

УДК 551.551.8

О.О. БРОВАРЕЦЬ

Київський кооперативний інститут бізнесу і права

**ФУНКЦІОНАЛЬНА СТРУКТУРА, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ,
ПРОГРАМНИЙ КОД ТА АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ ВИКОНАВЧИМИ
РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ
ЛОКАЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ АГРОБІОЛОГІЧНОГО
СТАНУ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ
КОНСТРУКЦІЇ ОЛЕКСАНДРА БРОВАРЦЯ**

Сучасне землеробство передбачає виконання певної технологічної операції, згідно відповідної картограми-завдання, яка розробляється попередньо на основі різнопланової інформації. Знання структури варіабельності ґрунтового покриву, які отримані з використанням інформаційно-технічних систем локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, дозволяють прийняти ефективні оперативні рішення для управління агробіологічним потенціалом сільськогосподарських угідь.

Очевидно, що за таких умов виникає необхідність у принципово нових підходах до ведення агропромислового виробництва, які забезпечують належну якість виконання технологічних операцій. Якість виконання технологічних операцій є інтегральним показником ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в межах агробіологічного поля. Необхідна якість виконання основних технологічних процесів у рослинництві забезпечується за рахунок інтегрованих інформаційно-технічних систем оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

У зв'язку, з цим ставиться завдання використання принципово нового класу інформаційно-технічних систем локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

Поставлене завдання вирішується шляхом використання інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища для визначення електропровідних характеристик ґрунтового середовища.

Метою даного дослідження є розробка і обґрунтування функціональної структури, програмного забезпечення, написання програмного коду та алгоритмів керування виконавчими робочими органами інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь.

Ключові слова: *інформаційно-технічна система, локальний оперативний моніторинг, ґрунт, проби, варіабельність, величина, дослідження, функціональна структура, програмне забезпечення, програмний код, алгоритми керування.*

А.А. БРОВАРЕЦ

Киевский кооперативный институт бизнеса и права

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ,
ПРОГРАММНЫЙ КОД И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ИНФОРМАЦИОННО-
ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО
МОНИТОРИНГА АГРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВОЙ
СРЕДЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ КОНСТРУКЦИИ
АЛЕКСАНДРА БРОВАРЦА**

Современное земледелие предполагает выполнение определенной технологической операции, согласно соответствующей картограммы-задачи, которая разрабатывается предварительно на основе разнообразной информации. Знания об определенной структуре variability почвенного покрова, полученные с использованием информационно-технических систем локального оперативного мониторинга агробиологического состояния сельскохозяйственных угодий, позволяют принять эффективные оперативные решения для управления агробиологическим потенциалом сельскохозяйственных угодий.

Очевидно, что при таких условиях возникает необходимость в принципиально новых подходах к ведению агропромышленного производства, которые заключаются в обеспечении надлежащего качества выполнения технологических операций. Качество выполнения технологических операций является интегральным показателем эффективности производства сельскохозяйственной продукции в пределах агробиологического поля. Необходимое качество выполнения основных технологических процессов в растениеводстве обеспечивается за счет интегрированных информационно-технических систем оперативного мониторинга агробиологического состояния сельскохозяйственных угодий.

В связи с этим ставится задача использования принципиально нового класса информационно-технических систем локального оперативного мониторинга агробиологического состояния сельскохозяйственных угодий.

Поставленная задача решается путем использования информационно-технической системы оперативного мониторинга состояния почвенной среды для определения электропроводящих характеристик почвенной среды.

Цель данного исследования является разработка и обоснование функциональной структуры, программного обеспечения, написание программного кода и алгоритмов управления исполнительными рабочими органами информационно-технической системы оперативного мониторинга агробиологического состояния почвенной среды сельскохозяйственных угодий.

Ключевые слова: *информационно-техническая система, локальный оперативный мониторинг, почва, пробы, variability, величина, исследования, функциональная структура, программное обеспечение, программный код, алгоритмы управления.*

O.O. BROVARETS

Kyiv Cooperative Institute of Business and Law

FUNCTIONAL STRUCTURE, SOFTWARE, PROGRAMM CODE AND CONTROL ALGORITHMS FOR THE EXECUTIVE WORKING BODIES OF THE INFORMATION AND TECHNICAL SYSTEM OF LOCAL OPERATING MONITORING OF AGROBIOLOGICAL CONDITIONS OF SOIL ENVIRONMENT OF FARMLAND BY ALEXANDER BROVARTS DESIGN

Modern agriculture involves the implementation of a particular technological operation, according to the appropriate map-task, which is developed pre-based on diverse information. Knowledge of a certain structure of soil cover variability, obtained using information and technical systems of local operational monitoring of agrobiological state of agricultural lands, allows us to adopt effective operational decisions for efficient management of agrobiological potential of agricultural lands.

Obviously, under such conditions, there is a need for fundamentally new approaches to agricultural production, which is to ensure the proper quality of technological operations. The quality of the implementation of technological operations is an integral indicator of the efficiency of production of agricultural products within the agrobiological field. The necessary quality of implementation of the basic technological processes in plant growing is provided by the integrated information and technical systems of operational monitoring of the agrobiological state of agricultural lands.

In connection with this, the task is to use a fundamentally new class of information and technical systems of local operational monitoring of the agrobiological state of agricultural lands.

The task is achieved by using the information and technical system of operational monitoring of the soil environment of the structure to determine the conductive characteristics of the soil environment.

The purpose of this research is to develop and substantiate the functional structure, software, writing code and algorithms for managing the executive bodies of the information and technical system of operational monitoring of the agrobiological state of the soil environment of agricultural lands.

The result of the use of the system for determining the electrical conductive properties of the soil environment of the Alexander Brovartsya design is to obtain a profit increase of 20-30% at the expense of optimizing the norm of seeding of the technological material, taking into account the agrobiological state of agricultural lands.

Keywords: *information and technical system, local operational monitoring, soil, samples, variability, size, research, functional structure, software, program code, management algorithms.*

Постановка проблеми

На підставі аналізу здобутків у галузі сільського господарства [1] можна стверджувати, що виникає необхідність у впровадженні технологій натурального (органічного або біологічного), біодинамічного, екстенсивного, інтенсивного (промислового) та no-till землеробства з новітніми технологіями аграрного виробництва, зокрема з інформаційно-технічними системами локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь [2].

Сучасні технології сільськогосподарського виробництва передбачають використання цілого кола автоматизованих систем для підвищення продуктивності та забезпечення належної якості агропромислового виробництва.

Головним заданням сільськогосподарського виробництва є застосування сучасних технологій землеробства з метою отримання запланованої врожайності та необхідної якості виконання технологічних операцій. З цією метою використовують керування агробіологічним потенціалом полів за допомогою зональних методів управління. Одним з ефективних інструментів виділення таких зональних методів управління та керування ними є визначення електропровідних властивостей середовища ґрунтів [1].

Важливим у цьому напрямку напрацюванням є створення принципово нового класу сільськогосподарських машин – інформаційно-технічних систем локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь.

У зв'язку із цим важливим завданням є розробка і обґрунтування функціональної структури, програмного забезпечення, написання програмного коду та алгоритмів керування виконавчими робочими органами інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь.

Мета дослідження

Метою даного дослідження є розробка і обґрунтування функціональної структури, програмного забезпечення, написання програмного коду та алгоритмів керування виконавчими робочими органами інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Агробіологічні параметри ґрунтового середовища змінюються в значних межах та залежать від багатьох факторів. Загальноприйнятими параметрами, які характеризують вміст поживних речовин у ґрунті є вміст органічної речовини, гумусу, азоту, фосфору, калію та кислотність ґрунту. Визначення параметрів електричної провідності, широко використовується як ефективний опосередкований засіб відображення ґрунтової структури і інших ґрунтових властивостей [5].

Швидкий опис мінливості сільськогосподарських угідь – важливий компонент для зональних методів управління [6].

Ця варіативність занадто важлива, щоб її ігнорувати, і повинна враховуватися при відборі проб (рис. 1).

