek VUZT “Zemedelska technika a biomasa 2004”. Том 5,- Praha, 2004.-С.71-75.
8. Мироненко В.Г. Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у

рослинництві. Монографія, НАУ – К., 2005. – 271с.

9. 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.

References

1. 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 Electronic Publication: 2001 Oct 16.
2. Adamchouc V.V., Moyseenco V.C., Cravchouc V.I., Voytyoc D.G. Technique for agriculture of future. / In zb.: Mechanization and electrification of agriculture. – Glevaha: NNTs „IMESG”. – 2002. – Vip..86. – S. 20-32.
3. Modern tendencies of development of constructions of agricultural technique / After red. V.I. Cravchouca, M.I.Gritsishina, S.M.Covalya. – С.: Agrarian science, 2004. – 398 s.
4. The Mironenco V.G. hardwares of providing of quality of implementation of technological processes in the plant-grower. Monograph, NAOu – С., 2005. – 271с.
5. Brovarets O.O. Model of realization prognostichno - compensative technology of variable norms of bringing of technological material with the use of the informative-technical systems of monitoring of the state of agricultural lands // Scientific announcer of the National university of biosoursov and prirodocoristouvannya of Ukraine. – С., 2014. – Ch.2, Vip. 196. – S. 111–122.
6. Adamchouc V.V., Moyseenco V.C., Cravchouc V.I., Voytyoc D.G. Technique for agriculture of future. / In zb.: Mechanization and electrification of agriculture. – Glevaha: NNTs „IMESG”. – 2002. – Vip..86. – S. 20-32.
7. Myronenko V., Dubrovin V. Rizeni pracovnich procesu ekologicke techniky. Sbornik prednasek VUZT “Zemedelska technika and biomasa 2004”. Tom 5, - Praha, 2004.-С.71-75.
8. Mironenco V.G. Tehnichni facilities of providing of quality of implementation of technological processes in the plant-grower. Monograph, NAOu – С., 2005. – 271с.
9. Brovarets O.O. Information technologies and hardwares of a new generation for monitoring and providing of quality of implementation of technological processes at growing of agricultural cultures / O.O. Brovarets // The Nauchno-ppactichesciy magazine of «Хранение I perepabotca corn». – 2013. – № 6 (171). – S. 37-42.

Рецензія/Peer review : 19.5.2016 р.

Надрукована/Printed :27.6.2016 р.

Стаття рецензована редакційною колегією