

### Список літератури

1. *Справочник механизатора-животновода* / [Мартынов В.М., Уткин А.А., Широков Ю.А.]. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 366 с.
2. *Сыроватка В.И.* Методика проведения испытаний машин для смешивания кормов / В.И. Сыроватка, Е.В. Алябьев. – М.: Научно-методический отдел ВИЭСХа, 1971. – 56 с.
3. *Новицький А.В.* Метод оцінки роботоздатності кормоподрібнюючих машин / А.В. Новицький // *Механізація сільськогосподарського виробництва*. – К.: НАУ. – 1998. – Т. IV. – С. 63–68.
4. *Новицький А.В.* Вивчення відмов кормодробарок з використанням теорії масового обслуговування / А.В. Новицький // *Технічний прогрес у сільському виробництві*. – Глеваха: ІМЕСГ УААН. – 1997. – С. 25–27.
5. *Бойко А.І.* Аналіз системних методів розрахунку надійності машин та обладнання / А.І. Бойко, А.В. Новицький, В.І. Мельник, З.В. Ружило, С.С. Карабиньох // *Вісник ХДТУСГ*. – Харків, 2003. – Вип. 15. "Підвищення надійності відновлюємих деталей машин". – С. 129–134.

*Рассмотрены проблемы выхода из строя основных рабочих органов решетных зернодробилка и их влияние на качество измельчения зерна.*

***Зернодробилка, решето, дробильные молотки, вентилятор, эксплуатация, износ.***

*The problems of failure of main working bodies reshetnyh grain crusher and their impact on quality of grain refinement.*

***Grain crusher, screen, crushing hammers, fan operation, wear.***

УДК 631.171:519.87

### ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА

***О.О. Броварець, кандидат технічних наук***

*У статті наведені теоретичні основи для опису електропровідних властивостей ґрунтового середовища отриманих шляхом моніторингу стану сільськогосподарських угідь та виведено емпіричні залежності для підвищення точності отриманих результатів.*

***Точне землеробство, моніторинг, електропровідні властивості, ґрунтове середовище.***

© О.О. Броварець, 2014

**Аналіз останніх досліджень.** Один з головних підходів при застосуванні технологій точного землеробства – оптимізувати урожайність і забезпечити екологічну якість сільськогосподарської продукції і зони 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 рішення для управління за допомогою технологій точного сільського господарства [1].

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 ґрунтів є вміст азоту, наявність якого у ґрунті значною мірою визначає урожайність. Картографія ґрунтової електричної провідності, широко використовується як ефективний засіб відображення ґрунтової структури і інших ґрунтових властивостей [2].

Швидкий опис мінливості сільськогосподарських угідь – важливий компонент для зональних методів управління, зокрема технологій точного землеробства.

Точне сільське господарство вимагає точних даних про вміст поживних речовин, яких бракує у ґрунті, щоб досягти максимального прибутку при найменших затратах. Очевидний, що датчик ґрунтової електропровідності – корисний інструмент в картографії ґрунтів, щоб ідентифікувати області варіабельності ґрунтових властивостей [3].

**Мета досліджень.** Нашою специфічною метою за цим дослідженням є отримання напівемпіричних моделей для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища на основі існуючих методик визначення електропровідних властивостей.

*Емпіричні залежності для визначення електропровідних властивостей.* Розглянемо  $n$ -контурний електричний ланцюг, що складається з джерела напруги  $e_i$ , активних резисторів  $R_{ik}$ , конденсаторів ємністю  $C_{ik}$  і котушок індуктивності  $L_{ik}$ .

Струм в  $i_i$ -м контурі:

$$i_i = \frac{dq_i}{dt} = \dot{q}_i \quad (i_i = 1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

де  $q_i$  – кількість електрики.