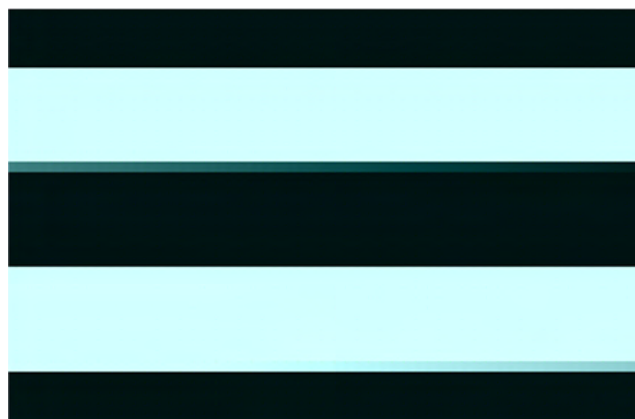


Рис. 1. Електропровідність ґрунту.

Карти ґрунтової електропровідності дають можливість отримати:

- Картограми змінних норм внесення технологічного матеріалу (насіння і мінеральних добрив) на основі очікуваної врожайності по кожній окремій ділянці, розраховані виходячи з величини електропровідності.
- Змінні норми внесення насіння на основі даних про глибину верхнього (орного) шару ґрунту.
- Змінні норми внесення в ґрунт гербіцидів на основі даних про органічні речовини, структуру ґрунту і електропровідності.
- Змінні норми внесення вапна на основі даних про агробіологічний стан ґрунтового середовища відповідно до рівнів електропровідності.

Викладення основного матеріалу дослідження

Сфера використання. Інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця – пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця може працювати з ручними пристроями, розміщуватися на транспортних засобах високої прохідності, розміщуватися на сільськогосподарських та енергетичних засобах, які виконують технологічну операцію, що дозволяє отримувати оперативні дані про агробіологічний стан ґрунтового середовища та приймати оперативні рішення щодо керування нормою внесення технологічного матеріалу (насіння, мінеральних добрив тощо).

Всі раніше декларовані елементи таких технологій точного (керованого) землеробства (лабораторний аналіз (одна проба на 5–10 га), урожайність) не давали можливості забезпечити такий точний підхід. Ця система дає можливість отримати достовірну інформацію про агробіологічний стан ґрунтового середовища із кожного квадратного метра сільськогосподарського поля (табл. 1).

Такої точності до сих пір не мають жодні представлені на ринку технології починаючи від лабораторного обстеження (одна проба на 5–10 га) і закінчуючи супутниковим моніторингом (точність до 10 м²). Крім того необхідно враховувати вартість даних технологій, оскільки собівартість однієї проби коливається в межах 1–10 \$, супутникового моніторингу – від 20 \$, у той час коли вартість такої проби з використання запропонованої конструкції технічної системи оперативного моніторингу складає менше 0,1 \$ за м² (табл. 1).

Функціональний принцип роботи інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця полягає у наступному: сигнал від робочих електродів перетворюється на аналого-цифровий сигнал блоку керування технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Після підсилення цей сигнал передається до головного модуля цієї системи. Для наочного відображення результатів виконання технологічних операцій використовується дисплей інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця (рис. 2).

Таблиця 1

Методи моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь

№ п/п	Метод моніторингу стану агробіологічного стану	Щільність відбору проб ґрунту на 100 га	Розмір ділянки з якої проводиться забір, м ²	Вартість однієї проби (знімку), \$, ум. од.	Вартість проби (знімку) на 100 га, \$, ум. од.
1	Лабораторний метод	10–15	10 000·1000	1–10	100–1000
2	Сукупний моніторинг	1 знімок роздільною здатністю до 10 м	100·100	10–100	100–1000
3	Інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця	1000	10·10	0,1	100
4	Інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця	10000	1·1	0,1	1000

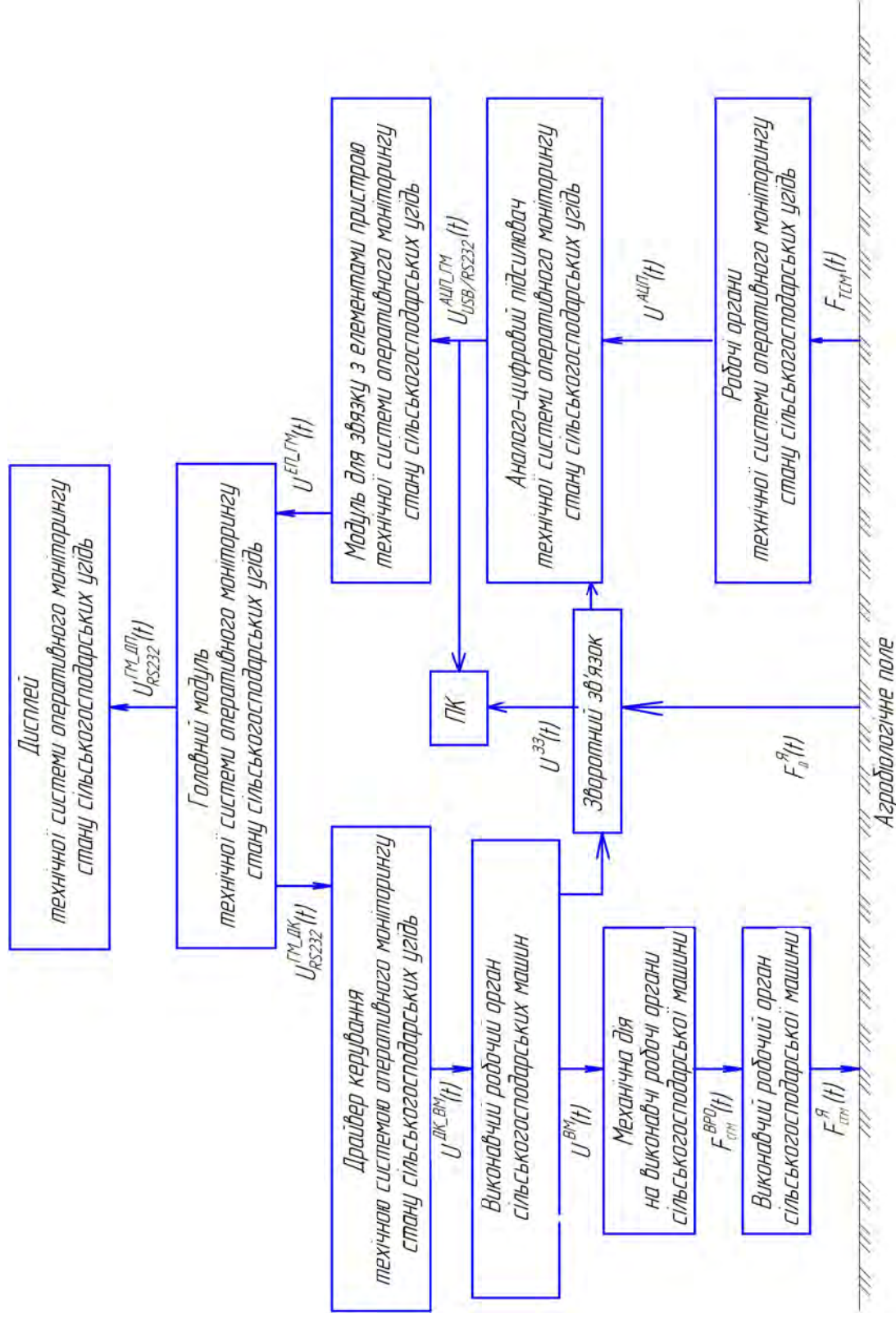


Рис. 2. Функціональна схема інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкторії Олександра Броварця.

Головний модуль інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця передає сигнал на драйвер керування інформаційно-технічною системою локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця. Від драйвера керування сигнал іде на виконавчий механізм інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця (сервопривід), який через механічний зв'язок забезпечує дію на робочий орган сільськогосподарської машини, яка виконує технологічну операцію.

