

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПИТОМОЇ
ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ АГРОБІОЛОГІЧНОГО
ГРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА СТАЦІОНАРНИМ
КОНТАКТНИМ МЕТОДОМ РОБОЧИХ ЕЛЕКТРОДІВ
ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЛОКАЛЬНОГО
ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ**

Броварець О. О., к. т. н.

Київський кооперативний інститут бізнесу і права

e-mail: brovaretsnau@ukr.net

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

Очевидно, що за таких умов виникає необхідність у принципово нових підходах до ведення агропромислового виробництва, що полягає у забезпеченні належної якості 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.

Це відкриває нові перспективи до ведення органічного землеробства з використанням таких «розумних» сільськогосподарських машин.

У зв'язку, з цим ставиться завдання отримання достовірних даних про агробіологічний стан ґрунтового середовища шляхом зменшення похибки при визначенні величини 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 електроду і забезпечення стабільності електричного контакту електроду з ґрунтом, шляхом удосконалення конструкції приладу. Поставлене завдання досягається шляхом використання інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища для визначення електропровідних характеристик ґрунтового середовища.

Метою даного дослідження є визначення критичного навантаження при втраті стійкості тонкостінними робочими електродами виконаними у вигляді робочих електродів різної форми (тонкостінних суцільних, трьохспицевих та чотирьохспицевих дисків з різною товщиною ободу) інформаційно-технічної системи локального-оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища різної конфігурації при односторонньому стисканні.

Ключові слова – інформаційно-технічна система, локальний оперативний моніторинг, ґрунт, проби, варіабельність, величина, дослідження.

Постановка проблеми. Один з головних підходів при застосуванні технологій точного землеробства – оптимізувати урожайність і забезпечити екологічну якість сільськогосподарської продукції із врахуванням зон управління сільськогосподарським полем. У цьому аспекті важливу роль відіграє визначення ґрунтової електричної провідності для визначення величини прибутку на основі даних просторової мінливості та вмісту поживних речовин у ґрунті. Знання певної структура варіабельності ґрунтового покриву дозволяє прийняти ефективні рішення для управління агробіологічним потенціалом сільськогосподарських угідь [1].

Огляд сучасних літературних джерел та наукових розробок [1] показує, що останніми роками відбувається процес інтеграції натурального (органічного, або біологічного), біодинамічного, екстенсивного, інтенсивного (промислового) та no-till землеробства з новітніми технологіями, зокрема з інформаційно-технічними системами локального оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь. При цьому останній напрям є найбільш актуальним та перспективним для умов України.

Сучасне сільськогосподарське виробництво передбачає широке використання автоматизованих систем для моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Втілення сучасних технологій землеробства дозволяє планувати витрати насіннєвого матеріалу, добрив, пестицидів та інших технологічних матеріалів, у тому числі палива, визначати

загальну стратегію управління агробіологічним потенціалом поля тощо. Проте, на сьогодні при реалізації даних технологій бракує ефективних систем збору та реєстрації (моніторингу) місцевизначеної інформації (агробіологічної та фітосанітарної) про стан сільськогосподарських угідь у технологіях точного землеробства. Існуючі способи і засоби реалізації цього процесу недосконалі [2-4].

У цьому сенсі набуває актуальності розробка та використання принципово нового класу сільськогосподарських машин – інформаційно-технічних систем локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

У зв'язку із цим важливим завданням є розробка і обґрунтування сучасної інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

Аналіз останніх досліджень. Структура ґрунту змінюється в значних межах на багатьох сільськогосподарських полях. Фізичні властивості ґрунту, як наприклад ґрунтова структура, мають прямий ефект на водомісткість, ємність катіонного обміну, урожайність тощо. Поживні речовини, що містяться у ґрунтах, використовуються рослиною і їх вміст у ґрунті зменшуються. Загальноприйнятою характеристикою вмісту поживних речовин у ґрунті є вміст азоту, наявність якого значною мірою визначає урожайність. Картографія ґрунтової електричної провідності, широко використовується як ефективний 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).

