

**ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ,
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ І СИРОВИНИ**

УДК 681.513

**ФУНКЦІОНАЛЬНА СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ
ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ АГРОБІОЛОГІЧНОГО СТАНУ
ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА**

Олександр Броварець, к. т. н.

Київський кооперативний інститут бізнесу і права,

вул. Ломоносова, 18, м. Київ, Україна,

e-mail: brovaretsnau@ukr.net

<https://doi.org/10.31734/agroengineering2018.01.005>

Постановка проблеми. Існуючі способи керування агробіологічним станом ґрунтового середовища та відбором проб ґрунту за наявними методиками не враховують варіабельності параметрів ґрунтового середовища на площі сільськогосподарських угідь [1]. Для реалізації технології диференційованого внесення технологічного матеріалу переважно використовують спрощений спосіб рівномірного розбиття поверхні поля на однакові квадрати (переважно площею 5...15 га) для подальшої діагностики та керування станом поля [2]. З одного боку, такий поділ поверхні поля зумовлений зручністю та простотою його використання, з іншого – відсутністю достовірних оперативних даних про поле та, відповідно, інструменту для поділу поля за іншими критеріями на основі вихідних даних [3]. У разі використання цього способу до умовно однакового квадрата на полі можуть потрапляти ділянки, що суттєво відрізняються за значеннями контрольованих параметрів, а середні їх значення для квадрата не відображатимуть реальних параметрів окремих ділянок [4]. Спосіб рівномірного розбиття поверхні поля на однакові квадрати не враховує специфіки поля та зон неоднорідності. Це спричинює низьку достовірність отриманих даних, а відповідно й обмежені можливості застосування таких даних для якісного керування технологічними процесами з використанням технології диференційованого внесення технологічного матеріалу [5]. Адже в межах одного квадрата значення певних параметрів ґрунтового середовища будуть занижені, а деяких – завищені [6]. Диференційоване керування нормою внесення технологічного матеріалу в межах квадрата здійснюватиметься саме на підставі середнього значення

параметрів, а тому такий спосіб реалізації диференційованого внесення технологічного матеріалу буде неефективним [7].

За цих умов виникає необхідність пошуку ефективнішого способу оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь [8].

Одним із найефективніших способів оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь є вимірювання електропровідних характеристик ґрунтового середовища [9]. Електропровідні властивості ґрунтового середовища є комплексним показником його агробіологічного стану, який враховує твердість, вологість, вміст поживних речовин у ґрунті, насиченість основами, ємність катіонного обміну тощо [10].

Високий вміст води, солей та поживних речовин у ґрунті сприяє підвищенню показників електропровідності ґрунтового середовища в межах одного поля, що реєструється інформаційно-технічною системою локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь [11]. Така інформація дозволяє виділити зони варіабельності ґрунтового середовища та надалі здійснювати керування агробіологічним станом сільськогосподарських угідь з урахуванням зон неоднорідності [12].

Ставиться завдання отримання оперативних достовірних даних про агробіологічний стан ґрунтового середовища за допомогою зменшення похибки під час визначення електропровідних властивостей ґрунту [14]. Для виконання означеного завдання використовують інформаційно-технічну систему локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогос-

подарських угідь за допомогою вимірювання електропровідності ґрунтів [16]. Для перевірки ефективності функціонування інформаційно-технічних систем локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь та достовірності отриманих даних проведено фізичне моделювання електропровідності ґрунтів [15].

Обґрунтовано вимоги до функціональної структури інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь [18]. Інформаційно-технічну систему локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь використовують: перед виконанням технологічної операції, одночасно з виконанням технологічної операції (сівба, внесення мінеральних добрив тощо), упродовж вегетації та після збирання врожаю [13]. У цьому сенсі особливої актуальності набуває розробка та використання принципово нового класу сільськогосподарських машин – інформаційно-технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь [17]. Це відкриває нові перспективи до ведення органічного землеробства з використанням «розумних» сільськогосподарських машин [20].