Функцію керування технологічним процесом з використанням інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, можна представити наступною закономірністю:

$$\begin{aligned}
 U_{\alpha}^{\beta}(t) &= U(t_{\beta} - t_{\alpha}) = \\
 &= \int_{t_{\alpha}}^{t_{\beta}} \left| F_{TCM}(t) + U^{AЦП}(t) + U_{\frac{USB}{RS232}}^{AЦП_{ГМ}}(t) + U^{EП_{ГМ}}(t) + U_{RS232}^{ГМ_{ДП}}(t) + U_{RS232}^{ГМ_{ДК}}(t) + \right. \\
 &\quad \left. + U^{ДК_{БМ}}(t) + U^{БМ}(t) + F_{СГМ}^{БРО}(t) + F_{СГМ}^{Я}(t) + F_{Д}^{Я}(t) + U^{33}(t) \right| dt \leq \mu(t_{\alpha}).
 \end{aligned} \quad (1)$$

Функція оптимального керування буде мати такий вигляд:

$$+U_{RS232}^{ГМ_{ДК}}(t) + +U^{ДК_{БМ}}(t) + U^{БМ}(t) + F_{СГМ}^{БРО}(t) + F_{СГМ}^{Я}(t) + F_{Д}^{Я}(t) + U^{33}(t), \quad (2)$$

де – функція, яка описує функціонування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь під час виконання технологічної операції;

– функція, яка описує вихідний сигнал, отриманий від робочих електродів інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь до аналого-цифрового підсилювача перетворювача за допомогою екранованих проводів;

$U_{\frac{USB}{RS232}}^{AЦП_{ГМ}}$ (t) – функція, яка описує вихідний сигнал, отриманий від аналого-цифрового підсилювача-перетворювача інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, та передає сигнал до модуля зв'язку із технічними системами оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь з використанням порту RS232 чи до персонального комп'ютера за допомогою порту USB;

$U^{EП_{ГМ}}$ (t) – функція, що описує зв'язок елементів пристрою з головним модулем інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь;

$U_{RS232}^{ГМ_{ДП}}$ (t) – функція, яка описує сигнал, отриманий від головного модуля до дисплею керування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь;

$U_{RS232}^{ГМ_{ДК}}$ (t) – функція, яка описує сигнал, отриманий від головного модуля до

драйвера керування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь;

$U^{DK-BM}(t)$ – функція, яка описує вихідний сигнал, отриманий від драйвера

керування до виконавчих робочих органів інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь;

$U^{BM}(t)$ – функція зміни напруги керування виконавчим механізмом технічної системи оперативного моніторингу (в цьому випадку, електродвигун чи сервопривід);

$F_{CFM}^{BPO}(t)$ – функція, яка описує керування виконавчими робочими органами сільськогосподарських машини, що виконує технологічну операцію (ланцюгові передачі, варіатор та інша механічна частина);

$F_{CFM}^A(t)$ – функція, яка описує механічну дію виконавчих робочих органів сільськогосподарської машини на якість виконання технологічного процесу;

$F_D^A(t)$ – функція, яка описує інформацію від датчика якості виконання технологічної операції, які розміщується на сільськогосподарській машини з оперативним керуванням якістю залежно від технічних систем оперативного моніторингу;

$U^{33}(t)$ – функція, що описує зворотний зв'язок від параметрів та режимів роботи виконавчих робочих органів сільськогосподарських машин і синхронізується з даними аналого-цифрового підсилювача технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь $U_{USB/RS232}^{AЦП-ГМ}(t)$ та передається на головний модуль;

ПК – персональний комп'ютер, що отримує інформацію від функції $U_{USB/RS232}^{AЦП-ГМ}(t)$, яка описує вихідний сигнал отриманий від аналого-цифрового підсилювача-перетворювача технічної системи оперативного моніторингу.

Реалізації цього закону за допомогою функціональної схеми інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця (рис. 3).

Перед початком вимірювань користувач повинен налаштувати прилад та ввести умови вимірювання.

1) Умови роботи приладу:

- кількість циклів вимірювання у одній точці;
- крок вимірювання;
- вибрати вимірювальний струм;
- вказати, чи потрібно використовувати GPS.

2) Умови вимірювання:

- схема, з якою працює система - 2 полюсна або 4 полюсна;
- показник вологості ґрунту, %;
- щільність ґрунту, г/см³;
- тип електроду: стержень; диск; тор; сфера;
- відстань між контактами, м;
- площа контакту, мм²;
- вибирати, в чому будуть виводитися дані: напруга, В; електропровідність, См·м; опір, Ом·м.

3) Вказати місце розміщення:

- директорію та ім'я файлу, де будуть зберігатися результати вимірів

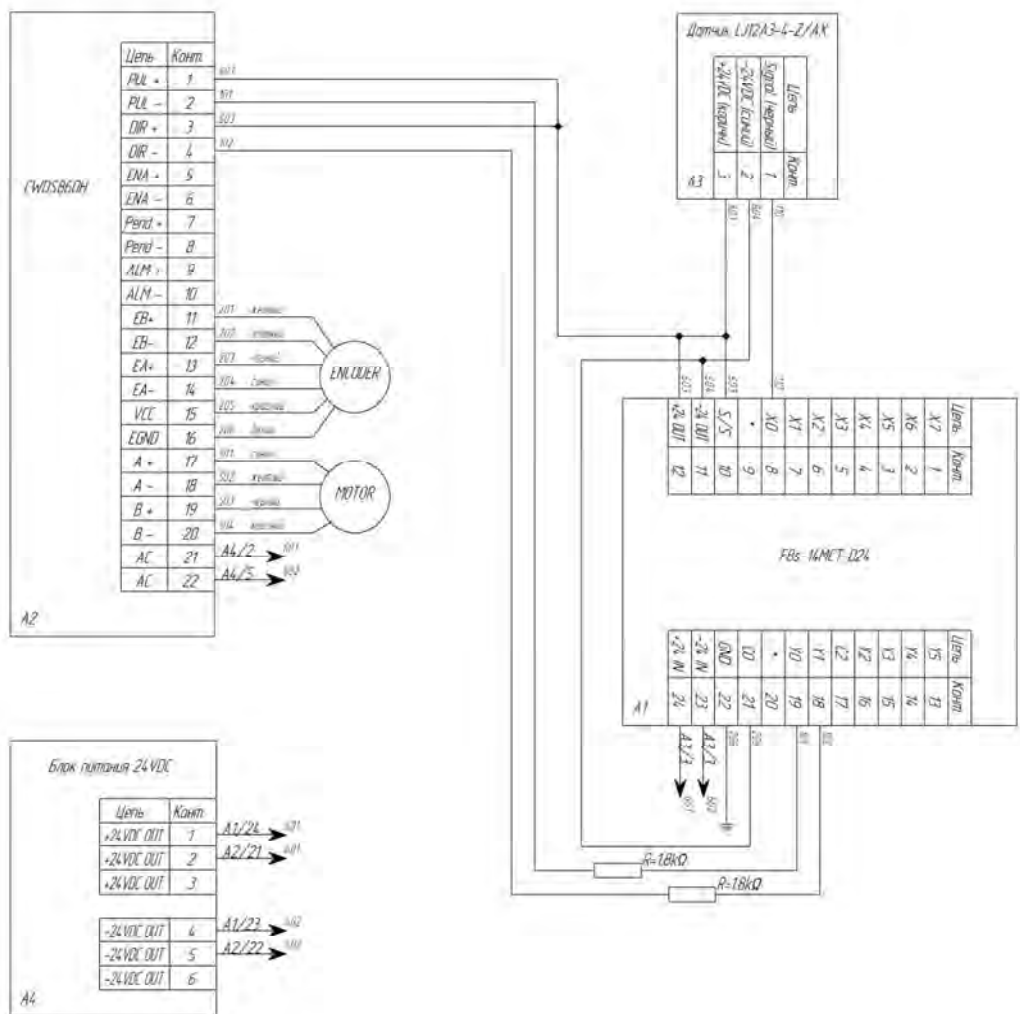


Рис. 3. Функціональна схема інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

Інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця:

- **Габаритні розміри корпусу:** 100x100x50 мм.
- **Ступінь захисту від впливів навколишнього середовища – IP40.**
- **Живлення:** живлення Приладу здійснюється від інтерфейсу USB (5 V постійного струму), споживана потужність не більш як 2,5 Вт, вимірювальна напруга 12±1,2 V, вимірювальний струм 10±1% мкА та 100±1% мкА.
- **Підсвітка дисплея:** трансфлексивна.
- **Входи:** роз'єм USB типу B (для передачі даних до ПК), роз'єм DB-9 для під'єднання до контролера керування технологічними операціями (ККТО) по інтерфейсу RS-232, світлодіодний індикатор під'єднання USB, 6 клем для під'єднання електродів (2 дві для подачі вимірювального струму та 4 для 2-х пар вимірювальних електродів).
- **GPS вимоги:** протокол NMEA 0183; вхід GGA и VTG або RMC на 1 Гц (4800-8-N-1), послідовний порт з роз'єом DB9, USB типу A/
- **Оповіщення та сигналізація:** світлодіодний індикатор під'єднання USB.