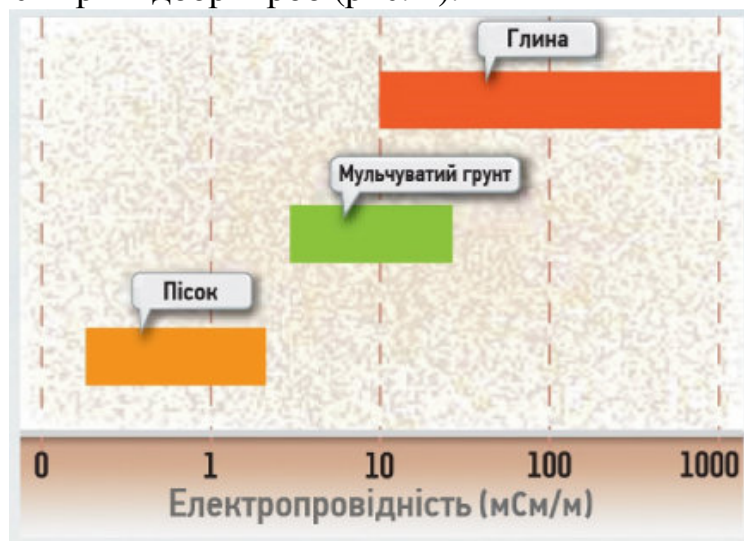


Рис. 1. Електропровідність ґрунту

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.

Для картографування ґрунту приладом EC Veris 3100 використовується позашляховик, який оснащено бортовим комп'ютером з технологією паралельного водіння, GPS-приймачем, (рис. 2) та причіпним агрегатом з дисками (з розміщеними в дисках електродами). При проведенні вимірювань, агрегат рухається по полю із зануреними в ґрунт дисками на глибину 2-5 см, одна пара ізольованих електродів вводить електричний струм у ґрунт, інші електроди вимірюють струм, що змінюється в залежності від опору ґрунту [4].

Причіпний агрегат Veris тягнеться по полю, одна пара ізольованих електродів вводить електрострум в ґрунт, а інша пара вимірює падіння напруги, яка буде відрізнятися – так наприклад, глина проводить струм краще, ніж мул або пісок. 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.



Рис. 2. Пристрій EC Veris 3100

Veris 3100 формує два набори карт – карту поверхневого шару (30,5 см) і карту захоплюючу кореневу зону (91,5 см). Карта верхнього шару часто використовується для вибору місць забору проб, а більш

глибока карта – для визначення норми внесення добрив (особливо азотних) [5].

Дані пристрої надто вартісні та дають значну похибку при вимірюваннях, це створює умови для подальшого дослідження даних систем.

Метою даного дослідження є розробка ефективної інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь конструкції Олександра Броварця.

Основна частина. Вимірювання електропровідних властивостей ґрунтового середовища. Електропровідність (soil conductivity) – це властивість матеріалу передавати (проводити) електричний струм, вимірювана в сименсах на метр (См/м) або в миллісименсах на метр (мСм/м).

Сфера використання пристрою для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця. Інформаційно-технічна система оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища 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.

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).

Пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища 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. 3).

Таблиця 1 – Методи моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь

№	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	Супутниковий моніторинг	1 знімок роздільною здатністю до 10 м	100*100	10-100	100-1000
3	Технічна система оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь	1000	10*10	0,1	100
4	Технічна система оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь	10000	1*1	0,1	1000

