

## МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, РОБОЧІ ОРГАНИ ТА МАШИНИ ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА

УДК 631.3.004:631.333:537.86

### Дослідження пристрою оперативного визначення глибини залягання ущільненого шару ґрунту

*Мироненко В. Г., д.т.н., проф., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України,  
e-mail: mironenko1952@ukr.net, тел: 0973344198*  
*Антипчук Б. О., аспірант, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України*

#### Анотація

**Мета.** Розробити пропозиції зі зменшення витрат пального та підвищення продуктивності МТА завдяки оперативному визначенню глибини знаходження плужної підшви.

**Методи.** В основу роботи пристрою оперативного визначення глибини залягання ущільненого шару ґрунту покладено метод радіохвильового профілювання поверхні поля. Лабораторні дослідження проведені на фізичній моделі ґрунту з ущільненими його прошарками на різній глибині.

**Результати.** Встановлено, що похибка визначення глибини залягання ущільненого шару ґрунту ультразвуковим пристроєм залежно від глибини залягання та вологості ґрунту становила від 4 до 18%. Зміна робочої швидкості машинно-

тракторного агрегату в межах 8...12 км/год не мала системного впливу на визначення глибини залягання ущільненого прошарку ґрунту.

#### Висновки

1. Розроблений пристрій забезпечує ефективне визначення глибини залягання ущільненого прошарку ґрунту в сучасних технологіях рослинництва.

2. Оперативне визначення глибини залягання та керування положенням ґрунторозпувача дозволить зменшити витрати пального до 20% і підвищити продуктивність агрегату до 10% за заданої якості обробітку ґрунту.

**Ключові слова:** агротехнології, розпушувач ґрунту, радіофізичний метод, оперативний моніторинг щільності ґрунту.

UDC 631.3.004:631.333:537.86

### Researching the device of the operative determination for the depth of the compacted soil layer occurrence

*Mironenko V. G., doc. tech. Sciences, Prof., National Scientific Center "Institute of Agricultural Engineering and Electrification" of the NAAS of Ukraine,  
e-mail: mironenko1952@ukr.net, ph.: 0973344198*  
*Antypchuk B. O.,  
Graduate student, National Scientific Center "Institute of Agricultural Engineering and Electrification" of the NAAS of Ukraine*

#### Annotation

**Purpose.** Develop proposals for reducing fuel consumption and increasing productivity of machine-tractor units thanks to the rapid determination of the depth of the plow sole.

**Methods.** The basis of the work of the device operational depth of compacted soil layer is based on the established method of profiling the surface. Laboratory studies conducted on the physical model of soil with sealed his strength at different depths.

**Results.** It is established that the error of determining the depth of compacted soil layer

ultrasonic device, depending on the depth and soil moisture was from 4 to 18%. Change the working speed of machine-tractor pump unit within 8...12 km/h had no systematic impact on the determination of the depth of compacted layer of the soil.

**Conclusions** Developed the device provides effective determination of the depth of compacted soil layer in modern crop technologies.

УДК 631.3.004:631.333:537.86

## Исследование устройства оперативного определения глубины залегания уплотненного слоя почвы

*Мироненко В. Г., д.т.н., проф., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины, e-mail: [mironenko1952@ukr.net](mailto:mironenko1952@ukr.net), тел: 0973344198*

*Антипчук Б. А., аспирант, Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины*

### Аннотация

**Цель.** Разработать предложения по уменьшению расхода топлива и повышению производительности МТА благодаря оперативному определению глубины нахождения плужной подошвы.

**Методы.** Устройство оперативного определения расположения уплотненного слоя почвы работает на основе метода радиоволнового профилирования поверхности. Лабораторные исследования проведены на физической модели почвы с уплотненными его слоями на разных глубинах.