Тому важливим завданням є розробка та обґрунтування функціональної структури сучасної інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь [19].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Відомо, що структура ґрунту змінюється в значних межах. Фізичні властивості ґрунту мають безпосередній вплив на ємність катіонного обміну, урожайність тощо. Поживні речовини, що містяться у ґрунтах, використовуються рослиною, і їхній вміст у ґрунті зменшується. Загальноприйнятою характеристикою вмісту поживних речовин у ґрунті є вміст азоту, наявність якого значною мірою визначає урожайність. Картографію ґрунтової електричної провідності широко використовують як ефективний засіб відображення структури ґрунту та інших його властивостей [5].

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

Сучасні методи та засоби реєстрації властивостей ґрунту. Очевидно, що для правильної організації управління якістю навколишнього природного середовища абсолютно необхідною умовою є організація системи ефек-

тивного моніторингу. Для оцінки стану навколишнього середовища важлива об'єктивна оперативна інформація про критичні чинники антропогенної дії, про фактичний і майбутній стан біосфери. Існує проблема організації спеціальних систем спостережень, контролю та оцінки стану природного середовища (моніторингу) як у місцях інтенсивної антропогенної дії, так і в глобальному масштабі [3]. Важливе значення, зокрема, має реєстрація електропровідних характеристик ґрунту.

Електропровідність ґрунту (*soil conductivity*) – це його здатність проводити електричний струм. Електропровідність матеріалів вимірюють у сименсах (См). Кількісною мірою здатності проводити електричний струм є питома електропровідність, яку вимірюють у сименсах на метр (См/м), щодо електропровідності ґрунту використовують переважно мілісименси на метр (мСм/м).

Візуальна оцінка ґрунту дозволяє легко виявити колірні відмінності, але не дає кількісного значення і пояснення суті колірних відмінностей. Карти електропровідності ґрунту показують значення питомої електропровідності в мілісименсах на метр (мСм/м), що дозволяє знаходити та однаковим чином обробляти ділянки зі схожими показниками електропровідності. Як показали численні лабораторно-польові дослідження, існує кореляційна залежність між параметрами електропровідності та вмістом поживних речовин у ґрунті за певних значень його вологості та твердості залежно від гранулометричного складу ґрунту.

Електромагнітні характеристики ґрунту об'єднують багато його властивостей, що впливають на урожайність сільськогосподарських культур. До них належать вміст ґрунтової вологи, гранулометричний склад ґрунту, засоленість, вміст обмінних катіонів кальцію і магнію тощо. Електромагнітні характеристики ґрунту не дають змоги безпосередньо виміряти вміст поживних речовин, але показують варіативність важливих характеристик, таких як структура ґрунту і вміст обмінних катіонів. Ця варіативність занадто важлива, щоб її ігнорувати, і повинна враховуватися під час відбору проб (рис. 1) [18].

Найпоширенішим засобом для моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища за допомогою вимірювання його електропровідних характеристик є картографування ґрунту пристроєм EC Veris 3100 (рис. 2). Його під'єднують до позашляховика, який оснащено бортовим комп'ютером з технологією паралельного водіння, GPS-приймачем та причіпним агрегатом із дисками (з розміщеними дисками-електродами). Під

час вимірювань агрегат рухається полем із зануреними в ґрунт на глибину 2...5 см дисками. Одна пара ізольованих електродів вводить електричний струм у ґрунт, а інша пара вимірює зміну напруги, яка буде відрізнятися залежно від опору ґрунту (наприклад, глина проводить струм краще, ніж мул або пісок) [4].

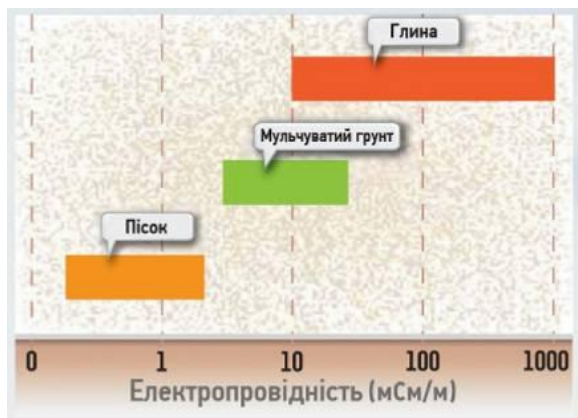
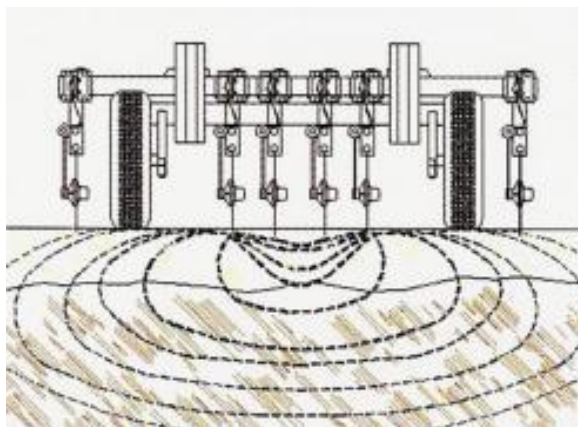