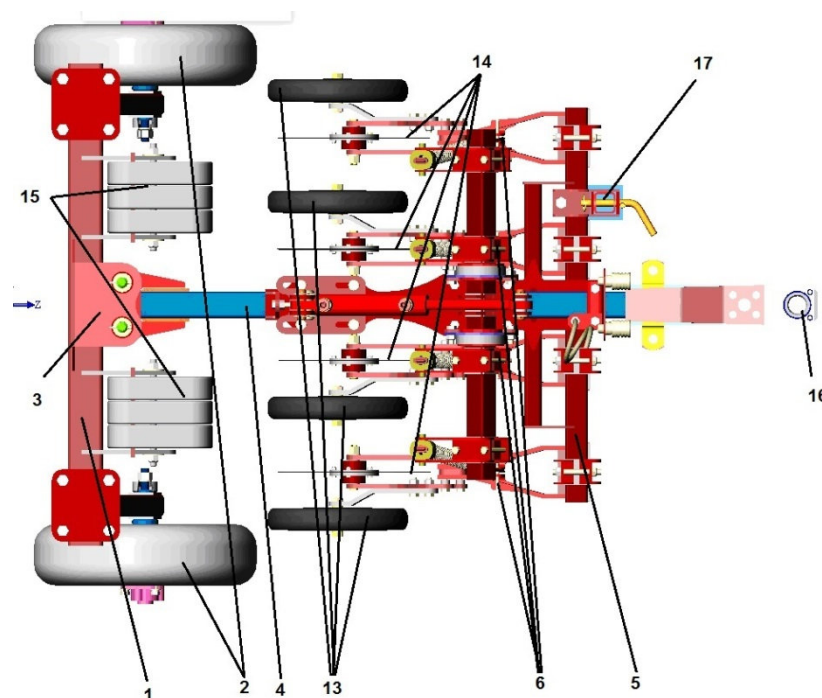


Рис. 3. Загальний вигляд інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища

Пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища 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. 3 зображено загальний вигляд технічної системи оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця (вид зверху), рис. 4 зображено загальний вигляд технічної системи оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця (вид збоку).

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

Технічна система оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця складається (рис. 4) 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.

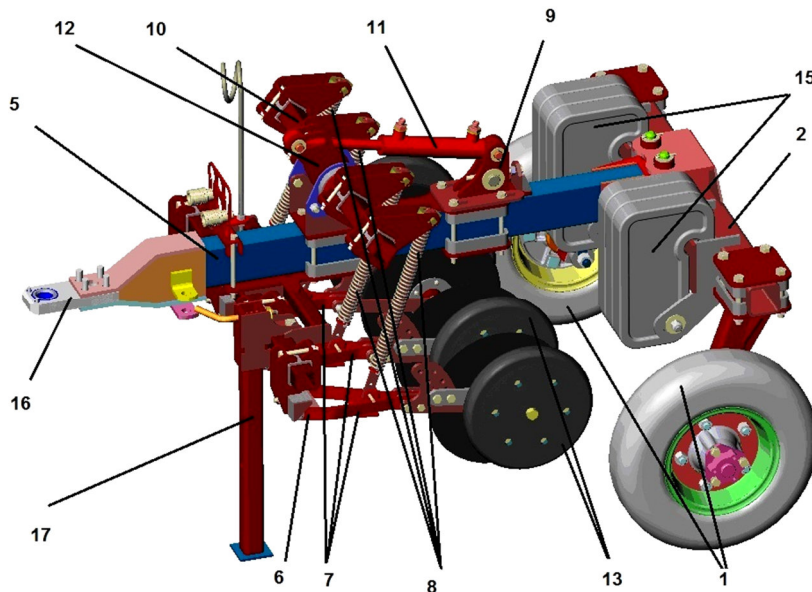


Рис. 4. Загальний вигляд інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища

При використанні такого пристрою є значна похибка при визначенні, яка обумовлена тим, що під час виконання робочого процесу порушується стабільність контакту диска-електрода з ґрунтом, що викликано поперечними відхиленнями робочих дисків-електродів відносно прямолінійного напрямку руху, обумовленого конструкцією пристрою, відсутністю копіювання нерівностей

поверхні поля дисками-електродами. При цьому змінюється площа контакту диска-електрода з ґрунтом, оскільки при поперечних коливаннях плоскі диски-електроди однією стороною можуть взагалі не контактувати із ґрунтом.

Важливим параметром при вимірюванні електропровідних характеристик ґрунтового середовища є забезпечення стабільної площі контакту робочих електродів з ґрунтом. Наявні конструкції не повністю виконують зазначені умови, що негативно впливає на достовірність отриманої інформації. У зв'язку з цим виникла необхідність у розробці конструкції, яка б забезпечувала стабільність робочих електродів з ґрунтом під час вимірювання електропровідних властивостей ґрунтового середовища.