- На зовнішньому боці корпусу розміщуються органи управління та комутації: роз'єм USB типу B (для передачі даних до ПК), роз'єм DB-9 для під'єднання до контролера керування технологічними операціями по інтерфейсу RS-232, світлодіодний індикатор під'єднання USB, 6 клем для під'єднання електродів (2 дві для подачі вимірювального струму та 4 для 2-х пар вимірювальних електродів).
- **Живлення приладу:** здійснюється від стандартного гнізда прикурювача транспортного засобу.
- Прилад може працювати: як з комп'ютером так і окремо без нього.
- **Обмін інформацією** між приладом та комп'ютером здійснюється через інтерфейс USB стандарту LowSpeed або FullSpeed.
- **Обмін інформацією** між вимірювачем питомого опору ґрунту та контролером керування технологічними операціями здійснюється через інтерфейс RS-232.
- **Протокол обміну інформацією** між вимірювачем питомого опору ґрунту та персональним комп'ютером чи контролером керування технологічними операціями відповідає стандартам.
- **Вимірювач питомого опору ґрунту** одночасно приймає команди як по інтерфейсу USB, так і по RS-232. При цьому дані вимірювань Прилад надсилає по обом інтерфейсам одночасно.
- **Маса:** не більше 500 г.

Таблиця 2

Перелік обладнання інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця

№ п/п	Назва модуля	Призначення
1	<i>Живлення може бути 220VAC або ж 24VDC</i>	Живлення обладнання.
2	<i>ПЛК Fatek FBs-10MCT (6 входів/4 виходи)</i>	Головний модуль
3	<i>Модулі з аналоговими входами/виходами</i>	Головний модуль для зв'язку з аналоговими для зв'язку з пристроєм для електропровідності вихід USB
4	<i>Модулі з аналоговими входами/виходами</i>	Для зв'язку з іншими пристроями, наприклад, по протоколу Modbus передбачені інтерфесні модулі. Як варіант для зв'язку з пристроєм GPS.
5	<i>Кроковий двигун</i>	Привід робочих органів
6	<i>Сенсорна панель</i>	Відображення та налаштування параметрів і режимів роботи
7	<i>Драйвер до двигуна</i>	Цифрові драйвери CWD556 підходять для керування різними 2-фазними кроковими двигунами з током фази від 2.1 А до 5,6 А.
8	<i>Редуктор планетарний</i>	Використовується для пониження частоти обертання та підвищення швидкості

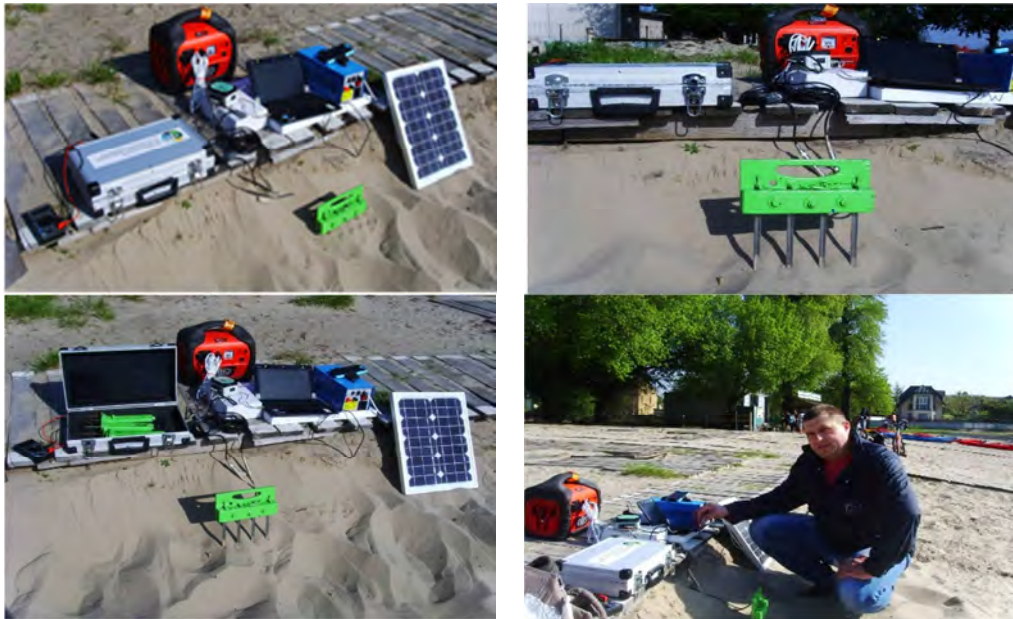


Рис. 4. Загальний вигляд робочого обладнання інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця.

Програма працює на комп'ютері під управлінням операційної системи Windows XP/7.

Форма виводу на екран програмного результатів вимірювань забезпечення пристрою для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища - інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця (рис. 5, рис. 6, рис. 7):

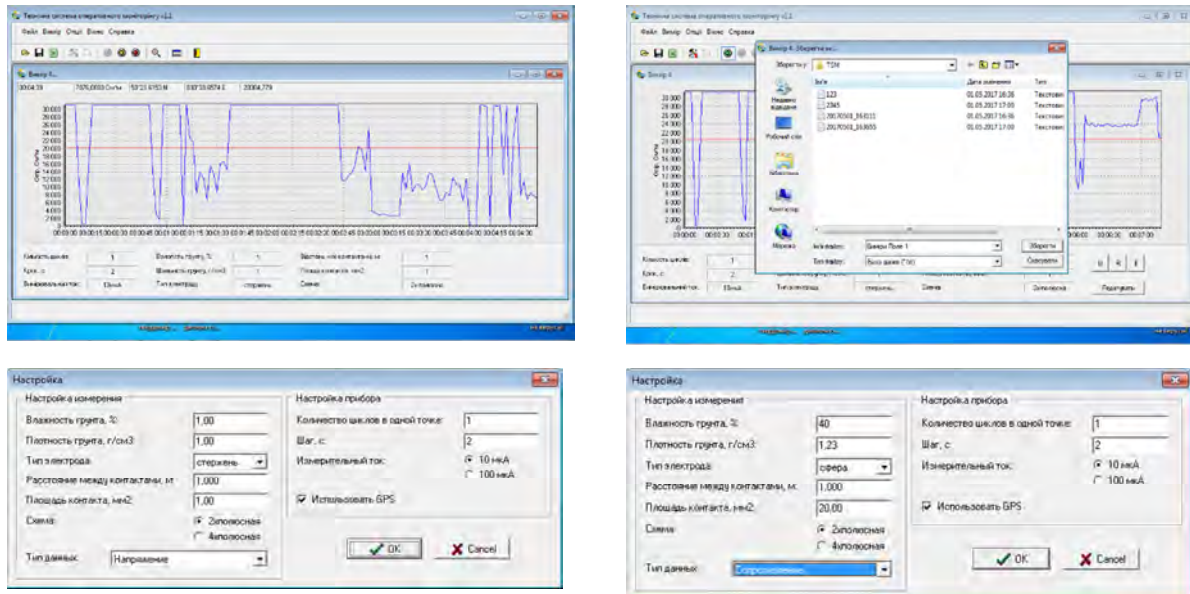


Рис. 5. Форма виводу результатів отриманих з використанням інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця.