Рис. 1. Електропровідність ґрунту [18]
Fig. 1. Electrical conductivity of soil [18]



a



b

Рис. 2. Пристрій EC Veris 3100:
a – загальний вигляд; *b* – схема вимірювання
Fig. 2. Device EC Veris 3100:
a – general view; *b* – measurement scheme

Заміри електропровідності поєднуються з даними GPS і наочно відображаються у вигляді карти. Veris 3100 використовує два промені електропровідності для картографування двох глибин ґрунтів (0...30,5 см і 0...91,5 см) одночасно.

Таким чином, пристрій Veris 3100 формує два набори карт: карту поверхневого шару (30,5 см) і карту, що охоплює кореневу зону (91,5 см). Карту поверхневого шару найчастіше використовують для вибору місць забору проб, а карту кореневої зони – для визначення норми внесення добрив (особливо азотних) [5].

Постановка завдання. Метою досліджень є розробка ефективної інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Виклад основного матеріалу. Інформаційно-технічна система оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища – це пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця, який 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).

Найпопулярнішим пристроєм для моніторингу електропровідних характеристик ґрунтового середовища є Veris 3100 [7], основним робочим органом якого є система електродів, в якості яких використано плоскі диски з горизонтальною віссю обертання на стояку. Стояк жорстко закріплений до рами вимірювального пристрою у такий спосіб, що опорні колеса пристрою визначають глибину ходу дисків-електродів у ґрунті. За умови використання такого пристрою можлива значна похибка визначення електропровідних характеристик, яка зумовлена тим, що під час виконання робочого процесу порушується стабільність контакту диска-електрода з ґрунтом. Це спричинено поперечними відхиленнями робочих дисків-електродів від прямолінійного напрямку руху внаслідок недосконалої конструкції пристрою, а також відсутністю копіювання нерівностей поверхні поля дисками-електродами. Оскільки в разі поперечних

коливань плоскі диски-електроди однією стороною можуть взагалі не контактувати з ґрунтом, то змінюється площа контакту диска-електрода з ґрунтом.

Важливим під час вимірювання електропровідних характеристик ґрунтового середовища є забезпечення стабільної площі контакту робочих електродів з ґрунтом. Наявні конструкції не повністю виконують зазначені умови, що нега-

тивно впливає на достовірність отриманої інформації. Тому виникла необхідність розроблення такої конструкції, яка б забезпечувала стабільність контакту робочих електродів з ґрунтом під час вимірювання електропровідних властивостей ґрунтового середовища.

Для унаочнення недоліків наявної та переваг розробленої конструкції подано їхні схеми на рис. 3 і 4.