**Результаты.** Установлено, что ошибка определения ультразвуковым устройством глубины уплотненного слоя почвы в зависимости от глубины расположения и влажности почвы составляет от 4 до 18%. Изменение скорости движения машинно-тракторного агрегата в пределах 8...12 км/ч не оказывало системной ошибки на определение глубины расположения уплотненного слоя почвы.

### Выводы

1. Разработанное устройство обеспечивает эффективное определение глубины расположения уплотненного слоя почвы в современных технологиях производства сельскохозяйственных культур.

2. Оперативное определение глубины и управление положением рыхлителя почвы позволит снизить потребление топлива на 20% и повысить производительность работы до 10% при заданном качестве обработки почвы.

**Ключевые слова:** агротехнологии, рыхлитель почвы, радиофизический метод, оперативный мониторинг плотности почвы.

**Постановка проблемы.** Одним из найбільш дієвих заходів отримання високих

1. Rapid determination of depth and control regulations ripper of the soil will reduce fuel consumption by 20% and improve the performance of the unit up to 10% when given the quality of the soil.

**Keywords:** agrotechnology, soil ripper, radio-physics method, operational monitoring of the density of the soil.

урожаїв сільськогосподарських культур є правильно визначена система основного обробки ґрунту. Широке застосування в сучасному землеробстві технологій з мінімальним обробком ґрунту має свої певні недоліки, наприклад, утворення глибинних ущільнених шарів ґрунту, які називають плужною подошвою (за аналогією з ефектом роботи плуга). *Негативними факторами ущільнених шарів ґрунту є погіршення умов розвитку кореневої системи рослини та вологообміну між ґрунтовими шарами.*

**Мета досліджень.** Розробити пропозиції зі зменшення витрат пального та підвищення продуктивності МТА завдяки оперативному визначенню глибини знаходження плужної подошви.

**Об'єкти та методи досліджень.** На сьогодні існують рішення з покращення ефективності виконання процесу розущільнення ґрунту. Одним із таких рішень є використання різноманітних щільномірів ґрунту – пристроїв, які вимірюють опір ґрунту під час введення чутливих елементів пристрою в ґрунт. Відомі також пристрої оперативного регулювання глибини ходу ґрунторозпушувачих органів сільськогосподарських машин [6–9]. Однак, ці пристрої мають дуже складні конструкції, низьку достовірність контролю глибини залягання ущільненого шару ґрунту по ходу робочих органів машини, а також високу вартість.

На особливу увагу заслуговує застосування радіофізичних методів, які базуються на ультразвуковому випромінюванні. Наприклад, метод безперервного радіохвильового профілювання поля в русі [1], який під час руху трактора залежно від діелектричної проникності ґрунту дозволяє контролювати зміни амплітуди та фази високочастотного струму в спеціальному пристрої і визначати ущільнені ділянки поля, відповідно. Водночас використовуються результати попередніх експериментальних досліджень, якими встановлено електрофізичні параметри природних середовищ, що утворюють ґрунти [3–5, 13–15].

**Результати досліджень.** Програма експериментальних досліджень пристрою визначення глибини залягання найбільш ущільненого прошарку ґрунту (ПВГП) включала проведення лабораторних і лабораторно-польових робіт, якими передбачалося:

- вивчення впливу глибини залягання в ґрунті ущільненої поверхні на покази ПВГП;
- вивчення впливу вологості ґрунту (вологість визначали за допомогою вологоміра МГ-44) на покази ПВГП;
- оцінка впливу висоти установки датчика ПВГП над поверхнею ґрунту на його покази;
- оцінка впливу швидкості проходження ПВГП над заданою полозою поверхні ґрунту на його покази;
- перевірка технічної можливості й ефективності використання ПВГП у технологічному процесі розущільнення ґрунту.

Об'єктами досліджень були спеціально створені фізичні моделі ґрунту з різними рівнями залягання ущільненого матеріалу (дерево, ґрунт) в лабораторних (рис. 1) і польових умовах.