Для унаочнення недоліків наявної конструкції та переваг розробленої конструкції подано їхні схеми на рис. 5.1, рис. 5.2, рис. 6.

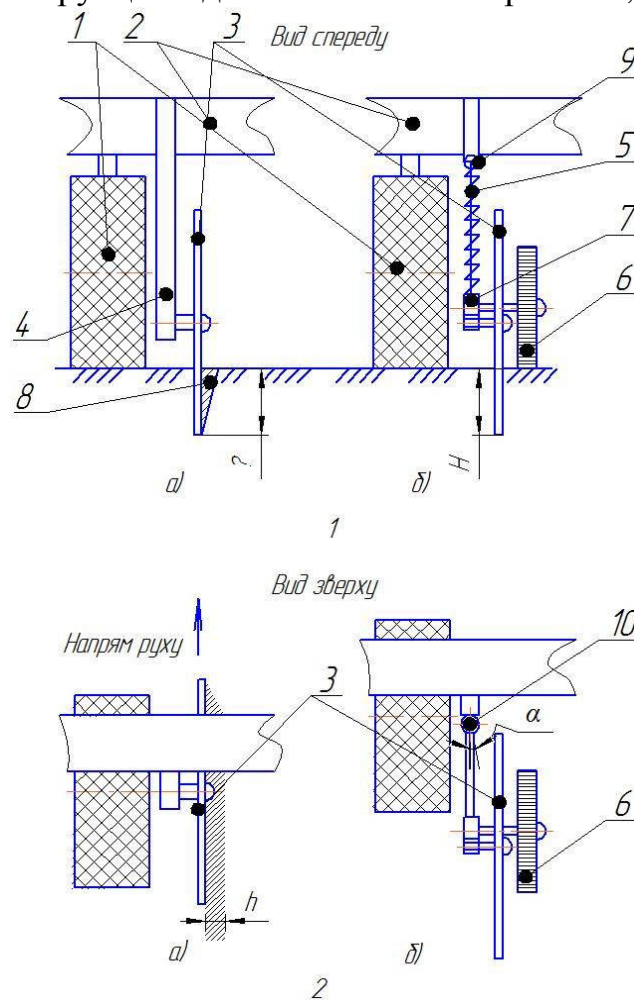


Рис. 5. Порівняльна схема пристрою для визначення електропровідних характеристик ґрунтового середовища (вид спереду, вид зверху): а) наявна конструкція; б) розроблена конструкція; 1 – опорне колесо; 2 – рама; 3 – робочий електрод; 4 – стойка; 5 – вертикальна стійка підвіски; 6 – копіювальне колесо; 7 – регулювальний механізм глибини колеса; 8 – утворена робочим

електродом борозна; 9 – верхній шарнір; 10 – нижній шарнір

Варто сказати, що наявна і розроблена (рис. 5.1, рис. 5.2, рис. 6) конструкція систем має ряд спільних елементів, зокрема спільними елементами є: 1 опorne колесо, 2 рама, 3 робочий електрод. Далі наявна система містить 4 стояк, який жорстко з'єднаний з рамою, тому при русі сільськогосподарськими угіддями така система може утворювати борозни шириною h , внаслідок виникнення кутів крену, деференту та рискання, зумовлених не прямолінійним рухом агрегатів, внаслідок їхнього відхилення або поворотів. У свою чергу, це сприяє виникненню похибок вимірювання електропровідних параметрів ґрунтового середовища, оскільки одна сторона диску взагалі не контактує з ґрунтом (рис. 5.2, а).