Енергія магнітного поля такого ланцюга:

$$T_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n L_{ik} \dot{q}_i \dot{q}_k \quad (2)$$

Енергія електричного поля:

$$U_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n \frac{1}{C_{ik}} \dot{q}_i \dot{q}_k . \quad (3)$$

Дисипативна функція, що характеризує втрату енергії на активному опорі:

$$F_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n R_{ik} \dot{q}_i \dot{q}_k . \quad (4)$$

Загальна сила і дисипативна функція зв'язані відношенням:

$$Q_{iR} = - \frac{\partial F_e}{\partial \dot{q}_i} \quad (5)$$

Уявна робота напруги в електричному ланцюгу:

$$\delta'A = \sum_{i=1}^n u_i \delta q_i . \quad (6)$$

Розглянуті характеристики механічної і електричної системи подібні. Для співставлення динамічних рівнянь електричного ланцюга можуть бути використані рівняння Лагранжа другого роду (рівняння Лагранжа-Максвелла), якщо за узагальненні координати прийняти кількість електрики  $q_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Для механічної системи:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) + \frac{\partial U}{\partial q_i} + \frac{\partial F}{\partial \dot{q}_i} = Q_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) . \quad (7)$$

Для електричної системи:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T_e}{\partial \dot{q}_i} \right) + \frac{\partial U_e}{\partial q_i} + \frac{\partial F_e}{\partial \dot{q}_i} = e_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) . \quad (8)$$

Останнє рівняння виражає другий закон Кіргофа для електричного ланцюга: алгебраїчна сума електрорушійної сили в будь-якому контурі рівна алгебраїчній сумі падіння напруги на елементах контуру. Кінетична енергія механічної системи відповідає енергії магнітного поля, потенціальна енергія – енергії електричного поля, дисипативній функції – функція  $F_e$  і узагальнена сила  $Q_i$  – електрорушійна сила  $e_i$ . Рівняння для системи з однією системою вільності ( $n=1$ ) має вигляд:

$$a\ddot{q} + b\dot{q} + cq = Q(t) \quad (9)$$

і

$$L\ddot{q} + R\dot{q} + \frac{1}{C} q = e(t) . \quad (10)$$

Рівняння описує вимушені коливання механічної системи з однією ступінню вільності, рівняння – вимушених коливань в одно контурному ланцюгу. Для електричної системи з  $n$  парами вузлів, у якій за узагальнені координати вибрана електрична напруга  $u_i$ , маємо наступні вирази.

Енергія магнітної напруги:

$$T_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n C_{ik} \dot{u}_i \dot{u}_k. \quad (11)$$

Енергія електричного поля:

$$U_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n \frac{1}{L_{ik}} \dot{u}_i \dot{u}_k. \quad (12)$$

Дисипативна функція, що характеризує втрату енергії на активному опорі:

$$F_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n R_{ik} \dot{u}_i \dot{u}_k. \quad (13)$$

Тут кінетична енергія механічної системи відповідає енергії електричного поля, потенціальна енергія – енергія магнітного поля, узагальнена сила – швидкість зміни струму. Рівняння Лагранжа другого роду для електричної системи по аналогу «сила-струм» виражає перший закон Кіргофа: алгебраїчна сума струмів в узлі рівна нулю.

Диференціальне рівняння для електричного ланцюга з однією парою вузлів:

$$C\ddot{u} + \frac{1}{R}\dot{u} + \frac{1}{L}u = \frac{di}{dt}. \quad (14)$$

В таблиці наведені вирази для потенціальної та кінетичної енергії, дисипативної функції і узагальнених сил системи з однією ступінню вільності для різних типів аналогів.

**Вираз для аналогій «сила-напруга» і «сила-струм».**

| Системи і аналоги         | Узагальнені координати | Узагальнена сила | Кінетична енергія         | Потенціальна енергія          | Дисипативна функція                 |
|---------------------------|------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Механічна                 | $q(t)$                 | $Q(t)$           | $\frac{1}{2} m \dot{q}^2$ | $\frac{1}{2} c q^2$           | $\frac{1}{2} b \dot{q}^2$           |
| Електрична «сила-напруга» | $q(t)$                 | $e(t)$           | $\frac{1}{2} L \dot{q}^2$ | $\frac{1}{2} \frac{1}{C} q^2$ | $\frac{1}{2} R \dot{q}^2$           |
| Електрична «сила-струм»   | $u(t)$                 | $\frac{di}{dt}$  | $\frac{1}{2} C \dot{u}^2$ | $\frac{1}{2} \frac{1}{L} u^2$ | $\frac{1}{2} \frac{1}{R} \dot{u}^2$ |

*Електромеханічні системи.* Поєднання механічної і електромеханічної системи в робочий блок, в якому перетворюється механічна енергія в електромагнітну називається електромеханічною системою.