**Рис. 1.** Лабораторний стэнд для досліджень ПВГП  
**Fig.1.** Laboratory bench for the research of the DDDS

Методика визначення залежності показів ПВГП від глибини залягання контрольної ущільненої поверхні в умовах одного типу ґрунту передбачала встановлення датчика пристрою (рис. 2) на заданій висоті (0,4 м; 0,3 м; 0,2 м) над спеціальною пересувною платформою, в якій на глибині 0,05 м; 0,25 м; 0,5 м закладені однакові дошки, що засипані однорідним ґрунтом. Переміщаючи платформу в такий спосіб, щоб під датчиком знаходилася дошка на відповідній глибині, фіксують покази ПВГП.



**Рис. 2.** Установка датчика ПВГП на тракторі Т-150К  
**Fig.2.** Installation DDDS sensor on the tractor Т-150К

Методика визначення залежності впливу вологості ґрунту на покази ПВГП передбачала встановлення датчика ПВГП на висоті 0,5 м над спеціальною пересувною платформою, в якій у трьох окремих відділеннях закладений ґрунт різної вологості. Переміщаючи платформу в такий спосіб, щоб під датчиком знаходилася відділення із ґрунтом тієї чи іншої вологості, фіксують значення показів ПВГП.

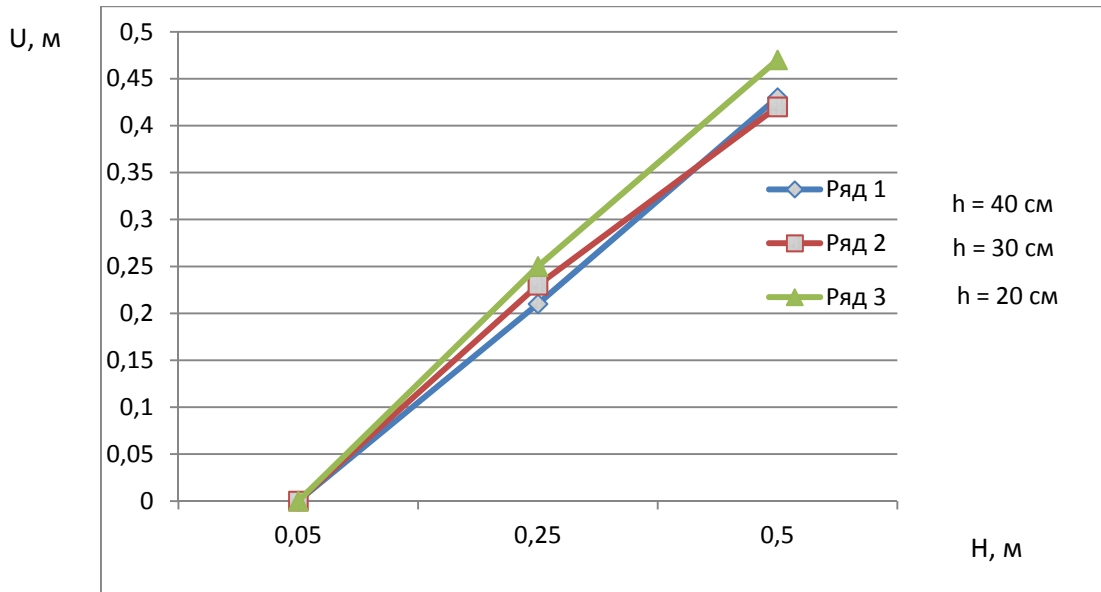
Значення виміряних глибин залягання ущільненого прошарку ґрунту знімалися з інформаційного табло мікропроцесорного блоку управління (рис. 3).

Значення виміряних глибин залягання ущільненого прошарку ґрунту знімалися з інформаційного табло мікропроцесорного блоку управління (рис. 3).