1. Результати вимірювання виводяться на екран у вигляді графіка. Для кожного вимірювання відкривається своє вікно, на графіку показана одна крива. Горизонтальна вісь – час у форматі гг:хх:сс (гг – години; хх – хвилини; сс – секунди). Вертикальна вісь: напруга, В; опір, Ом·м; електропровідність, См·м (вибирає користувач).
2. Для графіка є можливість задавати умови масштабування осей, тобто мінімальне та максимальне значення, які будуть відкладатися на осях.
3. Відображається середнє значення для вимірних даних, яке відображується на графіку у вигляді горизонтальної лінії та у числовому вигляді..
4. Є можливість використовувати GPS та відображувати на графіку над кожною вимірною точкою віконце з її координатами.

Програмний код для забезпечення програмного керування інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця як мехатронної системи представлена на рис. 6.

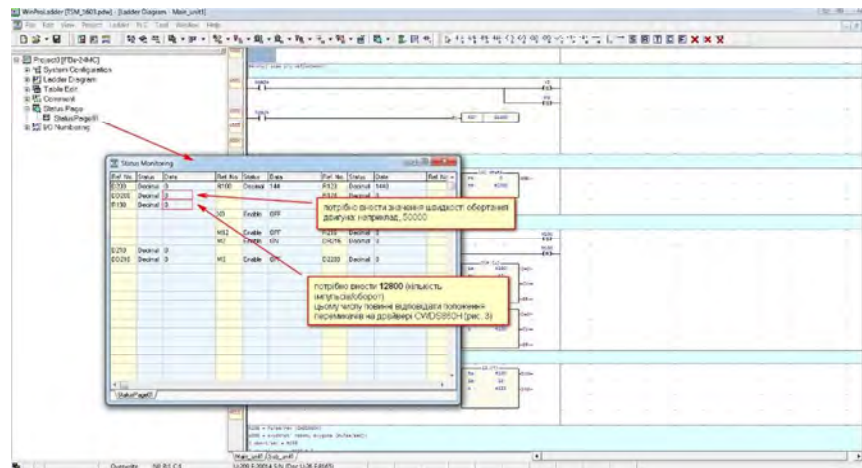


Рис. 6. Загальний вигляд програмного забезпечення для реалізації програмного коду інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця.

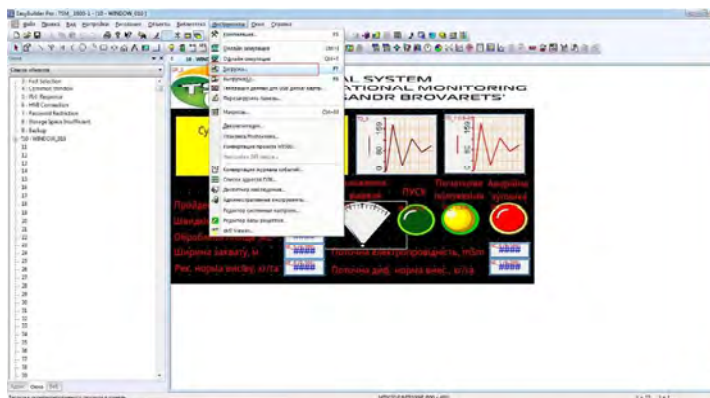


Рис. 7. Загальний вигляд програмного забезпечення для програмування сенсорної панелі інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

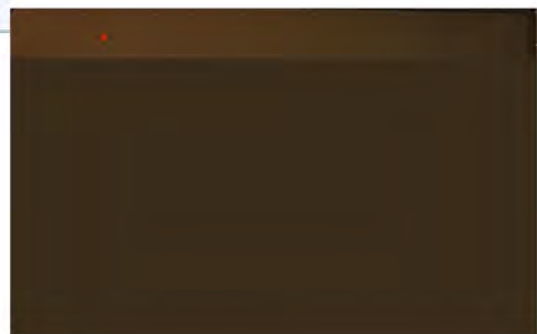


Рис. 8. Загальний вигляд робочої панелі інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця.



Рис. 10. Апаратна частина, блок керування та дисплей для керування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця.



Рис. 11. Зальний вигляд робочого обладнання інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

Для підбору сервоприводів необхідно спочатку визначити зусилля на валу необхідне для його переміщення (рис. 12).



Рис. 12. Вимір зусилля переміщення важеля варіатора для зміни норми внесення технологічного матеріалу інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь

Для визначення зусилля використовуємо динамометр, який прикріплюємо до важеля (рис. 12). На основі отриманих величин, розраховуємо крутний момент переміщення на валу.

Навантаження для переміщення важеля складає:

$$M = F \cdot R, \quad (1)$$

де $F = 2,4 \text{ кг}$ – зусилля на переміщення важеля;

$R = 25,5 \text{ см}$ – радіус переміщення важеля.

Звідси: $M = 2,4 \cdot 25,5 = 61,2 \text{ кг}\cdot\text{см} = 6,12 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

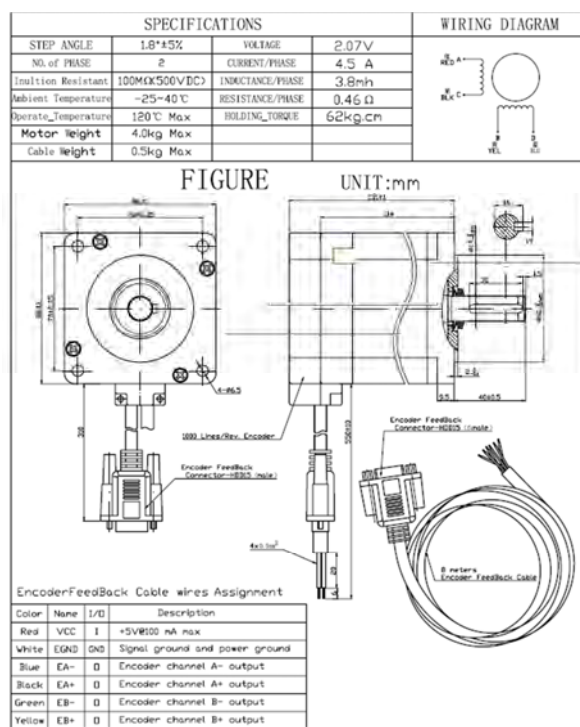


Рис. 13. Загальна характеристика виконавчого робочого органу інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

Як бачимо зусилля знаходиться нижче допустимого, але без запасу потужності. Тому з цією метою застосовуємо планетарний редуктор, із співвідношенням 1:10. Вибираємо планетарний редуктор PGH-60, з передаточним числом 10, та номінальним крутним моментом 37 Н·м, що менше заміряного навантаження 6,12 Н·м, з врахуванням перевантаження 18,4 Н·м.

Варто пам'ятати, що крутний момент при аварійній зупинці в 3 рази вищий від номінального крутного моменту. Фактично наша система постійно працює в цьому режимі аварійної зупинки.

У нашому випадку номінальний розрахований крутний момент на валу 183,6 кг·см. Тобто запас крутного моменту в $370 \text{ кг·см} / 183,6 \text{ кг·см} = 2,01$ рази.

З використанням заявлених характеристик сервоприводу на виході плерарного редуктора можемо мати $62 \text{ кг·см} \cdot 10 = 620 \text{ кг·см}$. Враховуючи вимірне зусилля, маємо, що пусковий крутний момент повинен бути не менше 183,6 кг·см. Тобто маємо запас по крутному моменту $620 \text{ кг·см} / 183,6 \text{ кг·см} = 3.4$ рази, при цьому воно менше номінального крутного моменту $37 \text{ Н·м} = 370 \text{ кг·см}$.

Кут положення важеля варіатора $\alpha_{\text{ПОТОЧНЕ}}$ для забезпечення диференційованої сівби залежно від величини зміни кута $\alpha_{\text{НОРМА}}$ визначеної для нормативної норми висіву технологічного матеріалу та оперативного приросту норми внесення технологічного матеріалу $\Delta\alpha_{\text{НОРМА}}$, яка залежить від величини зміни норми висіву технологічного матеріалу $K_{\%}$ залежно від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь отриманого за допомогою технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь:

$$\alpha_{\text{ПОТОЧНЕ}} = \frac{72^0}{2,95 \cdot 100} \cdot (Y_{\text{НОРМА}}(1 \pm K_{\%}) - 40).$$

Пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця дає можливість оперативно визначити параметри агробіологічного стану ґрунтового середовища, забезпечити "індивідуальний" підхід до кожної елементарної ділянки поля з використанням даних електропровідних властивостей ґрунтового середовища (рис. 14).