Для системи з  $n$  ступенями вільності рівняння вимушених коливань має вигляд

$$A\ddot{q} + B\dot{q} + Cq = F(t). \quad (15)$$

де  $F(t)$  – матриця-стовпчик узагальнених зовнішніх сил.

*Оперативний метод рішення.* Застосування перетворення Лапласа до диференціальних рівнянь приводить до системи лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$(Ap^2 + Bp + C)q_*(p) = F_*(p) + (Ap + B)q_0 + A\dot{q}_0. \quad (16)$$

де  $q_*(p)$  і  $F_*(p)$  – матриця-стовпчик зображення, відповідаюча матриця  $q(t)$  і  $F(t)$ ; вектори  $q_0$  і  $\dot{q}_0$  визначають початкові умови. Вирішують отриману систему, наприклад по правилу Крамера, знаходимо вектор зображення  $q_*(p)$ . Використання зворотного перетворення Лапласа дає шукане рішення.

*Метод функцій Гріна.* Частко рішення рівняння можна представити у вигляді:

$$q_i(t) = \sum_{k=1}^n \int_0^t h_{ik}(t, \tau) F_k(\tau) d\tau. \quad (17)$$

Складається із лінійних пружин і демпферів, з'єднання певним чином. Різні з'єднання дозволяють моделювати різні рівняння, що зв'язують напругу деформації  $\sigma$ , деформацію  $\varepsilon$  і продуктивність по часу. Комплексна питома діелектрична провідність пористої речовини залежить від двох компонентів [4]:

$$\varepsilon^* = \varepsilon_r - j\varepsilon_i. \quad (18)$$

де  $\varepsilon^*$  – комплексна діелектрична питома провідність  $\varepsilon^* = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$  (безрозмірна);  $\varepsilon$  – питома провідність пористого матеріалу ( $F/m$ );  $\varepsilon_0$  – питома провідність вільної ділянки ( $8.854 \times 10^{-12} F/m$ );  $j$  – уявне число ( $\sqrt{-1}$ );  $\varepsilon_r$  – дійсний компонент  $\varepsilon^*$ ;  $\varepsilon_i$  – пов'язаний з втратою енергії, викликаній переважно двома коефіцієнтами, молекулярним ослабленням і провідністю постійного струму [5]:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{i, mr} + (\sigma / 2\pi f \varepsilon_0). \quad (19)$$

де  $\varepsilon_{i, mr}$  – відносна питома провідність завдяки молекулярному ослабленню (безрозмірно);  $\sigma$  – низька частотна провідність (См/м);  $f$  – частота (Гц).

Справжня частина діелектричної питомої провідності  $\varepsilon_r$  безпосередньо зачеплена з вмістом води, вміст води складає близько 80% і тільки близько 4,4-6% загальних мінералів [6] землі, поки змінна частина впливає на солоність ґрунту. Використовуючи ці принципи можливо опосередковано оцінити вміст води у ґрунті залежно від дійсної маси  $\varepsilon_r$  і від питомої провідності пористого матеріалу  $\varepsilon$ , який можна використовувати для оцінки засоленості земель. Метод Гідра Проб – це електричний імпульсний датчик, який діє у виправленій частоті 50 MHz. Це найбільш дешевий у використанні спосіб, який використовується, щоб оцінити об'ємний вміст ґрунтової води  $\varepsilon_r$  і  $\varepsilon_i$  за допомогою використання емпіричних визначень залежностей [7].

Важливою проблемою визначення методом Гідра Проб є те, що результати необхідно ідентифікувати за формулою (18), тобто молекулярне ослаблення і низьку частотну провідність, не можливо розділяти від один одного. Часто припускається, що вклад  $\varepsilon_{j, \text{nr}}$  і  $\varepsilon_i$  дуже малий [8]. Провідність в Гідра Проб тоді вирахована від тільки уявної питомої провідності [9]:

$$\sigma_d = (\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0) \quad (20)$$

де  $\sigma_d$  – діелектрична провідність (См/м).