**Рис. 3.** Мікропроцесорний блок управління ПВГП  
**Fig.3.** Microprocessor control unit for DDDS

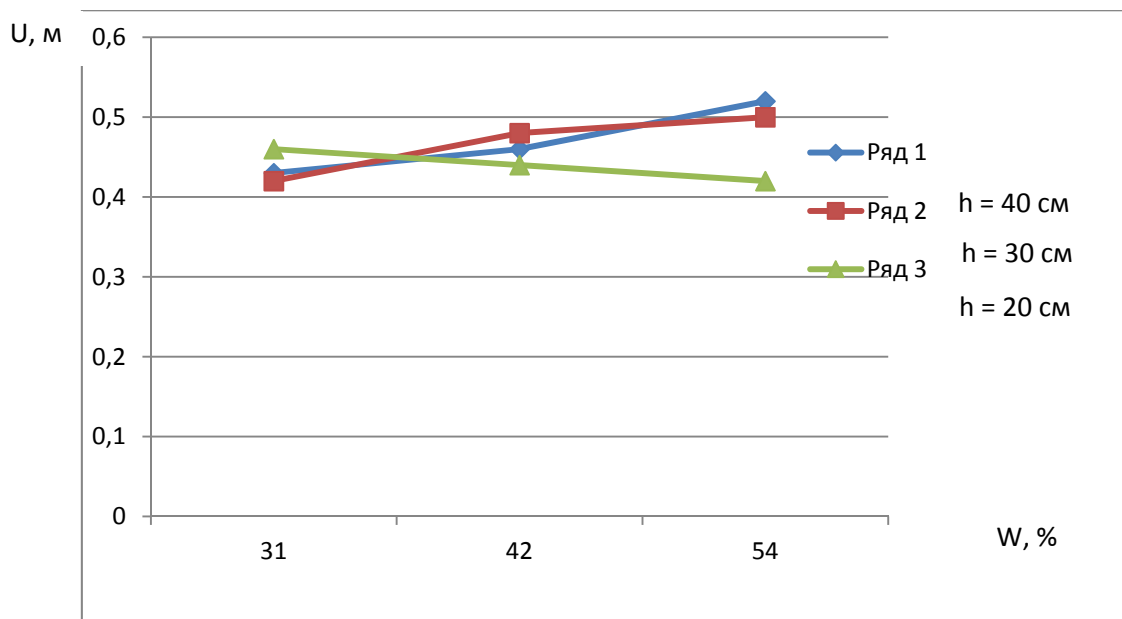
Результати визначення показів ПВГП ( $U, м$ ) від глибини залягання контрольної ущільненої поверхні ( $H = 0,05 м; 0,25 м; 0,5 м$ ) в умовах одного типу ґрунту під час встановлення датчика на заданій висоті ( $h = 0,4 м; 0,3 м; 0,2 м$ ) представлені на рисунку 4.



**Рис. 4.** Залежність показів ПВГТ від глибини залягання ущільненого шару ґрунту  
**Fig.4.** Dependence of the DDDS indications on the depth of the compacted layer of soil

Аналіз одержаних результатів досліджень показує, що зі збільшенням глибини залягання ущільненого шару ґрунту збільшується похибка вимірювання (для глибини 0,25 м – від 4 до 14%, для глибини 0,5 м – від 6 до 16%). Найбільш точні вимірювання були досягнуті під час установки датчика на висоті 20 см (похибка становила 4–6%), а зі збільшенням висоти установки похибка збільшувалась.

Результати визначення показів ПВГП глибини залягання контрольної ущільненої поверхні (0,5 м) в умовах одного типу ґрунту різної вологості (31%, 42%, 54%) під час встановлення датчика на заданій висоті (0,4 м; 0,3 м; 0,2 м) представлені на рисунку 5. Похибка вимірювань становила до 18%.