Рис. 14. Кріплення привідного електродвигуна до варіатора посівного апарату на якому розміщується Інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця.

Загальна характеристика інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця:

- **Габаритні розміри:**
 - ширина: 1366 мм;
 - довжина: 1784 мм;
 - висота: 1147 мм.
- **Мінімально потрібна потужність енергетичного засобу:** 30 к.с. (вимоги можуть змінюватися залежно від швидкості, рельєфу місцевості та ґрунту).
- **Діаметр робочих дисків-електродів:** від 100 до 500 мм (залежно від глибини моніторингу ґрунтового середовища), оптимальний робочий розмір 350 мм, товщина 2,5 мм з конічними роликівими підшипниками і чавунними концентраторами.
- **Максимальна швидкість руху по шосе:** до 100 км/год (до 62 миль/год);
- **Максимальна швидкість руху при виконанні технологічної операції:** до 30 км/год (до 18 миль/год).
- **Розмір коліс:** P205 R75.
- **Обладнаний засобами сигналізації при русі по дорогам загального користування:** катафотами стоянковими вогнями, поворотами.
- **Маса:** 420 кг.

Пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця використовують: перед виконанням технологічної операції, одночасно з виконанням технологічної операції (сівба, внесення мінеральних добрив тощо); протягом вегетації та після збирання врожаю. Це відкриває

нові перспективи до ведення органічного землеробства з використанням таких "розумних" сільськогосподарських машин.

На рис. 15 зображено загальний вигляд інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця (вид зверху). На рис. 16 зображено загальний вигляд технічної системи оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця (вид збоку).

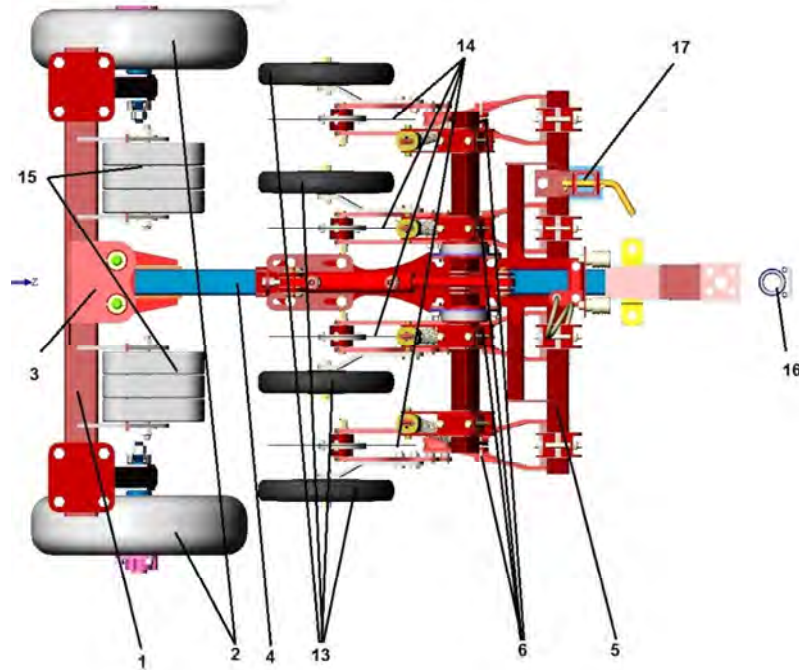


Рис. 15. Загальний вигляд інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця (вид зверху).

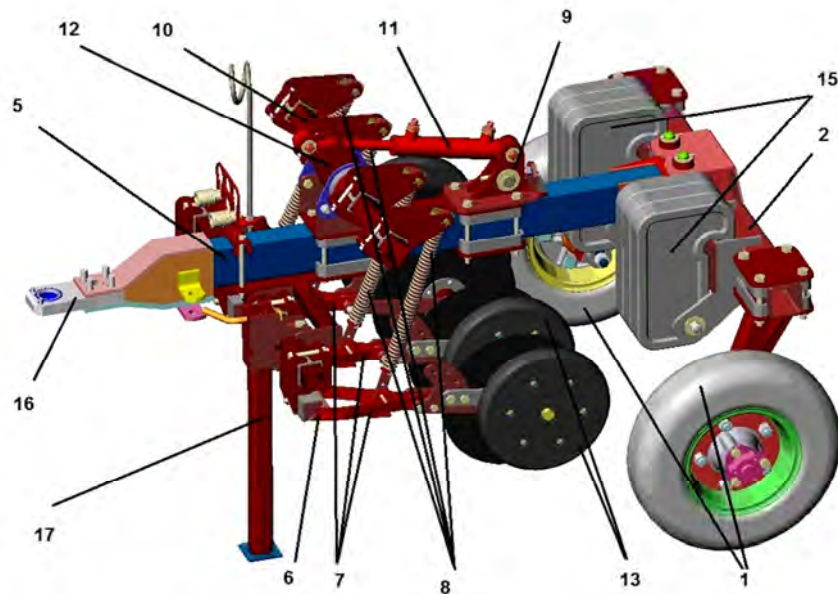


Рис. 16. Загальний вигляд інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця (вид збоку).

Інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця складається (рис. 16) з опорних коліс 1, П-подібної рами 2, кріплення 3, повздожньої рами 4, поперечної рами 5, шарнірів 6, важелів 7, стояків-пружин 8, кронштейну 9, обертового валу 10, гідроциліндру 11, кронштейну кріплення 12, копіювальних коліс 13, робочих електродів 14, баласту 15, фаркопу 16 та підставка 17.

Інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця працює наступним чином: переміщення технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця відбувається з використанням транспортного засобу за допомогою опорних коліс 1, на яких розміщується П-подібна рама 2 до якої за допомогою кріплення 3, приєднується повздожня рама 4. До повздожньої рами 4 відбувається приєднання поперечної рами 5 до якої через шарніри 6, важелі 7 та стояки-пружини 8 кріпляться підважені копіювальні колеса 13 з робочими електродами 14. Регулювання глибини ходу робочих електродів 14 відбувається за допомогою копіювальних коліс 13, а за допомогою стояків-пружини 8, які прикріплені до обертового валу 10, гідроциліндру 11, кронштейну кріплення 12, відбувається притискання робочих електродів до поверхні поля та їх копіювання нерівностей. Реалізація механізму піднімання/опускання робочих електродів 14 відбувається з використанням кронштейну 9, до якого приєднано гідроциліндр 11, який обертає вал 10 через кронштейн кріплення 12 (рис . 17).

Таке технологічне рішення дасть можливість забезпечити оптимальне керування нормою висіву технологічного матеріалу (насіння, добрива тощо) із врахуванням агробіологічного стану ґрунтового середовища.

Інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця рухаючись по поверхні поля за допомогою робочих електродів 14 забезпечує отримання оперативної інформації про агробіологічний стану ґрунтового середовища та реалізацію згідно алгоритму норм у внесення технологічного матеріалу (рис. 18).