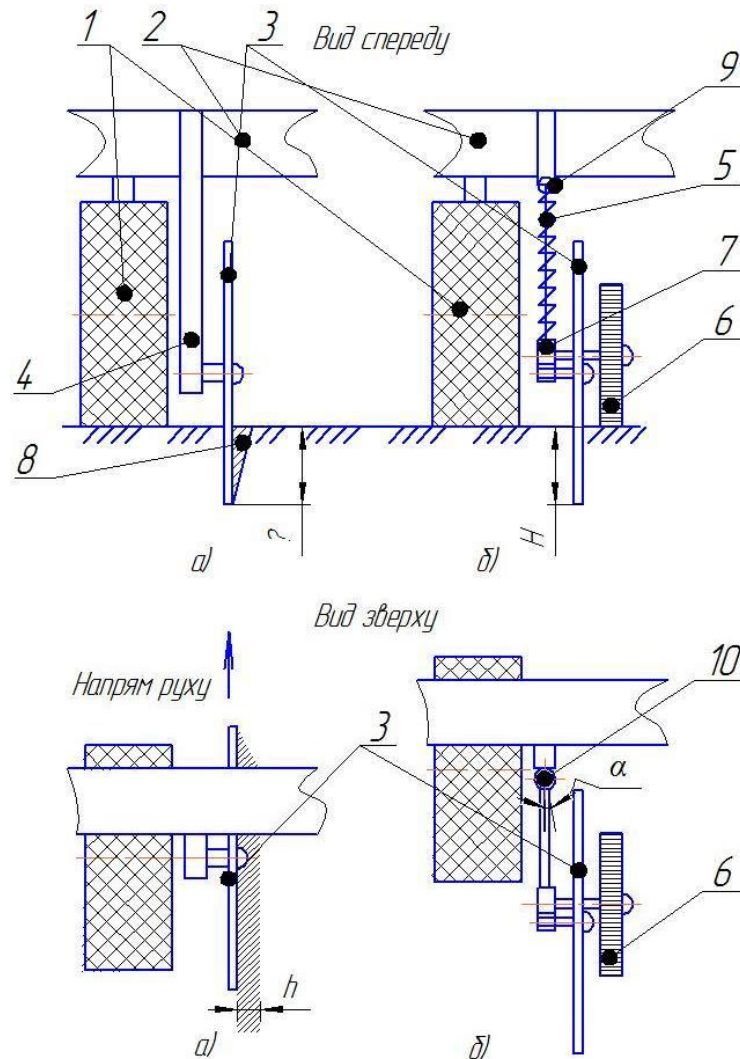


Рис. 3. Порівняльна схема пристрою для визначення електропровідних характеристик ґрунтового середовища (вид спереду, вид зверху):

- a)* наявна конструкція; *б)* розроблена конструкція;
 1 – опорне колесо; 2 – рама; 3 – робочий електрод; 4 – стійка; 5 – вертикальна стійка підвіски;
 6 – копіювальне колесо; 7 – регулювальний механізм глибини колеса;
 8 – утворена робочим електродом борозна; 9 – верхній шарнір; 10 – нижній шарнір

Fig. 3. Comparative scheme of the device for determining the conductive characteristics of the soil environment (front view, top view):

- a)* available design; *b)* the design is developed;
 1 – support wheel; 2 – frame; 3 – working electrode; 4 – stand; 5 – vertical suspension of suspension;
 6 – copier wheel; 7 – adjustment mechanism of the depth of the wheel;
 8 – furrow formed by a working electrode; 9 – upper hinge; 10 – lower hinge

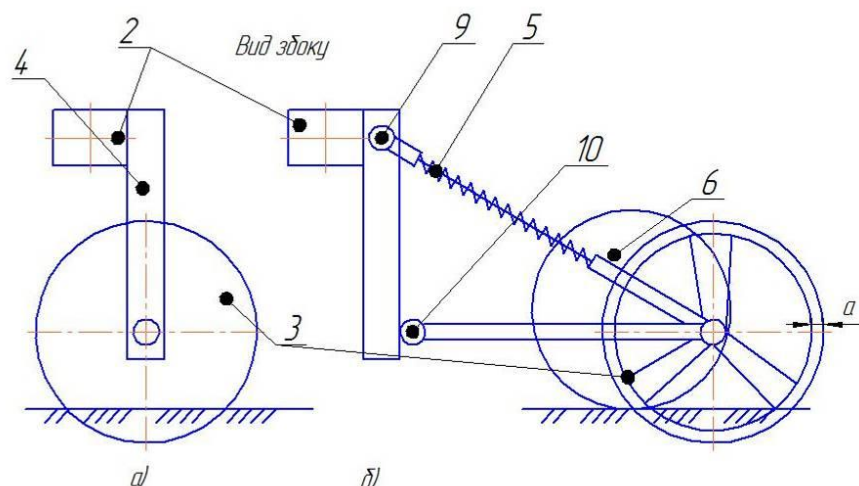


Рис. 4. Порівняльна схема пристрою для визначення електропровідних характеристик ґрунтового середовища (вид збоку):
 а) наявна конструкція; б) розроблена конструкція;
 2 – рама; 3 – робочий електрод; 4 – стійка; 5 – вертикальна стійка підвіски;
 6 – опорне колесо; 9 – верхній шарнір; 10 – нижній шарнір