Формула (20) придатна для прогнозу провідності із Гідра Проб [10]. Діелектрична провідність ( $\sigma_d$ ) у формулі (19) звичайно рівноцінна до електричної провідності (тобто від формулі (19) ґрунту в межах певного класу більшості ґрунтів [11]. Тому, краще припустити, що діелектрична провідність ( $\sigma_d$ ) рівноцінна до наявної питомої електричної провідності землі ( $\sigma_a$ ).

Видиму масова електрична провідність землі може відділятися в двох компонентах [12]:

$$\sigma_A = \chi \sigma_w + \sigma_s. \quad (21)$$

де  $\chi$  – геометричний коефіцієнт, який враховує нерегулярне розповсюдження води в порах ґрунту;  $\sigma_w$  – електрична провідність (См/м);  $\sigma_s$  – електрична провідність твердої фази ґрунту (См/м).

Формула (21) може виражатися у відповідній формі для ґрунтової кондукції і другому виразі [13, 14]:

$$\sigma_A = \Theta_v T(\Theta_v) \sigma_w + \sigma_s, \quad (22)$$

де  $\Theta_v$  – об'ємний вміст вологи (см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>);  $T(\Theta_v)$  – коефіцієнт (також відомий як звивистість, і геометричний або формовий коефіцієнт) передачі як функція від  $\Theta_v$ .

Самі електромагнітні методи використання,  $\sigma_a$  і  $\Theta_v$  може оцінюватися один спеціальний датчик відкалібрований для певних ґрунтів та умов. При 50 МГц методом Гідра Проби оцінюємо видиму питому електричну провідність, яка залежить від уявної складової діелектричної питомої провідності,  $\varepsilon_i$  і визначається за допомогою формули (21). Хоча значення для  $\sigma_a$  може відрізнятися від  $\varepsilon_i$ , це є необхідним для вибору кращих методів оцінювання провідності пористості ґрунту  $\sigma_w$ . Теоретично, провідність пор води – це кращий індекс солоності ґрунту тому що це пов'язано з ґрунтовою кореневою системою [15] і тому відповідно дуже сильно зв'язані загальна солоність землі з їхніми загальними параметрами про вміст поживних речовин. Таким чином, знання про повну ґрунтову провідність дає можливість прийняти рішення для ефективного керування сільськогосподарським угіддям.

Дані зразків ґрунтових проб поля вимірянні  $\sigma_w$  часто недостовірні і схильні до випадкової помилки. До того ж, композиція структури ґрунтового складу часто варіюється у просторі і часі. Тому це бажано оцінити величину  $\sigma_w$  використовують більш легкі виконуваних непрямі вимірювання. Електромагнітні датчики – це приваблива альтернатива для такої мети, переважно, тому що вони можуть, теоретично, забезпечити в будь-якому місці з мінімальними затратами, в режимі реального часу оцінити величину  $\sigma_w$ , яка залежить від вмісту води у ґрунті. Для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища пропонуються дві моделі.

*Модель 1.* Об'ємний вміст води може оцінюватися:

$$\Theta_v = A\sqrt{\varepsilon_r} + B \quad (23)$$

де  $A$  і  $B$  – емпіричні коефіцієнти відповідності.

Використовуючи формулу (23) коефіцієнт передачі – це функція вмісту води  $T(\Theta_v)$ . З тих пір, як вміст води оцінений від  $\varepsilon_r$ ,  $T$  повинен також бути деякою функцією  $\varepsilon_r$ . Залучення добре відомої лінійної форми для  $T$ :

$$T = \alpha\Theta_v + b. \quad (24)$$

де  $a$  і  $b$  емпіричні коефіцієнти відповідності. Підставивши формулу (23) в (24) ми одержуємо:

$$T = \tilde{N}\sqrt{\varepsilon_r} + D. \quad (25)$$

де  $C = \alpha A$  і  $D = (\alpha B + b)$ .