**Рис. 5.** Залежність показів ПВГТ від вологості ґрунту  
**Fig.5.** Dependence of the DDDS indications on soil moisture

Унаслідок проведених польових випробувань мікропроцесорної системи оперативної зміни глибини ходу ґрунторозпушувача сільськогосподарського МТА (Беларус 1221 + ПЧ-2,5) встановлено:

- значення визначених глибин залягання ущільненого прошарку ґрунту ультразвуковим пристроєм і твердоміром Ревякіна відрізнялися від -4,2 до +16,4%;

- системної зміни значень визначених глибин залягання ущільненого прошарку ґрунту ультразвуковим пристроєм у разі зміни робочої швидкості МТА в межах 8...12 км/год не встановлено;

- зміна оператором глибини ходу робочих органів відповідно до показників пристрою оперативного керування глибиною ходу ґрунторозпушувача забезпечувала руйнування ущільненого шару ґрунту.

Загалом проведені дослідження підтвердили технічну можливість оперативного керування глибиною ходу ґрунторозпушувача сільськогосподарського МТА залежно від глибини залягання ущільненого шару ґрунту. Попередні розрахунки показують, що водночас будуть зменшені витрати пального (до 20%) та підвищена продуктивність агрегату (до 10%).

### Висновки

1. Розроблений пристрій забезпечує ефективно визначення глибини залягання ущільненого прошарку ґрунту в сучасних технологіях рослинництва.

2. Оперативне визначення глибини залягання та керування положенням ґрунторозпушувача дозволить зменшити витрати пального до 20% і підвищити продуктивність агрегату до 10% за заданої якості обробітку ґрунту.

### Бібліографія

1. Георадиолокація. *Вікіпедія*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Георадиолокация>.
2. Крикунов В. Г. Ґрунти і їх родючість: підручник. К.: Вища школа, 1993. 287 с.
3. Нерпін С. В., Чудновський А. Ф. Фізика почви. М.: Наука, 1967. 584 с.
4. Петровський А. Д. Радиоволнові методи в підземній геофізиці. М.: Недра, 1971. 224 с.
5. Сугак В. Г., Бондаренко А. В., Сугак А. В. О противоречии данных подповерхностного зондирования теоретическим моделям диэлектрических характеристик пород ґрунта. *Радиофизика и электроника*. 2012. Т. 3 (17). № 1. С. 19–29.
6. Пат. 736899 СССР, 3554610/30-15. Устройство автоматического контроля глубины хода

рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий / Н. И. Пелепягин, А. И. Викторов, Н. М. Неволько, Е. А. Абелев, И. З. Теплинский. № 1094587; заявл. 21.02.83; опубл. 30.05.84. Бюл. № 20.

7. Пат. 1042637 СССР, 4177490/30-15. Устройство для автоматического регулирования глубины хода рабочих органов / В. М. Тараторкин, З. Е. Лысенко. № 1523072; заявл. 12.01.87; опубл. 23.11.89. Бюл. № 43.

8. Устройство для контроля глубины хода рабочих органов: описание изобретения. СССР, 4328334-30-15 / Р. М. Баширов, И. Д. Гафуров. № 1521316; заявл. 16.11.87; опубл. 15.11.89. Бюл. № 42.

9. Пат. 1094587 СССР, 4412913/31-15. Устройство для регулирования глубины хода рабочих органов сельскохозяйственных машин / А. Б. Лурье, Е. А. Абелев, И. З. Теплинский, Б. И. Щеткин, В. М. Сало. № 1554788; заявл. 19.04.88; опубл. 07.04.90. Бюл. № 13.

10. Шатилов И. С., Чудновский А. Ф. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 318 с.

11. Броварець О. О. Інформаційні технології та технічні засоби нового покоління для моніторингу й забезпечення якості виконання технологічних процесів при вирощуванні сільськогосподарських культур. *Хранение и переработка зерна: научно-практический журнал*. 2013. № 6 (171). С. 37–42.

12. Мироненко В. Г. Науково-технічні основи розробки засобів механізації з керованою якістю виконання технологічних процесів у рослинництві: дис. ... д-ра техн. наук. К., 2006. 398 с.