Fig. 4. Comparative scheme of the device for determining the conductivity characteristics of the soil environment (side view):

а) available construction; б) the design is developed;
 2 – frame; 3 – working electrode; 4 – stand; 5 – vertical suspension of suspension;
 6 – support wheel; 9 – upper hinge; 10 – lower hinge

З використанням копіювальних коліс 6 (рис. 3, б) у розробленій конструкції чітко забезпечується глибина H руху робочих електродів у ґрунті. У наявній конструкції (рис. 3, а) глибина H змінюється внаслідок кутів деферента, зумовлених коливанням та поперечним переміщенням конструкції системи під час руху нерівностями поверхні поля. У розробленій конструкції цей недолік усунуто внаслідок компенсації таких кутів частково за рахунок підвіски, а частково – верхніми 9 та нижніми 10 шарнірами розробленого пристрою (рис. 4, б), які дають можливість компенсувати поперечне відхилення a в межах 15...20 градусів (див. рис. 3, б), при цьому забезпечивши стабільний контакт електродів із ґрунтом.

Загальними принциповими відмінностями розробленої інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища – пристрою для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища – ϵ (див. рис. 3, 4):

- наявність копіювального колеса б, яке визначає глибину ходу робочого електрода в ґрунті H ;

- підвіска опорного колеса та робочих електродів конструкції;

- триспицевий тонкостінний металевий диск з ободом для забезпечення стабільної площі контакту електродів з ґрунтом;

- шарнірне розміщення важільної підвіски робочих електродів з ґрунтом для компенсації інформаційно-технічною системою оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища кутів крену, деферента та ристання, зумовлених рухом машинно-тракторного агрегату, а також забезпечення стабільного контакту робочих електродів із ґрунтом.

З використанням розробленої інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища досягається такий технічний результат:

- забезпечення стабільного контакту електродів з ґрунтом унаслідок компенсації кутів крену, деферента та ристання, зумовлених рухом технічної системи;

- визначення глибини входження робочого електрода в ґрунт з використанням копіювального колеса;

- зменшення приросту площі робочого електрода, виконаного у вигляді диска, на одиницю глибини/входження в ґрунт унаслідок застосування триспицевого тонкостінного металевого диска з ободом у розробленій конструкції;

- відсутність утворення борозни робочими електродами внаслідок компенсації кута α (див. рис. 3, б) верхніми та нижніми шарнірами підвіски.

Розроблений пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища дає змогу оперативно визначити зони варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища, забезпечити «індивідуальний» підхід до кожної елементарної ділянки поля з використанням даних електропровідних властивостей

ґрунтового середовища та ідентифікувати їх подальшим лабораторним аналізом (рис. 4). Таке технологічне рішення забезпечує можливість оптимального керування нормою внесення технологічного матеріалу (насіння, добрива тощо) із врахуванням агробіологічного стану ґрунтового середовища.

Функціональна схема розробленої інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища як мехатронної системи представлена на рис. 5.