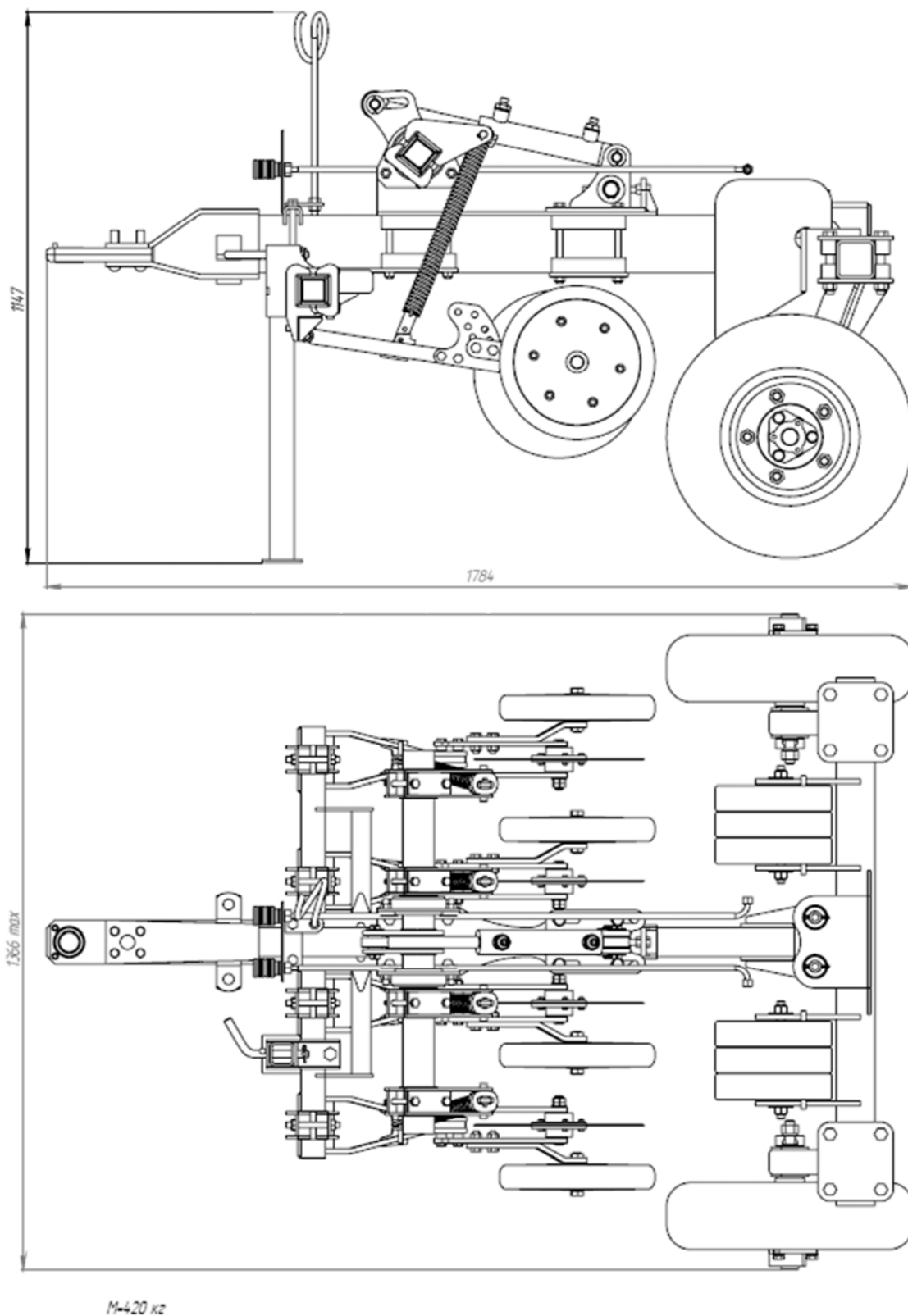


Рис. 17. Схема інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця.

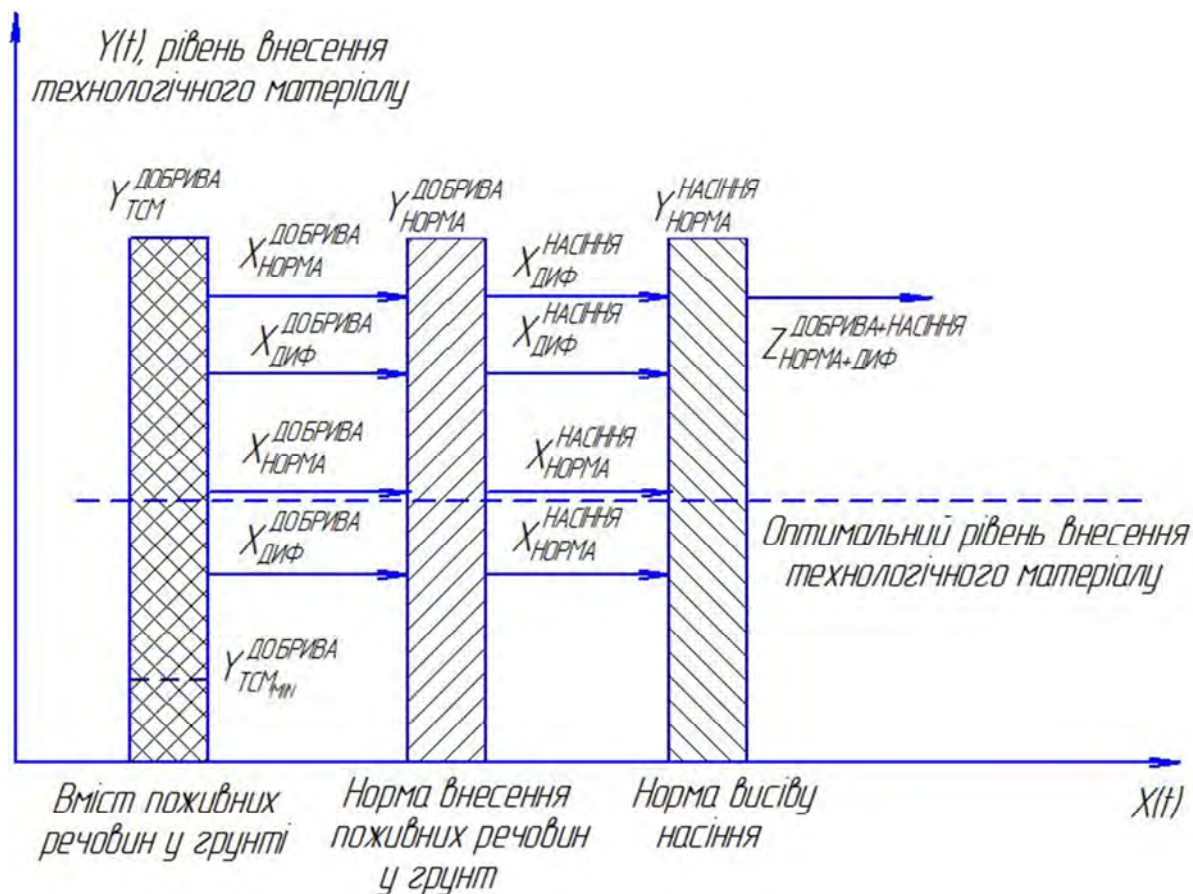


Рис. 18. Алгоритм керування нормою висіву технологічного матеріалу за різних умов реалізації з використанням інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця.

За допомогою фаркопу 16 відбувається приєднання інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця до транспортного засобу (трактору, транспортного засобу підвищеної прохідності, квадроциклу тощо). Підставка 17 забезпечує задану висоту фаркопу у від'єданому від транспортного засобу стані.

Інформаційно-технічна система оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця, яка містить робочі електроди на рамі, згідно запропонованого нами рішення, містить П-подібну раму, на якій розміщується баласт і два опорні колеса, повздовжню раму з розміщеною на ній поперечною рамою, з приєднаним до неї шарнірів, важелів, стояків-пружин, кронштейну, обертового валу, гідроциліндру, кронштейну кріплення та копіювальних коліс, робочих електродів, баласту, фаркопу, підставки.

Електронні засоби керування інформаційно-технічними системами оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця розміщуються у кабіні оператора (рис. 19).



Рис. 19. Загальний вигляд Інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця.



Рис. 20. Інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця на машинно-тракторному агрегаті під час виконання технологічної операції.

Режими роботи пристрою для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця:

- ручні переносні пристрої для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища;
- рухомі транспортні засоби з робочими електродами для визначення електропровідності ґрунтового середовища агреговані з транспортними засобами підвищеної прохідності;
- рухомі транспортні засоби з робочими електродами для визначення електропровідності ґрунтового середовища агреговані з транспортними засобами, які виконують технологічну операцію (сівба, внесення добрив тощо).