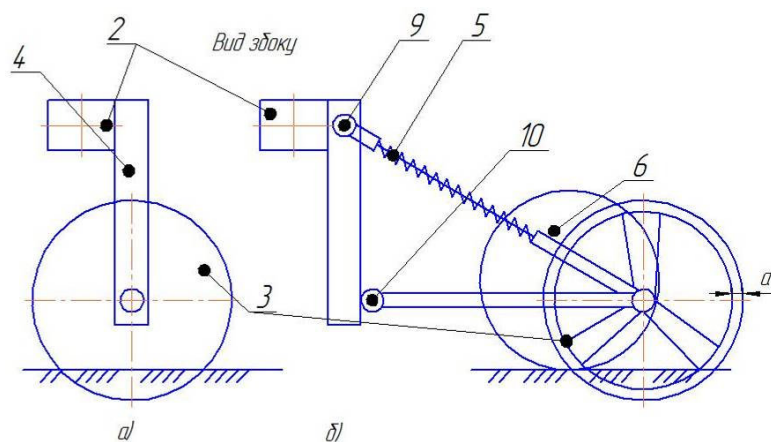


Рис. 6. Порівняльна схема пристрою для визначення електропровідних характеристик ґрунтового середовища (вид збоку): а) наявна конструкція; б) розроблена конструкція; 2 – рама; 3 – робочий електрод; 4 – стойка; 6 – опorne колесо; 5 – вертикальна стійка підвіски; 9 – верхній шарнір; 10 – нижній шарнір

У розробленій конструкції така проблема виключена внаслідок компенсації таких кутів частково за рахунок підвіски, а частково – верхніми та нижніми шарнірами підвіски розробленої конструкції, які дозволяють компенсувати поперечне відхилення α у межах 15-20 градусів, при цьому забезпечити стабільний контакт електродів з ґрунтом. З використанням копіювальних коліс 6 (рис. 4.1, 4.2, рис. 5) у наявній конструкції чітко забезпечується глибина H руху робочих електродів у ґрунті. У наявній конструкції (рис. 4.1, рис. 4.2, рис. 5.) вона змінюється внаслідок кутів деференту, обумовлених коливанням та поперечним переміщенням конструкції системи під час руху нерівностями поверхні поля.

Загальними принциповими відмінностями інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища – пристрою для

визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища ϵ :

1. Наявність копіювального колеса, яке визначає глибину ходу робочого електроду в ґрунті H .

2. Підвіска опорного колеса та робочих електродів.

3. Трьохспицевий тонкостінний металевий диск з ободом для забезпечення стабільної площі контакту електродів з ґрунтом.

4. Шарнірне розміщення важільної підвіски робочих електродів з ґрунтом для компенсації кутів крену, деференту та рискання, обумовлених рухом машинно-тракторного агрегату інформаційно-технічною системою оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця та забезпечення стабільного контакту робочих електродів з ґрунтом.

Метод розрахунку питомої електропровідності ґрунту (ρ) стаціонарним контактним методом.

Технічний результат, який досягається з використанням інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового ϵ :

1. Забезпечення стабільного контакту електродів з ґрунтом: внаслідок компенсації кутів крену, деференту та рискання, обумовлених рухом технічної системи.

2. Визначення глибини входження робочого електроду в ґрунт з використанням копіювального колеса.

3. Зменшення приросту площі на одиницю глибини/входження в ґрунт робочого електроду, обумовленого конструкцією трьохспцевого тонкостінного металевого диску з ободом у розробленій конструкції.

4. Відсутність утворення борозни робочими електродами внаслідок компенсації кута рискання верхніми та нижніми шарнірами підвіски кута α .

Пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища дає можливість 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.

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

Метод розрахунку питомої електропровідності ґрунту (σ) стаціонарним контактним методом.

Виведемо формулу для визначення питомої електропровідності. Спроекуємо еквівалентну розрахункову схему інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь ґрунтового середовища (рис. 7).