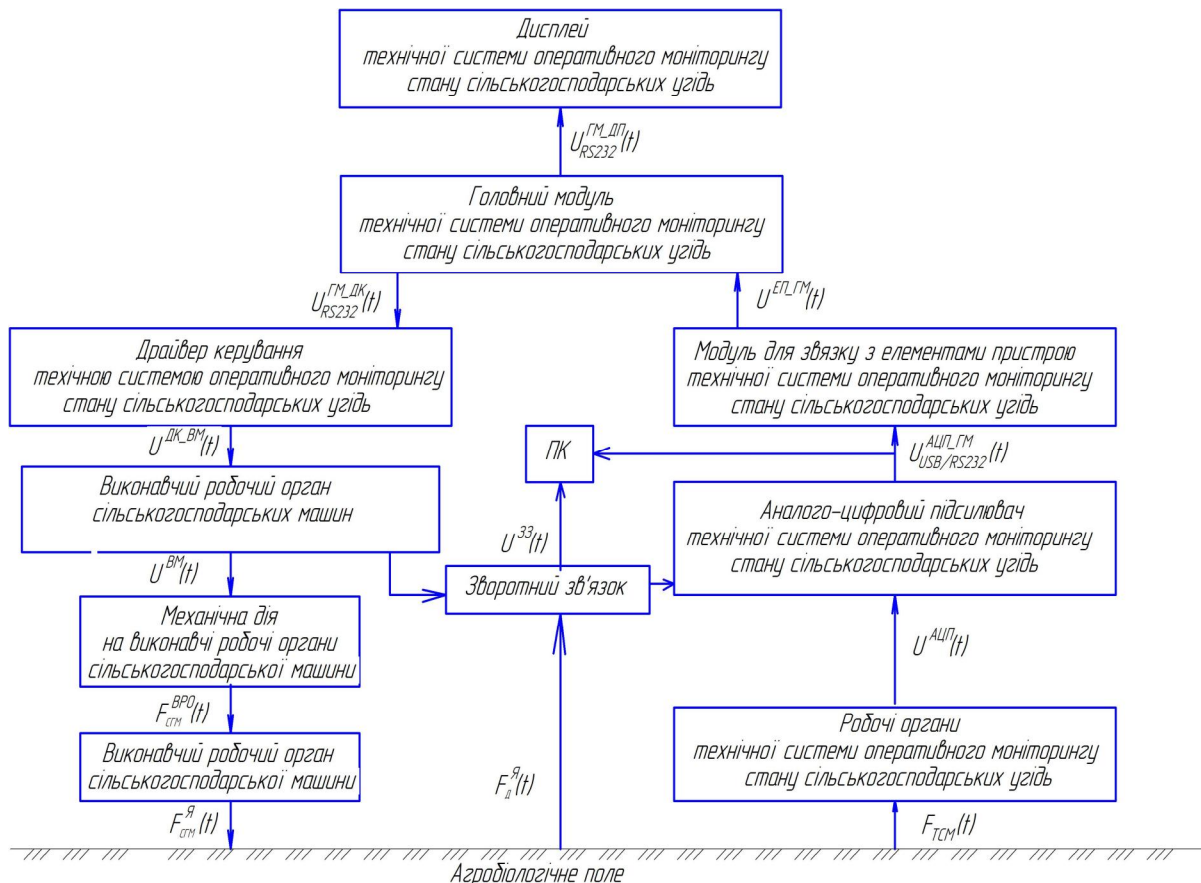


Рис. 5. Розроблена функціональна схема інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища

Fig. 5. Developed functional scheme of the information and technical system of operational monitoring of the agrobiological state of the soil environment

Сигнал від робочих органів технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь перетворюється на аналого-цифровий сигнал блока керування технічної системи. Після підсилення цей сигнал передається до головного модуля технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Для наочного відображення результатів виконання технологічних операцій використовується дисплей.

Головний модуль технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь передає сигнал на драйвер керування технічною системою. Від драйвера керування сигнал надходить на виконавчий механізм технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь (сервопривід), який через механічний зв'язок забезпечує дію на робочий орган сільськогосподарської машини, що виконує технологічну операцію:

$$U_a^b(t) = U(t_b - t_a) = \int_{t_a}^{t_b} \left| F_{TCM}(t) + U^{АЦП}(t) + U_{USB/RS232}^{АЦП-ГМ}(t) + U^{ЕП-ГМ}(t) + U_{RS232}^{ГМ-ДП}(t) + U_{RS232}^{ГМ-ДК}(t) + U^{ДК-ВМ}(t) + U^{ВМ}(t) + F_{СГМ}^{ВРО}(t) + F_{СГМ}^Я(t) + F_{Д}^Я(t) + U^{33}(t) \right| dt \leq m(t_a). \quad (1)$$

Функція оптимального керування матиме такий вигляд:

$$U_{ОПТ}(t) = F_{TCM}(t) + U^{АЦП}(t) + U_{USB/RS232}^{АЦП-ГМ}(t) + U^{ЕП-ГМ}(t) + U_{RS232}^{ГМ-ДП}(t) + U_{RS232}^{ГМ-ДК}(t) + U^{ДК-ВМ}(t) + U^{ВМ}(t) + F_{СГМ}^{ВРО}(t) + F_{СГМ}^Я(t) + F_{Д}^Я(t) + U^{33}(t), \quad (2)$$