Замінивши формули (23) і (25) в формулу (19) і об'єднання емпіричних коефіцієнтів, які ми одержуємо:

$$\sigma_a = (\alpha\sqrt{\varepsilon_r} + \beta\varepsilon_r + \gamma)\sigma_w + \sigma_s. \quad (26)$$

Формула (26) є діелектричним еквівалентом до формул (20) і (21). У формулі (26), коефіцієнт передачі приймає на себе форму нового діелектричного взаємовідношення:

$$T_d = \alpha\sqrt{\varepsilon_r} + \beta\varepsilon_r + \gamma, \quad (27)$$

де  $T_d$  – діелектричний коефіцієнт передачі.

Замінімо у формулу (20) на формулу (31) і рішення для  $\sigma_w$ , ми можемо визначити  $\sigma_w$  залежно від  $\varepsilon_r$  і  $\varepsilon_i$ , модель буде мати наступні параметри:

$$\sigma_w = (\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0 - \sigma_s) / (\alpha\sqrt{\varepsilon_r} + \beta\varepsilon_r + \gamma), \quad (28)$$

де  $\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0 = \sigma_d$  який рівноцінний до  $\sigma_a$  (См/м). Ця нова модель провідності води пори математик проста і дійсна для будь-якого значення  $\varepsilon_r \geq 0$  справжня питома провідність твердих частинок ( $\varepsilon_s$ ). З часу в  $\sigma_a$  теорії буде завжди рівний або більший, ніж оскільки модель вимушена ( $\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0 - \sigma_s \geq 0$ ). Знаменник у формулі (28) повинен бути більший, ніж нульовий, з часу в нульовому, вирівнювання невизначене і негативні прогнози не фізично значущі.

**Модель 2.** Для вивчення електропровідних властивостей ґрунтового середовища, використовують напівемпіричні і гідравлічні моделі [16], отримаємо коефіцієнт передачі в формулі (21) приймає наступну форму:

$$T = \Theta_v^\lambda \quad (29)$$

де  $\lambda$  є емпіричним коефіцієнтом відповідності. Підставивши у формулу (22) ми досягаємо:

$$\sigma_a = \Theta_v^{\lambda+1} \sigma_w + \sigma_s \quad (30)$$

Замінивши (23) в формулі (30) отримаємо:

$$\sigma_a = (A\sqrt{\varepsilon_r} + B)\Theta_v^{\lambda+1} \sigma_w + \sigma_s \quad (31)$$

де діелектричний коефіцієнт передачі зараз приймає на себе форму:

$$T_d = (A\sqrt{\varepsilon_r} + B)^{\lambda+1} \quad (32)$$

Підставивши формулу (20) у формулу (31) і рішення для  $\sigma_w$  нова модель визначення електропровідності отримана в термінах  $\varepsilon_r$  і  $\varepsilon_i$ :

$$\sigma_w = (\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0 - \sigma_s) / (A\sqrt{\varepsilon_r} + B)^{\lambda+1} \quad (32)$$

де  $\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0 = \sigma_d$  який рівноцінний до  $\sigma_a$  (См/м).

Формула (32) дійсна для будь-якого значення  $\varepsilon_r \geq \varepsilon_s$ ,  $(\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0 - \sigma_s) \geq 0$  і  $(A\sqrt{\varepsilon_r} + B)^{\lambda+1} > 0$ .



**Висновок.** Виведено дві моделі для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища на основі існуючих методик визначення електропровідних властивостей, що дозволить підвищити точність обробки отриманих результатів, а як наслідок підвищити ефективність та якість виконання технологічних операцій.