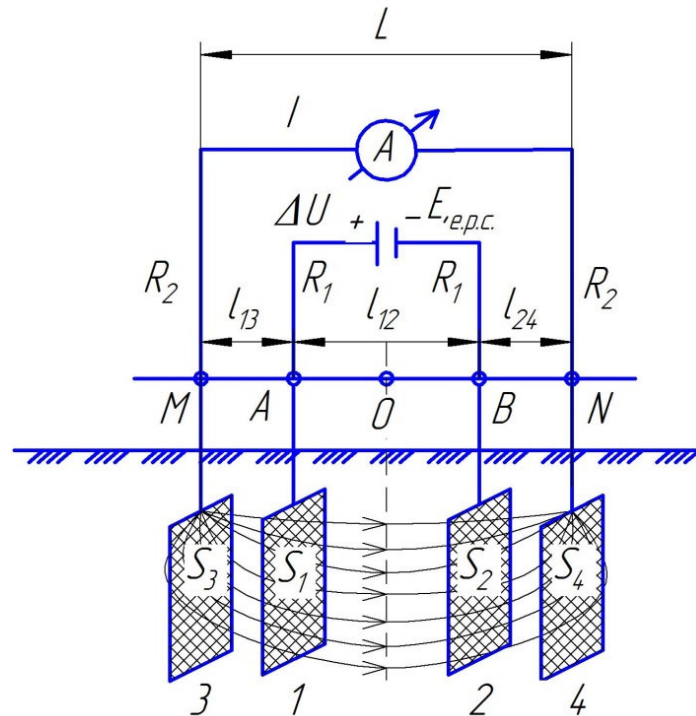


Рис. 7. Розрахункова схема вимірювання питомої електропровідності ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь з використанням інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь ґрунтового середовища

Спроекуємо еквівалентну розрахункову схему інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь ґрунтового середовища (рис. 8).

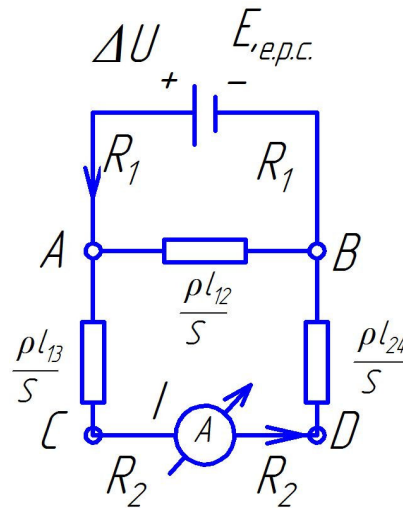


Рис. 8. Еквівалентна розрахункова схема інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь ґрунтового середовища

$$I = \frac{E_{e.p.c.}}{R_{nos} + r} = \frac{E_{e.p.c.}}{R_{AB} + 2R_1 + r}; \quad (1)$$

$$R_{AB} = \frac{\frac{\rho \cdot l_{12}}{S} \cdot \left(\frac{\rho \cdot l_{13}}{S} + \frac{\rho \cdot l_{24}}{S} + 2 \cdot R_2 + R_{AMП} \right)}{\left(\frac{\rho \cdot l_{12}}{S} + \frac{\rho \cdot l_{13}}{S} + \frac{\rho \cdot l_{24}}{S} + 2 \cdot R_2 + R_{AMП} \right)}; \quad (2)$$

$$U_{AB} = E_{e.p.c.} - I \cdot 2 \cdot R_1 - I \cdot r = E_{e.p.c.} - I \cdot (2 \cdot R_1 + r). \quad (3)$$

$$I_A = \frac{U_{AB}}{2 \cdot R_2 + \frac{\rho}{S} \cdot (l_{13} + l_{24})} = \frac{E_{e.p.c.} - I \cdot (2 \cdot R_1 + r)}{2 \cdot R_2 + \frac{\rho}{S} \cdot (l_{13} + l_{24})} = \frac{E_{e.p.c.} - \frac{E_{e.p.c.} \cdot (2 \cdot R_1 + r)}{R_{AB} + 2 \cdot R_1 + r}}{2 \cdot R_2 + \frac{\rho}{S} \cdot (l_{13} + l_{24})}; \quad (4)$$

$$I_A = \frac{E_{e.p.c.} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot R_1 + r}{R_{AB} + 2 \cdot R_1 + r} \right)}{\left(2 \cdot R_2 + \frac{\rho}{S} \cdot (l_{13} + l_{24}) \right)}; \quad (5)$$

$$I_A \cdot \left(2 \cdot R_2 + \frac{\rho}{S} \cdot (l_{13} + l_{24}) \right) = E_{e.p.c.} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot R_1 + r}{R_{AB} + 2 \cdot R_1 + r} \right). \quad (6)$$