де $F_{TCM}(t)$ – функція, яка описує функціонування технічної системи оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь під час виконання технологічної операції; $U^{АЦП}(t)$ – функція, яка описує вихідний сигнал, отриманий від робочих електродів технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь до аналого-цифрового підсилювача перетворювача за допомогою екранованих проводів; $U_{USB/RS232}^{АЦП-ГМ}(t)$ – функція, яка описує вихідний сигнал, отриманий від аналого-цифрового підсилювача-перетворювача технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь, та передає його до модуля зв'язку з технічними системами оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь з використанням порту $RS232$ чи до персонального комп'ютера за допомогою порту USB ; $U^{ЕП-ГМ}(t)$ – функція, що описує зв'язок елементів пристрою з головним модулем технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь; $U_{RS232}^{ГМ-ДП}(t)$ – функція, яка описує сигнал, отриманий від головного модуля до дисплея керування технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь; $U_{RS232}^{ГМ-ДК}(t)$ – функція, яка описує сигнал, отриманий від головного модуля до драйвера керування технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь; $U^{ДК-ВМ}(t)$ – функція, яка описує вихідний сигнал, отриманий від драйвера керування до виконавчих робочих органів технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь; $U^{ВМ}(t)$ – функція зміни напруги керування виконавчим механізмом технічної системи оперативного моніторингу (у цьому випадку електродвигун або сервопривід); $F_{СГМ}^{ВРО}(t)$ – функція, яка описує керування виконавчими робочими органами сільськогосподарської машини, що виконує технологічну операцію (ланцюгові передачі, варіатор, інша меха-

нічна частина); $F_{СГМ}^Я(t)$ – функція, яка описує механічну дію виконавчих робочих органів сільськогосподарської машини та її вплив на якість виконання технологічного процесу; $F_{Д}^Я(t)$ – функція, що описує інформацію від датчика якості виконання технологічної операції, який розміщується на сільськогосподарській машині, 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 $U_{USB/RS232}^{АЦП-ГМ}(t)$ та передається на головний модуль; $ПК$ – персональний комп'ютер, що отримує інформацію від функції $U_{USB/RS232}^{АЦП-ГМ}(t)$, яка описує вихідний сигнал, отриманий від аналого-цифрового підсилювача-перетворювача технічної системи оперативного моніторингу.

Висновки. Розроблений пристрій належить до галузі механізації сільського господарства і може бути використаний для моніторингу фізико-механічного та агробіологічного стану ґрунтового середовища за допомогою вимірювання електропровідних властивостей ґрунту та виділення зон варіабельності ґрунтового середовища по поверхні поля. З використанням запропонованого пристрою можна отримати достовірні дані про стан ґрунтового середовища завдяки зменшенню похибки під час визначення електропровідних властивостей ґрунту, забезпеченню індивідуальної стабілізації робочих електродів та механізму піднімання/опускання робочих електродів, копіювання нерівностей ґрунтового середовища, зменшенню інтенсивності руйнування структури ґрунту, самоочищенню робочого контакту електрода й забезпеченню стабільності електричного контакту електрода з ґрунтом внаслідок удосконалення конструкції приладу.