Висновки

У дослідженні наведено функціональну структуру, програмне забезпечення, програмний код та алгоритми керування виконавчими робочими органами інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця. Результатом використання такої системи для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця є отримання підвищення прибутку на 20-30% за рахунок оптимізації норми висіву технологічного матеріалу із врахуванням агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

Список використаної літератури

1. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К., Кравчук В.І., Войтюк Д.Г. Техніка для землеробства майбутнього. В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. Глевах: ННЦ "ІМЕСГ". 2002. Вип. 86. С. 20–32.
2. Броварець О. Від безплужного до глобального розумного землеробства Броварець О. *Техніка і технології АПК*. 2016. № 10 (85). С. 28–30.
3. Броварець О.О. Інформаційно-технічна система оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агроінженерні дослідження*. 2017. № 21. С. 9–29.
4. Вадюнина А.Ф. К оценке электропроводности как метода определения влажности почв. *Почвоведение*. 1937. № 3. С. 391–404.
5. Воробьев Н.И. К вопросу кондуктометрического определения засоленности почв и ґрунтов. *Почвоведение*. 1955. №4. С. 103.
6. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. [Действ. от 1986-01-01]. Изд-во офиц. Москва: Стандартинформ, 2011. 7 с.
7. Гуков Я.С., Линник Н.К., Мироненко В.Г. Автоматизированная система локально-дозированного внесения удобрений, мелиорантов и средств защиты растений.: Труды 2-й МНПК по проблемам дифференциального применения удобрений в системе координатного земледелия. Рязань, 2001. С.48–50.
8. Копикова Л.П. Опыт применения методов электропроводности для составления детальных почвенномелиоративных карт. *Бюллетень ВИУА*. 1979. №43. С. 21–23.
9. Масло І.П., Мироненко В.Г. Автоматизована система локально-дозованого внесення добрив і хімічних засобів захисту рослин. УААН: Розробки-виробництву. К.: Аграрна наука, 1999. С. 348–349.
10. Медведев В.В. Неоднородность почв и точное земледелие. Часть I. Введение в проблему. Харьков, 2007. 296 с.
11. Ормаджи К.С. Контроль качества полевых работ. М.: Росагропромиздат, 1991. 191 с.
12. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки. За ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Коваля. К.: Аграрна наука, 2004. 398 с.
13. Brovarets Oleksandr, Chovnyuk Yuriy. Modeling and analysis of efficient electromagnetic parameters of capillary system of electrical conductivity of agricultural soils i: method of analysis of non-stationary electromagnetic fields in dispersive and controlled environments. *MOTROL*. 2018. Vol. 19, № 4. P. 13–18.
14. Brovarets Oleksandr, Chovnyuk Yuriy. Technical-economic models of business management in the processes of agricultural production. *ECONTECHMOD. An International Quarterly Journal*. 2017. Vol. 6, № 3, P. 61–70.

15. Brovarets Oleksandr, Chovnyuk Yuriy. Integrated systems of management for the performance of technological processes in agricultural production which depend on the initial and final moments of their operation time. *Teka*. 2017. Vol. 17, № 2. P. 79–90.
16. Brovarets Oleksandr. Organizational and Technological Background of Project Configuration Management for Freightling. *Teka*. 2017. Vol. 17, № 3. P. 49–53.
17. 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 Facts & Opinions*, 93–114, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois, Champaign-Urbana, 1993. P. 218–231.
18. Wilcox G.G. Determination of electrical conductivity of soil solutions. *Soil Science*. 1947. V. 63. P. 107.
19. Ewart G.Y., Baver L.D. Salinity Effects on soil moisture electrical resistance relationships. *Soil Scien. Soc. Amer.* 1950. V. 15. P. 56–63.
20. Rhoades J.D., Schifgaarde J. Van. An electrical conductivity probe for determining soil salinity. *Soil Scien. Soc. Amer. J.* 1976. № 5. P. 647–651.

References

1. Adamchuk, V. V., Moiseienko, V. K., Kravchuk, V. I., & Voitiuk, D. H. (2002) Tekhnika dlia zemlerobstva maibutnoho. V zb.: Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva. Hlevakha: NNTs "IMESH". **86**, 20–32.
2. Brovarets, O. (2016) Vid bezpluzhnoho do hlobalnoho rozumnoho zemlerobstva Brovarets O. *Tekhnika i tekhnologii APK*. **10** (85), 28–30.
3. Brovarets, O. O. (2017) Informatsiino-tekhniczna systema operatyvnoho monitorynhu stanu gruntovoho seredovyscha konstruktсии Oleksandra Brovartsia. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahroinzhenerni doslidzhennia*. **21**, 9–29.
4. Vadyunina, A. F. (1937) K otsenke elektroprovodnosti kak metoda opredeleniya vlazhnosti pochv. *Pochvovedenie*. **3**, 391–404.
5. Vorobev, N. I. (1955) K voprosu konduktometricheskogo opredeleniya zasolennosti pochv i gruntov. *Pochvovedenie*. **4**, 103.
6. GOST 26423-85. Pochvyi. Metodyi opredeleniya udelnoy elektricheskoy provodimosti, pH i plotnogo ostatka vodnoy vytyazhki. [Deystv. ot 1986-01-01]. Izd-vo ofits. Moskva: Standartinform, 2011.
7. Gukov, Ya. S., Linnik, N. K., & Mironenko, V. G. (2001) Avtomatizirovannaya sistema lokalno-dozirovannogo vneseniya udobreniy, meliorantov i sredstv zaschityi rasteniy.: *Trudyi 2-y MNPk po problemam differentsialnogo primeneniya udobreniy v sisteme koordinatnogo zemledeliya*. Ryazan, pp.48–50.
8. Kopikova, L. P. (1979) Opyit primeneniya metodov elektroprovodnosti dlya sostavleniya detalnyih pochvennomeliorativnyih kart. *Byulleten VIUA*. **43**, 21–23.
9. Maslo, I. P., & Myronenko, V. H. (1999) Avtomatyzovana systema lokalno-dozovanoho vnesennia dobryv i khimichnykh zasobiv zakhystu roslyn. *UAAN: Rozrobky-vyrobnytstvu*. K.: Ahrarna nauka, pp. 348–349.
10. Medvedev, V. V. (2007) Neodnorodnost pochv i tochnoe zemledelie. Chast I. Vvedenie v problemu. Harkov.
11. Ormadzhi, K. S. (1991) Kontrol kachestva polevyih rabot. Moscow: Rosagropromizdat.
12. Kravchuka, V. I., Hrytsyshyna, M. I., & Kovalia, S. M. (Ed.) (2004) Suchasni tendentsii rozvytku konstruktсии silskohospodarskoi tekhniki. Kyiv: Ahrarna nauka.
13. Brovarets Oleksandr, & Chovnyuk Yuriy. (2018) Modeling and analysis of efficient electromagnetic parameters of capillary system of electrical conductivity of agricultural

- soils i: method of analysis of non-stationary electromagnetic fields in dispersive and controlled environments. *MOTROL*. **19**, 4, 13–18.
14. Brovarets Oleksandr, & Chovnyuk Yuriy. (2017) Technical-economic models of business management in the processes of agricultural production. *ECONTECHMOD. An International Quarterly Journal*. **6**, 3, 61–70.
 15. Brovarets Oleksandr, & Chovnyuk Yuriy. (2017) Integrated systems of management for the performance of technological processes in agricultural production which depend on the initial and final moments of their operation time. *Teka*. **17**, 2, 79–90.
 16. Brovarets Oleksandr. (2017) Organizational and Technological Background of Project Configuration Management for Freightling. *Teka*. **17**, 3, 49–53.
 17. Hertz, E. A., & Hibbard, John D. (1993) A Preliminary Assessment of the Economics of Variable Rate Technology for Applying Phosphorus and Potassium in Corn Production. *Farm Economics Facts & Opinions*, 93–114, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois, Champaign-Urbana, pp. 218–231.
 18. Wilcox, G. G. (1947) Determination of electrical conductivity of soil solutions. *Soil Science*. **63**, 107.
 19. Ewart, G. Y., & Baver, L. D. (1950) Salinity Effects on soil moisture electrical resistance relationships. *Soil Scien. Soc. Amer.* **15**, 56–63.
 20. Rhoades, J. D., & Schifgaarde, J. Van. (1976) An electrical conductivity probe for determining soil salinity. *Soil Scien. Soc. Amer. J.* **5**, 647–651.