Звідси,

$$R_{AB} = \frac{\frac{\rho \cdot l_{12}}{S} \cdot \left(\frac{\rho}{S} \cdot (l_{13} + l_{24}) + 2 \cdot R_2 + R_{AMП} \right)}{\left(\frac{\rho \cdot l_{12}}{S} \cdot (l_{13} + l_{24} + l_{24}) + 2 \cdot R_2 + R_{AMП} \right)}; \quad (7)$$

$$I_A \cdot \left(2 \cdot R_2 + \frac{\rho}{S} \cdot (l_{13} + l_{24}) \right) = \frac{E_{e.p.c.} \cdot R_{AB}}{R_{AB} + 2 \cdot R_1 + r}; \quad (8)$$

$$I_A \cdot \left(2 \cdot R_2 + \frac{\rho}{S} \cdot (l_{13} + l_{24}) \right) \cdot (R_{AB} + 2 \cdot R_1 + r) = E_{e.p.c.} \cdot R_{AB}; \quad (9)$$

Для спрощення розв'язку рівняння (9) вважаємо, що $(R_1, R_2, r) \ll \left(\frac{\rho \cdot l_{12}}{S}, \frac{\rho \cdot l_{24}}{S}, \frac{\rho \cdot l_{13}}{S} \right)$, тобто опір внутрішньої батареї, опори проводів (R_1, R_2) та R_{AMT} (ідеальна) $\rightarrow 0$.

Тобто задача суттєво спрощується.

$$R_{AB}^* = \frac{\frac{\rho \cdot l_{12}}{S} \cdot (l_{13} + l_{24})}{(l_{12} + l_{13} + l_{24})}. \quad (10)$$

Рівняння набуває вигляду:

$$I_A \cdot \left(\frac{\rho}{S} \cdot (l_{13} + l_{24}) \right) \cdot R_{AB}^* = E_{e.p.c.} \cdot R_{AB}^*; \quad (11)$$

$$\frac{\rho}{S} \cdot (l_{13} + l_{24}) = \frac{E_{e.p.c.}}{I_A}; \quad (12)$$

$$\rho = \frac{E_{e.p.c.} \cdot S}{I_A \cdot (l_{13} + l_{24})}. \quad (13)$$

Питома провідність ґрунту визначається згідно формули:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}. \quad (14)$$

Одиниці вимірювання:

$$[\sigma] = \frac{\text{Сімен}}{\text{м}}, [E_{e.p.c.}] = \text{В}, [I_A] = \text{А}, [l_{13}, l_{24}] = \text{м}, [S] = \text{м}^2.$$

Тоді

$$\sigma = \frac{I_A \cdot (l_{13} + l_{24})}{E_{e.p.c.} \cdot S}. \quad (15)$$

Знаючи l_{13} , l_{24} , S , $E_{e.p.c.}$ батареї та вимірюючи струм I_A знайдемо σ електропровідність ґрунту.

Висновки. Запропонована методика розрахунку питомої електропровідності агробіологічного ґрунтового середовища стаціонарним контактним методом робочих електродів інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу дозволить отримати достовірні дані про стан ґрунтового середовища, шляхом

зменшення похибки при визначенні величини електропровідних властивостей ґрунту; забезпечити індивідуальну стабілізацію робочих електродів та механізму піднімання/опускання робочих електродів; копіювання нерівностей ґрунтового середовища; зменшення інтенсивності руйнування структури ґрунту; самоочищення робочого контакту електроду і забезпечення стабільності електричного контакту електрода з ґрунтом, шляхом удосконалення конструкції приладу з використанням запропоновано методики.

Результатом використання пристрою для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища конструкції є отримання підвищення прибутку на 20-30% за рахунок оптимізації норми висіву технологічного матеріалу із врахуванням агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

Література:

1. Техніка для землеробства майбутнього / *В. В. Адамчук* та ін. // Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2002. Вип. 86. С. 20-32.

2. *Броварець О.* Від безплужного до глобального розумного землеробства // Техніка і технології АПК. 2016. № 10. С. 28-30.