Бібліографічний список

1. Адамчук В. В., Мойсеєнко В. К., Кравчук В. І., Войтюк Д. Г. Техніка для землеробства майбутнього. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2002. Вип. 86. С. 20–32.
2. Броварець О. Від безплужного до глобального розумного землеробства. *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 грунтов. *Почвоведение*. 1955. № 4. С. 103.
6. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. 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 Международной научно-практической конференции 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 почвенно-мелиоративных 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-виробництва*. Київ: Аграрна наука, 1999. С. 348–349.
10. Медведев В. В. Неоднородность почв и точное земледелие. Ч. 1: Введение в проблему. Харьков: 13 типография, 2007. 296 с.
11. Ормаджи К. С. Контроль качества полевых работ. Москва: Росагропромиздат, 1991. 191 с.
12. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / за ред. В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Ковалю. Київ: Аграрна наука, 2004. 398 с.
13. Brovarets O., Chovnyuk Yu. 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, No. 2. P. 79–90.
14. Brovarets O., Chovnyuk Yu. 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, No. 4. P. 13–18.
15. Brovarets O. Organizational and technological background of project configuration management for freighting. *Teka*. 2017. Vol. 17, No. 3. P. 49–53.
16. Brovarets O., Chovnyuk Yu. Technical-economic models of business management in the processes of agricultural production. *ECONTECHMOD: an international quarterly journal*. 2017. Vol. 6, No. 3. P. 61–70.
17. Ewart G. Y., Baver L. D. Salinity Effects on soil moisture electrical resistance relationships. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 1950. Vol. 15. P. 56–63.
18. Hertz A. C., Hibbard J. D. A Preliminary assessment of the economics of variable rate technology for applying phosphorus and potassium in corn production. *Farm Economics*. Champaign-Urbana: Department of Agricultural Economics, University of Illinois, 1993. Is. 14. P. 218–231.
19. Rhoades J. D., Schifgaarde J. Van. An electrical conductivity probe for determining soil salinity. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 1976. No. 5. P. 647–651.
20. Wilcox G. G. Determination of electrical conductivity of soil solutions. *Soil Science*. 1947. Vol. 63. P. 107.

Броварець О.

**ФУНКЦІОНАЛЬНА СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ
ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ АГРОБІОЛОГІЧНОГО СТАНУ
ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА**

Існуючі способи відбору проб ґрунту за прийнятими методиками не враховують варіабельності стану ґрунтового середовища. Завдання дослідження – отримання достовірних даних про агробіологічний стан ґрунтового середовища за допомогою зменшення похибки під час визначення електропровідних властивостей ґрунту, забезпечення індивідуальної стабілізації робочих електродів та механізму піднімання/опускання робочих електродів, копіювання нерівностей ґрунтового середовища, зменшення інтенсивності руйнування структури ґрунту, самоочищення робочого контакту електрода й забезпечення стабільності електричного контакту електрода з ґрунтом внаслідок удосконалення конструкції приладу. Поставлене завдання досягається завдяки використанню інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця.

Розроблений пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища можна використовувати: перед виконанням технологічної операції, одночасно з виконанням технологічної операції

(сівба, внесення мінеральних добрив тощо), протягом вегетації та після збирання врожаю. Це відкриває нові перспективи ведення органічного землеробства з використанням «розумних» сільськогосподарських машин.

Ключові слова: інформаційно-технічна система, оперативний моніторинг, проби ґрунту, варіабельність значення.

Brovarets A.

**JUSTIFICATION OF FUNCTIONAL STRUCTURE OF THE INFORMATION
AND TECHNICAL SYSTEM OF AGROBIOLOGICAL STATE
OPERATIONAL MONITORING OF THE SOIL**

Existing methods of controlling the agrobiological state of the soil and sampling of soil using available techniques do not take into account the variability of their parameters in the area of agricultural land. In order to realize the technology of differentiated introduction of technological material, a simplified method of uniformly dispersing the field surface at the squares level is used for further diagnostics and field control using such differentiation. On the one hand, such a division is due to the convenience and simplicity of the method, on the other hand, the lack of reliable field data and, accordingly, the instrument for splitting the field according to other criteria based on the original data.

It is proposed to obtain reliable data on the agrobiological state of the soil environment by reducing the error in determining the magnitude of electrical conductive properties of the soil, providing individual stabilization of the working electrodes and the mechanism of lifting / lowering working electrodes, copying inequalities of the soil environment, reducing the intensity of the destruction of the soil structure, self-cleaning the working contact of the electrode, and ensuring stability. electric contact of the electrode with the soil, by improving the structure device. The task is achieved by using the information and technical system of operational monitoring of the soil environment of the design of Alexander Brovarets.

The device for the determination of the conductive properties of the soil environment proposed structures are used: before the execution of the technological operation, simultaneously with the implementation of technological operations (sowing, application of mineral fertilizers, etc.); during the growing season and after harvesting.

This opens new prospects for organic farming using such «smart» agricultural machines.

Key words: information-technical system, operational monitoring, soil samples, variability in magnitude.

Стаття надійшла 04.10.2018