13. Яковлев О. И., Кубов В. П., Урядов В. П., Павельев А. Г. Распространение радиоволн / под ред. О. И. Яковлева. М.: ЛЕНАРД, 2009. 496 с.

14. I. J. Won and Haoping Huang. Magnetometers and electro-magnetometers. *The leading edge*. May 2004. Pp. 26–29.

15. Morari F., Castrignanò A., Pagliarin C. Application of multivariate geostatistics in delineating management zones within a gravelly vineyard using geo-electrical sensors. *Computers & Electronics in Agriculture*. Aug. 2009. Vol. 68. Issue 1. Pp. 97–107.

### Bibliografija

1. Heoradyolokatsyia. *Vykypedyia*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Heoradyolokatsyia>.
2. Krykunov V. H. Hrunty i yikh rodiuchist: pidruchnyk. Ky`yiv: Vy`shha shkola, 1993. 287 s.
3. Nerpyn S. V., Chudnovskiy A. F. Fyzyka pochvy. Moskva: Nauka, 1967. 584 s.
4. Petrovskiy A. D. Radyovolnovye metody v podzemnoi heofyzyke. Moskva: Nedra, 1971. 224 s.
5. Suhak V. H., Bondarenko A. V., Suhak A. V. O protyvorechyy dannyykh podpoverkhnostnoho zondirovaniya teoreticheskykh modeliam dyelektry-

cheskykh kharakterystyk porod hrunta. *Radyofyzyka y elektronika*. 2012. T. 3 (17). № 1. S. 19–29.

6. Pat. 736899 SSSR, 3554610/30-15. Ustroistvo avtomatycheskoho kontrolya hlubyny khoda rabochykh orhanov selskokhoziaistvennykh mashyn y orudyi / N. Y. Pelepiayn, A. Y. Vyktorov, N. M. Nevolko, E. A. Abelev, Y. Z. Teplynskiy. № 1094587; zaiavl. 21.02.83; opubl. 30.05.84. Biul. № 20.

7. Pat. 1042637 SSSR, 4177490/30-15. Ustroistvo dlia avtomatycheskoho rehulyrovanyia hlubyny khoda rabochykh orhanov / V. M. Taratorkyn, Z. E. Lysenko. № 1523072; zaiavl. 12.01.87; opubl. 23.11.89. Biul. № 43.

8. Ustroistvo dlia kontrolya hlubyny khoda rabochykh orhanov: opysanye yzobreteniya. SSSR, 4328334-30-15 / R. M. Bashirov, Y. D. Hafurov. № 1521316; zaiavl. 16.11.87; opubl. 15.11.89. Biul. № 42.

9. Pat. 1094587 SSSR, 4412913/31-15. Ustroistvo dlia rehulyrovanyia hlubyny khoda rabochykh orhanov selskokhoziaistvennykh mashyn / A. B. Lure, E. A. Abelev, Y. Z. Teplynskiy, B. Y. Shchetkyn, V. M. Salo. № 1554788; zaiavl. 19.04.88; opubl. 07.04.90. Biul. № 13.

10. Shatylov Y. S., Chudnovskiy A. F. Ahrofyzycheskye, ahrometeorolohycheskye y ahrotekhnicheskye osnovy prohrammyrovanyia urozhaev. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1980. 318 s.

11. Brovarets O. O. Informatsiini tekhnolohii ta tekhnichni zasoby novoho pokolinnia dlia monitorynhu y zabezpechennia yakosti vykonannia tekhnolohichnykh protsesiv pry vyroshchuvanni silskohospodarskykh kultur. *Khranenyie y pererabotka zerna: nauchno-praktycheskyi zhurnal*. 2013. № 6 (171). S. 37–42.

12. Myronenko V. H. Naukovo-tekhnichni osnovy rozrobky zasobiv mekhanizatsii z kerovanoiu yakistiu vykonannia tekhnolohichnykh protsesiv u roslynnytstvi: dys. ... d-ra tekhn. nauk. Ky`yiv, 2006. 398 s.