3. *Броварець О. О.* Інформаційно-технічна система оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця // Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер. 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. [Дата введения 1986-01-01]. Москва, 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 И. П., Мироненко В. Г.* Автоматизована система локально-дозованого внесення добрив і хімічних засобів захисту

рослин // Розробки-виробництву. Київ: Аграрна наука, 1999. С. 348-349.

10. *Медведев. В. В.* Неоднородность почв и точное земледелие. В 2 ч. Ч. I. Введение в проблему. Харьков, 2007. 296 с.

11. *Орманджи 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 Y.* 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 O., Chovnyuk Y.* 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 O., Chovnyuk Y.* Chovnyuk. 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 O.* Organizational and Technological Background of Project Configuration Management for Freightling // Teka. 2017. Vol. 17, № 3. P. 49-53.

17. *Hertz A. C., Hibbard D. C. J.* A Preliminary Assessment of the Economics of Variable Rate Technology for Applying Phosphorus and Potassium in Corn Production // Farm Economics. 1993. Is. 14. P. 218-231.

18. *Wilcox G. G.* Determination of electrical conductivity of soil solutions // Soil Science. 1947. Vol. 63. 107 p.

19. *Ewart G. Y., Baver L. D.* Salinity Effects on soil moisture electrical resistance relationships // Soil Scien. Soc. Amer. 1950. Vol. 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.

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ
АГРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЧВЕННОЙ СРЕДЫ
СТАЦИОНАРНЫМ КОНТАКТНЫМ МЕТОДОМ РАБОЧИХ
ЭЛЕКТРОДОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО
МОНИТОРИНГА**

Броварец О. О.

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

Очевидно, что при таких условиях возникает необходимость в принципиально новых подходах к ведению агропромышленного производства, заключающихся 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. Это открывает новые перспективы для ведения органического земледелия с использованием таких «умных» сельскохозяйственных машин.

В связи с этим ставится задача получения достоверных данных о агробиологическом состоянии почвенной среды путем уменьшения погрешности при определении величины электропроводящих свойств почвы, обеспечения индивидуальной стабилизации рабочих электродов и механизма подъема / опускания рабочих электродов, копирования неровностей почвенной среды, уменьшения интенсивности разрушения структуры почвы, самоочистка рабочего контакта электрода и

обеспечения стабильности электрического контакта электрода с грунтом, путем усовершенствования конструкции прибора. Поставленная задача достигается путем использования информационно-технической системы оперативного мониторинга состояния почвенной среды для определения электропроводящих характеристик почвенной среды.

Целью данного исследования является определение критической нагрузки при потере устойчивости тонкостенными рабочими электродами выполненными в виде рабочих электродов различной формы (тонкостенных сплошных, трехспицевых и четырехспицевых дисков с разной толщиной обода) информационно-технической системы локального-оперативного мониторинга агробиологического состояния почвенной среды различной конфигурации при одностороннем сжатии.

**CALCULATION METHOD OF SPECIFIC ELECTRIC
CONDUCTIVITY OF AGROBIOLOGICAL SOIL ENVIRONMENT
STATIONARY CONTACT METHOD OF WORKING
ELECTRODES INFORMATION-TECHNICAL
LOCAL OPERATIONAL SYSTEMS MONITORING**

O. Brovarets

Summary

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. This opens new prospects for organic farming using such "smart" agricultural

machines.

In connection with this, the task is to obtain reliable data on the agrobiological state of the soil environment by reducing the error in determining the magnitude of the electrical conductive properties of the soil, providing individual stabilization of the working electrodes and the mechanism of lifting / lowering the working electrodes, copying inequalities of the soil environment, reducing the intensity of the destruction of the soil structure, self-cleaning of the working contact of the electrode and ensuring the stability of the electrical contact of the electrode with the soil, by instrument design perfection. 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 study is to determine the critical loading at the loss of stability by thin-walled working electrodes made in the form of working electrodes of various shapes (thin-walled solid, three-spit and four-spindle discs with different thickness of the rim). Information and technical system of local-operational monitoring of agrobiological state of soil environment of different configurations with one-side compression.