### Список літератури

1. *Determination of potential management zones from soil electrical conductivity, yield and crop data.* Li Y ; Shi Z ; Wu CF ; Li HY ; Li F. Journal Of Zhejiang University. Science. B [J Zhejiang Univ Sci B] 2008 Jan; Vol. 9 (1), p. 68–76.
2. *Applying nitrogen site-specifically using soil electrical conductivity maps and precision agriculture technology.* Lund ED ; Wolcott MC ; Hanson GP, Thescientificworldjournal [ScientificWorldJournal] 2001 Oct 16; Vol. 1 Suppl 2, pp. 767-76. Date of Electronic Publication: 2001 Oct 16.
3. *Small Scale Spatial Variability of Apparent Electrical Conductivity within a Paddy Field.* Aimrun, W.1, Amin, M. S. Ezrin, M. H., Applied & Environmental Soil Science; 2009, Vol. 2009, p. 1–7.
4. *Kraus, J.D.. 1992. Electromagnetics.* McGraw Hill, Inc. 847p. Leao, T.P., 2009; Raju, G.G.. 2003. Dielectrics in Electric Fields. Dekker. – 578 p.
5. *Seyfried. M.S., Grant, L.E., Du, E., Humes, K., 2005. Dielectric loss and calibration of the hydra probe water sensor.* Vadose Zone Journal 4,1070–1079.
6. *Robinson. D.A., 2004. Measurement of the solid dielectric permittivity of clay minerals and granular samples using a time domain reflectometry immersion method.* Vadose Zone Journal 3. 705–713.
7. *Bosch. D.D., 2004. Comparison of capacitance-based soil water probes in coastal plain soils.* Vadose Zone Journal 3,1380-1389; *Seyfried. M.S., Grant, L.E., Du, E., Humes, K., 2005. Dielectric loss and calibration of the hydra probe water sensor.* Vadose Zone Journal 4,1070–1079.
8. *Campbell, J.E., 1990. Dielectric properties and influence of conductivity in soils at one to fifty megahertz.* Soil Science Society of America Journal 54. 332–341.
9. *Campbell, J.E., 1990. Dielectric properties and influence of conductivity in soils at one to fifty megahertz.* Soil Science Society of America Journal 54. 332–341; *Seyfried. M.S., Grant, L.E., Du, E., Humes, K., 2005. Dielectric loss and calibration of the hydra probe water sensor.* Vadose Zone Journal 4,1070–1079.
10. *Stevens Water Monitoring System, 2007. The Hydra Probe Soil Sensor.* <<http://www.stevenswater.com/catalog/stevensProduct.aspx?SKU='93640'>> (accessed02.01.08).
11. *Seyfried. M.S., Murdock. M.D.. 2004. Measurement of soil water content with a 50 MHz soil dielectric sensor.* Soil Science Society of America Journal 68,394–403; *Seyfried. M.S., Grant, L.E., Du, E., Humes, K., 2005. Dielectric loss and calibration of the hydra probe water sensor.* Vadose Zone Journal 4,1070–1079.
12. *Mualem, Y., Friedman, S.P.. 1991. Theoretical prediction of electrical conductivity in saturated and unsaturated soil.* Water Resources Research 27,2771–2777.
13. *Rhoades, J.D., Raats, P.A.C., Prather, R.J., 1976. Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity.* Soil Science Society of America Journal 40, 651–655.

14. Amente, C, Baker, J.M., Reece, C.F., 2000. Estimation of soil solution conductivity from bulk soil electrical conductivity in sandy soils. Soil Science Society of America Journal 64, 1931–1939.
15. Corwin, D.L. Lesch, S.M., 2005. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. Computers and Electronics in Agriculture 46,11-43.
16. Amente, C, Baker, J.M., Reece, C.F., 2000. Estimation of soil solution conductivity from bulk soil electrical conductivity in sandy soils. Soil Science Society of America Journal 64, 1931–1939.

*В статье приведенные теоретические основы для описания электропроводных свойств грунтовой среды полученных путем мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий и выведена эмпирическая зависимость для повышения точности полученных результатов.*

**Точное земледелие, мониторинг, электропроводные свойства, грунтовая среда.**

*In paper the resulted theoretical bases for description of electrical properties of ground environment of agricultural lands got by monitoring of state and empiric dependences are shown out for increase of exactness of got results.*

**Precision agriculture, monitoring, conductive properties, soil ground.**

*Роботу виконано за підтримки гранта Президента України для підтримки наукових досліджень молодих учених на 2013 рік (проект GP/F49/109 ).*

УДК 631.173

## **СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОЛОЧНОГО СКОТАРСТВА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗАСОБАМИ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ**

**А.В. Новицький, кандидат технічних наук**

*В статті проведено аналіз технічної забезпеченості тваринницької галузі засобами для приготування і роздавання кормів. Сформовані передумови розвитку вітчизняного ринку засобів для приготування і роздавання кормів.*

**Машина, засіб для приготування і роздавання кормів, тваринництво, молочне скотарство.**

© А.В. Новицький, 2014