13. Yakovlev O. Y., Kubov V. P., Uriadov V. P., Pavelev A. H. Rasprostranenyie radyovoln / pod. red. O. Y. Yakovleva. Moskva: LENARD, 2009. 496 s.

14. I. J. Won and Haoping Huang. Magnetometers and electro-magnetometers. *The leading edge*. May 2004. Pp. 26–29.

15. Morari F., Castrignanò A., Pagliarin C. Application of multivariate geostatistics in delineating management zones within a gravelly vineyard using geo-electrical sensors. *Computers & Electronics in Agriculture*. Aug. 2009. Vol. 68. Issue 1. Pp. 97–107.

## References

1. Geological radiolocation. *Wikipedia*. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Geological\\_radiolocation](https://ru.wikipedia.org/wiki/Geological_radiolocation).

2. Krykunov V. G. Soils and their productivity: textbook. Kyiv: High school, 1993. 287 p.

3. Nerpin S. V., Chudnovsky A. F. The physics of soil. Moscow: Nauka, 1967. 584 p.

4. Petrovsky A. D. Radio-wave's methods in the underground geophysics. Moscow: Nedra, 1971. 224 p.

5. Sugak V. G., Bondarenko A. V., Sugak A. V. About contradiction indicators of subsurface sounding to theoretical models dielectric characteristics of soil breeds. *Radio Physics and Electronics*. 2012. T. 3 (17). No. 1. Pp. 19–29.

6. Pat. 736899 USSA, 3554610/30-15. The device is for automatic control depth motion of the working organs of agricultural machines and implements / N. I. Pelepyagin, A. I. Viktorov, N. M. Nevolko, E. A. Abelev, I. Z. Teplinsky. No. 1094587; was stated 21.02.83; was published 30.05.84. Bul. No. 20.

7. Pat. 1042637 USSA, 4177490/30-15. The device is for automatic regulating depth motion of the working organs / V. M. Taratorkin, Z. E. Lysenko. No. 1523072; was stated 12.01.87; was published 23.11.89. Bul. No. 43.

8. The device is for automatic control depth motion of the working organs: description of invention. USSA, 4328334-30-15 / R. M. Bashirov, I. D. Gafurov. No. 1521316; was stated 21.02.83; was published 15.11.89. Bul. No. 42.

9. Pat. 1094587 USSA, 4412913/31-15. The device is for regulating depth motion of the working organs of agricultural machines / A. B. Lourie, Y. A. Abelev, I. Z. Teplinsky, Y. I. Shchetkin, V. M. Salo. № 1554788; was stated 19.04.88; was published 07.04.90. Bul. No. 13.

10. Shatilov I. S., Chudnovsky A. F. Agroficykiskie, agrometeorological and agronomic crop programming fundamentals. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980. 318 p.

11. Brovarec O. O. Information technology and the new generation technical means for monitoring and ensuring the quality of performance of technological processes for growing agricultural crops. *Storage and processing of grain: scientific and practical journal*. 2013. No. 6 (171). Pp. 37–42.

12. Mironenko V. G. Scientific and technical fundamentals of the development of mechanization of controlled quality of execution of technological processes in the plant: dis. ... doctor of technical sciences. Kyiv, 2006. 398 p.

13. Yakovlev O. I., Yakubov V. P., Uryadov V. P., Pavelev A. G. Distribution of radio waves / under O. I. Yakovlev's edition. Moscow: LENARD, 2009. 496 p.

14. I. J. Won and Haoping Huang. Magnetometers and electro-magnetometers. *The leading edge*. May 2004. Pp. 26–29.

15. Morari F., Castrignanò A., Pagliarin C. Application of multivariate geostatistics in delineating management zones within a gravelly vineyard using geo-electrical sensors. *Computers & Electronics in Agriculture*. Aug. 2009. Vol. 68. Issue 1. Pp. 97–107.